

280018 VU BA\_ERD\_14

# Gesteinsmikroskopie (PI)

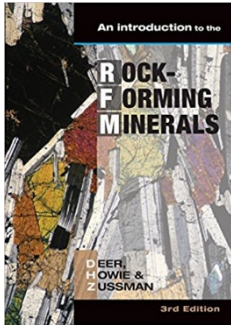


***Handout zum Vorlesungsteil:  
Einführung in die Kristalloptik und Polarisationsmikroskopie  
gesteinsbildender Minerale***

**Bei Fragen bitte zu kontaktieren:**

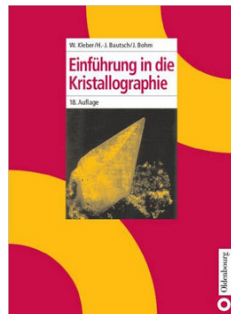
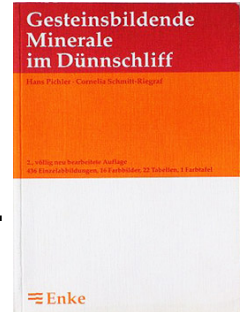
**Prof. Lutz Nasdala, Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien  
UZA2 Raum 2A251 / Telefon 4277-53220 / e-mail: [lutz.nasdala@univie.ac.at](mailto:lutz.nasdala@univie.ac.at)**

## Literaturempfehlungen:



DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J.:  
An introduction to the rock-forming minerals. Miner Soc Am.

PICHLER, H., SCHMITT-RIEGRAF, C.:  
Gesteinsbildende Minerale im Dünnschliff. Ferdinand Enke.



KLEBER, W., Bartsch, H.-J., Böhm, J., Klimm, D.:  
Einführung in die Kristallographie. Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

TRÖGER, W. E.:  
Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale.  
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.



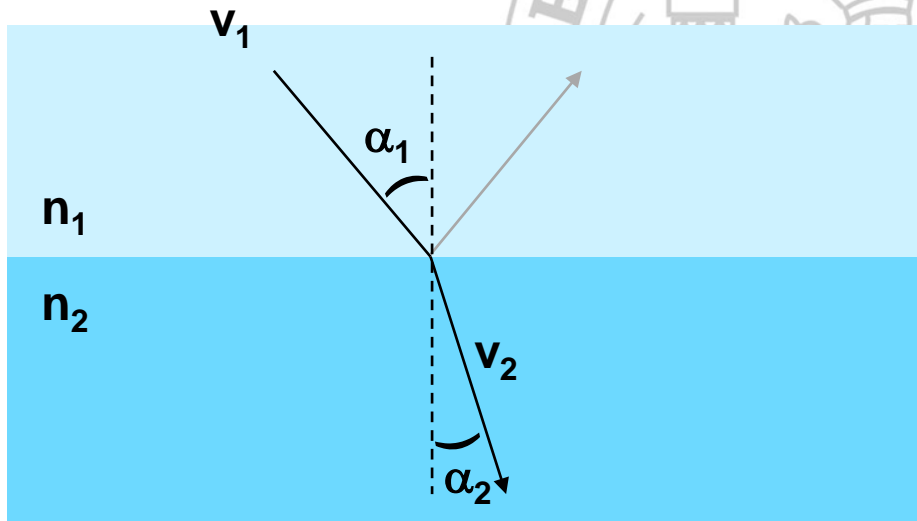
RAITH, M.M., RAASE, P., REINHARDT, J. (2011):  
Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie. 125 pp.  
ISBN 978-3-00-036420-4 (PDF via Internet frei verfügbar)

Siehe auch: SØRENSEN, B.E. (2013): A revised Michel-Lévy interference colour chart based on first-principles calculations. Eur. J. Mineral., 25, 5-10.

## Grundlagen der Kristalloptik

**Lichtbrechung:** optische Dichte; erkennbar anhand der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Materie

- bestimmt viele makroskopische Eigenschaften (z.B. Glanz, Anlauffarben, Reflexionsvermögen)
- beschrieben durch das SNELLIUS'sche Brechungsgesetz: **Richtungsänderung einer ebenen Welle (bzw. eines Lichtstrahls) beim Übergang in ein anderes Medium**
- ursächliche Materialkonstante früher **Brechungsindex**, heute **Brechzahl**



$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$n$  = Brechzahlen, optische Dichten  
 $\alpha$  = Winkel zwischen Lichtstrahl und dem Lot auf die optische Grenze  
 $v$  = Lichtgeschwindigkeiten

**Merke:** per Definition:  $n_{\text{Vakuum}} = 1$

- **Totalreflexion:** bei  $n_1 \gg n_2$  ist ab einem bestimmtem Grenzwinkel ist keine Brechung mehr möglich (da  $\alpha_2$  dann  $>90^\circ$  sein müsste)
- **Optische Dispersion:** Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahl (z.B. Diamant:  $n = 2.40$  für rotes und  $n = 2.45$  für blaues Licht)

## Grundlagen der Kristalloptik

**Farbe** = im homogenen Festkörper eine kooperative Eigenschaft von chemischer Zusammensetzung und Struktur, verursacht durch wellenlängenspezifische Absorption des Lichts (im Wellenlängenbereich 400 – 750 nm)

**Pleochroismus (Dichroismus)** = Mehrfarbigkeit bzw. Zweifarbigkeit; bei nicht isotropen und nicht farblosen Mineralen ist die Eigenfarbe immer anisotrop

**Farbwechsel-Effekt (auch Alexandrit-Effekt)** = visuell beobachtete Mineralfarbe hängt von der spektralen Zusammensetzung des zur Beobachtung verwendeten Lichtes ab.

Beispiel Chrysoberyll: Alexandrit ist eine chromhaltige Varietät des Minerals Chrysoberyll ( $\text{Al}_2\text{BeO}_4$ ), die bei Tageslicht grün und unter Kunstlicht rot ist.

**Transparenz** = Lichtdurchlässigkeit (im Wellenlängenbereich 400 – 750 nm)

Abstufungen:

- transparent (durchsichtig)
- translucen (makroskopisch durchscheinend)
- trüb / milchig / undurchsichtig (makroskopisch graduell limitierte D.)
- opak (undurchsichtig auch bei Dünnschliffdicke)

**Doppelbrechung:** Vermögen optisch **anisotroper** Kristalle, den einfallenden Lichtstrahl in zwei senkrecht zueinander polarisierte Strahlen aufzuspalten

→ optisch isotrope Minerale:  $\Delta n = 0$

→ optisch einachsige Minerale:  $\Delta n = n_e - n_o$  (einachs. Pos.) bzw.  $\Delta n = n_o - n_e$  (einachs. neg.)

→ optisch zweiachsige Minerale:  $\Delta n = n_\gamma - n_\alpha$

# Grundlagen der Kristalloptik

**Optischer Charakter:** beschreibt die Abhängigkeit der Brechzahl von der räumlichen Orientierung und damit die Art der Doppelbrechung

**Optisch isotrop** (amorphe und kubische Minerale): beschrieben durch Kugelmodell (keine opt. Achse, unendlich viele Kreisschnittlagen)

**Optisch einachsig** (Minerale mit mehr als zwei-zähliger Hauptachse: tetrag., hexag., trig.) beschrieben durch Rotationsellipsoid (eine opt. Achse, eine Kreisschnittlage)

→ opt. einachsig positiv:  $n_e > n_o$

→ opt. einachsig negativ:  $n_o > n_e$

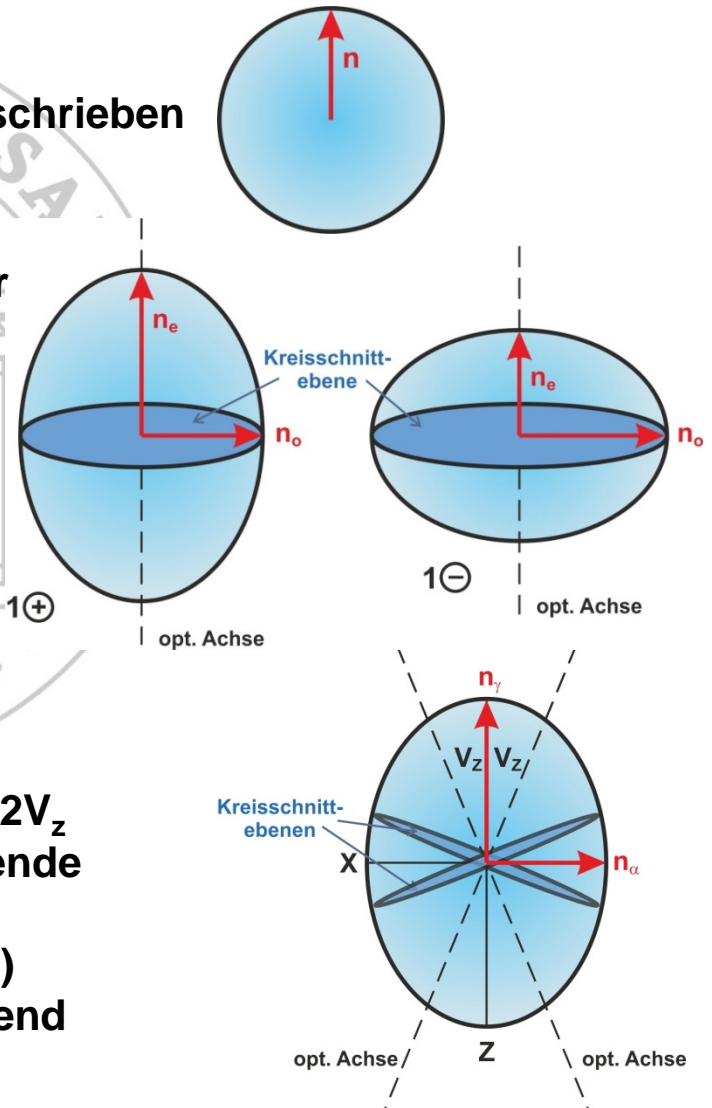
**Optisch zweiachsig** (niedrigsymmetrische Minerale: orth., monokl., trikl.)

beschrieben durch zweiachsiges Ellipsoid: (zwei opt. Achsen, zwei Kreisschnittlagen)

positiv oder negativ wird definiert durch den Winkel  $2V_z$  (Bisektrix: Achsenwinkel, welcher als Winkelhalbierende  $n_z$  bzw.  $n_y$  einschließt)

→ opt. zweiachsig positiv:  $2V_z < 90^\circ$  (spitze Bisektrix)

→ opt. zweiachsig negativ:  $2V_x < 90^\circ$  (dementsprechend  $2V_z > 90^\circ$ ; stumpfe Bisektrix)



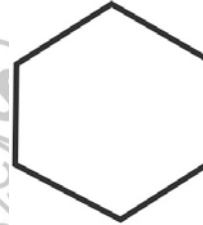
# Polarisationsmikroskopie: Orthoskopie

→ **Wichtig:** beobachtete Spaltbarkeit ist von der Schnittlage abhängig:

Beispiel Biotit:



Eine Richtung der Spaltbarkeit  
erkennbar bei Schnitt parallel  
[001]



Keine Spaltbarkeit erkennbar bei  
Schnitt parallel (001)

Beispiel Amphibol:



Eine Richtung der Spaltbarkeit  
erkennbar bei Schnitt parallel  
[001]



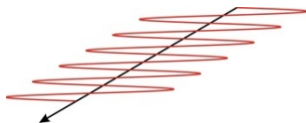
Zwei Richtungen der Spaltbarkeit  
erkennbar bei Schnitt parallel (001)

→ **Wichtig:** beobachtete Farbe ist von der Schnittlage abhängig:

Beispiel Biotit:

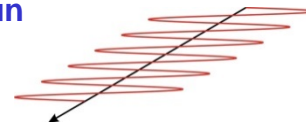
Blick entlang [100], Polarisation  
in Richtung [001]:

farblos



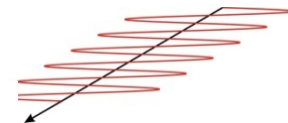
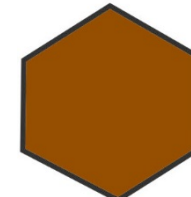
Blick entlang [100], Polarisation  
in Richtung [010]:

Farbe braun



Blick entlang [001], Polarisation in  
Richtung [100] oder [010]:

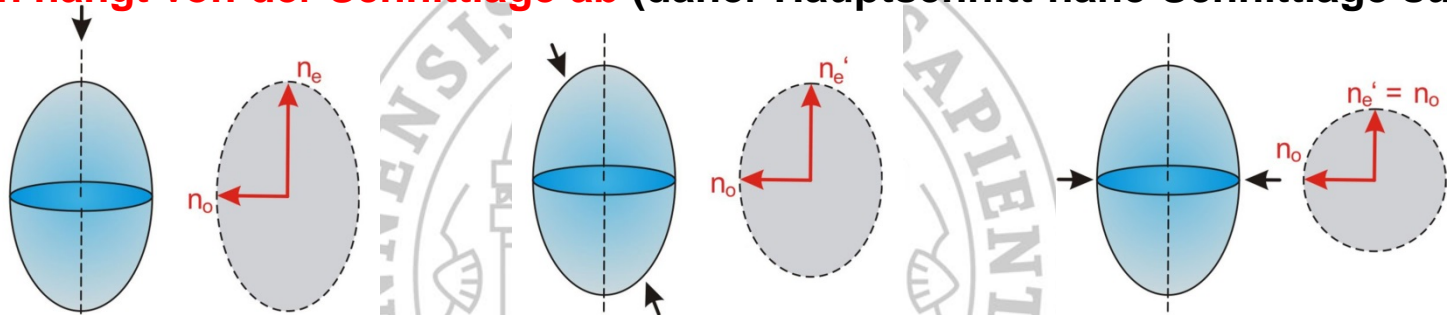
Farbe braun



## Polarisationsmikroskopie: Orthoskopie

Messung der **Doppelbrechung** durch Interferenz der beiden Teilstrahlen (Gangunterschied). Der Gangunterschied wird bestimmt durch  $\Delta n$  (in der jeweiligen Schnittlage); er ist sichtbar anhand von Interferenzfarben

**Wichtig:  $\Delta n$  hängt von der Schnittlage ab** (daher Hauptschnitt-nahe Schnittlage suchen)



**Hauptschnittlage:**

entlang einer optischen Achse,  $\Delta n$  im Schnitt ist maximal

**Beliebige Schnittlage:**

$\Delta n$  im Schnitt ist kleiner als der Maximalwert, aber nicht Null

**Kreisschnittlage:**

Senkrecht zu einer optischen Achse,  $\Delta n$  im Schnitt ist Null (isotrope Schnittlage)

**Bestimmung der Doppelbrechung:**

1. Mineralkorn in Diagonalstellung bringen ( $45^\circ$  von Parallelstellung entfernt); Beurteilung der Interferenzfarbe, Abschätzung des Gangunterschieds
2. Beurteilung der Interferenzfarbe mit Gipsblättchen, Abschätzung des Gangunterschieds und Korrektur (+/- 530 nm)
3. Mineralkorn in andere Diagonalstellung bringen (um  $90^\circ$  drehen); Beurteilung der Interferenzfarbe mit Gipsblättchen, Abschätzung des Gangunterschieds und Korrektur
4. Ermittlung des Durchschnittswerts für den Gangunterschied
5. Ermittlung der Doppelbrechung (mittels **Michel-Levy Tafel** unter Annahme einer Schliffdicke von  $25 \mu\text{m}$ )

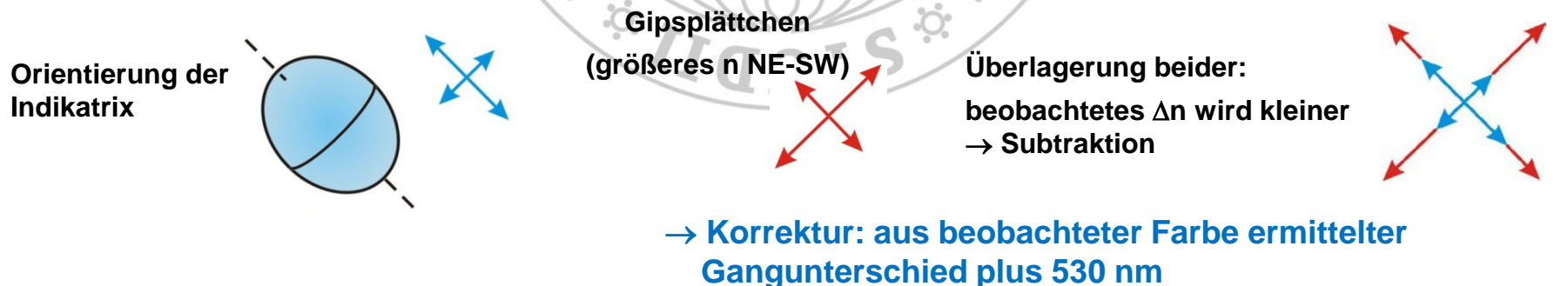
## Polarisationsmikroskopie: Orthoskopie

Bei Dreifach-Messung der **Doppelbrechung** werden Messungen 2 und 3 mit Gipsblättchen (Gangunterschied 530 nm) durchgeführt. Der aus der beobachteten Interferenzfarbe bestimmte Gangunterschied muss um den Gangunterschied des Gipsblättchens korrigiert werden:

### Fall 1: Additionsstellung



### Fall 2: Subtraktionsstellung



→ **Achtung:** Wenn der ursprüngliche Gangunterschied (ohne Gipsblättchen) kleiner als 530 nm war, wird bei Subtraktion die Null unterschritten; dann nicht einfach Korrektur durch plus 530 nm möglich!



## Polarisationsmikroskopie: Konoskopie

- **wichtig:** für Konoskopie ein Korn mit Kreisschnitt-naher Schnittlage (d.h. geringe Interferenzfarbe) suchen
- **wichtig:** Korn muss groß genug sein, um bei größter Vergrößerung das Sichtfeld voll auszufüllen. Kondensor-Frontlinse einklappen und ganz nach oben, AB-Linse ein.

### kubische Minerale:

- kein Achsenbild

### einachsige Minerale:

- gerade Isogyren wandern beim Drehen des Objektisches waagrecht oder senkrecht durch das Sichtfeld
- einachsig positiv bei Addition im I. Quadranten
- einachsig negativ bei Subtraktion im I. Quadranten

### zweiachsige Minerale:

- Isogyren nur in Parallelstellung gerade, in Diagonalstellung gekrümmt; wandern beim Drehen des Objektisches mit scheibenwischerartigen Bewegungen durch das Sichtfeld
- kleiner Achsenwinkel  $2V$ : beide Achsenausstichpunkte können (je nach Schnittlage) sichtbar sein; Isogyren in Diagonalstellung mit starker Krümmung
- größer Achsenwinkel  $2V$ : es ist immer nur (wenn überhaupt) ein Achsenausstichpunkt erkennbar; Isogyren in Diagonalstellung mit geringer Krümmung bis nahezu gestreckt
- zweiachsig positiv bei Addition im I. Quadranten
- zweiachsig negativ bei Subtraktion im I. Quadranten

# Gang einer Mineralbestimmung

## (1) Beobachtungen ohne Analysator (sog. Hellfeld):

- **Eigenfarbe:** Farbton und –tiefe, Farbverteilung, Pleochroismus  
(bei Pleochroismus die Farbe in den beiden Parallelstellungen beurteilen)
- **Lichtbrechung n:** Relief, Chagrin, Becke-Linie

Einbettungsmittel hat  $n$  von ca. 1,54

- Mineral mit  $n < 1,44$  → klares negatives Relief
- Mineral mit  $1,44 < n < 1,64$  → kein oder nur geringes Relief  
dabei  $1,44 < n < 1,54$  → Becke-Linie ins Einbettungsmittel  
dabei  $1,54 < n < 1,64$  → Becke-Linie ins Mineral

### Becke'sche Lichtlinie oder Becke-Linie:

Im mikroskopischen Bild bei kleiner Beleuchtungsapertur sichtbarer heller Lichtsaum an der Phasengrenze zweier Medien unterschiedlicher Lichtbrechung.

**3-h-Regel:** Bei Erhöhen des Abstandes Objekt-Objektiv wandert die Becke'sche Lichtlinie in das höherbrechende Medium hinein.

- Mineral mit  $n > 1,64$  → klares positives Relief
- Mineral mit  $n > 1,8$  → sehr deutliches positives Relief und Chagrin
- **morphologische Kennzeichen:** Form, Risse/Spaltbarkeiten, Einschlüsse, Zonarbau

## Gang einer Mineralbestimmung

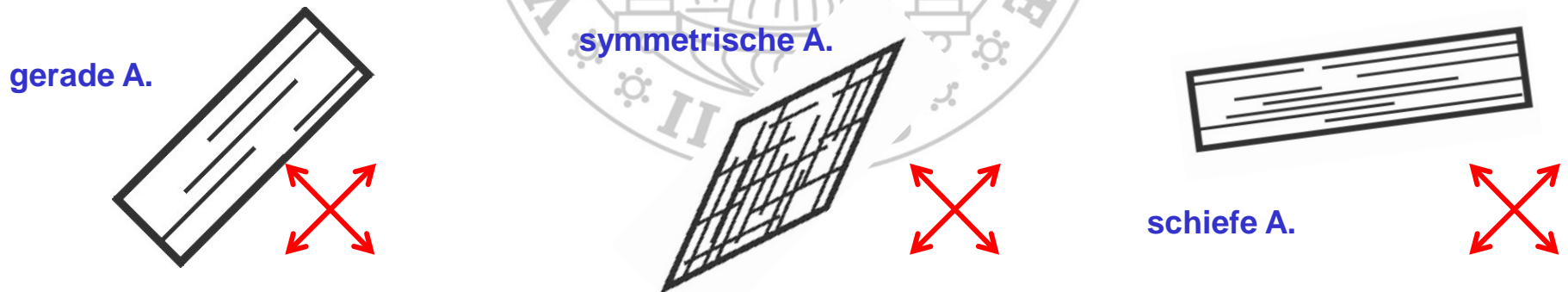
### (2) Beobachtungen mit Analysator:

(2a) Mineral beim Drehen immer dunkel: isotrop oder anisotrop in Kreisschnittlage  
(Unterscheidung mittels Konoskopie)

(2b) Mineral beim Drehen wechselnd hell/dunkel: anisotrop

(für Bearbeitung Korn mit möglichst hoher Interferenzfarbe suchen: Hauptschnitt)

- **Doppelbrechung  $\Delta n$** : Gangunterschied aus Interferenzfarbe, in Diagonalstellung ohne und mit Gipsblättchen; Ermittlung mittels Michel-Levy-Tafel
- **morpholog. Kennzeichen**: Zwillinge, Zonarbau, Entmischungen; ggf. Felderung, undulöse Auslöschung
- **Auslöschung**: gerade oder symmetrisch bei einachsigen Mineralen; schief bei triklinen Mineralen; ortho und mono = gerade oder schief



- **Hauptzone:** stimmen Längserstreckung und größeres  $n$  überein?  
(nur definiert bei Vorhandensein einer Längserstreckung und bei gerader Auslöschung in Bezug auf die Längserstreckung)

## Gang einer Mineralbestimmung

### (3) Konoskopie:

→ **wichtig:** für Konoskopie ein Korn mit Kreisschnitt-naher Schnittlage (d.h. geringe Interferenzfarbe) suchen

#### kubische Minerale:

- kein Achsenbild

#### einachsige Minerale:

- gerade Isogyren wandern beim Drehen des Objektisches waagrecht oder senkrecht durch das Sichtfeld
- einachsig positiv bei Addition im I. Quadranten
- einachsig negativ bei Subtraktion im I. Quadranten

#### zweiachsige Minerale:

- Isogyren nur in Parallelstellung gerade, in Diagonalstellung gekrümmt; wandern beim Drehen des Objektisches mit scheibenwischerartigen Bewegungen durch das Sichtfeld
- kleiner Achsenwinkel  $2V$ : beide Achsenausstichpunkte können (je nach Schnittlage) sichtbar sein; Isogyren in Diagonalstellung mit starker Krümmung
- größer Achsenwinkel  $2V$ : es ist immer nur (wenn überhaupt) ein Achsenausstichpunkt erkennbar; Isogyren in Diagonalstellung mit geringer Krümmung bis nahezu gestreckt
- zweiachsig positiv bei Addition im I. Quadranten
- zweiachsig negativ bei Subtraktion im I. Quadranten