

Prof. Dr. E.Nickel

Grundwissen in Mineralogie

Teil 1: Grundkursus

Ein Lehr- und Lernbuch auf elementarer Basis
für Kristall-, Mineral- und Gesteinskunde

103 Abbildungen im Text
und auf 14 Tafeln
9 Tabellen

Vierte Auflage 1992



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort für den Lehrer	7
Einführung für den Schüler	9
I. AUFBAU UND ORDNUNG DER KRISTALLE	17
1. <i>Der atomare Aufbau der Kristalle.</i>	17
a) Die Anordnung der atomaren Teilchen im Kristall	17
b) Kristallwachstum und Kristalloberfläche.	23
c) Symmetrieanalyse der Grundkörper.	27
d) Normierung der Symmetriebeschreibung in den Systemen	32
2. <i>Die Formenwelt der Kristalle.</i>	38
a) Die kristallographische Form.	38
b) Formen in nichtkubischen Systemen	41
c) Formen im kubischen System.	49
3. <i>Das Gesetz der Winkelkonstanz.</i>	55
a) Neigungswinkel zwischen Netzebenen.	55
b) Ideales und verzerrtes Wachstum.	57
c) Kugel Wachstums versuche und Zonenverband	62
d) Prinzip der stereographischen Projektion.	65
e) Tracht und Habitus, Zwillingbildung	66
4. <i>Struktur und Chemismus.</i>	73
a) Die Raumerfüllung des Kristalls.	73
b) Silikatstrukturen	75
c) Glimmer, eine beispielhafte Struktur.	76
II. MINERAL- UND GESTEINSKUNDE	79
1. <i>Die Erdkruste als Erstarrungsprodukt einer Schmelze.</i>	79
a) Zonengliederung der Erde.	79
b) Chemische und mineralische Zusammensetzung	83
c) Das Mineral im Gesteinsverband	86
d) Die Minerale der magmatischen Abfolge.	88
e) Die magmatische Erstarrung	94
f) Gesteinsgliederung nach dem Modell der «gravitativen Differentiation».	98
2. <i>Der Kreislauf der Gesteine.</i>	106
a) Inhalt der Krustenbildungszone.	106
b) Tiefengestein - Ganggestein - Ergußgestein.	110
c) Die Umbildung der Erdkruste.	117
d) Der Kreislauf der Gesteine Sedimentbildung - Metamorphose - Anatexis.	120

e) Die Sonderminerale der metamorphen Abfolge.	128
3. <i>Minerale, Erze, Lagerstätten.</i>	136
a) Magmatismus und Erzanreicherung	136
b) Das Bestimmen der Minerale.	143
c) Überblick über die spezielle Mineralogie.	146
III. EIGENSCHAFTEN DER KRISTALLE	159
1. <i>Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften.</i>	159
a) Symmetrie und Anisotropie.	159
b) Winkelmessung	160
2. <i>Die Kohäsion der Kristalle.</i>	163
a) Härte	163
b) Spaltbarkeit	164
c) Translation.	167
d) Zwillingsbildung	169
e) Ätzverhalten.	172
3. <i>Weitere Eigenschaften der Kristalle.</i>	174
a) Thermische und elektrische Anisotropie.	174
b) Luminiszenz: Fluoreszenz und Phosphoreszenz.	178
c) Radioaktivität	178
4. <i>Die optische Anisotropie.</i>	181
a) Doppelbrechung der Lichtoptik Doppelbrechung und Polarisation - Lage der Geschwin- digkeitsflächen im Kristall-Kristalle zwischen Polarisato- ren - Das Polarisationsmikroskop.	182
b) Gitterbeugung der Röntgenoptik.	200
Ausblick auf den Aufbaukursus (Hauptkursus).....	209
Allgemeine Register.	210
Kristallographie.	210
Petrographie.	211
Spezielle Register.	215
Minerale.	215
Gesteine.	219

Prof. Dr. E. Nickel

Grundwissen in Mineralogie

Teil 2: Aufbaukursus • Kristallographie

Ein Lehr- und Lernbuch auf elementarer Basis
für Kristall-, Mineral- und Gesteinskunde

141 Abbildungen im Text
sowie 4 Tafeln
20 Tabellen



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort zum Aufbaukursus.	9
I. DIE GEOMETRIE DES MAKROKRISTALLS.	13
1. <i>Der Kristall in der stereographischen Projektion.</i>	13
a) Vorbemerkungen.	13
b) Die Handhabung der stereographischen Projektion.	13
c) Die stereographische Projektion als Hilfsmittel der Symmetriebeschreibung.	19
1. Symmetrie und Stereogramm.	19
2. Die Symmetrieelemente.	26
2. <i>Ableitung der Kristallklassen.</i>	30
a) Die Kombinierbarkeit der Symmetrieelemente.	30
1. Die Symmetrieelemente.	31
2. Die Symmetriekombinationen.	35
3. Die entscheidende «Fläche allgemeiner Lage».	36
b) Die Kristallklassen.	37
c) Zusatzkapitel zur Klassenableitung.	47
3. <i>Die «wahre» Symmetrie der Kristalle.</i>	53
a) Die gleiche Form in verschiedenen Klassen.	53
b) Mehrdeutigkeit der Symmetrie.	55
c) Holoedrie und Hemiedrie.	56
4. <i>Die Indizierung der Kristalle.</i>	59
a) Einheitslängen am Achsenkreuz.	59
b) Das Rationalitätsgesetz.	62
c) Die Miller'schen Indizes.	64
1. Vom Weiß'schen Symbol zum Miller'schen Index.	64
2. Besonderheiten des trimetrischen Systems.	68
3. Gnomonische Projektion.	72
d) Flächen-, Formen- und Kantenindizes.	73
1. Die Indizes der gesamten Form.	76
2. Richtungsindizes.	80
e) Rechnen mit Indizes.	82
f) Grundzonen in den Kristallsystemen.	89
g) Indizierung der Zwillingsbildung.	89
II. DIE GEOMETRIE DES DISKONTINUUMS.	97
1. <i>Die Bravais-Gitter.</i>	97
a) Die Elementarzelle.	97
b) Die Translationstypen.	99
c) Punktkoordinaten.	102

2. Kristallgitter aus mehreren Komponenten.	105
3. Die Symmetrie im Diskontinuum.	111
a) Das erweiterte Schema der Symmetrieeoperationen.	111
b) Demonstration einer Raumgruppenableitung	115
4. Netzebenen im Raumgitter.	122
III. KRISTALLCHEMIE	126
1. Der Kristall als Materiepackung.	126
a) Ein Leitprinzip der Kristallbetrachtung.	126
b) Geometrie der «dichten Packungen».	130
1. Dichte Kugelpackungen einer Sorte.	133
2. Dichte Packungen verschieden großer Kugeln.	136
2. Wirkradien und Perioden-System.	141
a) Das Perioden-System der chemischen Elemente.	141
b) Der Zusammenhalt des Gitters.	146
c) Übersicht über die Bindungsarten.	151
3. Bindungsart und Kristallbau.	156
a) Das Prinzip des Koordinationsgitters.	156
1. Das «sozialisierte» Gitter.	156
2. Aufbau des Spinells.	157
3. Polarisation und Schichtgitter.	161
b) Valenzbindung und Molekülgitter.	163
c) Silikatstrukturen.	170
d) Metalle und ihre Eigenschaften.	175
4. Der reale Kristall.	180
a) Kristallwachstum und Gleichgewichtsform.	180
b) Zustände der Materie, Modifikationen.	182
c) Verfahren der Kristallisation.	184
d) Mischkristalle.	191
e) Der Bau des realen Kristalls.	195
IV. FUNDAMENTALMETHODEN DER MINERALOGIE: KRISTALLOPTIK UND RÖNTGENBEUGUNG.	200
1. Polarisationsoptische Untersuchungen an Kristallen.	200
a) Licht als Transversalwelle; Frequenz; Brechungsgesetz	200
1. Polarisiertes Licht.	200
2. Frequenz und Wellenlänge.	203
3. Isotropie und Anisotropie.	205
4. Die Konstruktion nach Huygens.	206
b) Indizes statt Geschwindigkeiten: Zweischalige Index- flächen.	212
c) Die Indikatrix.	213
d) Das Präparat unter dem Polarisationsmikroskop.	221

e)	Die Interferenzfarben	228
1.	Wie dick ist ein Dünnschliff?	229
2.	Maximale Interferenzfarbe im Dünnschliff	230
f)	Addition und Subtraktion von Interferenzfarben	232
g)	Die konoskopische Methode	236
h)	Die Nützlichkeit konoskopischer Betrachtung	239
1.	Bestimmung des optischen Charakters	242
2.	Erkennen von Dispersionen optischer Bezugsrichtungen	246
3.	Optische Aktivität	249
2.	<i>Röntgenbeugung an Kristallen</i>	251
a)	Das Pulverdiagramm kubischer Kristalle	251
1.	Die Reflexionsverhältnisse	251
2.	Ein Rechenbeispiel	258
3.	Verteilung der Indizes	261
4.	Die Auslöschungsgesetze	263
5.	Beispiele für die Reflexabfolge	266
b)	Die Ewald'sche Ausbreitungskugel	268
c)	Ausblick auf weitere Methoden	272
1.	Auswertung nicht-kubischer Pulverdiagramme	272
2.	Einkristallverfahren	274
d)	Die Auswerteschritte zur Strukturbestimmung	276
1.	Indizes und Intensitäten der Reflexe	276
2.	Bestimmung der Elektronendichteverteilung	280
3.	Für spezielle Fälle: Elektronen- und Neutronenbeugung	280
e)	Röntgendiagnostik	281
V.	REGISTER UND ÜBERSICHT	285
a)	Näher besprochene Substanzen	285
b)	Repetitorium und Stichwörter	286
c)	Zur Literatur	297

Prof. Dr. E. Nickel

Grundwissen in Mineralogie

Teil 3: Aufbaukursus • Petrographie

Ein Lehr- und Lernbuch für Kristall-, Mineral- und Gesteinskunde
auf elementarer Basis

84 Abbildungen im Text
32 Figuren auf 13 Tafeln
16 Tabellen

2. überarbeitete Auflage

**OTT
VERLAG
THUN**

INHALTSVERZEICHNIS

Vorbemerkungen	9
--------------------------	---

Erster Teil: PETROGENETISCHE GROSSPROZESSE

I. ENDOGENER ZYKLUS	13
1. <i>Schmelzen in Kruste und Mantel</i>	13
a) Globaltektonik und-magmatismus.	13
1. Lithosphäre und Asthenosphäre.	13
2. Mechanismus der Plattentheorie.	17
b) Tiefen-, Gang-und Ergußgesteine.	21
1. Magmatische Tiefenkörper.	24
2. Gangfüllungen.	25
3. Vulkanismus.	26
c) Magmenbildung und Differentiation.	32
1. Basaltische Stamm-Magmen.	32
2. Die Entwicklung von Sippen.	35
3. Das Streckeisendiagramm.	41
d) Magmenvariation im Sinne der Plattentektonik.	43
1. Basalttypen.	43
2. Bildung der Andesite und Rhyolithe.	50
2. <i>Metamorphose und Anatexis am Kontinent</i>	53
a) Vom Metamorphit zum Migmatit.	53
1. Deformation und Regeneration der Gesteine.	53
2. Gefügeprägung.	56
3. Metamorphie, ultrametamorphie und anatektische Mobilität.	59
b) Metamorphie und migmatische Gesteine.	63
1. Thermometamorphite.	63
2. Dynamothermometamorphite.	64
3. Migmatite.	69
3. <i>Die Orogenese</i>	74
a) Prozesse im Orogen.	74
1. Ablauf der Orogenese.....	74
2. Magmatismus und Metamorphose im Orogen.	79
b) Die Entstehung der Alpen.	83
1. Spreitung, Subduktion und Deckenbau.	83
2. Geschichte der Alpen.	91
II. EXOGENER ZYKLUS.	96
1. <i>Gliederung der Sedimentgesteine</i>	98
a) Verwitterung, Transport, Absatz.	98
b) Einteilung der Sedimente.	101

2.	<i>Stoffverteilung im exogenen Kreislauf</i>	105
a)	Vom kristallinen Gestein zum Sediment	105
	1. Quarz, Feldspat, Glimmer.	105
	2. Akzessorien, Schwerminerale.	108
	3. Verteilung des Eisens; Karbonatfällung; Salzlager	109
b)	Weitere Beispiele für exogene Anreicherungsprozesse.	114
	1. Euxinische Sedimentation.	114
	2. Kohlenbildung	116
	3. Phosphatlager.	119
	4. Hutbildung auf Lagerstätten.....	120

Zweiter Teil: CHEMISCHE UND PHYSIKO-CHEMISCHE
GESICHTSPUNKTE DER PETROGENESE 123

I.	CHEMISCHE KLASSIFIKATION DER MAGMATITE	123
1.	<i>Analysenaufrechnung nach P. NIGGLI</i>	123
a)	Modale und chemische Klassifikation	123
b)	Vom Sinn der Molzahlen.	125
c)	Die Niggli-Rechnung	127
d)	Beziehungen zwischen Gesteinschemismus und Mineralbestand.	129
2.	<i>Prinzip der normativen Aufrechnung</i>	133
a)	Kontrolle der Analyse.	133
b)	Das CIPW-System.	133
3.	<i>Variationsdiagramme auf Grund chemischer Gruppen</i> ..	137
II.	MAGMATISCHE GESTEINE ALS MEHRKOMPONENTENSYSTEME	141
1.	<i>Vom Phasenbegriff zum Gestein</i>	141
a)	Der Begriff der Phase.....	141
b)	Zwei Arten von Kristallisation.	143
c)	Eutektsysteme.	147
d)	Mischkristallssysteme.	153
e)	Darstellung des Gabbros als Dreikomponentensystem.	157
2.	<i>Die Beteiligung leichtflüchtiger Komponenten.</i>	159
a)	Gasförmig-flüssig-fest	159
b)	Die Zustandsgleichung der Gase und Flüssigkeiten	162
c)	Erhitzen bei konstanten Volumina	164
3.	<i>Das Quarz-Feldspat-System.</i>	167
a)	Das Quarz-Alkalifeldspat-System.	169
b)	Das vollständige Quarz-Feldspat-System.	170
c)	Kristallisation und Differentiation.	174
d)	Der Aufstieg von Granitschmelzen.	175
III.	DIE METAMORPHEN MINERALPARAGENESEN	180
1.	<i>Umkristallisation in der Erdkruste</i>	180

a)	Metamorphosestufen	180
1.	Anzeige des Metamorphosegrades.	180
2.	Progressive Metamorphose im Konzentrationsdreieck	183
b)	Leichtflüchtige Anteile, Volumprobleme, Metasomatosen.	185
c)	Die interne Neueinstellung der Komponenten.	188
	(Zum Prinzip radiogener Altersbestimmung)	
d)	Arten der Metamorphose.	189
2.	<i>Phasendarstellung der Metamorphite (nach Winkler)</i>	193
a)	Das ACF- und A'FK-Diagramm.	193
b)	Diskussion eines Beispiels (hochtemperierte Kontaktfazies).	196
c)	Reaktionsgleichungen im metamorphen Bereich.	198
1.	Unterteilung des p,T-Feldes nach H. G. F. Winkler.	201
2.	Anatexis im Bereich der starken Metamorphose	204
3.	Grenzfälle (Kontakt- und HP-Metamorphose)	205
4.	Sonderfälle (Granulite und Eklogite).	206
IV.	BEISPIELE DER METHODIK AN EXOGENEN PRODUKTEN.	207
1.	<i>Untersuchungen an Sedimentiten</i>	207
a)	Untersuchungsmethoden an Klastiten.	208
1.	Granulometrie.	210
2.	Eigenschaften der Tone.	214
b)	Der Aufbau des Bodens.	219
c)	Zum Chemismus der Salzlagerstätten.	222
2.	<i>Technologie des «angewandten Mineralogen»</i>	225
a)	Keramik, Mörtel, Zement, Glas.	225
b)	Feuerfeste Steine.	228

Dritter Teil: GESTEINE UND ERZE UNTER DEM MIKROSKOP

I.	BEOBACHTUNGEN IM DURCHLICHTMIKROSKOP.	230
1.	<i>Die Bestimmungspraxis am Dünnschliff</i>	230
a)	Die feststellbaren Eigenschaften der Minerale.	230
1.	Die Kontur im Dünnschliff.	231
2.	Die Kontur im Körnerpräparat	233
3.	Die Doppelbrechung	233
4.	Beobachtbare Eigenschaften.	234
b)	Physiographie der Gesteine.	235
1.	Intrusiva: Granit.	238
2.	Intrusiva: Syenit bis Gabbro.	241
3.	Effusiva: Rhyolith.	242
4.	Effusiva: Trachyt bis Basalt	243
5.	Anhang: Sedimentite, Metamorphite, Migmatite	243

c)	Das Gefüge der Gesteine	246
2.	<i>Der Gebrauch des Universaldrehtisches.</i>	247
a)	Schnittlagenverbesserung	248
b)	Die Erfassung der Indikatrix.	250
c)	Methodik der Gefügekunde.....	253
1.	Gesteinsanisotropie.	253
2.	Einmessung und Auswertung	254
3.	Einfache Beispiele für Gefügeregelung.	257
II.	BEOBACHTUNGEN IM AUFLICHTMIKROSKOP.	262
1.	<i>Das Auflichtmikroskop und seine Objekte</i>	262
2.	<i>Einsatz in der Erzmikroskopie</i>	263
3.	<i>Das Erz im Anschliff.</i>	265
	(Reflexionsgesetz, Doppelbrechung, Bestimmungs- methodik)	
	Zu den Tafelbeilagen.	273
	Register	275
	Literatur.	296
	Nachwort	299