

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Einführung und Grundbegriffe	1
1 Kristalle	3
1.1 Kristallmorphologie	4
1.2 Kristallstruktur	8
1.2.1 Bravais-Gitter	8
1.2.2 Raumgruppen	10
1.2.3 Kristallstrukturbestimmung mit Röntgenstrahlen	10
1.3 Kristallchemie	12
1.3.1 Grundprinzipien	12
1.3.2 Arten der chemischen Bindung	12
1.3.3 Einige wichtige Begriffe der Kristallchemie	14
1.4 Kristallphysik	16
1.4.1 Härte und Kohäsion	16
1.4.2 Wärmeleitfähigkeit	16
1.4.3 Elektrische Eigenschaften	17
1.4.4 Magnetische Eigenschaften	18
1.5 Kristalloptik	19
1.5.1 Grundlagen	20
1.5.2 Grundzüge der Durchlicht-Mikroskopie	21
1.5.3 Grundzüge der Auflichtmikroskopie	27
Literatur	29
2 Minerale	31
2.1 Der Mineralbegriff	32
2.2 Mineralbestimmung und Mineralsystematik	33
2.3 Vorkommen und Ausbildung der Minerale	35
2.4 Gesteinsbildende und wirtschaftlich wichtige Minerale	36
2.4.1 Gesteinsbildende Minerale	36
2.4.2 Nutzbare Minerale	39
2.4.3 Edelsteine	39
2.5 Biomineralisation und medizinische Mineralogie	42
2.5.1 Mineralbildung im Organismus	43
2.5.2 Medizinische Mineralogie	48
2.6 Mineralogische Wissenschaften und ihre Anwendungsgebiete in Technik, Industrie und Bergbau	52
Literatur	53
3 Gesteine	55
3.1 Mineralinhalt	56
3.2 Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Mineralinhalt: Heteromorphie von Gesteinen	56

3.3	Gefüge	56
3.3.1	Struktur	56
3.3.2	Textur	57
3.4	Geologischer Verband	60
3.5	Abgrenzung der gesteinsbildenden Prozesse	61
3.6	Mineral- und Erzlagerstätten	63
	Literatur	66

Teil II

Spezielle Mineralogie	67
------------------------------------	-----------

4	Elemente	69
4.1	Metalle	70
4.2	Metalloide (Halbmetalle)	75
4.3	Nichtmetalle	75
	Literatur	81
5	Sulfide, Arsenide und komplexe Sulfide (Sulfosalze)	83
5.1	Metall-Sulfide mit M:S > 1:1 (meist 2:1)	84
5.2	Metall-Sulfide und -Arsenide mit M:S ≈ 1:1	85
5.3	Metall-Sulfide, -Sulfarsenide und -Arsenide mit M:S ≤ 1:2	90
5.4	Arsen-Sulfide	94
5.5	Komplexe Metall-Sulfide (Sulfosalze)	95
	Literatur	97
6	Halogenide	99
	Literatur	102
7	Oxide und Hydroxide	103
7.1	M ₂ O-Verbindungen	104
7.2	M ₃ O ₄ -Verbindungen	104
7.3	M ₂ O ₃ -Verbindungen	106
7.4	MO ₂ -Verbindungen	110
7.5	Hydroxide	113
	Literatur	115
8	Karbonate, Nitrate und Borate	117
8.1	Calcit-Gruppe, $\bar{3}2/m$	118
8.2	Aragonit-Gruppe, 2/m2/m2/m	121
8.3	Dolomit-Gruppe	123
8.4	Azurit-Malachit-Gruppe	124
8.5	Nitrate	125
8.6	Borate	125
	Literatur	127
9	Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate	129
9.1	Sulfate	130
9.2	Chromate	134
9.3	Molybdate und Wolframate	135
	Literatur	136
10	Phosphate, Arsenate, Vanadate	137
	Literatur	141

11 Silikate	143
11.1 Inselsilikate (Nesosilikate)	145
11.2 Gruppensilikate (Sorosilikate)	153
11.3 Ringsilikate (Cyclosilikate)	156
11.4 Ketten- und Doppelkettensilikate (Inosilikate)	160
11.4.1 Pyroxen-Familie	161
11.4.2 Pyroxenoide	165
11.4.3 Amphibol-Familie	166
11.5 Schichtsilikate (Phyllosilikate)	169
11.5.1 Pyrophyllit-Talk-Gruppe	171
11.5.2 Glimmer-Gruppe	172
11.5.3 Hydroglimmer-Gruppe	174
11.5.4 Sprödglimmer-Gruppe	174
11.5.5 Chlorit-Gruppe	174
11.5.6 Serpentin-Gruppe, $Mg_6[(OH)_8/Si_4O_{10}]$	175
11.5.7 Tonmineral-Gruppe	176
11.5.8 Apophyllit-Gruppe	178
11.6 Gerüstsilikate (Tektosilikate)	179
11.6.1 SiO_2 -Minerale	179
11.6.2 Feldspat-Familie	189
11.6.3 Feldspatoide (Foide, Feldspatvertreter)	198
11.6.4 Cancrinit-Gruppe	200
11.6.5 Skapolith-Gruppe	200
11.6.6 Zeolith-Familie	201
Literatur	204
12 Flüssigkeits-Einschlüsse in Mineralen	207
Literatur	212
Teil III	
Petrologie und Lagerstättenkunde	213
13 Magmatische Gesteine (Magmatite)	215
13.1 Einteilung und Klassifikation der magmatischen Gesteine	216
13.1.1 Zuordnung nach der geologischen Stellung und dem Gefüge	216
13.1.2 Klassifikation nach dem Mineralbestand	217
13.1.3 Chemismus und CIPW-Norm	220
13.2 Petrographie der Magmatite	223
13.2.1 Subalkaline Magmatite	224
13.2.2 Alkali-Magmatite	234
13.2.3 Karbonatite, Kimberlite und Lamproite	237
Literatur	239
14 Vulkanismus	241
14.1 Effusive Förderung: Lavaströme	243
14.2 Extrusive Förderung	246
14.3 Explosive Förderung	246
14.4 Gemischte Förderung: Stratovulkane	252
14.5 Vulkanische Dampf Tätigkeit	252
Literatur	255
15 Plutonismus	257
15.1 Die Tiefenfortsetzung von Vulkanen	258

15.2	Formen plutonischer und subvulkanischer Intrusivkörper	259
15.3	Innerer Aufbau und Platznahme von Plutonen	260
15.3.1	Interngefüge von Plutonen	260
15.3.2	Mechanismen der Platznahme	261
15.3.3	Layered Intrusions	262
	Literatur	263
16	Magma und Lava	265
16.1	Chemische Zusammensetzung und Struktur magmatischer Schmelzen ...	266
16.2	Vulkanische Gase	266
16.3	Magmatische Temperaturen	267
16.3.1	Direkte Messungen	267
16.3.2	Schmelzversuche an natürlichen Gesteinen	267
16.4	Viskosität von Magmen und Laven	268
16.5	Löslichkeit von leichtflüchtigen Komponenten im Magma	269
	Literatur	271
17	Bildung und Weiterentwicklung von Magmen	273
17.1	Magmatische Serien	274
17.2	Bildung von Stamm-Magmen	275
17.2.1	Basaltische Stamm-Magmen	275
17.2.2	Granitische Magmen	275
17.3	Magmenmischung	276
17.4	Magmatische Differentiation	276
17.4.1	Kristallisations-Differentiation	276
17.4.2	Entmischung im schmelzflüssigen Zustand (liquide Entmischung)	279
17.5	Assimilation	279
	Literatur	280
18	Experimentelle Modellsysteme	281
18.1	Die Gibbs'sche Phasenregel	282
18.2	Experimente in Zweistoff- und Dreistoffsystemen	283
18.2.1	Experimente zur Kristallisationsabfolge basaltischer Magmen	283
18.2.2	Experimente zur Bildung SiO_2 -übersättigter und SiO_2 -untersättigter Magmen	289
18.2.3	Experimente zum Verhalten von Mafiten in basaltischen Magmen ...	295
18.3	Das Reaktionsprinzip von Bowen	299
18.4	Das Basalt-Tetraeder von Yoder und Tilley (1962)	302
18.5	Gleichgewichts-Schmelzen und fraktioniertes Schmelzen	303
	Literatur	304
19	Die Herkunft des Basalts	305
19.1	Basalte und Plattentektonik	306
19.2	Bildung von Basalt-Magmen durch partielles Schmelzen von Mantelperidotit	307
19.2.1	Das Pyrolit-Modell	307
19.2.2	Partielles Schmelzen von H_2O -freiem Pyrolit	307
19.2.3	Partielles Schmelzen von H_2O -haltigem Pyrolit	308
	Literatur	310
20	Die Herkunft des Granits	311
20.1	Genetische Einteilung der Granite auf geochemischer Basis	312
20.2	Experimente zur Granitgenese	313
20.2.1	Einführung	313

20.2.2	Kristallisationsverlauf granitischer Magmen: Experimente im H ₂ O-gesättigten Modellsystem Qz–Ab–Or–H ₂ O	314
20.2.3	Experimentelle Anatexis: Experimente unter H ₂ O-gesättigten und H ₂ O-untersättigten Bedingungen im Modellsystem Qz–Ab–Or–H ₂ O	316
20.2.4	Das Modellsystem Qz–Ab–An–Or–H ₂ O	319
20.2.5	Das Modellsystem Qz–Ab–An–H ₂ O	320
20.2.6	Das natürliche Granitsystem	320
	Literatur	321
21	Orthomagmatische Erzlagerstätten	323
21.1	Einführung	324
21.2	Lagerstättenbildung durch fraktionierte Kristallisation	324
21.2.1	Chromit- und Chromit-PGE-Lagerstätten	326
21.2.2	Fe-Ti-Oxid-Lagerstätten	327
21.3	Lagerstättenbildung durch liquide Entmischung von Sulfid- und Oxidschmelzen	328
21.3.1	Nickelmagnetkies-Kupferkies-PGE-Lagerstätten in Noriten und Pyroxeniten	328
21.3.2	Nickelmagnetkies-Kupferkies-Lagerstätten in Komatiiten	331
21.3.3	Magnetit-Apatit-Lagerstätten	331
21.4	Erz- und Mineral-Lagerstätten in Karbonatit-Alkali-Magmatit-Komplexen	331
	Literatur	332
22	Pegmatite	335
22.1	Theoretische Überlegungen	336
22.2	Geologisches Auftreten und Petrographie von Pegmatiten	337
22.3	Pegmatite als Rohstoffträger	339
22.4	Geochemische Klassifikation der Granit-Pegmatite	340
	Literatur	340
23	Hydrothermale Erz- und Minerallagerstätten	343
23.1	Grundlagen	344
23.2	Hydrothermale Imprägnationslagerstätten	347
23.2.1	Zinnerz-Lagerstätten	347
23.2.2	Wolfram-Lagerstätten	348
23.2.3	Molybdän-Lagerstätten	348
23.2.4	Porphyrische Kupfererz-Lagerstätten (Porphyry Copper Ores)	349
23.2.5	Imprägnationen mit ged. Kupfer (Typus Oberer See)	350
23.3	Hydrothermale Verdrängungslagerstätten	351
23.3.1	Skarnerz-Lagerstätten	351
23.3.2	Mesothermale Kupfer-Arsen-Verdrängungs-Lagerstätten	352
23.3.3	Hydrothermale Blei-Silber-Zink-Verdrängungslagerstätten	352
23.3.4	Hydrothermale Gold-Pyrit-Verdrängungslagerstätten vom Carlin-Typ	352
23.3.5	Metasomatische Siderit-Lagerstätten	353
23.3.6	Metasomatische Magnesit-Lagerstätten	353
23.4	Hydrothermale Erz- und Mineralgänge	353
23.4.1	Orogene Gold-Quarz-Gänge	354
23.4.2	Epithermale Gold- und Gold-Silber-Lagerstätten (subvulkanisch)	355
23.4.3	Mesothermale Kupfererzgänge	356
23.4.4	Blei-Silber-Zink-Erzgänge	356
23.4.5	Zinn-Silber-Bismut-Erzgänge des bolivianischen Zinngürtels	357
23.4.6	Bismut-Kobalt-Nickel-Silber-Uran-Erzgänge	358
23.4.7	Telethermale Antimon-Quarz-Gänge	359
23.4.8	Hydrothermale Siderit- und Hämatit-Erzgänge	359

23.4.9	Nichtmetallische hydrothermale Ganglagerstätten	360
23.4.10	Quarzgänge und hydrothermale Verkieisungen	360
23.4.11	Alpine Klüfte	360
23.5	Vulkanogen-sedimentäre Erzlagerstätten	360
23.5.1	Erzbildung durch rezente Hydrothermal-Aktivität in der Tiefsee: Black Smoker	360
23.5.2	Vulkanogen-massive Sulfiderz-Lagerstätten (VMS-Lagerstätten) ..	363
23.5.3	Vulkanogen-sedimentäre Quecksilbererz-Lagerstätten	364
23.5.4	Vulkanogene Oxiderz-Lagerstätten	365
23.6	Schichtgebundene Hydrothermal-Lagerstätten	365
23.6.1	Sedimentär-exhalative Blei-Zink-Erzlagerstätten (Sedex-Lagerstätten)	365
23.6.2	Karbonat-gebundene Erz- und Mineral-Lagerstätten	366
23.7	Diskordanz-gebundene Uranerz-Lagerstätten	367
	Literatur	368
24	Verwitterung und mineralbildende Vorgänge im Boden	371
24.1	Mechanische Verwitterung	372
24.2	Chemische Verwitterung	372
24.2.1	Leicht lösliche Minerale	373
24.2.2	Verwitterung der Silikate	373
24.3	Subaerische Verwitterung und Klimazonen	375
24.4	Zur Abgrenzung des Begriffs Boden	375
24.5	Verwitterungsbildungen von Silikatgesteinen und ihre Lagerstätten	376
24.5.1	Residualtone und Kaolin	376
24.5.2	Bentonit	376
24.5.3	Bauxit	376
24.5.4	Fe-, Mn- und Co-reiche Laterite	377
24.5.5	Ni- und Co-reiche Laterite	378
24.5.6	Weitere Residual-Lagerstätten	378
24.6	Verwitterung sulfidischer Erzkörper	378
24.6.1	Oxidationszone	378
24.6.2	Zementationszone	380
24.6.3	Stabilitätsbeziehungen wichtiger Kupferminerale bei der Verwitterung	380
	Literatur	381
25	Sedimente und Sedimentgesteine	383
25.1	Grundlagen	384
25.1.1	Einteilung der Sedimente und Sedimentgesteine	384
25.1.2	Gefüge der Sedimente und Sedimentgesteine	384
25.2	Klastische Sedimente und Sedimentgesteine	385
25.2.1	Transport und Ablagerung des klastischen Materials	385
25.2.2	Chemische Veränderungen während des Transports	385
25.2.3	Korngrößenverteilung bei klastischen Sedimenten und ihre Darstellung	386
25.2.4	Diagenese der klastischen Sedimentgesteine	386
25.2.5	Einteilung der Psaphite und Psammite	388
25.2.6	Schwerminerale in Psammiten	390
25.2.7	Fluviatile und marine Seifen	390
25.2.8	Metallkonzentrationen in ariden Schuttwannen (Lagerstätten vom Red-Bed-Typ)	394
25.2.9	Einteilung der Pelite	394
25.2.10	Diagenese von Peliten	396

25.2.11	Buntmetall-Lagerstätten in Schwarzschiefern	397
25.2.12	Übergang von der Diagenese zur niedriggradigen Metamorphose ...	398
25.3	Chemische und biochemische Karbonatsedimente und -sedimentgesteine ..	399
25.3.1	Einteilung der Karbonatgesteine	399
25.3.2	Löslichkeit und Ausscheidungsbedingungen des CaCO_3	399
25.3.3	Anorganische und biochemische Karbonat-Bildung im Meerwasser ..	401
25.3.4	Bildung festländischer (terrestrischer) Karbonatsedimente	403
25.3.5	Diagenese von Kalkstein	403
25.4	Eisen- und Mangan-reiche Sedimente und Sedimentgesteine	404
25.4.1	Ausfällung des Eisens und die Stabilitätsbedingungen der Fe-Mineralie	404
25.4.2	Sedimentäre Eisenerze	406
25.4.3	Sedimentäre Manganerze	408
25.4.4	Metallkonzentrationen am Ozeanboden	408
25.5	Kieselige Sedimente und Sedimentgesteine	409
25.6	Sedimentäre Phosphatgesteine	410
25.7	Evaporite (Salzgesteine)	410
25.7.1	Kontinentale (terrestrische) Evaporite	410
25.7.2	Marine Evaporite	411
	Literatur	414
26	Metamorphe Gesteine	417
26.1	Grundlagen	418
26.1.1	Metamorphe Prozesse	418
26.1.2	Ausgangsmaterial metamorpher Gesteine	419
26.1.3	Abgrenzung der Gesteinsmetamorphose	420
26.1.4	Auslösende Faktoren der Gesteinsmetamorphose	421
26.2	Die Gesteinsmetamorphose als geologischer Prozess	423
26.2.1	Kontaktmetamorphose	424
26.2.2	Kataklastische Metamorphose und Mylonitisierung	428
26.2.3	Schockwellen- oder Impakt-Metamorphose	429
26.2.4	Hydrothermale Metamorphose	432
26.2.5	Regionalmetamorphose in Orogenzonen	432
26.2.6	Regionale Versenkungsmetamorphose	437
26.2.7	Regionale Ozeanboden-Metamorphose	437
26.3	Nomenklatur der regional- und kontaktmetamorphen Gesteine	438
26.3.1	Regionalmetamorphe Gesteine	438
26.3.2	Kontaktmetamorphe Gesteine	444
26.4	Das Gefüge der metamorphen Gesteine	445
26.4.1	Gefügerelikte	445
26.4.2	Das kristalloblastische Gefüge	446
26.4.3	Gefügeregelung bei metamorphen Gesteinen (Deformationsgefüge)	447
26.5	Bildung von Migmatiten durch partielle Anatexis	453
26.5.1	Der Migmatitbegriff	453
26.5.2	Experimentelle Grundlagen für die anatektische Bildung von Migmatiten	454
26.5.3	Stoffliche Bilanz bei der Entstehung von Migmatiten	455
26.5.4	Die globale geodynamische Bedeutung der partiellen Anatexis ..	455
26.6	Metasomatose	456
26.6.1	Kontaktmetasomatose	457
26.6.2	Autometasomatose	459
26.6.3	Spilite als Produkte einer Natrium-Metasomatose	460
	Literatur	460

27	Phasengleichgewichte und Mineralreaktionen	
	in metamorphen Gesteinen	463
27.1	Gleichgewichtsbeziehungen in metamorphen Gesteinen	464
27.1.1	Feststellung des thermodynamischen Gleichgewichts	464
27.1.2	Die Gibbs'sche Phasenregel	464
27.1.3	Die freie Enthalpie: Stabile und metastabile Niveaus	466
27.2	Metamorphe Mineralreaktionen	468
27.2.1	Polymorphe Umwandlungen und Reaktionen ohne Freisetzung einer fluiden Phase	468
27.2.2	Entwässerungs-Reaktionen	471
27.2.3	Dekarbonatisierungs-Reaktionen	476
27.2.4	Reaktionen, an denen H ₂ O und CO ₂ beteiligt sind	477
27.2.5	Oxidations-Reduktions-Reaktionen	479
27.2.6	Petrogenetische Netze	481
27.3	Geothermometrie und Geobarometrie	482
27.4	Druck-Temperatur-Entwicklung metamorpher Komplexe	484
27.4.1	Druck-Temperatur-Pfade	484
27.4.2	Druck-Temperatur-Zeit-Pfade	486
	Literatur	487
28	Metamorphe Mineralfazies	489
28.1	Graphische Darstellung metamorpher Mineralparagenesen	490
28.1.1	ACF- und A'KF-Diagramme	490
28.1.2	AFM-Projektion	492
28.2	Das Faziesprinzip	495
28.2.1	Begründung des Faziesprinzips	495
28.2.2	Metamorphe Faziesserien	497
28.3	Übersicht über die metamorphen Fazies	498
28.3.1	Zeolith- und Prehnit-Pumpellyit-Fazies	498
28.3.2	Grünschieferfazies	498
28.3.3	Epidot-Amphibolit-Fazies	499
28.3.4	Amphibolitfazies	499
28.3.5	Granulitfazies	502
28.3.6	Hornfelsfazies	504
28.3.7	Sanidinitfazies	505
28.3.8	Blauschieferfazies	505
28.3.9	Eklogitfazies	507
	Literatur	510

Teil IV

Stoffbestand und Bau von Erde und Mond

– unser Planetensystem

29	Aufbau des Erdinnern	515
29.1	Seismischer Befund zum Aufbau des Erdinnern	516
29.1.1	Physikalische Grundlagen	516
29.1.2	Ausbreitung von Erdbebenwellen im Erdinnern	517
29.1.3	Geschwindigkeitsverteilung der Erdbebenwellen im Erdinnern	518
29.2	Erdkruste	518
29.2.1	Ozeanische Erdkruste	519
29.2.2	Kontinentale Erdkruste	520
29.2.3	Die Erdkruste in jungen Orogengürteln	522

29.3	Erdmantel	522
29.3.1	Der oberste, lithosphärische Erdmantel und die Natur der Moho	522
29.3.2	Die Asthenosphäre als Förderband der Lithosphärenplatten	527
29.3.3	Übergangszone	530
29.3.4	Unterer Erdmantel	532
29.4	Erdkern	533
29.4.1	Geophysikalischer Befund	533
29.4.2	Chemische Zusammensetzung des Erdkerns	534
	Literatur	535
30	Aufbau und Stoffbestand des Mondes	537
30.1	Die Kruste des Mondes	538
30.1.1	Hochlandregionen	538
30.1.2	Regionen der Maria	540
30.1.3	Minerale der Mondgesteine	540
30.1.4	Der Regolith	541
30.1.5	Reste von Wasser im Regolith	541
30.2	Innerer Aufbau des Mondes	542
30.2.1	Die Mondkruste	542
30.2.2	Der Mondmantel	542
30.2.3	Der Mondkern	543
30.3	Geologische Geschichte des Mondes	544
	Literatur	545
31	Meteorite	547
31.1	Fallphänomene	548
31.2	Häufigkeit von Meteoriten	550
31.3	Haupttypen der Meteorite	552
31.3.1	Undifferenzierte Steinmeteorite: Chondrite	553
31.3.2	Differenzierte Steinmeteorite: Achondrite	557
31.3.3	Stein-Eisen-Meteorite (differenziert)	559
31.3.4	Eisenmeteorite (differenziert)	561
31.4	Tektite	563
	Literatur	564
32	Unser Planetensystem	567
32.1	Die erdähnlichen Planeten	568
32.1.1	Merkur	568
32.1.2	Venus	570
32.1.3	Mars	573
32.2	Die Asteroiden	579
32.3	Die Riesenplaneten und ihre Satelliten	581
32.3.1	Astronomische Erforschung	581
32.3.2	Atmosphäre und innerer Bau der Riesenplaneten	582
32.3.3	Die Jupiter-Monde	584
32.3.4	Die Eismonde von Saturn, Uranus und Neptun	587
32.3.5	Die Ringsysteme der Riesenplaneten	590
32.4	Die Trans-Neptun-Objekte (TNO) im Kuiper-Gürtel	591
32.5	Der Zwergplanet Pluto und sein Mond Charon: ein Doppelplanet	591
	Literatur	592

33 Einführung in die Geochemie	595
33.1 Geochemische Gliederung der Elemente	596
33.2 Chemische Zusammensetzung der Gesamterde	598
33.3 Chemische Zusammensetzung der Erdkruste	600
33.3.1 Berechnungen des Krustenmittels: Clarke-Werte	600
33.3.2 Seltene Elemente und Konzentrations-Clarkes	602
33.4 Spurenelement-Geochemie magmatischer Prozesse	603
33.4.1 Grundlagen	603
33.4.2 Spurenelement-Fraktionierungen bei der Bildung und Differentiation von Magmen	605
33.4.3 Spurenelemente als Indikatoren für die geotektonische Position von magmatischen Prozessen	609
33.5 Isotopen-Geochemie	610
33.5.1 Einführung	610
33.5.2 Stabile Isotope	611
33.5.3 Einsatz radiogener Isotope in der Geochronologie	615
33.6 Entstehung der chemischen Elemente	624
Literatur	626
34 Die Entstehung unseres Sonnensystems	629
34.1 Frühe Theorien und erste Belege	630
34.2 Sternentstehung	630
34.3 Zusammensetzung des Solarnebels	631
34.4 Entstehung der Planeten	633
Literatur	638
A Anhang	639
A.1 Übersicht wichtiger Ionenradien und der Ionenkoordination gegenüber O^{2-}	639
A.2 Berechnung von Mineralformeln	639
A.3 Lernschema der subalkalinen Magmatite und der Alkali-Magmatite	642
Literatur	643
Abdruckgenehmigungen	644
I Index	645
Sachindex	645
Geographischer Index	713