

Inhalt

1. Einführung

1.1. Zur Geschichte der Vulkanologie	1
1.1.1. Mythologische Vorstellungen	1
1.1.2. Philosophische Vorstellungen	1
1.1.3. Vulkanographie	2
1.1.4. Wissenschaftliche Erklärungsversuche	2
1.1.5. Moderne Vulkanforschung	3
1.2. Zielsetzung der Vulkanologie	3
1.2.1. Theoretische und angewandte Vulkanologie	3
1.2.2. Erkenntnistheoretische Bemerkungen	4

2. Die Vulkane

2.1. Grundbegriffe.	7
2.1.1. Definition des Begriffs „Vulkan“.	7
2.1.2. Das Baumaterial der Vulkane	7
2.2. Systematik der Vulkane	8
2.2.1. Ältere Klassifikationsversuche	8
2.2.2. Vorschlag einer Systematik der Vulkane	10
2.3. Lavadecken.	11
2.3.1. Kontinentale Plateau-Basalte	11
2.3.2. Subozeanische Basaltdecken	13
2.4. Schildvulkane	13
2.4.1. Schildvulkane vom Island-Typ.	13
2.4.2. Schildvulkane vom Hawaii-Typ	14
2.5. Stratovulkane.	16
2.5.1. Lava-reiche Stratovulkane	16
2.5.2. Tephra-reiche Stratovulkane	18
2.5.3. Unterschiede zwischen lava- und tephra-reichen Stratovulkanen.	23
2.5.4. Calderen der Strato- und Schildvulkane	25
2.6. Kleinvulkane	26
2.6.1. Explosive Kleinvulkane	27
2.6.2. Gemischte Kleinvulkane	30
2.6.3. Effusive Kleinvulkane	30
2.6.4. Sprengtrichter und Diatreme	31
2.6.5. Submarine Kleinvulkane	34
2.7. Ignimbritdecken.	35
2.7.1. Ignimbritdecken der Orogene	35
2.7.2. Ignimbrite in Kratonen.	37
2.8. Vulkano-tektonische Senken und Horste	37
2.8.1. Einfache vulkano-tektonische Senken	37
2.8.2. Resurgente vulkano-tektonische Senken.	38
2.8.3. Vulkano-tektonische Horste.	38

2.9. Geographische Verbreitung der Vulkane

Vulkane	40
2.9.1. Vulkankataloge	40
2.9.2. Tätige und erloschene Vulkane	41
2.9.3. Die aktiven Vulkangebiete der Erde	41
2.9.4. Die Förderleistung der Vulkane	41
2.9.5. Energiebilanz des Vulkanismus	43

3. Tätigkeit der Vulkane

3.1. Grundbegriffe.	44
3.1.1. Definitionen	44
3.1.2. Systematik der Vulkantätigkeit	44
3.1.3. Katalogmäßige Charakterisierung der Tätigkeitsarten	45
3.1.4. Grundformen der Tätigkeitsarten	46
3.1.5. Der Explosivitätsindex	46
3.1.6. Chronogramme der Ausbrüche	47
3.1.7. Chronogramme der Tätigkeit eines Vulkans	49
3.2. Erstausrüche	49
3.2.1. Geburt eines Vulkans	49
3.2.2. Exzentrische Ausbrüche	52
3.3. Großausbrüche von Vulkanen in Kratonen.	53
3.3.1. Effusive Spaltenausbrüche	53
3.3.2. Effusive Flankenausbrüche	54
3.3.3. Effusive Gipfel ausbrüche.	56
3.4. Großausbrüche von Vulkanen in Orogenen	56
3.4.1. Explosive Spaltenausbrüche	56
3.4.2. Explosive Flankenausbrüche	58
3.4.3. Explosive Gipfel ausbrüche	59
3.5. Kleinere, atypische Ausbrüche.	64
3.5.1. Vorbemerkungen	64
3.5.2. Gemischte Ausbrüche	65
3.6. Phreatische und hydromagmatische Ausbrüche	67
3.6.1. Phreatische Explosionen	67
3.6.2. Subgiaziale Ausbrüche	68
3.6.3. Submarine Ausbrüche	69
3.7. Dauertätigkeit der Vulkane	71
3.7.1. Ejektive Dauertätigkeit.	71
3.7.2. Langsame Effusionen	75
3.7.3. Lavasee-Tätigkeit	75
3.7.4. Extrusionen	78

3.8. Diffuse Dauertätigkeit 82
 3.8.1. Fumarolen und Solfataren 82
 3.8.2. Thermen und Dampfquellen 86

4. Bedeutung der Vulkane für den Menschen

4.1. Gefährlichkeit der Vulkane 89
 4.1.1. Allgemeine Vorstellungen 89
 4.1.2. Todesopfer bei Vulkanausbrüchen 89
 4.1.3. Sachschäden durch Vulkanausbrüche 91
 4.2. Überwachung tätiger Vulkane 92
 4.2.1. Direkte Beobachtung 92
 4.2.2. Seismographische Überwachung 93
 4.2.3. Geodätische, gravimetrische und magnetometrische Überwachung 94
 4.2.4. Temperatur- und Strahlungsmessungen 95
 4.2.5. Geochemische Überwachung 96
 4.3. Vorsichts- und Schutzmaßnahmen 96
 4.3.1. Gefahrenzonen 96
 4.3.2. Ablenkung von Lavaströmen 96
 4.4. Nützlichkeit der Vulkane 98
 4.4.1. Fruchtbarkeit vulkanischer Böden 98
 4.4.2. Vulkanische Rohstoffe 98
 4.4.3. Vulkanische Energie 99
 4.4.4. Vulkanismus und Stoffhaushalt der Erde 102
 4.5. Die wissenschaftliche Bedeutung der Vulkane 103
 4.5.1. Hinweise auf die Zusammensetzung von Erdkruste und Erdmantel 103
 4.5.2. Hinweise auf die Tektonik 103
 4.5.3. Hinweise auf die Entstehung der Erde 104

5. Die Förderprodukte der Vulkane

5.1. Die vulkanischen Gase 105
 5.1.1. Magmatische und resurgente Gase 105
 5.1.2. Fumarolenprodukte 105
 5.2. Morphologie der Laven 109
 5.2.1. Lavaströme dünnflüssiger Magmen 109
 5.2.2. Laven zähflüssiger Magmen 114
 5.2.3. Kennwerte für Lava-Ergüsse 115
 5.3. Morphologie der Pyroklastite 117
 5.3.1. Tephra 117
 5.3.2. Tuffe und Tuffite 123
 5.3.3. Synaptite (Schweißschlacken-Bildungen) 123
 5.3.4. Ignimbrite 125
 5.4. Rekonstruktion von Ausbrüchen 127
 5.4.1. Tephra-Chronologie 127
 5.4.2. Rekonstruktion eines effusiven Spaltenausbruchs 130

5.4.3. Rekonstruktion eines komplexen Synaptit-Ausbruchs 131
 5.4.4. Rekonstruktion eines explosiven Gipfelausbruchs 132
 5.4.5. Rekonstruktion eines explosiven Spaltenausbruchs 134

6. Petrographie der Vulkanite

6.1. Die Mineralien der Vulkanite 137
 6.1.1. Modale und normative Mineralien 137
 6.1.2. Die salischen Hauptgemengteile 138
 6.1.3. Die femischen Hauptgemengteile 139
 6.1.4. Übergemengteile und Sekundärprodukte 139
 6.1.5. Beobachtungen in Dünnschliffen 140
 6.2. Systematik der Magmatite 141
 6.2.1. Stabilität der Mineralkomponenten 141
 6.2.2. Fazies der Magmatite 142
 6.2.3. Die Vulkanit-Fazies 143
 6.2.4. Die Subvulkanit-Fazies 145
 6.2.5. Die Plutonit-Fazies 145
 6.2.6. Mineralogische Klassifikation der Vulkanite 145
 6.3. Chemismus der Vulkanite 147
 6.3.1. Frische der Gesteinsproben 147
 6.3.2. Topologie der Proben 147
 6.3.3. Durchschnittsanalysen von Vulkaniten 147
 6.3.4. Graphische Darstellung des Chemismus 154
 6.3.5. Chemische Klassifikation der Vulkanite 157
 6.3.6. Die CIPW-Norm 159
 6.3.7. Die RITTMANN-Norm 161
 6.3.8. Chemismus der Spilitte und Ophiolithe 161

7. Sippenverwandtschaft der Vulkanite

7.1. Petrographische Provinzen 164
 7.1.1. Begriffsbestimmung 164
 7.1.2. Atlantische und Pazifische Sippen 164
 7.1.3. Chemische Kennzeichen der Sippen 165
 7.1.4. Petrographische und magmatische Provinzen 165
 7.2. Beispiele von petrographischen Provinzen in Kratonen 167
 7.2.1. Hawaii 167
 7.2.2. Columbia River (USA) 170
 7.2.3. Afar (Äthiopien) 173
 7.3. Beispiele von petrographischen Provinzen in Orogenen 175
 7.3.1. Kurilen und Kamtschatka 175
 7.3.2. Mittlere Anden 180
 7.3.3. Phlegräische Felder und Ischia 181

8. Die Bimodalität des Vulkanismus

8.1. Effusiver und explosiver Vulkanismus . . . 183
 8.1.1. Häufigkeit des Explosivitätsindex . . . 183
 8.1.2. Bimodalität der Vulkane 186
8.2. Bimodalität der Magmatypen 186
 8.2.1. Petrochemische Statistik 186
 8.2.2. Petrochemische Kennzeichen der
 Sippen 188
 8.2.3. Bimodalität der Spurenelemente. . . . 191
 8.2.4. Bimodalität und Isotopenverhältnisse 192
8.3. Bedeutung der Bimodalität 193
 8.3.1. Geotektonische Folgerungen 193
 8.3.2. Offene Fragen. 193

9. Magmatologie

9.1. Chemismus der Magmen 195
 9.1.1. Vulkanit-Analysen und Magma-
 Chemismus. 195
 9.1.2. Plutonit-Analysen und Magma-
 Chemismus. 195
 9.1.3. Rekonstruktionsversuche des
 Chemismus. 196
 9.1.4. Gesteins- und Magmaprovinzen . . . 197
**9.2. Physikalische Eigenschaften der
 Magmen** 198
 9.2.1. Temperatur der Magmen 198
 9.2.2. Dichte der Magmen 199
 9.2.3. Viskosität der Magmen. 200
 9.2.4. Elastisch-viskoses Verhalten der
 Magmen 202
 9.2.5. Seismisches Verhalten der Magmen . 202
**9.3. Physikalisch-chemische Eigen-
 schaften der Magmen** 204
 9.3.1. Löslichkeit von Gasen in Silikat-
 schmelzen 204
 9.3.2. Zustände basischer Magmen 207
 9.3.3. Zustände saurer Magmen. 208
9.4. Erstarrung der Magmen 209
 9.4.1. Fraktionierte Kristallisation. 209
 9.4.2. Spurenelemente und fraktionierte
 Kristallisation 215
 9.4.3. Restlösungen 217
9.5. Gravitative Kristallisations-Differentiation 220
 9.5.1. Notwendige Bedingungen 220
 9.5.2. Kumulithe und Kumulith-Magmen . . 221
 9.5.3. Restschmelzen und differenzierte
 Magmen 221
 9.5.4. Spurenelemente und gravitative
 Differentiation 223
9.6. Pneumatolytische Differentiation . . . 223
 9.6.1. Gastransport 223
 9.6.2. Differentiation durch Gastransport . 223

9.6.3. Verteilung der Spurenelemente im
 Pyromagma. 225
 9.6.4. Komplexe Differentiation 227
9.7. Assimilation 229
 9.7.1. Energiebilanz der Assimilation . . . 229
 9.7.2. Assimilation von Nicht-Silikaten . . 230
9.8. Anatexis 235
 9.8.1. Die Regionalmetamorphose 235
 9.8.2. Ultrametamorphose und Anatexis . . 237
 9.8.3. Die Erstarrung der anatektischen
 Magmen 240
 9.8.4. Kontakt-Anatexis 243
9.9. Hybridismus 244
 9.9.1. Mischbarkeit der Magmen 244
 9.9.2. Hybride Magmen 245

10. Ausbruchsmechanismus

**10.1. Aufstieg schwerer femischer
 Magmen** 246
 10.1.1. Die Bildung abyssaler Spalten . . . 246
 10.1.2. Die Aufstiegsdifferentiation 247
 10.1.3. Bildung von Spalten- und Sill-Herden 249
10.2. Aufstieg leichter salischer Magmen . . 252
 10.2.1. Plutonischer Diapirismus 252
 10.2.2. Bildung von Herden leichter salischer
 Magmen 253
10.3. Mechanismus der Dauertätigkeit . . . 253
 10.3.1. Blasenanstieg im Pyromagma . . . 253
 10.3.2. Dauertätigkeit dünnflüssiger Magmen 254
 10.3.3. Dauertätigkeit zähflüssiger Magmen 256
 10.3.4. Absorption von Wasser im Magma . 257
**10.4. Ausbruchsmechanismus dünnflüssiger
 Magmen** 258
 10.4.1. Mechanismus der Ausbrüche bei
 offenem Schlot 258
 10.4.2. Rheologie der Laven 263
**10.5. Ausbruchsmechanismus zähflüssiger
 Magmen** 266
 10.5.1. Mechanismus der Ignimbrit-
 Ausbrüche 266
 10.5.2. Mechanismus der Bimsstein- und
 Aschen-Ausbrüche 267
**10.6. Mechanismus der Wasserdampf-
 Ausbrüche** 269
 10.6.1. Mechanismus der Geysertätigkeit. . 269
 10.6.2. Mechanismus der phreatischen
 Ausbrüche 272
 10.6.3. Mechanismus der hydromagmatischen
 Explosionen 273
10.7. Vulkanische Energie 274
 10.7.1. Die Ausbruchsenegie 274
 10.7.2. Gesamtenergie des Vulkanismus . . 275

11. Vulkanismus und Tektogenese

11.1. Einführende Bemerkungen	277
11.1.1. Das Problem der Bimodalität	277
11.1.2. Bimodalität und kontinentale Lithosphäre	277
11.2. Geologische Gleichgewichte und Kräfte	277
11.2.1. Das Grundgesetz	277
11.2.2. Die geologischen Gleichgewichte.	278
11.2.3. Geologische Kräfte	279
11.2.4. Kratone und Orogene.	279
11.2.5. Mechanisches Verhalten der Gesteine	279
11.2.6. Subkrustale Strömungen	280
11.3. Schema der Orogenese	282
11.3.1. Bildung von Tiefseerinnen.	282
11.3.2. Bildung der Geosynklinalen	284
11.3.3. Die Subduktions-Tektogenese	285
11.3.4. Die Hebungs-Tektogenese	289
11.3.5. Versuch einer Energiebilanz	290
11.4. Modifizierende Faktoren	291
11.4.1. Differentielle Entwicklung der Orogenese	291
11.4.2. Differentielle Westdrift	292
11.5. Begleiterscheinungen der Orogenese.	294
11.5.1. Die Epirogenese	294
11.5.2. Entstehung der Großgräben	295
11.5.3. Entstehung interkontinentaler Meere	296
11.6. Die globale Plattentektonik	297
11.6.1. Definition	297
11.6.2. Die Starrheit der Platten.	298
11.6.3. Die treibenden Kräfte.	299
11.6.4. Vergleich der Hypothesen	300

12. Ursprung der Magmen

12.1. Antithetische Hypothesen	304
12.1.1. Hypothese eines flüssigen Erdmantels	304
12.1.2. Hypothese eines kristallinen Erdmantels	304
12.1.3. Proben von Mantelgesteinen.	305
12.2. Entstehung von Magmen im festen Mantel	306
12.2.1. Experimentelle Untersuchungen	306
12.2.2. Modelle der Entstehung der Magmen	308
12.2.3. Kritische Bemerkungen	312
12.2.4. Plattentektonik und Magmen-Entstehung	315
12.3. Hypothese des Mantel-Magmas	318
12.3.1. Vorbemerkung	318
12.3.2. Temperaturverlauf in Kruste und Oberem Mantel	319
12.3.3. Herkunft der kratogenen Magmen	320
12.3.4. Herkunft der orogenen Magmen	321

12.3.5. Entstehung der Magmen der post-orogenen Kali-Reihe	324
12.3.6. Entstehung der Magmen der kratogenen Kali-Reihe	326
12.3.7. Entstehung der sauren peralkalinen Magmen	327

13. Ursprung der Erde

13.1. Problemstellung	330
13.1.1. Rückblick	330
13.1.2. Neue Probleme	330
13.2. Hypothesen eines „kalten“ Ursprungs der Erde.	331
13.2.1. Kosmogonische Nebular-Hypothesen	331
13.2.2. Die Meteoriten-Hypothese von UREY	332
13.2.3. Kritische Bemerkungen zum <i>Accretion Modell</i>	332
13.3. Hypothesen eines „heißen“ Ursprungs der Erde.	334
13.3.1. Einführung	334
13.3.2. Die Gasverluste der Urerde	335
13.3.3. Die Bildung des primären Magmas	337
13.3.4. Die Bildung der simatischen Erdkruste	338
13.3.5. Die Bildung der Hydrosphäre	339
13.3.6. Die Entstehung der sialischen Kontinente	339
13.3.7. Die Bildung der Atmosphäre.	340
13.3.8. Kritik an der Hypothese von KUHN & RITTMANN.	342
13.3.9. Zusätzliche Bemerkungen	344
13.4. Der stoffliche Aufbau des Erdinnern	348
13.4.1. Annahme eines „kalten“ Ursprungs	348
13.4.2. Annahme eines „heißen“ Ursprungs	349

14. Kosmischer Vulkanismus

14.1. Der Mond.	352
14.1.1. Grundlegende Bedingungen	352
14.1.2. Der Ausbruchmechanismus.	352
14.1.3. Die Meteoritenkrater des Mondes	355
14.1.4. Die Mondgesteine	355
14.1.5. Die Entstehung der Anorthosite und Gabbros (Gruppe A)	357
14.1.6. Die Entstehung der Mare-Basalte (Gruppe B)	359
14.1.7. Die Entstehung der sauren Mondgesteine	360
14.1.8. Entstehung und Entwicklung des Mondes	361
14.1.9. Vermutungen über das Mondinnere	363

14.2. Die Planeten.	363	Literatur	377
14.2.1. Vorbemerkungen	363	Namenregister	387
14.2.2. Merkur	365	Ortsregister	389
14.2.3. Venus	366	Sachregister	392
14.2.4. Mars	368		
14.2.5. Jupiter	368		
14.3. Die Meteorite	369		
14.3.1. Petrographischer Überblick	369		
14.3.2. Entstehung des Protoplaneten der Meteorite	370		
14.3.3. Ursprung der Tektite	374		
14.3.4. Die Zertrümmerung des Proto- planeten.	375		