

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5	2.3.2	Theoretische Prozeßresponssmodelle	33
1 Einleitung: Das Wesen der Geomorphologie	13	3 Das Geomorphodynamische Hauptsystem	35	
1.1 Definition und Forschungsziele	13	3.1 Definition	35	
1.2 Landformen als Ereignisse in Raum und Zeit	14	3.2 Struktur des geomorphodynamischen Hauptsystems ..	35	
1.3 Die Formgrößen-Existenzdauer-Regel	14	3.3 Die Funktionalbeziehungen zwischen Relief und Denudation	37	
1.4 Methodische Komponenten ...	17	3.4 Prozeßresponssmodell der Reliefentwicklung ohne Hebung bzw. Taleintiefung	40	
1.4.1 Allgemeine und regionale Geomorphologie	17	3.5 Modell der Reliefentwicklung mit konstanter Hebungsrate ..	40	
1.4.2 Die drei Forschungsstufen der allgemeinen und der regionalen Geomorphologie	17	3.6 Modelle der Reliefentwicklung mit variabler Hebungsrate ...	42	
1.4.3 Morphographie	18	3.7 Die maximal möglichen Höhen der Gebirge	42	
1.4.4 Funktionale Geomorphologie .	18	3.8 Landformen als Ausdruck der räumlichen und zeitlichen Differenzierung geomorphologischer Prozeßresponssysteme	45	
1.4.5 Funktional- und Kausalbeziehungen	18			
1.4.6 Historisch-genetische Geomorphologie	20	4 Endogene Prozeßresponssysteme und ihr geomorphologischer Ausdruck	46	
1.4.7 Physikalische Zeit und historische Zeit	21	4.1 Isostasie	46	
1.4.8 Methoden der geochronologischen Datierung	23	4.2 Plattentektonik: Entstehung und Lageveränderungen der Kontinente und Ozeane	50	
1.5 Inhaltliche Teilgebiete	24	4.3 Die morphostrukturellen Großeinheiten der Kontinente .	53	
1.6 Nachbar- und Hilfswissenschaften	25	4.3.1 Schilde	53	
2 Systemtheoretische Grundlagen	27	4.3.2 Sedimentäre Plateaus, Tafel- und Schichtstufenländer	55	
2.1 Der Systembegriff	27	4.3.3 Vulkanische Plateaus	55	
2.2 Systemtypen	28	4.3.4 Alte Faltengebirge	56	
2.2.1 Statische Systeme	29	4.3.5 Junge Faltengebirge	57	
2.2.2 Prozeßsysteme	29	4.3.6 Bruchschollengebirge	57	
2.2.3 Prozeßresponssysteme	29	4.3.7 Sedimentäre Ebenen	57	
2.2.4 Dynamisches Gleichgewicht und stationärer Zustand (steady state) in Prozeßresponssystemen	30			
2.3 Die Rolle theoretischer Modelle	33			
2.3.1 Modell und Wirklichkeit	33			

4.3.8	Große Grabenzonen	58	6.3.3.2	Färbung, Schichtung und Festigkeit	82
4.3.9	Große junge Vulkane bzw. Vulkangebiete	58	6.3.3.3	Unterscheidung von Kalkstein und Dolomit im Gelände	83
4.3.10	Morphostrukturtypen als Großformgenerationen	58	6.3.4	Andere Sedimentgesteine	84
4.4	Vulkanismus und Plutonismus	59	6.4	Metamorphe Gesteine	84
4.4.1	Maare	60	6.4.1	Geschieferte Metamorphite ...	84
4.4.2	Aschenvulkane	61	6.4.2	Ungeschieferte Metamorphite .	85
4.4.3	Stratovulkane	61	6.4.3	Wirkungen der Kontaktmetamorphose	86
4.4.4	Schildvulkane	63			
4.4.5	Calderen	65	7	Das System der Verwitterung	88
4.4.6	Subvulkanische Strukturen ...	65			
4.4.7	Plutone	66	7.1	Die drei Bedeutungen des Begriffs Verwitterung	88
5	Exogene Faktoren und Systeme	67	7.1.1	Verwitterung als physikalische und chemische Einwirkung atmosphärischer Prozesse ...	88
5.1	Eustatische Veränderungen des Meeresniveaus	67	7.1.2	Verwitterung als Anpassung der Gesteine an die Umweltbedingungen der Erdoberfläche	88
5.2	Das Morphoklima und seine Erfassung	68	7.1.3	Verwitterung als Aufbereitung des Gesteins für die Abtragung	89
5.2.1	Größenfrequenzanalyse des Niederschlagsregimes	68	7.2	Verwitterung als Prozeß- responsssystem	90
5.2.2	Temperatur- und Windregime ..	71	7.2.1	Morphoklimatische Faktoren und ihre Effekte in der mechanischen Verwitterung	91
5.3	Die Haupttypen exogener geomorphologischer Prozeß- responsssysteme	73	7.2.1.1	Thermische Effekte: Expansion und Kontraktion des Gesteins ..	91
5.3.1	Die Systeme der Verwitterung, der Denudation und der Hangentwicklung	73	7.2.1.2	Frostsprengung, Gefrierdruck- sprengung und Frosthub	93
5.3.2	Das fluviatile System	73	7.2.1.3	Salzsprengung	93
5.3.3	Das glaziale System	74	7.2.1.4	Quellung, Schrumpfung und Slaking	94
5.3.4	Das litorale System	74	7.2.1.5	Mechanische Verwitterung durch Organismen	94
5.3.5	Das äolische System	75	7.2.2	Morphoklimatische Faktoren und Effekte in der chemischen Verwitterung	95
6	Gesteinsarten und ihre Eigenschaften	76	7.2.3	Mechanische und chemische Verwitterung im theoretischen Prozeßresponsmodell	97
6.1	Element, Mineral und Gestein ..	76	7.3	Prozesse der mechanischen Verwitterung und ihre Produkte	97
6.2	Erstarrungsgesteine	76	7.3.1	Körniger Zerfall	97
6.2.1	Typen	76	7.3.1.1	Differenzierender körniger Zerfall von Sandsteinen	98
6.2.2	Chemische und mineralogische Zusammensetzung	78	7.3.2	Blockzerfall	101
6.3	Sedimentgesteine	79	7.3.3	Die relative Intensität von körnigem Zerfall und Blockzerfall	101
6.3.1	Sediment	79	7.3.4	Schiefriger Zerfall	102
6.3.2	Klastische Sedimentgesteine ..	79			
6.3.2.1	Entstehung und Zusammensetzung	79			
6.3.2.2	Bindemittel	80			
6.3.2.3	Färbung und Schichtung	80			
6.3.3	Kalkstein, Mergel und Dolomit ..	80			
6.3.3.1	Entstehung und Zusammensetzung	82			

7.3.5	Feinabschuppung (Thermische Abschuppung) ..	103	8.3	Sturzdenuation und Rutschungen	125
7.3.6	Grobabschuppung (Exfoliation durch Druckentlastung)	103	8.3.1	Blockabstürze	125
7.4	Chemische Verwitterung	105	8.3.2	Felsstürze	126
7.4.1	Allgemeine Faktoren	105	8.3.3	Bergsturz und Bergrutsch	127
7.4.1.1	Wasserbewegung	105	8.3.4	Slump (Rotations-Block- rutschung)	129
7.4.1.2	Wasserqualität	105	8.3.5	Schuttrutschungen und Lawinentransport	131
7.4.1.3	Verwitterbarkeit des Materials	105	8.3.6	Muren	131
7.4.2	Chemische Verwitterungs- reaktionen	106	8.3.7	Erdfließen	133
7.4.2.1	Lösung und Löslichkeit	106	8.4	Kriechdenudation	134
7.4.2.2	Hydratation (Hydratisierung) ...	107	8.4.1	Begriff und Unterarten	134
7.4.2.3	Oxidation und Reduktion	107	8.4.2	Kontinuierliches Kriechen	134
7.4.2.4	Carbonatisierung	107	8.4.3	Kriechen durch Frostwechsel im Boden	134
7.4.2.5	Hydrolyse und Silikat- verwitterung	108	8.4.4	Kriechen durch Quellung und Schrumpfung	135
7.4.2.6	Chelation	109	8.4.5	Wirkung von Kammeis	136
7.4.3	Raten und Grad der chemischen Verwitterung	109	8.4.6	Splash-Kriechen und Splash ..	136
7.5	Böden als Produkte der Verwitterung	111	8.4.7	Qualitative Nachweise von Kriechvorgängen im Gelände .	136
7.5.1	Saprolith, Regolith und Boden- horizonte	111	8.4.8	Kriechbewegungen des Schutts auf dem Mond und dem Planeten Mars	137
7.5.2	Körnungsklassen und Boden- arten	111	8.5	Periglaziale Denudations- prozesse	137
7.5.3	Bodentypen	112	8.5.1	Der Periglazialbegriff	137
7.5.4	Bodencatenen	115	8.5.2	Gelifluktion (periglaziale Solifluktion)	139
7.5.5	Krusten und Verwitterungsrinden	115	8.5.3	Nivationsnischen und Kryoplanationsterrassen	142
7.5.6	Steinlagen	117	8.5.4	Steinnetze und Steinstreifen ..	143
7.6	Der relative Anteil der mecha- nischen und der chemischen Verwitterung in verschiedenen Morphoklimaten	118	8.5.5	Eiskeilnetze	144
8	Prozeßresponssysteme der Denudation	120	8.5.6	Pingos und Palsas	144
8.1	Grundlagen	120	8.5.7	Blockgletscher	145
8.1.1	Denudation und Erosion	120	8.5.8	Blockströme	146
8.1.2	Typen von Denudations- prozessen	120	8.5.9	Die Bedeutung des periglazialen Prozeßgefüges für die Denudation	148
8.2	Physikalische Grundlagen denudativer Massenbewegungen	121	8.6	Spüldenudation	149
8.2.1	Hangneigung und Schwer- kraftwirkung	121	8.6.1	Definition und hydrologische Voraussetzungen	149
8.2.2	Plastisches Fließen und das Coulomb'sche Gesetz	122	8.6.2	Fließgeschwindigkeit und Abflußrate	150
8.2.3	Veränderlichkeit von Kohäsion und Grenzscherspannung	123	8.6.3	Schleppkraft, Sedimenttransport und Abtragung	151
8.2.4	Viskoses Fließen	124	8.6.4	Flächenspülung, Rillen und Runsen	152
8.2.5	Die kritische Höhe von Böschungen	124	8.6.5	Interflow und Piping	152
			8.6.6	Badlands und Erdpfeiler	153
			8.7	Das äolische Prozeßrespon- system	155

8.7.1	Grundvorstellungen	155	10.2	Komponenten des lokalen Wasserhaushalts	175
8.7.2	Deflation und Windschliff	156	10.3	Grundwasser und Quellen	177
8.7.3	Äolische Transport- und Akkumulationsformen	157	10.3.1	Grundwasserbewegung	177
8.7.3.1	Entstehung von Windrippeln, Decksanden und Löß	157	10.3.2	Typen von Quellen	178
8.7.3.2	Dünen	158	10.4	Abflußgang, Abflußregime und fluviales Morphoklima	182
8.8	Die Bestimmung von Denudationsraten	161	10.4.1	Die Abflußganglinie und ihre Komponenten	182
8.8.1	Arten der Bestimmung	161	10.4.2	Abflußregime und Kenn- zeichnung der Abfluß- schwankungen	183
8.8.2	Messung der Erniedrigung der Landoberfläche	162	10.5	Grundlagen der fluvialen Hydraulik	186
8.8.3	Erfassung des Stoffaustrags von Flußeinzugsgebieten	162	10.5.1	Laminare und turbulente Wasserbewegung	186
8.8.4	Messung des Stoffaustrags durch Spüldenudation auf Hangflächen mit Hilfe von Sedimentfallen	163	10.5.2	Arten des turbulenten Fließens	186
8.8.5	Denudationsbestimmung durch Messung der Geschwindigkeit langsamer Massenbewegungen am Hang .	163	10.5.3	Hydraulische Geometrie des Flußbetts	188
8.8.6	Denudationsmessung an raschen Massenbewegungen ..	164			
9	Die denudative Hangentwicklung	165	11	Flußerosion und Fluß- transport	191
9.1	Hänge und beschreibende Hangklassifikation	165	11.1	Arten der Flußfracht	191
9.2	Die Massenbilanz der Hangentwicklung	166	11.2	Erosion und Transport	192
9.3	Verwitterungsbeschränkte und transportbeschränkte Denudation und ihr Einfluß auf die Hangform	168	11.2.1	Flußmechanische Grundlagen .	193
9.4	Vorgangsspezifische Hangformen	170	11.2.2	Erosion verschiedener Korn- größen	194
9.4.1	Grundüberlegungen	170	11.2.3	Seitenerosion	195
9.4.2	Charakteristische Hangprofilform beim Vorherrschen langsamer Massenbewegungen	170	11.3	Abfluß und Transportrate	196
9.4.3	Charakteristische Profilform von Spüldenudationshängen ..	171	11.3.1	Transportrate der Lösungs- fracht	196
9.4.4	Charakteristische Profilform für Kombinationen von Massen- bewegungen und Spül- denudation	173	11.3.2	Transportrate der Schweb- fracht	196
			11.3.3	Transportrate der Geröllfracht	198
10	Hydrologische und hydraulische Grundlagen des fluvialen Systems ...	175	12	Die lokale Formen- gestaltung des Flußbetts	200
10.1	Globale Wasserbilanz und Wasserhaushalt	175	12.1	Das Verhältnis von Breite zu Tiefe	200
			12.2	Felsbett und Lockermaterialbett, Resistenzstrecke und Auslastungsstrecke	200
			12.3	Schotterbänke im Flußbett ...	201
			12.4	Rippeln, Dünen und Antidünen auf sandiger Flußbettsohle ...	202
			12.5	Riffles und Pools	203
			12.6	Talböden, Flußdämme und Auelehme	204
			12.7	Die Tendenz zum lokalen dynamischen Gleichgewicht im Flußbett	207

13	Grundrißformen des Flußbetts	209	16.1.2	Größe, Gefälle und Wachstum	243
13.1	Talform und Flußbettgrundriß	209	16.1.3	Zerschneidung und Terrassierung	244
13.2	Flußverzweigungen	209	16.2	Deltas	246
13.2.1	Erosionsverzweigungen im Felsbett	210	16.2.1	Deltaschichtung	246
13.2.2	Breitenverzweigung	211	16.2.2	Entwicklung des Delta-Grundrisses	247
13.2.3	Dammflußverzweigung	212	16.2.3	Spitzdelta	247
13.3	Flußmäander	213	16.2.4	Flügeldelta	248
13.3.1	Freie Mäander	213	16.2.5	Fingerdelta	248
13.3.2	Talmäander	217	16.2.6	Bogendelta	249
13.3.3	Andere Arten von asymmetrischen Tälern	220	16.2.7	Ästuardelta	249
13.4	Asymmetrie an Flußmündungen: Mündungswinkel und Mündungverschleppung	220	16.2.8	Alter und Verbreitung der Deltas	250
14	Das Flußlängsprofil und seine Formung	222	17	Fluß- und Talnetze	251
14.1	Definition und graphische Darstellung	222	17.1	Die Änderung und Integration von Flußsystemen	251
14.2	Erosionsbasis und Profilentwicklung	224	17.1.1	Anzapfung durch seitliche Verschiebung der Wasserscheide	251
14.2.1	Erosionsbasis	224	17.1.2	Anzapfung durch rückschreitende Erosion des Talanfangs	252
14.2.2	Veränderungen der Erosionsbasis und rückschreitende Erosion, Denudation und Sedimentation	224	17.2	Durchbruchstäler	253
14.3	Gleichgewichtstendenz der Profilentwicklung	226	17.3	Fluß- und Talordnungssysteme	257
14.4	Ursachen von Knickpunkten im Längsprofil	228	17.4	Grundrißmuster von Fluß- und Talnetzen	260
14.5	Wasserfälle	229	18	Das Zusammenwirken von Flußarbeit und Hangentwicklung im fluvialen System	263
14.5.1	Niagaratyp	229	18.1	Das fluviale Prozeßresponsystem	263
14.5.2	Kaskadentyp	230	18.1.1	Eksystemische Energiezuführen	263
14.5.3	Hängetaltyp	231	18.1.2	Formkomponenten	264
15	Flußterrassen	234	18.1.3	Materialkomponenten	265
15.1	Felssohlenterrassen	235	18.1.4	Prozeßkomponenten	265
15.2	Aufschüttungsterrassen	235	18.1.5	Anmerkungen zum Unterschied zwischen der Kontinuität natürlicher Prozeßresponsysteme und ihrer diskontinuierlichen Darstellung	266
15.3	Lage und Erhaltung der Terrassen im Flußtal	236	18.2	Die Verknüpfung von Prozessen mit unterschiedlichen Größenfrequenzen	266
15.4	Ursachen der Terrassenbildung	237	18.3	Talquerschnittsformen als Ausdruck des Prozeßgefüges	268
15.5	Diagnostische Bedeutung der Terrassen	240	18.3.1	Zwei theoretische Modellbeispiele	270
16	Schwemmfächer und Deltas	242			
16.1	Schwemmfächer	242			
16.1.1	Form und Entstehung	243			

18.3.2	Talquerschnitte nach dem Ende fluvialer Tiefenerosion ..	273	20.3.12	Entwicklung von Schichtstufen im theoretischen Modell	309
18.4	Typen von Talanfängen	273			
19	Rumpfflächen, Pedimente und Inselberge	276	21	Karstformen	311
19.1	Flächenbildung durch marine Abrasion	276	21.1	Voraussetzungen	311
19.2	Rumpfflächen als Endstadium des DAVISSchen Zyklus	277	21.2	Karst-Oberflächenformen	312
19.3	Flächenbildung und Inselbergentwicklung durch „doppelte Einebnung“	278	21.2.1	Trockentäler	312
19.4	Pedimentation	280	21.2.2	Karren	312
19.5	Rumpftreppen, zonale und azonale Inselberge	282	21.2.3	Dolinen und Uvalas	315
19.6	Kriterien für Rumpfflächen und Pseudo-Rumpfflächen	284	21.2.4	Poljen	317
			21.2.5	Extremformen der Karstentwicklung: Polygonaler Karst, Cockpits, Kegel- und Turmkarst	318
20	Strukturbedingte Formen	287	21.3	Karsthöhlen	322
20.1	Kluftbestimmte Formen	287	22	Das glaziale System	326
20.1.1	Kluftsysteine	287	22.1	Entstehung und Eigenschaften von Gletschereis	326
20.1.2	Klüfte als Faktoren der Formengestaltung	289	22.2	Die Massenbilanz von Gletschern	327
20.2	Von Bruchstrukturen bestimmte Formen	290	22.3	Gletschertypen	330
20.2.1	Bruchstrukturen	290	22.4	Glazialerosion: Prozesse und Formen	334
20.2.2	Bruchstufen, Bruchlinienstufen und Bruchschollengebirge ...	292	22.4.1	Detersion und Detraktion	334
20.3	Vom Schichtenbau bestimmte Formen	295	22.4.2	Rundhöcker und Felsbecken ..	335
20.3.1	Lagerungsstrukturen und Formtypen	295	22.4.3	Kare	336
20.3.2	Schichttafeln	296	22.4.4	Gletschertröge	337
20.3.3	Formelemente des Schichtstufenprofils	297	22.5	Material, Prozesse und Formen der glazialen Ablagerung	339
20.3.4	Entstehungsbedingungen von Schichtstufen	297	22.5.1	Der Moränenbegriff	339
20.3.5	Die Formung des Stufenhangs ..	299	22.5.2	Moränen im und auf dem Gletscher	339
20.3.6	Frontstufe und Achterstufe ...	300	22.5.3	Abgelagertes Moränenmaterial.	339
20.3.7	Zurückverlegung der Schichtstufe und Entstehung von Zeugenbergen	300	22.5.4	Moränen als Landformen	340
20.3.8	Ein Beispiel: das Süddeutsche Schichtstufenland	301	22.5.5	Drumlins	342
20.3.9	Denudationsterrassen	304	22.6	Glaziofluviale Prozesse, Ablagerungen und Formen ...	343
20.3.10	Schichtkämme	305	22.6.1	Die Arbeit glazialer Schmelzwässer	343
20.3.11	Geometrische und morphometrische Eigenschaften von Schichtstufen und Schichtkämmen	307	22.6.2	Kames, Kameterrassen und Oser	344
			22.6.3	Sander und Bändertone	345
			22.7	Die glaziale Serie	346
			22.8	Die pleistozänen Eiszeiten und ihre geomorphologische Bedeutung	347
			22.8.1	Zeitliche Gliederung und mögliche Ursachen der Eiszeiten	347

22.8.2	Verbreitung und räumliche Anordnung der pleistozänen Glazialformen	349	23.5.1	Nehrungen und Haken	381
22.8.3	Die geomorphologischen Wirkungen der Eiszeiten außerhalb der vergletscherten Gebiete	352	23.5.2	Lokale Massenbilanz von Nehrungen	383
23	Das litorale System	355	23.5.3	Ausgleichsküsten	384
23.1	Einführung: Küste und Ufer ...	355	23.6	Strukturbedingte Küstentypen	385
23.1.1	Wie lang sind Küsten?	356	23.7	Klimatisch bedingte Küsten- typen	386
23.1.2	Wesentliche Formkomponenten des Küstenprofils: die litorale Serie	357	23.7.1	Glazigene Küsten	386
23.2	Küstenklassifikationen	358	23.7.2	Korallenküsten	388
23.3	Die Gezeiten und ihre geomorphologische Wirkung ..	361	23.8	Schelf-Formen und submarine Canyons	391
23.3.1	Physikalische Grundlagen	361	24	Aspekte der angewandten Geomorphologie	393
23.3.2	Tidenhub, Tidenströmung und Resonanz	363	24.1	Einleitung	393
23.3.3	Ästuare und Ästuarmäander ..	365	24.2	Gliederung der angewandten Geomorphologie nach Inhalt und Zweck	394
23.3.4	Die Gezeitenwirkung im Watt ..	368	24.3	Raumgliederung und Kartierung	395
23.4	Die Brandung und ihre geomorphologische Wirkung ..	369	24.4	Beispiele von funktional- morphologischen Anwendungen	397
23.4.1	Physikalische Grundlagen der Wellenbewegung	369	24.4.1	Bodenerosion	398
23.4.2	Refraktion	370	24.4.2	Andere Anwendungen	400
23.4.3	Brandung	371	24.5	Angewandte Geomorphologie als Berufsfeld	404
23.4.4	Tsunamis	373	25	Kurzer wissenschafts- historischer Rückblick ..	406
23.4.5	Barren, Strandversetzung und Strandformen	374			
23.4.6	Felsschorre und Kliff	377			
23.5	Formassoziationen vom Locker- material- und Ausgleichsküsten	381		Literaturverzeichnis	409
				Sachregister	428