

Landschaftspflegekonzept Bayern



Band II.15
Lebensraumtyp
Geotope

mit besonderer Bedeutung für
Artenschutz und Landschaftsbild



Bayerisches
Staatsministerium
für Landesentwicklung
und Umweltfragen

ANL Bayerische Akademie
für Naturschutz und
Landschaftspflege

Inhaltsverzeichnis

Einführung	21
A Allgemeiner Teil	25
A.1 Grundinformationen	25
A.1.1 Allgemeine Charakterisierung erhaltungs- und pflegewürdiger Geotope, Typenüberblick	25
A.1.1.1 Der Begriff "Geotop" (Was alles fällt darunter)	25
A.1.1.2 Das Problem der Erfassungsschwellen	28
A.1.1.3 Überblick der Geotopkategorien	29
A.1.1.3.1 Aufschlüsse, Bergbauspuren (B)	29
A.1.1.3.2 Eiszeitliche Formen (C)	29
A.1.1.3.3 Fluviale Formen (D)	29
A.1.1.3.4 Karstformen, Karbonatlösungs-(Subrosions-)formen (E)	30
A.1.1.3.5 Felsen, Härtlinge, Blockhalden und Inselgesteine (F)	30
A.1.1.3.6 Vulkanische Formen (G)	31
A.1.1.3.7 Meteoritische Formen (Riesereignis) (H)	31
A.1.1.3.8 Dünen (I)	32
A.1.2 Räumlicher Wirkungsbereich, administrative und wissenschaftliche Handlungsfelder in der Geotop-Pflege, Bezüge zu anderen Lebensraumtypbänden	32
A.1.3 Standortverhältnisse, Morphologie	33
A.1.4 Pflanzenwelt	34
A.1.5 Tierwelt	35
A.1.6 Regionalgeologische Gliederung als Bezugsrahmen für die Geotoppflege; regionalspezifische Geotopspektren	36
A.1.6.1 Bayerns geologische Regionen und ihr Geotopspektrum	37
A.1.6.1.1 Grundgebirgsregion	37
A.1.6.1.1.1 Frankenwald mit Vogtland	38
A.1.6.1.1.2 Münchberger Masse/-Hochfläche	39
A.1.6.1.1.3 Fichtelgebirge und Steinwald	40
A.1.6.1.1.4 Oberpfälzer Wald	41
A.1.6.1.1.5 Bayerischer und Böhmerwald (BW)	43
A.1.6.1.2 Schichtstufenland	51
A.1.6.1.2.1 Meteoritenkrater des Rieses	51
A.1.6.1.2.2 Weißjura-Alb	52
A.1.6.1.2.3 Keuper - Lias - Dogger - Region	54
A.1.6.1.2.4 Mainfränkische Platten	56
A.1.6.1.2.5 Unterfränkische Mittelgebirge	57
A.1.6.1.2.6 Rhein-Main-Ebene bei Aschaffenburg (Untermainebene)	59
A.1.6.1.2.7 Grundgebirgsvorland (Obermainisches Bruchschollenland, Oberpfälzisches Hügelland)	59
A.1.6.1.3 Schwäbisch-bayerisches Alpenvorland	60
A.1.6.1.3.1 Donautal	60
A.1.6.1.3.2 Tertiärhügelland	61
A.1.6.1.3.3 Altmoränenregion	63
A.1.6.1.3.4 Jungmoränenregion (incl. Molasse-Vorberge vor der morphologischen Alpengrenze)	65
A.1.6.1.4 Alpenraum	65
A.1.6.2 Landkreisbezogene Schwerpunkträume einzelner Geototypen	67
A.1.7 Bedeutung der Geotope für Naturschutz und Landschaftspflege	67
A.1.7.1 Arten- und Biotoperhaltung	68
A.1.7.1.1 Geotope als Rückzugsinseln seltener und gefährdeter Waldtypen	68
A.1.7.1.2 Geotope als Refugien für extensive Grünlandtypen und gefährdete Grünlandpflanzen	71

A.1.7.1.3	Geotope als tierökologisch bedeutsame Trittsteine und Sonderlebensräume	71
A.1.7.1.4	Geotope als Orte der Evolution (Sippenbildung) und als Artrefugien	72
A.1.7.2	Geotope im abiotischen Landschaftshaushalt	72
A.1.7.3	Landschaftsbild	73
A.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte, Umweltdidaktik	74
A.1.8	Gefährdung, Verluste, Zustand	75
A.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	77
A.2.1	Pflege	78
A.2.1.1	Direkte Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen	79
A.2.1.2	Indirekte Gestaltung	82
A.2.2	Natürliche Entwicklung	82
A.2.3	Wiederherstellung und Neuanlage	83
A.2.3.1	Wiederherstellung	83
A.2.3.2	Neuanlage	84
A.2.4	Geotope und Biotopvernetzung	84
A.3	Situation und Problematik von Pflege und Entwicklung	85
A.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	86
A.4.1	Grundsätze	87
A.4.2	Ziele und Leitbilder	91
A.4.2.1	Leitbilder, Gestaltungs- und Pflegeziele für den eigentlichen Geotopbereich	91
A.4.2.2	Pflege- und Sanierungsmaßnahmen	95
A.4.2.2.1	Freilegung des Untergrundes, Entfernen der Vegetation	95
A.4.2.2.2	Management der vorhandenen Offenlandvegetation	97
A.4.2.2.3	Management der vorhandenen Waldvegetation	97
A.4.2.3	Wiederherstellung, Neuanlage	97
A.4.2.4	Flankierende Maßnahmen	99
B	Aufschlüsse, Bergbauspuren	101
B.1	Grundinformationen	101
B.1.1	Charakterisierung	101
B.1.1.1	Aufschlußursachen, Bestandesdauer	101
B.1.1.2	Aufschlußinhalte	102
B.1.2	Landschaftspflegerischer Wirkungsbereich bei der Aufschlußerhaltung	105
B.1.2.1	Naturschutzrechtliche Sicherung	105
B.1.2.2	Abbau(folge)planung	106
B.1.2.3	Wasserbau, landeskulturelle Sicherungsmaßnahmen	106
B.1.2.4	Restituierung und Erhaltung von Kulturbiotopen mit Aufschluß-Nebenfunktion	107
B.1.2.5	Folgepflege von Abbaustellen	107
B.1.2.6	Abgleich mit der Bergsicherung	107
B.1.3	Standortverhältnisse	107
B.1.4	Pflanzenwelt	108
B.1.5	Tierwelt	108
B.1.6	Räumliche Verteilung von Aufschlüssen, Verbreitung	110
B.1.6.1	Auswahl von Naturaufschlüssen an Steilabstürzen, Traufzonen und größeren Felsen	110

B.1.6.2	Auswahl von Naturaufschlüssen an Bach- und Flußufern, in Schluchten und Kerbtälern	111
B.1.6.3	Auswahl von Naturaufschlüssen aus Hangrutschungen	112
B.1.6.4	Auswahl von Hohlwegen mit Aufschlußfunktion	112
B.1.6.5	Auswahl von aufschlußwichtigen (alten) Steinbrüchen	112
B.1.6.6	Wenige Beispiele geotopwichtiger Kies-, Sand-, Ton-, Lehm-, Alm- Ockergruben	113
B.1.6.7	Beispiele wichtiger Bergbauspureen	113
B.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	115
B.1.7.1	Arten- und Biotopschutz	115
B.1.7.2	Landschaftsbild	116
B.1.7.3	Geowissenschaften, Erdgeschichte	117
B.1.7.4	Heimatkunde, Montangeschichte	118
B.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	118
B.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider	120
B.2.1	Ungelenkte Sukzession	120
B.2.2	Aktive Biotoppflege an Aufschlüssen	121
B.2.3	Geowissenschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen	121
B.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	124
B.4	Pflege- und Entwicklungskonzept für Aufschlüsse	126
B.4.1	Allgemeine Grundsätze und Ziele für Aufschlußbereiche	126
B.4.2	Gestaltungsleitbilder und Maßnahmen in Aufschlußbereichen	128
B.4.2.1	Entwicklung und Gestaltung natürlicher Aufschlüsse an Erosionsstandorten	128
B.4.2.2	Entwicklung und Gestaltung natürlicher Felsaufschlüsse	128
B.4.2.3	Entwicklung und Gestaltung von künstlichen Aufschlüssen in Abbaustellen (vgl. auch Kap. B.2 und Band II.17)	129
B.4.2.3.1	Übergreifende Basismaßnahmen in Abbaustellen	129
B.4.2.3.2	Vorrangstandorte für aufschlußunterhaltende Maßnahmen:	130
B.4.2.3.3	Defizitgebiete für Abbaurestflächen, Vorrangregionen zur Erhöhung des Abbaurestflächenanteiles	130
B.4.2.3.4	Endgestaltung von Steinbrüchen mit Geo-Bio-Doppelfunktion	130
B.4.2.4	Entwicklung und Gestaltung aufschlußwichtiger Hohlwege und Lesesteinansammlungen	131
B.4.2.5	Entwicklung und Gestaltung von Bergbau-Geotopen (vor allem PA, REG, CHA, SAD, TIR, NEW, WUN, HO, KC, MB, TS)	132
B.5	Pflege- und Entwicklungsmodelle	133
C	Denkmäler der Eiszeit, Glaziale Formen	135
C.1	Grundinformationen	135
C.1.1	Glaziales Formenspektrum, naturschutzwichtige Landschaftselemente	138
C.1.1.1	Kare, Nivationswannen der Hoch- und Mittelgebirge (R)	139
C.1.1.2	Transfluenzpässe der Alpen (R)	140
C.1.1.3	Trogtäler, U-Täler der Alpen und des Böhmerwaldes (R)	140
C.1.1.4	Zungenbecken, Zweigbecken (R)	141
C.1.1.5	Rundhöcker, Gletscherschliffe (R, P)	143
C.1.1.6	Moränen (R)	143
C.1.1.7	Drumlins (R)	145
C.1.1.8	Findlinge, erratische Blöcke, Irrblöcke (P)	146

C.1.1.9	Terrassen, Schotterstufen (R)	147
C.1.1.10	Trompetentälchen, Gletschertore, Tunneltäler (R)	147
C.1.1.11	Kames, Oser (R)	147
C.1.1.12	Toteiskessel, Toteislöcher (Sölle, Sing. Soll), Kesselfelder (R)	148
C.1.1.13	Kryoturbationen, Eiskeile, Frostmusterböden, Strukturböden (A)	149
C.1.1.14	Buckelfluren (R)	149
C.1.1.15	Periglaziale Trockenrinnen und Trockentäler, Hangrinnensysteme	150
C.1.2	Wirkungsbereich	150
C.1.3	Standortverhältnisse	152
C.1.4	Vegetation und Flora	153
C.1.5	Tierwelt	160
C.1.6	Verbreitung, Auswahlliste mustergültiger Vorkommen, Verantwortung der Landkreise	160
C.1.6.1	Kare, Nivationswannen (nur wenige Beispiele)	160
C.1.6.2	Transfluenzplätze	161
C.1.6.3	Trogtäler	161
C.1.6.4	Zungen- und Zweigbecken	161
C.1.6.5	Rundhöckerlandschaften der Talstufe, kleinteilige Molasserippen- landschaften, Gletscherschliffe der Talstufe	161
C.1.6.6	Endmoränen	162
C.1.6.6.1	Jungendmoränenwälle und -landschaften von herausragender Bedeutung	162
C.1.6.6.2	Jungeiszeitliche Tumulus-Landschaften	164
C.1.6.6.3	Altmoränenwälle und -reste, alteiszeitliche Nagelfluhen	164
C.1.6.7	Drumlinder	165
C.1.6.8	Findlinge, erratische Blöcke	166
C.1.6.9	Schotterstufen, Terrassenränder	166
C.1.6.10	Gletschertore, Trompetentälchen	166
C.1.6.11	Kamesfelder, in sich geschlossene Eiszerfallslandschaften	167
C.1.6.12	Toteiskessel, Toteislöcher, Kesselfelder	167
C.1.6.13	Buckelfluren, -landschaften	168
C.1.6.14	Periglaziale Trockentäler und -rinnen, fossile eiszeitl. Abflußtäler	169
C.1.6.15	Natürliche Glazial-Aufschlüsse	170
C.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	171
C.1.7.1	Arten- und Biotopschutz	171
C.1.7.2	Naturgüter, Landschaftswasserhaushalt, Stoffhaushalt	171
C.1.7.3	Landschaftsbild, Naturerleben, Erholung	175
C.1.7.4	Geowissenschaften, Erdgeschichte, erdgeschichtliche Heimatkunde	175
C.1.7.5	Volkskunde, Kulturgeschichte, Denkmalschutz	176
C.1.7.6	Naturschutzgeschichte	176
C.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	176
C.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	178
C.2.1	Erhaltung bzw. Herstellung formangepaßter Flurstückmuster	178
C.2.2	Förderung geeigneter Nutzungsarten und -verteilungen	179
C.2.3	Zurückhaltende bzw. formsensible Neuaufforstungsplanung und Waldeinrichtung	179
C.2.4	Rücksichtnahme bei der Bebauungs- und Infrastrukturplanung	179
C.2.5	Ausweisung von Reliefschongebieten	179
C.2.6	Biotoppflege und -regeneration, landschaftsarchitektonische Gestaltung	179
C.2.7	Rekonstruktion abgebauter Glazialformen, natürliche Neubildung	180

C.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	180
C.3.1	Berücksichtigung im Planungsprozeß	181
C.3.2	Stellenwert und Engagement in der Bevölkerung	181
C.3.3	Zunehmende Respektierung in der Kulturtechnik und Bodenmelioration	182
C.3.4	Pflege im engeren Sinne, Pflegedefizite	182
C.3.5	Probleme der Pflegedurchführung	183
C.3.6	Wiederherstellungsversuche nach Totalzerstörung, geomorphologische Wiedereingliederung	183
C.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	184
C.4.1	Grundsätze und Ziele	184
C.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	186
C.4.2.1	Landschaftsgestalterische Leitbilder	186
C.4.2.1.1	Wallartige Jungmoränenstrukturen, modellartige Jungend- und Rückzugsmoränenzüge	187
C.4.2.1.2	Typische Drumlins, Drumlinfelder	187
C.4.2.1.3	Rundhöckerlandschaften im Alpenvorland, sonstige markante Einzelhügellandschaften	189
C.4.2.1.4	Tumulus-Gebiete, tumulusartige glaziale Bergsturzlandschaften	192
C.4.2.1.5	Eiszerfallsgebiete, Toteislöcher, Kames, Oser	192
C.4.2.1.6	Trompetentälchen, markante Schmelzwassertäler	198
C.4.2.1.7	Glazifluviale Terrassen	198
C.4.2.1.8	Findlinge	198
C.4.2.1.9	Gletscherschliffe	198
C.4.2.1.10	Buckelfluren, Rutschbuckelhänge	199
C.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen	202
C.4.2.2.1	Aufklärung, Bewußtseinsbildung	202
C.4.2.2.2	Noch gezieltere Anwendung gültiger Förderprogramme	202
C.4.2.2.3	Restriktionen beim Bodenabbau	202
C.4.2.2.4	Biotoppflege und -entwicklung	202
C.5	Modellprojekte und -beispiele	203
D.1	Grundinformationen	205
D.1.1	Charakterisierung fluvialer und verwandter Geotope	205
D.1.1.1	Talformen	206
D.1.1.1.1	Kastental (auch Sohental oder Sohlen-Kerbtal)	206
D.1.1.1.2	Asymmetrische Täler	206
D.1.1.1.3	Muldental	206
D.1.1.1.4	Klammern	207
D.1.1.1.5	Schluchten, V- oder Kerbtäler (oberbayerisch "Gräben", alemannisch z.T. auch "Tobel")	208
D.1.1.1.6	Flußdurchbrüche (Talengen, Canyons)	209
D.1.1.2	Mäanderstrecken, Umlaufberge	211
D.1.1.3	Uferabbrüche, (fossile) Prallhänge, Reißen, Hanggrate und -pyramiden	212
D.1.1.4	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken, Kiesbänke	213
D.1.1.5	Terrassen(ränder, -hänge), Schotterstufen	214
D.1.1.6	Kleinformen des Auenreliefs, Überströmungsformen	215
D.1.1.7	Wasserfälle, Katarakte, Stromschnellen	216
D.1.1.8	Ausfällungsformen des fließenden Wassers (Kalktuff, Sinterbildungen)	217
D.1.1.9	Naturschutzwichtige Bereiche der Massenbewegung (Rutschhänge, Erdströme, Moorbrüche)	217
D.1.2	Wirkungsbereich	219
D.1.3	Standortverhältnisse, Hydrologie	220
D.1.3.1	Täler	220

D.1.3.2	Uferanbrüche, Reißen, Prallhänge etc.	222
D.1.3.3	Fluß- und Bachdeltas, Schwemmfächer, Kiesumlagerungsstrecken	222
D.1.3.4	Terrassenböschungen	222
D.1.3.5	Auenkleinrelief	222
D.1.3.6	Wasserfälle, Katarakte	222
D.1.3.7	Kalktuffbildungen	222
D.1.3.8	Zonen mit Massenbewegungen	224
D.1.4	Pflanzenwelt	224
D.1.4.1	Täler	224
D.1.4.2	Uferanbrüche, Prallhänge, Reißen	227
D.1.4.3	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken	227
D.1.4.4	Terrassenränder, Schotterstufen	227
D.1.4.5	Auenkleinformen, Flutrinnen	228
D.1.4.6	Wasserfälle, Katarakte	229
D.1.4.7	Steinerne Rinnen, Bach- und Quelltuffe	229
D.1.4.8	Massenbewegungszonen	229
D.1.5	Tierwelt	229
D.1.6	Verbreitung, Verantwortung der Landkreise	230
D.1.6.1	Täler	231
D.1.6.1.1	Kastentäler, Karst-Trockentäler (KTT), Asymmetrische Täler (AT)	231
D.1.6.1.2	Klammern, Schluchten, tiefe Kerbtäler, Flußdurchbruchstäler, Canyons	233
D.1.6.2	Mäander, Umlaufberge	235
D.1.6.3	Uferanbrüche, Reißen, modellartige Prallhänge	238
D.1.6.4	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken	238
D.1.6.5	Terrassen, Schotterstufen	238
D.1.6.6	Seigen, Hochwasserrelief, Kleinformen der Au, Flutrinnen	239
D.1.6.7	Wasserfälle, Kaskaden, Katarakte	240
D.1.6.8	Bachtuff-Felsen, Steinerne Rinnen, Kalktuff-Kaskaden, Sinterbildungen, "Dauche", "Duftstein", Kalktuffhügel	241
D.1.6.9	Rutschbuckelhänge, Erdströme	242
D.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	243
D.1.7.1	Artenschutz, Lebensgemeinschaften	243
D.1.7.1.1	Vegetation, Flora	243
D.1.7.1.2	Fauna	245
D.1.7.2	Naturgüter, abiotischer Ressourcenschutz, Katastrophenschutz	245
D.1.7.3	Landschaftsbild, Erholung, Erleben	246
D.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte	247
D.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	248
D.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	250
D.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	251
D.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	252
D.4.1	Grundsätze und Ziele	253
D.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	256
D.4.2.1	Entwicklungsleitbilder und Pflegeziele für fluviale Geotope	256
D.4.2.1.1	Kulturlandschaftsgeprägte Täler	256
D.4.2.1.2	Täler in Wirtschaftswäldern	261
D.4.2.1.3	Flußdurchbrüche, Canyons, Klammern, Schluchten, Katarakte und Wasserfälle	261
D.4.2.1.4	Umlaufberge, fossile Talmäander	262
D.4.2.1.5	Natürliche siedlungsferne Schutt- und Schwemmkegel	262
D.4.2.1.6	Terrassen(stufen)	263

D.4.2.1.7	Auen-Kleinformen, Flutrippel und Seigen	265
D.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen	267
D.5	Modellprojekte	267
E	Karstformen und Höhlen	269
E.1	Grundinformationen	269
E.1.1	Charakterisierung, Karstformenspektrum in Bayern	270
E.1.1.1	Polje, Uvala, Großdolenen	273
E.1.1.2	Dolenen und Erdfälle	274
E.1.1.3	Karstgassen	276
E.1.1.4	Karren, Schratzen, Schlotten	276
E.1.1.5	Felskopffelder	278
E.1.1.6	Höhlen und Sinterbildungen	278
E.1.1.7	Fluß- oder Bachschwinden, Wasserschlinger, Schlucklöcher (Ponore, Rauhlöcher)	279
E.1.1.8	Karstquellen	280
E.1.2	Wirkungsbereich	280
E.1.3	Standortverhältnisse	281
E.1.4	Pflanzenwelt	284
E.1.5	Tierwelt	288
E.1.6	Verbreitung, Verantwortung der Landkreise	289
E.1.6.1	Poljen, Uvalas, Großdolenen	291
E.1.6.2	(Klein-) Dolenen, Erdfallgebiete	291
E.1.6.3	Karren, Schratzen, Schlotten	294
E.1.6.4	Höhlen, Grotten, Abriss	295
E.1.6.5	Karstquellen, Hungerbrunnen, Bachschwinden	297
E.1.6.6	Trockentäler	298
E.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	298
E.1.7.1	Artenschutz, Lebensgemeinschaften	298
E.1.7.2	Abiotische Naturgüter, Wasser- und Stoffhaushalt	300
E.1.7.3	Landschaftsbild, Naturerleben	302
E.1.7.4	Fremdenverkehr, Naherholung	302
E.1.7.5	Erdgeschichte	303
E.1.7.6	Frühgeschichte, Zeitgeschichte, Volkssagen	303
E.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	305
E.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	309
E.2.1	Landschaftliche Gestaltung, Vegetationspflege, Optimierung der Landnutzung	309
E.2.2	Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes	310
E.2.3	Zulassen natürlicher Karstdynamik (Senkungsfelder, Dolenen-Neubildungsgebiete)	311
E.2.4	Abhaltung von Stoffeinträgen, Pufferung	312
E.2.5	Besucher-Regelung, Höhleninstandsetzung	312
E.2.6	Aufklärung und Medienarbeit	315
E.2.7	Hoheitlicher Naturschutz	315
E.2.8	(Zustands-)Erfassung	315

E.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	316
E.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	319
E.4.1	Grundsätze und Ziele	319
E.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	323
E.4.2.1	Gestaltungsbilder für Karstformen	323
E.4.2.1.1	Gestaltung großer Karstwannen (Großdolinen, Poljen, Uvalas) und Senkungsmulden	323
E.4.2.1.2	Ziele und Leitbilder für Dolinen, Erdfälle und Karstschächte	325
E.4.2.1.3	Karst(trocken)täler	327
E.4.2.2	Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen	328
E.4.2.2.1	Große Karstwannen, Poljen, Uvalas	329
E.4.2.2.2	Dolinen	329
E.4.2.2.3	Höhlen, Grotten, Abrisse	332
E.4.2.2.4	Karsttrockentäler	332
E.5	Modellprojekte	333
F	Felsen, Blockfluren, Härtlinge und Inselgesteine	335
F.1	Grundinformationen	335
F.1.1	Das Formenspektrum der Felsen und Inselgesteine	336
F.1.1.1	Felsbereiche, Gesteinsdurchragungen	336
F.1.1.2	Blockmeere, -felder, -bildungen	338
F.1.1.3	Felsstürze, Sturzblöcke, Sturzblockmassen	340
F.1.1.4	Schutthalden	340
F.1.1.5	Abbauhalden	341
F.1.1.6	Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen	341
F.1.1.7	Inselgesteine, geologische Fenster, seltene Gesteinsvorkommen	341
F.1.2	Wirkungsbereich	345
F.1.3	Standortverhältnisse, Existenzbedingungen der Fels- und Blockbesiedler	346
F.1.3.1	Felsfreistellungen, Felshänge	346
F.1.3.1.1	Gesteinstyp, chemische Zusammensetzung	346
F.1.3.1.2	Regional- und Geländeklima	347
F.1.3.1.3	Orographische Lage, Massiv- oder Wandcharakter	348
F.1.3.1.4	Kleinstandortgefüge von Felsfluren	349
F.1.3.2	Schutthalden	352
F.1.3.3	Blockhalden, -meere, Felsstürze	352
F.1.3.4	Härtlinge und Inselgesteine	355
F.1.4	Pflanzenwelt der Felsen, Blockstandorte, Härtlinge und Inselgesteine	356
F.1.4.1	Einige pflanzenökologische Grundlagen zur Fels- und Blockbesiedlung	356
F.1.4.2	Syntaxonomischer Überblick	359
F.1.4.3	Kalk- und Dolomitfelsen	360
F.1.4.3.1	Felsfuß- und Haldenvegetation im Kalk und Dolomit	362
F.1.4.3.2	Vegetation der ungegliederten Kalk/Dolomitsteilwände, der Felslöcher, -spalten, -risse	363
F.1.4.3.3	Vegetation der Wandoberkanten und Felsköpfe (thermophile Kalkfelsgrusfluren des ALYSSO-SEDION ALBI 61)	364
F.1.4.3.4	Vegetation der Kalkfelsbänder, -leisten, -plateaus und -terrassen mit flachgründiger Überdeckung	366
F.1.4.4	Silikat-/Kristallinfelsen und -felshänge	367
F.1.4.5	Nagelfluh- und Molassefelsen	370
F.1.4.6	Sandsteinfelsen und -schluchten	371
F.1.4.7	Vegetation und Flora von Silikatblockhalden, -meeren, Blockwiesen und Einzelblöcken	372

F.1.4.8	Kalkblockhalden, -schutthalden und Bergsturzgebiete	375
F.1.4.9	Vegetation und Flora von Härtlingen, Schichtstufen und Inselgesteinen	378
F.1.4.10	Naturschutzvorrangige Reliktarten, Beispiele für "Zielarten"	382
F.1.5	Tierwelt	385
F.1.5.1	Fauna der Felsköpfe, Felskanten und -leisten	387
F.1.5.2	Fauna der ungegliederten Steilwände	387
F.1.5.3	Fauna der Löcher, Höhlungen, Felsspalten	390
F.1.5.4	Fauna der Felsleitens, durch Wandstufen gegliederte Hänge	390
F.1.5.5	Fauna der Blockhalden und des Felsfußes, z.T. mit Schuttfächer	391
F.1.5.6	Fauna von Inselgesteinen, Härtlingen und Dolomit-Kiefernwäldern	393
F.1.6	Verbreitung, Verantwortung der Landkreise	394
F.1.6.1	Kalk- und Dolomittfelsen	394
F.1.6.2	Kristallinfelsen, Silikatfelsen	395
F.1.6.3	Sandstein-, Nagelfluh-, Konglomeratfelsen	396
F.1.6.4	Blockströme, -felder, Bergstürze	396
F.1.6.5	Inselgesteine, Härtlinge	397
F.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	415
F.1.7.1	Arterhaltung, Artbildung, Lebensgemeinschaften, Arealschutz (vgl. F.1.4, F.1.5)	415
F.1.7.2	Indikator- und Monitoring-Funktion	418
F.1.7.3	Naturgüter, Ressourcen und Schutzfunktion für den Menschen und seine Anlagen	418
F.1.7.4	Landschaftsbild, landschaftliches Erleben, Tourismus und Erholung, sportliche Herausforderung	419
F.1.7.5	Erdgeschichte, Einsichten in die Geosphäre, Naturaufschlüsse	421
F.1.7.6	Kulturgeschichte, Mythologie	421
F.1.7.7	Naturschutzgeschichte	422
F.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	423
F.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider von Maßnahmen, Diskussion der Auswirkungen	433
F.2.1	Gewährenlassen der natürlichen Dynamik	433
F.2.1.1	Natürliche Neubildung und Erneuerung von Fels- und Blockstandorten	433
F.2.1.2	Ungelenkte Vegetationsentwicklung	433
F.2.2	"Felsenpflege" aus klettersportlicher Sicht, Minimierung der kletterbedingten Felsbelastungen	433
F.2.2.1	Freiwillige Selbstkontrollen, Lenkung "von unten", Lenkungsautorität der Bergsportverbände	433
F.2.2.1.1	Kontingenzierung (Reduzierung der Frequenz bzw. Verhinderung weiterer Frequenzsteigerung)	433
F.2.2.1.2	Infrastrukturelle Lenkung (durch Einrichtungen in der Wand, Zugangsveränderungen, Kanalisierung usw.)	434
F.2.2.1.3	Freiwillige klettersportliche Raumordnungskonzepte mit Selbstkontrolle der Kletterinteressierten	435
F.2.2.2	Hoheitliche Maßnahmen	435
F.2.2.2.1	Totalverbote	435
F.2.2.2.2	Zeitlich befristete Totalsperren	435
F.2.2.2.3	Räumlich begrenzte ("punktueller") ganzjährige oder befristete Kletterverbote	436
F.2.2.2.4	Amtliche Kletter-Reservierungszonen (das positive Gegenstück zum Negativ der Tabuzonen)	436
F.2.2.2.5	Rechtsverbindliche Kletterzonenregelungen	436
F.2.2.3	Bewußtseinsbildende Maßnahmen	436
F.2.3	Biotopepflege und Artenhilfe in Fels- und Blockbereichen	437

F.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	440
F.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	445
F.4.1	Grundsätze und Ziele	445
F.4.2	Handlungs und Maßnahmenkonzept	447
F.4.2.1	Ziele und Leitbilder	447
F.4.2.1.1	Talrand-Karbonatfelsen	447
F.4.2.1.2	Leitbild für Felsbastionen an Traufzonen und Zeugenbergen	448
F.4.2.1.3	Leitbild für Fels-Freistellungen auf bewaldeten Kuppen und Hochflächen (Wald-Knocks)	448
F.4.2.1.4	Leitbild für kleine Felsgruppen in Wäldern	448
F.4.2.1.5	Offene Felsfreistellungen im Kulturland	448
F.4.2.1.6	Leitbild für weitgehend offene Blockstreugebiete und Sturzblockfelder	450
F.4.2.2	Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen	450
F.4.2.2.1	Felsen, Felsfreistellungen, Wände	450
F.4.2.2.2	Blockströme, -halden, Einzelblöcke, Felssturzgebiete im Wald	451
F.4.2.2.3	Einzelblöcke, lockere Blockstreuungen im Offenland	451
F.4.2.2.4	Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen, Inselgesteine	452
F.4.2.3	Pfleglicher Umgang beim Klettern	452
F.5	Modellbeispiele	454
G	Vulkanische Formen	457
G.1	Grundinformationen	457
G.1.1	Charakterisierung	457
G.1.1.1	Schlotfüllungen	458
G.1.1.2	Deckenergüsse	458
G.1.1.3	Basalt-Blockfelder	459
G.1.2	Wirkungsbereich	459
G.1.3	Standortverhältnisse	459
G.1.4	Pflanzenwelt	460
G.1.5	Tierwelt	461
G.1.6	Verbreitung	461
G.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	465
G.1.8	Gefährdung, Rückgang, Zustand	466
G.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	467
G.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	468
G.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	468
G.4.1	Grundsätze und Ziele	468
G.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	469
G.4.2.1	Leitbilder für die Gestaltung vulkanischer Geotope	469
G.4.2.2	Pflegemaßnahmen	470
H	Meteoritische Erscheinungen und Formen (Riesereignis)	473
H.1	Grundinformationen	473
H.1.1	Charakterisierung	473
H.1.1.1	Einschlagkrater	474
H.1.1.2	Innerer Kristalliner Wall	474
H.1.1.3	Kraterrand	476

H.1.1.4	Impaktgesteine, ihre Aufschlüsse und Formen	477
H.1.1.4.1	Bunte Trümmernmassen	477
H.1.1.4.2	Suevit (Traß, "Schwabenstein"), polymikte Kristallinbreccien	479
H.1.1.5	Schliffflächen	479
H.1.1.6	Reliktformen der riesischen Süßwassertalke	479
H.1.2	Wirkungsbereich der Landschaftspflege und des Naturschutzes	480
H.1.3	Standortverhältnisse	480
H.1.3.1	Innerer Kristalliner Wall	482
H.1.3.2	Kraterrand	482
H.1.3.3	Bunte Trümmernmassen	483
H.1.4	Pflanzenwelt	483
H.1.4.1	Florenregionale Besonderheiten des Riesbereiches	484
H.1.5	Tierwelt	486
H.1.6	Verbreitung	486
H.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	489
H.1.7.1	Flora und Fauna	489
H.1.7.2	Lebensgemeinschaften	489
H.1.7.3	Landschaftsbild und Erholung	489
H.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte	491
H.1.8	Gefährdung	492
H.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	492
H.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	493
H.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	493
H.4.1	Grundsätze und Ziele	495
H.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	496
I	Dünen	497
I.1	Grundinformationen	497
I.1.1	Charakterisierung	497
I.1.2	Wirkungsbereich	499
I.1.3	Morphologie und Standortverhältnisse	499
I.1.4	Pflanzenwelt	500
I.1.5	Tierwelt	501
I.1.6	Verbreitung	502
I.1.7	Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege	504
I.1.7.1	Arterhaltung, Lebensgemeinschaften	504
I.1.7.2	Naturgüter	505
I.1.7.3	Landschaftsbild	505
I.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte	505
I.1.8	Gefährdung, Rückgang, aktueller Zustand	506
I.2	Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung	508
I.3	Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung	508
I.4	Pflege- und Entwicklungskonzept	509
I.4.1	Grundsätze zur Pflege und Wiederherstellung	509

I.4.2	Handlungs- und Maßnahmenkonzept	509
I.4.2.1	Leitbilder und Pflegeziele für Flugsandformen	510
I.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen	511
J.	Anhang	515
J.1	Literaturverzeichnis	515
J.2	Karten	546
J.3	Mündliche / briefliche Mitteilungen	547
J.4	Bildteil	549

Abbildungsverzeichnis

Abb. A/1:	Geotope im Landschaftsbild	74
Abb. A/2:	Für viele südbayerische Randterrassen typische Fehlentwicklungen (z.B. mittleres Lechtal, mittleres Wertachtal, Schottertäl bei Friesenried/OAL)	77
Abb. A/3:	Gehölz/Bewaldungsstruktur überhöht oder übertönt die Reliefenergie	81
Abb. A/4:	Unterschiedliche Bodennutzungsspielräume	92
Abb. A/5:	Leitbilder für die Gehölzstruktur auf markanten Erhebungen	93
Abb. A/6:	Nutzungsverzahnung zwischen Vollform und Umgebung	94
Abb. A/7:	Der Vorkriegszustand des Peterlessteins bei Kupferberg/KU als Leitbild für die künftige Gestaltung	95
Abb. A/8:	Leitbild für Hohlformen am Beispiel der Schmelzwassertäler in den schwäbischen Schotterplatten	96
Abb. A/9:	Einige Wiederherstellungs- und Neuanlagemöglichkeiten für die Geotope	98
Abb. B/1:	Profil durch den Schraffenkalk bei Tiefenbach/OAL (aus RICHTER 1984)	105
Abb. B/2:	Beispiel für Schlüssel-Aufschlüsse eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Geschehenes: Eiskeile in einer Schottergrubenwand	106
Abb. B/3:	Goldbergbauformen im Braunbeergraben bei Langau/SAD (aus LEHRBERGER et al. 1988)	115
Abb. B/4:	Leitbilder für die Endgestaltung großer Hochflächen-Steinbrüche mit großer Wandlänge und Expositionsvielfalt (aus POSCHLOD 1987)	131
Abb. B/5:	Leitbild für Steinbrüche mit rel. geringer Wandhöhe in rel. homogenem Gestein (POSCHLOD 1987)	132
Abb. C/1:	Gliederung des Eiszeitalters (VOIGTLÄNDER 1984)	136
Abb. C/2:	Glaziale Serie im Bereich der alpinen Vorlandvereisung im Längsschnitt (nach VOIGTLÄNDER 1984)	139
Abb. C/3:	Eiszeitliches Trogtal mit typischem Formeninventar (aus WILHELMY 1981b)	141
Abb. C/4:	Bauplan der Eiszeitlandschaft im Lkr. EBE (aus KLINGER 1982)	142
Abb. C/5:	Entstehung eines Zungenbeckens mit Zungenbeckensee (WILHELMY 1981b)	142
Abb. C/6:	Lage der verschiedenen Morärentypen eines Gletschers (LOUIS & FISCHER 1979)	144
Abb. C/7:	Formenschatz der Jungmoränenlandschaft im Bereich von Rosenheim (TROLL 1924)	145
Abb. C/8:	Typische Längsprofile von Drumlins (am Beispiel des Eberfinger Drumlinfeldes/WM; EBERS 1926: 58)	146
Abb. C/9:	Die Lage eines Trompetentals im Schotterfeld (TROLL 1957)	148
Abb. C/10:	Fluvioglaziale Terrassen des Alpenvorlandes (WILHELMY 1981b)	148
Abb. C/11:	Os-Entstehung (aus KLINGER 1982)	149
Abb. C/12:	Mindel-, riß- und würmeiszeitliche Endmoränen des Illervorland- und Wertachgletschers (aus GLÜCKERT 1974)	151
Abb. C/13:	Schema der reliefabhängigen Standortdifferenzierung der Buckelfluren	153
Abb. C/14:	Artenabfolge in einem Transekt quer über ein kleines Toteisloch SE der Wieskirche/WM (RINGLER 1984)	157
Abb. C/15:	Vegetationsmosaik und Feuchtegradient in den Hardt-Buckelwiesen bei der Hardtkapelle/WM (RINGLER 1984)	158
Abb. C/16:	Biodiversität von Gletscher-Tumululi bei Pähl/WM (aus RINGLER 1981)	159
Abb. C/17:	Schutz- und pflegewürdige End- und Rückzugsmoränenwälle im Gebiet des Samerberger Zweiggletschers/RO (aus GLÜCKERT 1979)	163
Abb. C/18:	Relative Häufigkeit von Almbuckelfluren nach Alpenlandkreisen (aus RINGLER 1982)	169

Abb. C/19:	Expositionsabhängige Verteilung einiger landkreisbedeutsamer Pflanzenarten an einem 6 m hohen Tumulus am Hirschberg/WM (eigene Bestandsaufnahme)	170
Abb. C/20:	Verteilung ausgewählter Arten und Relieferung in einem 4x10 m-Ausschnitt der Buckelwiesen NE Klais/GAP (aus RINGLER 1984)	172
Abb. C/21:	Muster von Schlenken, Fließrinnen und Strängen im Wampenmoos E Kirchbichl/TÖL (Mikrokartierung aus CIR-Luftbildern)	173
Abb. C/22:	Verteilung von Fettwiesen- und Magerrasenarten am Rand eines Glazialgeotops am Hirschberg/WM	174
Abb. C/23:	Gestaltung von Jugendmoränenketten	188
Abb. C/24:	Verknüpfung der Hauptendmoränenzüge, Schmelz- und Flußtäler zu einem Trockenverbundsystem	190
Abb. C/25:	Gestaltung von Drumlingeblöcken	191
Abb. C/26:	Gestaltung von Tumulusgebieten im Alpenvorland	193
Abb. C/27:	Landschaftsentwicklung in Eiszerfallslandschaften	195
Abb. C/28:	Gestaltung einzelner Toteislöcher im Offenland	196
Abb. C/29:	Gestaltung glazialer Schmelzwasserrinnen im Endmoränenland	197
Abb. C/30:	Idealgestaltung im Bereich erratischer Blöcke	199
Abb. C/31:	Idealgestaltung von Buckelfluren	200
Abb. C/32:	Fehlentwicklung in Buckelfluren	201
Abb. D/1:	Schema-Querschnitt durch ein Kastental (aus WILHELMY 1981a)	206
Abb. D/2:	Typische Abfolge von Querprofilen innerhalb eines asymmetrischen Eiszeittales (aus HELBIG 1965)	207
Abb. D/3:	Schema-Querschnitt durch ein Muldental	208
Abb. D/4:	Schema-Querschnitt einer Klamm (aus WILHELMY 1981a)	208
Abb. D/5:	Schema-Querschnitt eines Kerbtals (aus WILHELMY 1981a)	208
Abb. D/6:	Entstehungsmöglichkeiten von Durchbruchstätern (WILHELMY 1981a)	210
Abb. D/7:	Historische Mäanderverlagerungen der Donau bei Pfatter zwischen 1712 und heute (aus BUCH & HEINE 1988)	212
Abb. D/8:	Entstehung eines Umlaufberges (WILHELMY 1981a)	213
Abb. D/9:	Terrassenlinien W Neuburg als Dokumente der Flußgeschichte der Donau (aus STAHL 1971)	215
Abb. D/10:	Netz von Aurinnen an der Donau bei Donaustauf/R (aus BUCH & HEINE 1988)	216
Abb. D/11:	Holozänes Terrassensystem der Isar bei Geretsried-Ascholding mit Vegetationsgliederung (aus JERZ et al. 1986)	223
Abb. D/12:	Auen-Kleinrelief zwischen Regensburg und Straubing (aus BUCH 1987)	223
Abb. D/13:	Asymmetrische Täler der Inn-Hochterrasse (MÜ, AÖ) und im Tertiärhügelland bei Eggenfelden/LA, PAN (aus HELBIG 1965)	232
Abb. D/14:	Alte Flußrinne im Isarmündungsgebiet bei Moos/DEG als Reliktstandort für Kalkflachmoorbestände inmitten einer Ackerlandschaft	244
Abb. D/15:	Leitbild für schmale Wiesentälchen	257
Abb. D/16:	Gestaltungsziele für markante geräumigere Kulturlandschaftstäler	258
Abb. D/17:	Gestaltung von Terrassenböschungen	264
Abb. D/18:	Notwendige Freihaltung von Terrassenböschungen im Siedlungsbereich	266
Abb. E/1:	Blockbild einer Karstlandschaft (aus WAGNER 1960)	270
Abb. E/2:	Übersicht über den Karstformenschatz (aus HARMS 1979)	273
Abb. E/3:	Darstellung verschiedener Dolinenformen (aus WILHELMY 1981b)	277
Abb. E/4:	Humus- und Feuchteverteilung auf Karstbuckelwiesen (aus RINGLER 1982)	283
Abb. E/5:	Beispiel einer überregional bedeutenden Karstform aus dem bayerischen Biotopkataster: Grubalm-Polje am Laubenstein/RO	290

Abb. E/6:	Grundriß der Gipshöhle "Höllern" S Markt Nordheim/NEA (aus CRAMER & HELLER 1934)	297
Abb. E/7:	Nachgewiesene Karstwasserwege in der Eichstätter Alb (aus PFAFF 1986)	301
Abb. E/8:	Beispiele für biotoperhaltende Sicherung von Höhlen- und Stollenzugängen (aus MEIER 1988)	313
Abb. E/9:	Plazierung von Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985)	314
Abb. E/10:	Fledermaus- und Sohlöffnungen in Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985)	314
Abb. E/11:	Neue Dolineneinbrüche im Agrarland: Beispiel Zwei-Bäume-Erdfall bei Reichenbach/AS (aus ILLMANN 1988)	318
Abb. E/12:	Idealgestaltung größerer dolinenhaltiger Karstwannen in der Agrarlandschaft	322
Abb. E/13:	Minimalsanierung für Ackerdolinengruppen	324
Abb. E/14:	Leibild für Karst-Trockentäler	326
Abb. E/15:	Gestaltung von kleinen Jura-Trockentälern	328
Abb. E/16:	Leitlinien des Biotopverbundes von Karstbiotopen in der Altmühl-Donaualb (aus APEL 1971)	330
Abb. E/17:	Tiefgreifende Sanierung von Ackerdolinengruppen	331
Abb. F/1:	Bildung von Felsburgen (nach BRAUN 1969)	339
Abb. F/2:	Morphologische Hauptkonturen in Ost-Unterfranken und West-Oberfranken (aus SPÄTH 1976)	342
Abb. F/3:	Wirkungsbereiche für Felsen an Steilrändern	344
Abb. F/4:	Abfolge der Mikrostandorte an einer Wellenkalkwand (aus ZIEGLER 1981)	347
Abb. F/5:	Schematisiertes Idealprofil eines Kalkfelsstandortes der südlichen Frankenalb (FAUST et al. 1988)	351
Abb. F/6:	Saisonale Luftzirkulation und thermische Differenzierung in einer Grobblockhalde (aus MOLENDI 1996)	354
Abb. F/7:	Unterschiedliche Wuchsorte und Strategiegruppen von Flechtenarten im Bereich von Felsen und Blöcken (aus EICHLER 1986)	358
Abb. F/8:	Entstehung eines Tortella-Kugelrasens auf einer mainfränkischen Wellenkalkhalde (aus ZIEGLER 1981)	359
Abb. F/9:	Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 3 Kalkfelsgesellschaften CYSTOPTERIDETUM, ASPLENIETUM und CARDAMINOPSIETUM (aus HEMP 1996)	365
Abb. F/10:	Bryosukzession auf Kulmflächen beschatteter Basaltblöcke am Himmeldunkberg/NES (aus ZIEGLER 1981)	375
Abb. F/11:	Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 4 Schlüsselarten <i>Asplenium viride</i> , <i>Arabis alpina</i> , <i>Saxifraga decipiens</i> , <i>Cardaminopsis petraea</i> und <i>Draba aizoides</i> (aus HEMP 1996)	384
Abb. F/12:	Typische Landschneckenzonierung einer Weißjurawand in der Altmühlalb (aus FAUST, RITTER et al. 1988)	388
Abb. F/13:	Rhyolitgangschar im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984)	398
Abb. F/14:	Vorkommen von Eklogit und Grantamphibolit in der Münchberger Gneismasse (MÜLLER 1984)	403
Abb. F/15:	Lage der Serpentinikörper in der Prasinit-Phyllit-Zone am SE-Rand der Münchberger Masse (aus EMMERT 1968)	404
Abb. F/16:	Der Bodenmaier Silberberg, ein wohl schon natürlicherweise gering bewaldeter Erzstandort im Katasterblatt des 19. Jahrhunderts (aus PFAFFL 1996)	410
Abb. F/17:	Verteilung der Marmorgänge im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984)	414
Abb. F/18:	Felsbildungen im Fichtelgebirge und Steinwald (MÜLLER 1984)	415
Abb. F/19:	Zeitgenöss. Darstellung der Sprengung des Teufelsfelsens bei Bad Abbach im Jahre 1791 (aus BLEIBRUNNER 1968)	424
Abb. F/20:	Unbekletterter und bekletterter Riß am Prunner Turm/KEH (aus IRLACHER (1988)	431
Abb. F/21:	Brutbiologischer Aktivitätsrhythmus von Uhu und Wanderfalke als Orientierungshilfe für Felssperrungen (aus FAUST et al. 1988)	438
Abb. F/22:	Leitbild für Freistellungen im Offenland	449

Abb. F/23:	Leitbild für einen Blockstrom in einer Quellmulde des Grundgebirges	450
Abb. F/24:	Umsetzungsbeispiel aus dem Pfahlkonzept (DISTLER et al. 1993)	455
Abb. G/1:	Längsschnitt durch eine Schlotfüllung in der Rhön (RUTTE 1981: 173)	459
Abb. G/2:	Die Verbreitung der jungtertiären Vulkanite in der Rhön (GLA 1964)	463
Abb. G/3:	Die Verbreitung vulkanischer Erscheinungen in Bayern	464
Abb. G/4:	Gestaltungsleitbild für Basalthochflächen	470
Abb. G/5:	Gestaltungsideal für einen mittelhohen, grünlanddominierten Basaltkegel Nordostbayerns	471
Abb. H/1:	Darstellung des Meteoriteneinschlags im Nördlinger Ries (nach SCHMIDT-KALER, in GLA 1981)	475
Abb. H/2:	Profil durch den Rieskrater unmittelbar nach dem Einschlag und sein Erscheinungsbild heute (KAVASCH 1991)	476
Abb. H/3:	Schema des Auswurfvorgangs (eigene Darstellung)	478
Abb. H/4:	Jahresgang der Niederschläge im Ries (nach HAAS o.J.)	481
Abb. H/5:	Übersichtskarte des Rieses (nach CHAO et al. 1978, ergänzt)	487
Abb. H/6:	Verteilung der Bunten Trümmermassen innerhalb und außerhalb des Rieskraters (nach HÜTTNER 1974)	488
Abb. H/7:	Optimalzustand von Griesbuckeln im Riesbereich	494
Abb. I/1:	Schematische Darstellungen der Dünenformen (WILHELMY 1981a)	498
Abb. I/2:	Die Verbreitung von Dünen und Flugsanddecken in Bayern	503
Abb. I/3:	Gestaltungsvorschlag für Dünenfelder im Forst (Grundriß)	510
Abb. I/4:	Gestaltungsvorschlag für den Dünen-Forst-Übergang	511
Abb. I/5:	Umgestaltungsvorschlag für stark verbuschte Einzeldünen im Kulturland	512

E Karstformen und Höhlen

Steter Tropfen höhlt den Stein.

Der gesamte Lkr. Eichstätt, große Teile der Landkreise DON, DLG, ND, PAF, KEH, NM, AS, R, LAU, FO, BA, LIF, BT, WÜ, MSP, GAP, die Stadt Salzburg und viele andere Gemeinwesen, insgesamt viele hunderttausend Menschen in Bayern, werden mit Karstgrundwasser versorgt. Sie hängen von der Intaktheit und schonenden Behandlung von Dolinen, Höhlen, Karstquellen und anderen Karstelementen ab. Geotop- und Biotoppflege sind hier direkt mit der menschlichen Existenzsicherung verbunden. Naturschutz betritt hier gewissermaßen das "Reich des Unterirdischen". Gewässer- und Trinkwasserschutz werden zum zentralen Aspekt der Landschaftspflege (WILLIAMS et al. 1994). Die notwendige Rücksichtnahme bestimmter Bodennutzungen auf die **spezifische geogene Landschaftsempfindlichkeit** schafft gleichzeitig Rahmenbedingungen für den Geotopschutz ("Dolinenpflege" ist eben nicht nur das Sauberhalten der Trichterform). Die Handlungsaussagen müssen daher deutlich über die äußerliche Behandlung natürlicher Einzelschöpfungen hinausgehen.

"Verkarstung" wird im Volksmund fälschlich mit Übernutzung und Bodenzerstörung gleichgesetzt. Alle im folgenden angesprochenen Elemente sind aber fast ausnahmslos natürlichen Ursprungs. Sie sind die eindrucksvolle und vielgestaltige Hinterlassenschaft der chemischen Auslaugungsarbeit des Wassers über viele Jahrmillionen, die in Bayern zumindest bis zur Triaszeit zurückverfolgbar ist ("Steter Tropfen höhlt den Stein"): **Hohlformen** wie z.B. Schlotten, Dolinen, Erdfälle, Poljen, Hohlkehlen (an der Oberfläche), Höhlen und Grotten (unterirdisch) und **Vollformen**, z.B. herauspräparierte

Schwammriffkuppeln und bizarre Felsen als Überreste ehemaliger Landoberflächen, messerscharfe Rippen auf linear ausgelaugten Kalkflächen (Schratten) und andere Kleinstformen sind Funktionselemente und Kennmarken einer Karstlandschaft.

Höhlen werden in der Überschrift und in vielen nachfolgenden Kapiteln gesondert angesprochen, weil

- sie im Gegensatz zu den meisten anderen Karstelementen eine "Lobby" haben (Höhlenforscher und -liebhaber);
- ihre Gefährdung, Erhaltung und Pflege ganz andere Zielgruppen betrifft als bei heute oberirdischen Karstformen;
- sie von allen Geotoptypen Bayerns am eingehendsten und genauesten inventarisiert sind (vor allem im Rahmen der Höhlenkataster der speleologischen Vereinigungen Nord- und Südbayerns);
- die spezielle troglophile (höhlenbewohnende) Lebewelt im Gegensatz zu anderen Karststandorten nicht durch Biotoptypen anderer LPK-Bände mit abgedeckt wird.

Zumindest teilweise in andere Bandteile und LPK-Bände integriert sind Karstfelsen (siehe Teil F), Bachschwinden, Hungerbrunnen und Karstquellen (siehe LPK-Band II.19 "Bäche und Bachufer" sowie Bandteil D), karstwassergespeiste Stillgewässer (siehe "Stehende Kleingewässer" LPK-Band II.8), Aussinterungen, Kalktuffbildungen (fällen die im Karst ausgelaugten Stoffe wieder aus, kommen aber auch in anderen Landschaften vor (vgl. Teil A und D sowie LPK-Band II.9 "Streuwiesen").

E.1 Grundinformationen

Nach Flächenanteil und Formenvielfalt ist Bayern neben Baden-Württemberg das repräsentativste Bundesland für die durch unterirdische Auslaugung in lösungsfähigen Gesteinen bedingten Formen und Erscheinungen. Auf ca. 1/5 der Landesfläche kommen verkarstungsfähige Gesteine entweder oberflächlich oder nahe der Oberfläche vor.

Diese Landesteile sind dicht bis zerstreut mit Karstformenelementen übersät. Wie weit Karsterscheinungen auch seit jeher in den menschlichen Alltag hineinreichen, kommt durch eine Vielzahl volkstümlicher Namen für Karsterscheinungen zum Ausdruck: Erpfel, Loch, Sink-, Schling-, Schauergrube, Reindl, Raundl für (Ponor-)Dolinen, "Löcherwiese" für Kleindolinenfelder.

Eine spezielle Herausforderung der bayerischen (und baden-württembergischen) Karstlandschaften im internationalen Vergleich ist ihre z.T. intensive

landwirtschaftliche Nutzung, die mit den Zielen des Geotop- und Ressourcenschutzes oft nur schwer in Einklang gebracht werden kann.

Damit ist ein zentrales Problem der Landschaftspflege in Karstgebieten angesprochen: Mit dem Schutz kleinflächiger Einzelformen ist es nicht getan. Er genügt nur in Landschaften, wo Karsterscheinungen, wie z.B. Höhlen, Auslaugungsschächte und Dolinen, lediglich zerstreute "Zutaten" darstellen, z.B. im Allgäuer Molassevorland, im Main-Taubergäu, in den paläozoischen Kalkinseln des Grundgebirges. Dagegen erfordern die gesamtheitlich karstgeprägten Landschaften zusätzlich **Nutzungsrück-sicht auf größerer Fläche**. Landschaften wie die Hersbrucker-, Wiesent-, Oberpfälzer und Eichstätter Alb, das Gottesackerplateau/OA und Steinerne Meer/BGL, die Plattenkalkkämme des Vorkarwendels oder das Laubensteingebiet im Chiemgau sind sowohl im Großen wie im Kleinen von Karster-

scheinungen geprägt. Hier fällt das Herausgreifen einzelner Formelemente für den Naturschutz viel schwerer, ja, es kann von den Vorrangaufgaben einer am erdgeschichtlichen Gesamt-Ensemble orientierten Landschaftspflege und -entwicklung ablenken.

E.1.1 Charakterisierung, Karstformenspektrum in Bayern

Als Karst wird eine Abtragungslandschaft bezeichnet, deren spezifischer und sehr reichhaltiger Formenschatz hauptsächlich auf Lösungsverwitterung in löslichen Gesteinen (Korrosion), nur untergeordnet auf Erosion zurückgeht. Zum rechnerischen Abtrag von 1 m pro 70 000 Jahre trägt die flächenhafte Lösung (Denudation) nur einen Teil bei. Dominierend ist die unterirdische Auflösung vor allem durch Mischungskorrosion, d.h. durch Mischung verschiedener Wässer, die infolge unterschiedlicher CO₂-Gehalte unterschiedliche Kalkmengen gelöst haben, wobei aggressive Kohlensäure frei wird (BRONNER 1988). Die Mischungskorrosion bildet Höhlen, Schächte und unterirdische Flußsysteme heraus. Die Entwässerung erfolgt vorwiegend unterirdisch, die Flußdichte an der Oberfläche ist meist sehr gering, Wassermangel, wassergüte- und wassermengenwirtschaftliche Engpässe (u.a. bei der Trinkwasserversorgung) machen besiedelte Karstlandschaften zu besonderen Problemregionen der Raumentwicklung. Karstgebiete unterscheiden sich geomorpho-

logisch in charakteristischer Weise von anderen Gebieten.

Die **rezente** Verkarstungsaktivität ist unmittelbar an humide Klimabedingungen (kühl-feucht, hohe und relativ stetige Niederschläge) gebunden, ist also im Randalpenbereich am deutlichsten. Präglazial herausgebildete Karstlandschaften, wie Teile der Tauber- und Wern-Lauer-Platten, der Gipskarst im Steigerwaldvorland, die Altmühl- und Oberpfälzer Alb, sind heute aber eher arid und subkontinental getönt. Somit ergibt sich die scheinbar paradoxe Situation, daß Karsterscheinungen einerseits in nordbayerischen Xerothermgebieten mit Steppen- und Halbtrockenrasen assoziiert sind (z.B. das Trockenrasenschwerpunktgebiet Velburg - Hohenfels, Gips-hügelsteppen), andererseits aber dicht neben, ja sogar inmitten aktiv wachsenden Mooren und anderen Feuchtgebieten liegen (z.B. Moosen- und Priesbergalm/BGL, Hemmersuppen- und Winkelmoosalm/TS, Höhen bei Saulgrub/GAP, Mittenwalder Talkessel/GAP, Untere Gottesackerwände - Piesenkopf / OA und Hirschwangplateau im Ammergebirge/OAL).

Im bedeckten Karst (unter einer Humus- und Vegetationsschicht) ist die Korrosionstätigkeit aktiver als im nackten Karst, da das Sickerwasser zusätzliches CO₂ aus der mikrobiellen Humuszersetzung aufnehmen kann.

Das **Alter** der für Bayern typischen Karsterscheinungen ist recht unterschiedlich. Mesozoische (erd-

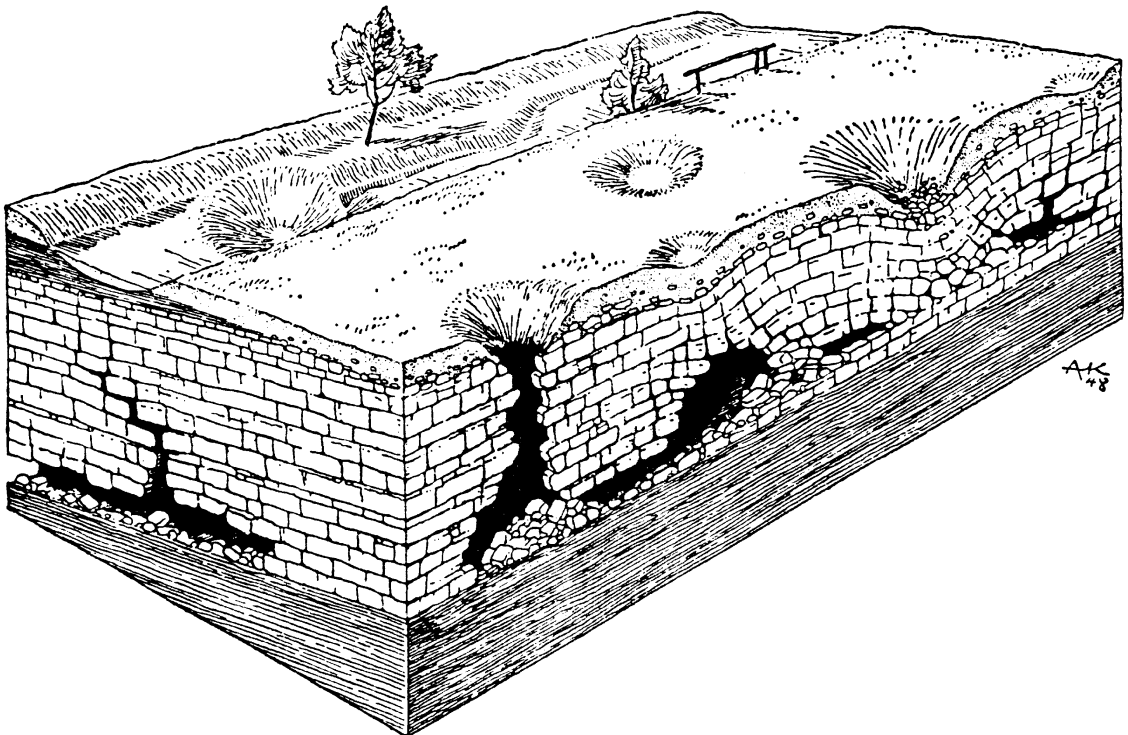


Abbildung E/1

Blockbild einer Karstlandschaft (aus WAGNER (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte.- Vorn: Naturschacht; Mitte: Einsturzdoline im Werden; rechts: Einsturzdoline voll entwickelt; unten: Höhle; Hinten: Trockental mit Dolinen.

mittelalterliche Verkarstung läßt sich in den Bayerischen Alpen beispielsweise im Berchtesgadener Nationalpark durch bunt gefärbte Verwitterungsschlote im Dachsteinkalk nachweisen.

In der Fränkischen Alb begann die erste Verkarstungsphase direkt nach dem Auftauchen der Malmkalke aus dem Jurameer vor ca. 140 Mio. Jahren (= Beginn der Kreidezeit) unter feucht-tropischen Klimaverhältnissen. Der damals entstandene typische Tropenkarst wurde anschließend durch Sedimente der Mittel- und Oberkreide überlagert. Das Gros der landschaftspflegerelevanten Karsterscheinungen ist auf die zweite, die känozoische (erdneuzeitliche) Verkarstungsphase zurückzuführen, die zum Teil nach der alttertiären Freilegung der Juragesteine einsetzte und bis heute andauert (KEMENY 1986; HABBE 1989).

Holozäner bis rezenter Karst wird überall dort unterscheidbar, wo oberirdische Karsthohlformen auf späteiszeitlich oder nacheiszeitlich geschaffenen oder freigelegten Landoberflächen ausgebildet sind (z.B. Dolinen in alpinen Karen und auf eiszeitlich geformten Molassehärtlingen, Buckelfluren und flache Erdfälle auf jungen, u.U. erst 1000 Jahre alten Talalluvionen, z.B. im Graswangtal/GAP, in der Laubau/TS und Kloaschau/MB, Rinnenkarren auf Felsflächen, die erst in historischer Zeit durch Überweidung wald- und bodenfrei wurden). Vgl. hierzu u.a. EBERS (1959) sowie ZECH & WÖLFEL (1974). Die rezente Auslaugungsarbeit belegen jene Geländedellen, die sich erst nach der Planie der Buckelfluren in den 1930er Jahren beispielsweise bei Pfronten/OAL und Klais/GAP gebildet haben oder die immer wieder neu einbrechenden Dolinen der Forchheimer und Weismainalb.

Die **Lösungsfähigkeit der Gesteine** hängt nach PFEFFER (1978) im wesentlichen ab von:

- 1) Chemismus und Kristallstruktur
- 2) Reinheit
In reinen Kalken bilden sich die Auslaugungsformen leichter als in Mergelkalken. In der Alb bei Dornstetten fand GEYER (1955) 80 % aller Dolinen im dichten reinen Massenkalk des Oberen Malm, der aber nur 25% des Untersuchungsgebiets umfaßte. Das restliche Viertel entfiel auf die durch Mergelzwischenlagen verunreinigten Bankkalke. Die großräumig höchste Dichte an Dolinen bzw. Karstschächten findet sich in Bayern im relativ reinen "Eichstätter/Solnhofener Schiefer" im Raum Schernfeld - Pollenfeld (EI), im Platten-, Wetterstein-, Dachstein- und Schratenkalk der Bayerischen Alpen (z.B. Gottesacker, Steinernes Meer, Estergebirge, Hochplatte). Viel zerstreuter bilden sich Dolinen im tonreicheren Oberen Muschelkalk Mainfrankens und des Obermainischen Bruchschollenlandes.
- 3) Bankung, Klüftung und Wasserwegigkeit des Gesteins
Je klüftiger oder poröser, desto wasserwegiger, desto größer die innere auslaugbare Gesteinsoberfläche. Klüfte und Störungslinien verraten sich

manchmal durch äußerliche Karsterscheinungen (z.B. Dolinen-Reihen).

- 4) Mesoklima, Niederschläge, Außen- und Hohlraumtemperatur
Häufige Niederschläge (mit atmosphärisch transportierten Säuren) und nachhaltige Einsickerung in die vorhandenen Spalten begünstigen die Karbonatlösung. Hinzu kommen von Wurzeln, Humus- und Torflagen abgegebene Säuren. Zusätzlich steigert Kühle die Aggressivität und Kohlen säurekapazität der gesteinspassierenden Lösung.
- 5) Vegetations- und Bodenbedeckung
Bei mikrobiellen Umsetzungen im Oberboden freigesetzte Säuren, saure Wurzelauausscheidungen und Huminsäuren aus Torfen steigern die Lösungskapazität. Bei der Bodenpassage absorbiert das Niederschlagswasser zusätzliches Kohlendioxid (saure Wurzelauausscheidungen!) und erhöht damit seine Lösungsggressivität.
- 6) Rauigkeit der Gesteinsoberfläche, Fließgeschwindigkeit des Wassers

Lösungsfähig sind vor allem Karbonatgesteine (Kalk, Marmor, begrenzt auch Dolomit, manchmal verfestigte Seekreiden und kalkreiche Grundmoränen, alteiszeitliche Nagelfluhen), Kalziumsulfatgesteine (Gips, Anhydrit) und Salzgesteine (Steinsalz), z.T. aber auch kalkreiche Mergel und Konglomerate der oligozänen subalpinen Molasse. Karstähnliche Subrosion (allerdings eher als unterirdische Ausspülung und weniger als chemische Auslaugung) findet sogar in Torfkörpern (Mooren) der Alpen-, Mittelgebirgs- und Alpenrandzone statt. Davon zeugen "Moordolinen", Untermoorkanäle und Spaltenerscheinungen (z.B. Zwieselser Filz/REG, Kemptener Wald und Allgäuer Alpen, Benediktenwand-Vorland/TÖL).

Aufgrund ihrer extremen Lösungsgeschwindigkeit (180 mal höher als bei Kalken) können sich Steinsalze in unseren Breiten nicht an der Oberfläche halten, da sie sofort von Niederschlägen aufgelöst werden. Zurück bleiben Rückstände in Form des sog. Gipshutes, einer dichten Mischung von Ton und Gips, der das unterirdische Salzlager abdichtet und damit vor allzu rascher Auslaugung schützt (BÖGLI 1978). Nachsackungserscheinungen an der Erdoberfläche markieren in der Tiefe weggelöste Schichten. In Bayern beschränkt sich die Salzverkarstung auf die tektonische "Berchtesgadener Einheit" im Alpenpark/BGL.

Der in der Natur als Primärsediment vorliegende Anhydrit (z.B. Raibler Rauhwacken der Bayerischen Alpen, Grundgips des Keupers, Zechsteingips) verwandelt sich durch Wasseraufnahme bei gleichzeitiger Volumenvergrößerung zu Gips. Mit diesem Umwandlungsprozeß sind Dehnungen und Pressungen verbunden, die die Überwachsung erschweren und offene Bodenstellen begünstigen (Beispiele: Grenzstreifen und Kapellenberg bei Alsbach/NES, Sulzheimer Gipshügel/SW), ja sogar Hangbewegungen in den Bayerischen Alpen begünstigen.

Gips ist in reinem Wasser 10-30mal löslicher als Kalk (BÖGLI 1978), oberflächlich sehr klüftig,