

Inhalt

Vorwort des Auftraggebers	21
Vorwort der Herausgeber*innen	25
Zusammenfassung/Abstract	29
Synthese	31
Die Situation	31
Terminologie Extremereignisse	32
Mögliche zukünftige Entwicklungen	35
Herausforderungen und Handlungsoptionen	37
Teil I: Ausgangssituation	
1 Überblick alpiner Naturgefahren in Österreich	45
1.1 Land der Berge, Land am Strome ... Land mit alpinen Naturgefahren	46
1.2 Terminologie und Definitionen	46
1.3 Arten alpiner Naturgefahren in Österreich	48
1.4 Herausforderung alpine Naturgefahr	52
1.5 Umgang mit alpinen Naturgefahren	53
Literatur	56
2 Was sind Extremereignisse?	59
2.1 Hintergrund	60
2.2 Naturwissenschaftlicher Kontext	61
2.3 Gesellschaftswissenschaftlicher Kontext	63
2.4 Herausforderungen	64
Literatur	67
3 Ziele des ExtremA Berichts	71

Teil II: Extremereignisse einzelner Prozesse und Prozessbereiche

A Meteorologische Extremereignisse

4	Extremtemperaturen und Trockenheit	77
4.1	Definition und Terminologie des Sachverhaltes	78
4.1.1	Naturgefahren durch Extremtemperaturen	78
4.1.2	Quantitative Beschreibung von Temperaturextremen mittels Kenngrößen	80
4.1.3	Naturgefahren durch Trockenheit (Dürre)	81
4.1.4	Quantitative Beschreibung von Trockenheit (Dürre) – Extremereignisse	81
4.2	Historische Entwicklung	83
4.2.1	Historische Entwicklung von Temperaturextremen in Österreich	83
4.2.2	Historische Entwicklung von Trockenheit in Österreich.	86
4.2.3	Fallbeispiele	90
4.3	Einschätzung des Sachstandes und Unsicherheiten	91
4.4	Mögliche zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen	93
4.5	Perspektiven für Handlungsoptionen	93
	Literatur	94
5	Schnee- und Eislast	97
5.1	Definition und Terminologie des Sachverhalts	98
5.1.1	Schneelast	98
	5.1.1.2 Schneedichte, Wasserwert und Schneelast	98
5.1.2	Eislast	104
5.2	Historische Entwicklung	108
5.2.1	Entwicklung der Normen in Österreich	109
5.2.2	Entwicklung der Erfahrungen und Maßnahmen	111
5.3	Fallbeispiele	112
5.3.1	Schneelast	112
5.3.2	Eislast	113
5.4	Einschätzung des Sachstands, Unsicherheiten	114
5.4.1	Schneelast	114
5.4.2	Eislast	117
5.5	Mögliche zukünftige Entwicklung	118
5.6	Handlungsoptionen	119
5.6.1	Schneelast	119
5.6.2	Eislast	120
	Literatur	121

6	Stürme	123
6.1	Einführung	124
6.1.1	Definition und Terminologie	124
6.1.2	Stürme als Extremereignisse	125
6.2	Bemessung, Warnungen und Unsicherheiten	127
6.3	Historische Entwicklungen	128
6.4	Mögliche zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen . .	131
6.5	Handlungsempfehlungen	134
	Danksagung	136
	Literatur	136
7	Starkniederschlag und Hagel	141
7.1	Einleitung	142
7.2	Definition	144
7.2.1	Starkregen	144
7.2.2	Hagel	145
7.3	Ursachen und Bedingungen	145
7.3.1	Stabilität der Luftschichtung	145
7.3.2	Vertikale Windscherung	147
7.4	Zeitliche und räumliche Verteilung, historische Fallbeispiele . .	148
7.4.1	Starkregen	149
7.4.2	Hagel	152
7.5	Vergangene und zukünftige Trends	153
7.5.1	Starkregen	154
7.5.2	Hagel	155
7.6	Diskussion und aktuelle Forschungsfragen	157
7.6.1	Weiterführung und Ausbau von Messsystemen	158
7.6.2	Sammlung von Informationen über die Auswirkung von Unwettern	159
7.6.3	Rekonstruktion historischer Unwetter und Vergleich mit heutigen Ereignissen	160
7.6.4	Fortschritte in numerischer Modellierung	162
7.6.5	Fortschritte im Prozessverständnis	163
7.7	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	164
7.7.1	Starkregen	165
7.7.2	Hagel	166
	Danksagung	167
	Literatur	167

8	Auswirkungen von Waldbränden auf die Schutzfunktionalität alpiner Wälder	173
8.1	Charakteristika von Waldbränden in Österreich	174
8.1.1	Definition eines Waldbrandes	174
8.1.2	Definition von Extremereignissen	175
8.1.3	Arten von Waldbränden	176
8.1.4	Historische Entwicklung in Österreich	177
8.1.5	Ursachen von Waldbränden in Österreich	180
8.1.6	Zeitliche Verteilung	182
8.1.7	Regionale Verteilung	184
8.1.8	Waldbrand beeinflussende Faktoren	184
8.1.9	Anomalien und Tendenzen in Österreich	186
8.2	Einschätzung des Sachstandes und der Unsicherheiten	188
8.2.1	Vorbeugung von Waldbränden	188
8.2.2	Dokumentation von Waldbränden	192
8.2.3	Bekämpfung von Waldbränden	193
8.2.4	Wiederherstellung von Waldbrandflächen	194
8.3	Mögliche zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen	196
8.4	Perspektiven für Handlungsoptionen	197
8.4.1	Forstliche Vorbeugemaßnahmen	197
8.4.2	Waldbrandwarnsystem	197
8.4.3	Waldbranddokumentation	198
8.4.4	Bewusstseinsbildung	198
8.4.5	Waldbrandforschung	198
8.4.6	Waldbrandbekämpfung	199
	Literatur	199

B Hydrologische Extremereignisse

9	Niederwasser	205
9.1	Einleitung	206
9.2	Niederwasserprozesse und ihre Veränderungen	207
9.3	Berechnung von Niederwasserabflüssen	212
9.3.1	Niederwasserkenngrößen	212
9.3.2	Bestimmung aus Langzeitbeobachtungen	214
9.3.3	Ermittlung aus kurzen Messreihen	214
9.3.4	Ermittlung für Stellen ohne Abflussbeobachtung	215
9.3.5	Rekonstruktion historischer Niederwasserhältnisse	217
9.3.6	Prognose zukünftiger Niederwässer	218
9.4	Möglichkeiten des Niederwassermanagements	220
	Danksagung	224

Literatur	224
10 Hochwasser	229
10.1 Einleitung	230
10.2 Aktuelle Gefahrensituation und ihre Veränderungen	231
10.3 Berechnung von Hochwasserabflüssen	235
10.4 Möglichkeiten des Hochwasserrisikomanagements	240
10.5 Zusammenfassung	243
Literatur	243
11 Sturzfluten	247
11.1 Definition/Terminologie	249
11.1.1 Abgrenzung	249
11.1.2 Relevanz und Historische Entwicklung	253
11.2 Bemessung, Hochwasserwahrscheinlichkeit und Schutzziele	256
11.2.1 Genereller Überblick	256
11.2.2 Pluviale Sturzfluten/Oberflächenwasser/Hangwasser	257
11.3 Datengrundlagen und Einschätzung von Unsicherheiten	259
11.3.1 Niederschlagsdaten zur Ereignisrekonstruktion	259
11.3.2 Bemessung – Bemessungsniederschläge	260
11.3.3 Einfluss Klimawandel	260
11.3.4 Abflussbildung – Ermittlung von Abflussbeiwerte	263
11.3.5 Methoden zur Abfluss bzw. Überflutungserfassung	265
11.4 Fallbeispiele	268
11.4.1 Pluviale Sturzflut/Hangwasser Schwertberg	268
11.4.2 Kombinierte pluviale/fluviiale Sturzflut Innsbruck-Land 2016	271
11.5 Ausblick, Perspektiven für Handlungsoptionen und resultierende Herausforderungen	272
11.5.1 Erarbeitung von Grundlagen zur Einschätzung der Hangwassergefährdung	273
11.5.2 Maßnahmenplanung	274
11.5.3 Umsetzung von Maßnahmen – rechtliche Rahmenbedingungen und Fördermöglichkeiten	276
11.5.4 Fördermöglichkeiten für Maßnahmen des Hangwassermanagements	277
Literatur	279
12 Fluviatile Feststoffereignisse	287
12.1 Einleitung	289

12.2	Definitionen und Terminologie	290
12.2.1	Prozessbeschreibung	290
12.2.2	Vorkommen und Abgrenzung zu anderen Verlagerungsprozessen in Gewässern	291
12.2.3	Extremereignis – Begriffsdefinition und Beschreibung .	292
12.3	Ausprägung von fluviatilen Feststoffgefahrenprozessen	294
12.3.1	Übersicht	294
12.3.2	Ablagerung infolge Sedimentüberschuss	294
12.3.3	Tiefenerosion infolge Sedimentdefizit	295
12.3.4	Ufer- und Seitenerosion	296
12.4	Ausgewählte Beispiele extremer fluviatiler Feststoffereignisse . .	297
12.4.1	Übersicht	297
12.4.2	Alpiner Wildbach – Schnannerbach (Stanzertal, Tirol) .	297
12.4.3	Alpiner Gebirgsfluss – Urslau (Pinzgau, Salzburg) . . .	300
12.4.4	Alpiner Talfluss – Inn (sowie Zubringer, Tirol)	301
12.5	Umgang mit fluviatilen Feststoffgefahrenprozessen	304
12.5.1	Historischer Abriss des praktischen Schutzwasserbaus .	304
12.5.2	Aktueller Stand	305
12.6	Abschätzbarkeit fluviatiler Feststoffgefahrenprozesse	306
12.6.1	Berechnung fluviatiler Transportprozesse	306
12.6.2	Abschätzung von Ereignisintensität und Gefahrenpotential	308
12.7	Herausforderungen im Umgang mit extremen fluviatilen Feststoffereignissen	309
12.7.1	Verbesserung der Abschätzbarkeit fluviatiler Feststoffgefahrenprozesse	309
12.7.2	Einfluss von Klimawandel und Landnutzung auf fluviatile Feststoffgefahrenprozesse	310
12.7.3	Meidung verbleibender Gefahrengelände	311
12.8	Perspektiven für den Umgang mit fluviatilen Feststoffgefahrenprozessen	313
12.8.1	Operative Planungsebene	313
12.8.2	Strategische Planungsebene	315
	Literatur	316
13	Über das Erwartete hinaus – der Umgang mit Überlastfällen	323
13.1	Einleitung	325
13.2	Terminologie	328
13.3	Die Rolle von Schutzziele und den verbleibenden Risiken im Umgang mit Überlastfällen	331

13.4 Ansätze zum Umgang mit Überlastfällen im Alpenraum und in Österreich	334
13.5 Herausforderungen und Handlungsoptionen	336
13.6 Schlussbetrachtungen	339
Literatur	340
14 Bodenerosion	343
14.1 Terminologie des Sachverhaltes	344
14.1.1 Abgrenzung zu Naturgefahren	346
14.1.2 Der Begriff »Extremereignis« im Kontext der Bodenerosion	347
14.2 Einflussfaktoren des Erosionsgeschehens	348
14.2.1 Klima	348
14.2.2 Geomorphologische Randbedingungen	349
14.2.3 Boden	350
14.2.4 Nutzung und Management	350
14.2.5 Räumliche Differenzierung	351
14.3 Typische und extreme Bodenerosion unter verschiedenen Landnutzungs- und Umweltbedingungen	352
14.3.1 Bodenerosion forstlich genutzter Gebiete	352
14.3.2 Ackerbau im Alpenvorland	352
14.3.3 Grünland- und Almwirtschaft im alpinen Raum	353
14.4 Fallbeispiel	354
14.5 Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen	355
14.5.1 Prozessanforderungen und Modellvorhersagen	355
14.5.2 Neue Ansätze zur Gewinnung prozessrelevanter Daten	356
14.5.3 Das Problem der on-site und off-site Schäden	357
14.5.4 Erosion unter der Perspektive des Klimawandels	358
14.6 Perspektiven für Handlungsoptionen	358
Danksagung	359
Literatur	359

C Gravitative Extremereignisse

15 Gravitative Massenbewegungen – Terminologie und Charakteristika	367
15.1 Hintergrund	368
15.2 Typen gravitativer Massenbewegungen	369
15.3 Aktivitätsstatus gravitativer Massenbewegungen	375
15.4 Beeinflussende Faktoren	378
15.5 Bedeutung für Extreme	380
Literatur	381

16 Felsgleitung, Felslawine und Erd-/Schuttstrom	383
16.1 Einführung	385
16.1.1 Definitionen, Klassifikation und Nomenklatur	385
16.1.2 Was sind Extremereignisse im Kontext von Felsgleitungen, Felslawinen und Erd-/Schuttströmen?	386
16.2 Zeitliche Entwicklung von Großmassenbewegungen	387
16.2.1 Darstellung von Ereignissen im Spätglazial und Holozän	387
16.2.2 Implikationen für rezente und künftige Ereignisse	391
16.3 Einschätzung des Sachstandes anhand von Fallbeispielen	393
16.3.1 Langsame tiefgründige Felsgleitungen	393
16.3.2 Schnelle tiefgründige Felsgleitungen und Felslawinen	398
16.3.3 Erd- und Schuttströme	401
16.4 Mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen	406
16.4.1 Schwer prognostizierbare Prozesse und Prozessänderungen auf Grund von Veränderungen des natürlichen Systems	406
16.4.2 Mögliche Veränderung von Frequenz und Magnitude durch fortschreitende Umweltveränderungen im Hochgebirge	409
16.5 Handlungsoptionen	410
16.5.1 Verbesserung des Prozessverständnisses	410
16.5.2 Anwendung eines umfassenden und innovativen Methodenspektrums	411
16.5.3 Monitoring- und Frühwarnsysteme	413
16.5.4 Raumplanung und bauliche Maßnahmen	414
Literatur	415
17 Steinschlag und Felssturz	425
17.1 Einleitung	427
17.1.1 Definition Steinschlag	427
17.1.2 Definition Felssturz	428
17.2 Vom Prozess Steinschlag ausgehende Gefahr und ausgehendes Risiko und deren Beurteilung in Österreich und international (z. B. in der Schweiz)	430
17.2.1 Österreich	430
17.2.2 Schweiz	435
17.3 Was ist ein Extremereignis?	437
17.3.1 Allgemein	437
17.3.2 In Bezug auf Steinschlag	437

17.3.3	In Bezug auf Felssturz	438
17.4	Entwicklung von Extremereignissen im alpinen Raum	438
17.4.1	Aufzeichnungen	438
17.4.2	Schutzmaßnahmen	439
17.5	Fallbeispiele	440
17.5.1	Einzelereignisse/Steinschlag	440
17.5.2	Felsstürze	442
17.6	Einschätzung des Sachstandes und der Unsicherheiten	445
17.6.1	Stand der Technik	445
17.6.2	Unsicherheiten	451
17.6.3	Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen	454
17.7	Perspektiven für Handlungsoptionen	455
	Literatur	456
18	Extreme bei Hangrutschungen und Hangmuren	461
18.1	Einleitung und Prozessgrundlagen	462
18.2	Historischer Kontext und deren Dokumentation	467
18.3	Österreichische Fallbeispiele	469
18.3.1	Regionale Extremereignisse	469
18.3.2	Lokale Einzelextremereignisse	472
18.4	Einschätzung des Sachstandes und Unsicherheiten	475
18.4.1	Prozessdatenerhebung und -management	475
18.4.2	Prozessdatenanalyse und Erstellung von gefahrenpräventiven Planungsgrundlagen	477
18.5	Mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen	480
18.6	Perspektiven für Handlungsoptionen	482
	Literatur	483
19	Muren	489
19.1	Definition und Charakteristika	490
19.1.1	ONR 24800	491
19.1.2	Extremereignisse im Zusammenhang mit Muren	492
19.2	Historische Entwicklung	492
19.3	Fallbeispiele	494
19.3.1	Schallerbach (See in Tirol)	495
19.3.2	Lorenzerbach (St. Lorenzen im Paltental)	495
19.3.3	Tronitzerbach (Afritz am See)	496
19.3.4	Sattelkar, Obersulzbachtal (Neukirchen am Grossvenediger)	497

19.4	Einschätzung des Sachstandes	498
19.4.1	Auftreten von Muren	498
19.4.2	Gefahrenanalyse Muren	501
19.5	Mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen	503
19.5.1	Entwicklungen Naturraum	503
19.5.2	Entwicklungen Lebensraum	504
19.6	Perspektiven für Handlungsoptionen	504
19.6.1	Analyse	504
19.6.2	Schutzmaßnahmen	505
	Danksagung	506
	Literatur	506
20	Lawinen	511
20.1	Definition/Terminologie des Sachverhaltes	513
20.2	Historische Entwicklung	514
20.2.1	Lawinenereignisse in den Alpen	514
20.2.2	Gefahrenzonenplanung in Österreich	515
20.2.3	Entwicklung der Lawinenwarnung	517
20.3	Fallbeispiele, fokussierend auf den österreichischen Alpenraum.	518
20.3.1	Der Lawinenwinter 1998/99	518
20.3.2	Steiermark, Februar 2005 – über 300 Katastrophenlawinen	519
20.3.3	Winter 2008/09 in der Steiermark	520
20.3.4	Kärnten 2014	521
20.3.5	Eine der lawinenreichsten Perioden seit Jahrzehnten: 09.03. bis 10.03.2017	521
20.3.6	Katastrophensituation vom 22.01. bis 24.01.2018	522
20.4	Einschätzung des Sachstandes und Unsicherheiten	523
20.4.1	Beurteilung der Lawinengefahr	524
20.4.2	Modelle in der Bewertung der Lawinengefahr	525
20.4.3	Schneemodellierung	526
20.5	Mögliche zukünftige Entwicklungen und daraus resultierende Herausforderungen	527
20.5.1	Problematik der Nassschneelawinen im Zuge des Klimawandels	527
20.5.2	Prognosemodelle	528
20.5.3	Sensor-Technik	528
20.5.4	Kommunikation	528
20.6	Perspektiven für Handlungsoptionen	529
	Literatur	531

D Glaziale und periglaziale Extremereignisse

21 Permafrostgefahren	537
21.1 Einführung	539
21.1.1 Permafrost und Extremereignisse	542
21.1.2 Permafrostforschung in Österreich	543
21.2 Permafrostverbreitung in Österreich	544
21.3 Permafrost und Naturgefahren	546
21.3.1 Entstehung von Fels- und Bergstürzen im Permafrostbereich	546
21.3.2 Entstehung von Murgängen im Permafrostbereich	549
21.4 Permafrost und Klimawandel – mögliche zukünftige Entwicklungen	551
21.5 Einschätzung des Sachstandes und Unsicherheiten	553
21.6 Handlungsoptionen und Risikomanagement in Permafrostgebieten	555
Literatur	557
22 Gletschergefahren	563
22.1 Einleitung	564
22.2 Definition/Terminologie Gletschergefahren	566
22.2.1 Gletscher und glaziale Prozesse	566
22.2.2 Gletscherbedingte Naturgefahren und ihre Modellierung	568
22.2.3 Stand und Zustand österreichischer Gletscher	571
22.2.4 Begriffsdefinitionen Extremereignisse im System Gletscher	572
22.3 Fallbeispiele in den österreichischen Alpen	573
22.3.1 Seeausbrüche	573
22.3.2 Eisstürze, Felsstürze und andere Instabilitäten	575
22.3.3 Glazial-bedingte Hochwässer	575
22.4 Unsicherheiten und Herausforderungen für die Zukunft	576
Danksagung	578
Literatur	578

E Weitere Extremereignisse

23 Erdbeben	587
23.1 Einleitung	588
23.2 Historische Entwicklung der Erdbebenerfassung	591
23.2.1 Historische Erdbebenforschung	591
23.2.2 Messtechnik	592

23.2.3	Baunorm	592
23.3	Fallbeispiele	593
23.3.1	Kärnten – 04.05.1201	593
23.3.2	Kindberg?/Steiermark – 08.05.1267	594
23.3.3	Ried am Riederberg/Niederösterreich – 15.09.1590	594
23.3.4	Hall in Tirol – 17.07.1670	594
23.3.5	Innsbruck bis Hall in Tirol – 22.12.1689	595
23.3.6	Nassereith/Tirol – 28.11.1886	595
23.3.7	Schwadorf/Niederösterreich – 08.10.1927	595
23.3.8	Namlos/Tirol – 07.10.1930	596
23.3.9	Seebenstein/Niederösterreich – 16.04.1972	596
23.4.	Sachstand	596
23.5	Zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen	600
23.6	Perspektiven von Handlungsoptionen	602
	Danksagung	603
	Literatur	603
24	Multi-Hazards und Kaskadeneffekte	605
24.1	Einleitung	606
24.2	Historischer Abriss über empirische Untersuchungen von Multi-Hazards und Kaskadeneffekten im Alpenraum – von Einzelbeobachtungen hin zu räumlichen Modellierungen	610
24.3	Fallbeispiel aus dem österreichischen Alpenraum – Extremereignis im Schwarzenzeebachtal	613
24.4	Einschätzung des Sachstandes und der Unsicherheiten, mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen	616
	Danksagung	618
	Literatur	618
 Teil III: Weitere gesellschaftsrelevante Aspekte		
25	Schutzwald und Extremereignisse	623
25.1	Einleitung	624
25.2	Der Schutzwald – Schutz durch Wald	626
25.2.1	Extreme Waldentwicklung – ein historischer Abriss	626
25.2.2	Fazit: Herausforderungen für das Schutzwaldmanagement	631

25.3 Forstschutz im Schutzwald – Klimawandel, Extremereignisse und »extreme Schädigungen«	631
25.3.1 Großflächige Borkenkäfermassenvermehrungen im Bergwald	632
25.3.2 Schädigung von Bodenschutzwäldern in den Tieflagen .	633
25.3.3 Bedrohung von Schutzwaldbaumarten durch invasive Schadorganismen	633
25.3.4 Wildverbiss an der Naturverjüngung	634
25.4 Schutzwald und Naturgefahren	635
25.4.1 Schutzwald und Hochwasser	635
25.4.2 Schutzwald und Rutschungen	637
25.4.3 Schutzwald und Steinschlag	641
25.4.4 Schutzwald und Wind	643
25.4.5 Schutzwald und Lawinen	646
25.5 Herausforderungen und Handlungsoptionen für die Zukunft . .	650
25.5.1 Klimawandel und Waldentwicklung: Extrema in der Waldverbreitung und Auswirkung auf den derzeitigen Schutzwald	650
25.5.2 Mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen für das Schutzwald-Management . .	651
25.5.3 Anpassung von Rahmenbedingungen	653
25.5.4 Verbesserung von Grundlagen und Methoden für ein ökosystembasiertes Risikomanagement	653
25.5.5 Notwendige Optimierung des forstlichen Managements.	654
Literatur	656
26 Schutz kritischer Infrastrukturen	667
26.1 Schutz kritischer Infrastrukturen als sicherheitspolitisches Konzept	668
26.1.1 Moderne Sicherheitspolitik	668
26.1.2 Resilienz als Konzept der modernen Sicherheitspolitik .	669
26.2 Das Österreichische Programm zum Schutz kritischer Infrastrukturen	671
26.3 Risiken für kritische Infrastrukturen im alpinen Raum	673
26.3.1 Risikoanalyse 2017	673
26.3.2 Vulnerabilität kritischer Infracstrukturen im Alpenraum	674
26.4 Handlungsempfehlungen	675
Literatur	676

27	Vulnerabilität	677
27.1	Einführung	678
27.2	Unterschiedliche Dimensionen von Vulnerabilität	680
27.2.1	Physische Vulnerabilität	682
27.2.2	Institutionelle Vulnerabilität	684
27.2.3	Ökonomische Vulnerabilität	688
27.2.4	Soziale Vulnerabilität	693
27.3	Vorhandene Studien für das österreichische Staatsgebiet	697
27.3.1	Hitze und Dürre	698
27.3.2	Sturm	699
27.3.3	Starkniederschläge und Hagel	699
27.3.4	Sturzfluten	699
27.3.5	Überschwemmungen	700
27.3.6	Bodenerosion	700
27.3.7	Sedimentkatastrophen, Feststoffereignisse	700
27.3.8	Rutschungen und Erdschuttströme	702
27.3.9	Murgänge	702
27.3.10	Felsgleitung und Bergsturz	702
27.3.11	Steinschlag und Felssturz	703
27.3.12	Lawinen (Fließ- und Staublawinen)	703
27.3.13	Permafrostgefahren	703
27.3.14	Gletschergefahren	704
27.3.15	Schutzwald	704
27.3.16	Waldbrand	704
27.3.17	Erdbeben	705
27.3.18	Kaskadeneffekte	705
27.4	Herausforderungen	705
27.5	Empfehlungen	706
27.6	Fazit	708
	Danksagung	708
	Literatur	709
28	Ökonomische Dimensionen alpiner Naturgefahren	717
28.1	Einleitung und Problemstellung	718
28.2	Schadereignisse, Schäden, Schadenregulierung und Schadenprävention	720
28.2.1	Schadereignisse im alpinen Raum und Ansätze zum Management	720
28.2.2	Schäden	721
28.2.3	Schadenprävention	725

28.3 Schadenursachen und Risiko-Steuerung	730
28.3.1 Bevölkerungsentwicklung	730
28.3.2 Gebäudebestand	732
28.4 Schlussfolgerungen und Ausblick	734
Danksagung	735
Literatur	735
29 Management im Katastrophenschutz	743
29.1 Begriffsklärungen im Kontext: »Katastrophe« versus »Extremereignis«	745
29.1.1 Definition von Extremereignissen	746
29.1.2 Definition von Katastrophen	747
29.2 Katastrophenbewältigung: historische Entwicklung	750
29.3 Fallbeispiele »extremer« Katastrophen	752
29.4 Management »extremer« Katastrophen	753
29.4.1 Vorsorge für Extremereignisse	754
29.4.2 Bewältigung »extremer« Katastrophen	755
29.5 Mögliche zukünftige Entwicklungen und resultierende Herausforderungen	761
29.6 Perspektiven für Handlungsoptionen	762
Literatur	763
Anschriften der Herausgeber*innen	767
Anschriften der Autor*innen	769