

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Geschichte der Alpinmedizin	1
	<i>F. Berghold, G. Flora</i>	
1.1	Entstehung der Alpinmedizin	2
1.1.1	Der Mensch und die Alpen	2
1.1.2	Anfänge der alpinen Rettung	2
1.1.3	Epoche der Entwicklung alpiner Rettungsgeräte	4
1.1.4	Epoche der alpinen Flugrettung	5
1.2	Geschichte der Medizin Großer und Extremer Höhen	7
1.2.1	Frühe Berichte über die Höhenkrankheit	7
1.2.2	Eine nationale Tragödie als Geburtshelfer der modernen Höhenmedizin	8
1.2.3	Höhenmedizin als entscheidender Faktor auf den letzten Metern	9
1.2.4	The Silver Hut und andere höhenmedizinische Projekte	11
	Literatur	11
I	Alpine Sportmedizin	
2	Spezifische Belastungsmuster des Alpinsports	15
	<i>M. Philippe</i>	
2.1	Beliebte Bergsportarten	16
2.2	Exzentrische und konzentrische Belastungen	17
2.2.1	Exzentrisch vs. konzentrisch Drehmomente	17
2.2.2	Belastungsspezifische Fasertypenaktivierung	17
2.2.3	Kinematische, kinetische und neuronale Kontrollstrategien	18
2.2.4	Energieverbrauch beim Bergaufgehen und Bergabgehen	19
2.2.5	Exzentrische Belastungen und muskuläre Schädigung	20
2.2.6	Anpassungen an exzentrische Belastungen	21
2.2.7	Praktische Relevanz	21
2.3	Belastungsmuster im Spezialfall Klettern	21
2.3.1	Sauerstoffaufnahme und Energiebereitstellung	21
2.3.2	Leistungslimitierende Faktoren beim Klettern	22
2.3.3	Kraft- und Ausdauerfähigkeit der Fingerflexormuskulatur bei Kletterern	22
	Literatur	23
3	Trainingslehre und Steigtaktik beim Bergwandern und Bergsteigen	27
	<i>M. Faulhaber, H. Gatterer</i>	
3.1	Generelle Prinzipien der Trainingsgestaltung	28
3.1.1	Regelmäßigkeit	28
3.1.2	Trainingswirksamer Reiz und Progressivität	28
3.1.3	Wechsel von Belastung und Erholung	28
3.1.4	Individualisierung	28
3.1.5	Periodisierung und Spezifizierung	28
3.2	Training bergsportrelevanter motorischer Fähigkeiten	29
3.2.1	Ausdauertraining	29
3.2.2	Kräftigungstraining	31
3.3	Steigtaktik	33

3.3.1	Geh- und Steigtempo.....	33
3.3.2	Bergabgehen	34
	Literatur.....	34
4	Ernährung beim Bergwandern und Bergsteigen.....	37
	<i>V. Veitl</i>	
4.1	Ernährungsanforderungen beim Bergsport	38
4.1.1	Bergwandern	38
4.1.2	Bergsteigen	39
4.2	Wie viel Essensvorrat ist für eine Tour notwendig?.....	39
4.3	Reichliches Frühstück für alle Tage und vor dem Aufstieg	40
4.4	Tourenverpflegung für den Alpinsportler.....	41
4.5	Wasserhaushalt: Flüssigkeitszufuhr	42
4.5.1	Gewichtsverlust.....	43
4.5.2	Flüssigkeitsverlust.....	44
4.6	Essen während der Bergtour	45
4.6.1	Energieversorgung: Kohlenhydrate oder Fett?	45
4.6.2	Nahrungsergänzung: aktuell gesicherte Fakten	46
4.7	Ernährung für Bergwanderer und Bergsteiger.....	46
	Literatur.....	48
5	Grenzen der Leistungsfähigkeit in verschiedenen Höhenlagen.....	49
	<i>M. Bartscher</i>	
5.1	Bestimmende Faktoren für die Ausdauerleistungsfähigkeit	50
5.1.1	Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO ₂ max)	50
5.1.2	Dauerleistungsschwelle (% VO ₂ max).....	54
5.1.3	Bewegungsökonomie	55
5.2	Höhe und Kälte.....	55
5.3	Bedeutung von Zusatzgewichten	55
5.4	Höchstleistung und Limitierung in Extremer Höhe	56
	Literatur.....	57
6	Bergsteigen und Bergwandern mit Vorerkrankungen	59
	<i>R. Fischer</i>	
6.1	Vorerkrankungen	60
6.1.1	Koronare Herzerkrankungen	60
6.1.2	Arterielle Hypertonie	61
6.1.3	Herzinsuffizienz	61
6.1.4	Herzrhythmusstörungen und Schrittmacher	61
6.1.5	Asthma	62
6.1.6	Chronisch-obstruktive Atemwegserkrankungen	62
6.1.7	Interstitielle Lungenerkrankungen	62
6.1.8	Pulmonale Hypertonie.....	63
6.1.9	Anämien.....	63
6.1.10	Antikoagulation.....	63
6.1.11	Diabetes mellitus.....	63
6.1.12	Gastrointestinale Probleme	64
6.1.13	Neurologische Probleme.....	64

6.1.14	Adipositas	64
6.2	Medikamentöse Empfehlungen und Einschränkungen	64
	Literatur	65
7	Orthopädische Probleme beim Bergsteigen	67
	<i>T. Hochholzer</i>	
7.1	Kniegelenk und untere Extremität	68
7.1.1	Femoropatellares Schmerzsyndrom	68
7.1.2	Therapeutisches Vorgehen beim femoropatellaren Schmerzsyndrom	69
7.1.3	Verwendung von Skistöcken, Ausrüstung	70
7.1.4	Knochenmarködem des Kniegelenks	71
7.2	Rückenbeschwerden	72
7.3	Bergsteigen mit Hüft- und Knieprothesen	73
	Literatur	74
8	Besonderheiten des Kinder- und Jugendbergsteigens	75
	<i>S. Kriemler</i>	
8.1	Körperliche Besonderheiten	76
8.2	Höhe	77
8.2.1	Allgemeines	77
8.2.2	Akute Bergkrankheit	77
8.2.3	Höhenlungen- und Höhenhirnödem	82
8.3	Vorbeugung und Therapie	84
	Literatur	85
9	Schwangerschaft, Antikonzeptiva und Bergsteigen	87
	<i>E. Baumgartner</i>	
9.1	Sport und Schwangerschaft	88
9.2	Bergsteigen und Schwangerschaft	88
9.2.1	Kardiopulmonale Veränderungen in Großen Höhen	89
9.2.2	Negative Effekte von Großen Höhen	90
9.2.3	Bergsteigen in Großen und Extremen Höhen	90
9.3	Antikonzeptiva bei Höhenbergsteigen	91
	Literatur	93
10	Akute und chronische Schäden durch Sportklettern	95
	<i>V. Schöffl</i>	
10.1	Terminologie	96
10.2	Unfallrisiko	96
10.3	Verletzungen und Überlastungen	98
10.3.1	Ringbandverletzungen	98
10.3.2	Tenosynovitis	99
10.3.3	Frakturen und Epiphysenfrakturen jugendlicher Kletterer	101
10.3.4	Lumbricalis-Shift-Syndrom	101
10.3.5	Verletzungen beim Sturz	101
10.3.6	Fußprobleme	102
10.3.7	Möglichkeiten zur Unfallvermeidung	103
	Literatur	104

11	Therapeutisches Klettern – eine Extremsportart geht neue Wege	107
	<i>V. Leichtfried</i>	
11.1	Geschichtlicher Hintergrund	108
11.2	Physiologische und psychologische Aspekte des Kletterns	108
11.3	Klettern als therapeutische Intervention	110
11.4	Wissenschaftliche Evidenz	113
	Literatur	116
12	Strahlenschäden an der Haut im Hochgebirge	119
	<i>J. Koller</i>	
12.1	Physikalische Aspekte der UV-Strahlung	120
12.2	Medizinische Aspekte der UV-Strahlung	121
12.2.1	Sofortschäden bei überhöhter UV-Strahlung	121
12.2.2	Spätschäden der UV-Strahlung an der Haut	123
12.3	UV-Protektion	123
12.3.1	Textiler UV-Schutz	124
12.3.2	Lichtschutzmittel	124
12.3.3	Lichtschutzfaktor (LSF)	124
12.3.4	Risiken der Anwendung von Sonnenschutzcremes	125
	Literatur	126
13	Augenschäden im Hochgebirge	127
	<i>G. Schhmann</i>	
13.1	Einfluss Großer Höhe auf das normale visuelle System	128
13.1.1	Allgemeine Wirkungen	128
13.1.2	Höhenbedingte Retinopathie	129
13.2	Einfluss Großer Höhe bei vorbestehenden Erkrankungen	130
13.2.1	Einäugigkeit	130
13.2.2	Glaukom	131
13.2.3	Diabetes	131
13.2.4	Vaskulopathien	131
13.2.5	Netzhautabhebung	131
13.2.6	Makuladegeneration (ARMD)	132
13.2.7	Zerebrale Faktoren	132
13.2.8	Refraktive Chirurgie	132
13.3	Allgemeine Risikofaktoren in extremer Umgebung	132
13.3.1	UV-Licht	132
13.3.2	Entzündungen des Auges	133
13.3.3	Augenverletzungen	133
13.3.4	Kontaktlinsen	134
13.3.5	Trockenes Auge	134
	Literatur	135
14	Terrestrische und kosmische Strahlung	137
	<i>U. Prettenhofer</i>	
14.1	Physikalisch-biologische Grundlagen	138
14.2	Natürliche Strahlung	138
14.2.1	Terrestrische Strahlung	138

14.2.2	Kosmische Strahlung	140
14.2.3	UV-Strahlung	140
14.3	Zivilisatorische Strahlenexposition	140
	Literatur	142

II Alpine Unfallmedizin

15	Risikomanagement und Unfallprävention im Alpinsport	147
	<i>M. Schwiersch</i>	
15.1	Studienlage und Ergebnisse	148
15.1.1	Methodischer Ansatz	148
15.1.2	Studien und Stichproben	149
15.1.3	... und das Ergebnis: Take-Home-Message I	149
15.2	Risikomanagement von Skitourengehern	149
15.2.1	Lawinenbezogenes Wissen	149
15.2.2	Lawinenbezogene Verhaltensfehler von Skitourengehern	151
15.3	Risikomanagement beim Bergwandern	153
15.3.1	Trittsicherheit und Kondition von Bergwanderern	153
15.3.2	Bergwandercard als Hilfe zum Risikomanagement	153
15.4	Risikomanagement von Hallenkletterern	154
15.4.1	Verhaltensfehler beim Hallenklettern im Überblick	154
15.4.2	Dynamische Sicherungsgeräte und »Halbautomaten«: Unterschiede	156
15.5	Fazit: Take-Home-Message II	157
	Literatur	159
16	Angstzustände im Alpinsport	161
	<i>F. van der Kallen</i>	
16.1	Angst und die neuroendokrine Stressreaktion	162
16.1.1	Meilensteine der Stressforschung	162
16.1.2	Symptomatik von Angst und Stress	162
16.1.3	Kontrollierter oder unkontrollierbarer Stress: die innere Bewertung	164
16.1.4	Angst und Stress als Krankheit	164
16.2	Höhenschwindel und Höhenangst	166
16.2.1	Höhenschwindel	166
16.2.2	Höhenangst	167
16.3	Pharmakologische Interventionen bei Angstzuständen am Berg	167
16.3.1	Kurzfristige Interventionen	168
16.3.2	Langfristige Interventionen	168
16.4	Stress und die akute Berg- und Höhenkrankheit	169
16.5	Fazit	169
	Literatur	169
17	Alpine Traumatologie	171
	<i>C. Kruis</i>	
17.1	Einsatzstrategien	172
17.2	Grundlagen	172
17.2.1	Wundmanagement	172
17.2.2	Frakturen	173

17.2.3	Luxationen.....	174
17.2.4	Amputationsverletzungen.....	174
17.2.5	Schwerstverletzungen.....	174
17.3	Schädel-Hirn-Traumata	174
17.4	Wirbelsäule und Rückenmark	175
17.5	Thorax	175
17.5.1	Stumpfes Thoraxtrauma.....	175
17.5.2	Penetrierendes Thoraxtrauma.....	176
17.5.3	Thoraxdrainage: Minithorakotomie.....	176
17.6	Bauch	176
17.6.1	Stumpfes Bauchtrauma.....	176
17.6.2	Offenes Abdominaltrauma.....	176
17.7	Becken	176
17.8	Obere Extremität	177
17.8.1	Schlüsselbeinfraktur – Schulterreckgelenksprengung.....	177
17.8.2	Schulterluxation.....	177
17.8.3	Ellbogenluxation.....	178
17.9	Untere Extremität	179
17.9.1	Oberschenkel/Hüftgelenk.....	179
17.9.2	Kniegelenk.....	179
17.9.3	Unterschenkel.....	179
17.9.4	Sprunggelenk.....	179
	Literatur	180
18	Blitzunfälle im Gebirge	181
	<i>P. Paal</i>	
18.1	Prävention	182
18.2	Verletzungsmechanismen	183
18.3	Verletzungen	185
18.4	Risikoabschätzung und -management beim Rettungseinsatz	186
18.5	Patientenbeurteilung und Erstversorgung	187
18.6	Triage	187
	Literatur	188
19	Hypothermie	189
	<i>B. Durrer, H. Brugger</i>	
19.1	Klinische Stadieneinteilung	190
19.1.1	Stadium I.....	190
19.1.2	Stadium II.....	190
19.1.3	Stadium III.....	190
19.1.4	Stadium IV.....	190
19.1.5	Stadium V.....	190
19.2	Differentialdiagnose	191
19.2.1	Bewusstlose Unterkühlte.....	191
19.2.2	Leblose Unterkühlte.....	191
19.2.3	Tot oder scheintot?.....	192
19.3	Maßnahmen am Notfallort	193
19.3.1	Allgemeine Maßnahmen.....	193

19.3.2	Stadium I	193
19.3.3	Stadium II	193
19.3.4	Stadium III	193
19.3.5	Stadium IV	194
19.3.6	Zielkrankenhaus	194
19.4	Praktische Tipps	194
19.4.1	Schutz vor weiterer Auskühlung	194
19.4.2	Stay and play or load and go?	196
	Literatur	196
20	Erfrierungen	199
	<i>R. Oberhammer, E. Cauchy</i>	
20.1	Ursachen und Risikofaktoren	200
20.2	Pathophysiologie	200
20.3	Klinisches Bild	200
20.4	Klassifikation und Prognose	201
20.5	Bildgebung	201
20.6	Behandlung	203
20.7	Prähospitale Behandlung	203
20.7.1	Allgemeines	203
20.7.2	Wiedererwärmung	203
20.7.3	Schmerzbehandlung	203
20.7.4	Wundbehandlung	204
20.8	Behandlung im Krankenhaus	204
20.8.1	Allgemeines	204
20.8.2	Vasodilatantien und Thrombolyse	204
20.8.3	Chirurgische Behandlung	205
20.9	Prävention	205
	Literatur	205
21	Lawinenmedizin	207
	<i>H. Brugger, B. Durrer</i>	
21.1	Pathophysiologie	208
21.1.1	Verschüttungsgrad	208
21.1.2	Verschüttungsdauer	208
21.1.3	Atemwege und Atemhöhle	208
21.1.4	Hypothermie	208
21.1.5	Verletzungen	209
21.2	Notfallmedizinische Maßnahmen	209
21.2.1	Algorithmus zur Behandlung von Lawinenverschütteten	210
	Literatur	213
22	Internistische Notfälle im Gebirge	215
	<i>W. Schaffert</i>	
22.1	Neurologische Probleme	216
22.1.1	Typische und häufige Ursachen plötzlicher Bewusstseinsstörungen	216
22.1.2	Andere Ursachen eines plötzlichen Bewusstseinsverlusts	217
22.1.3	Differenzialdiagnostik und Therapie des Kopfschmerzes	218

22.1.4	Epilepsie.....	219
22.1.5	Transitorisch ischämische Attacke und Schlaganfall	220
22.1.6	Periphere Nervenausfälle, Taubheitsgefühle und Lähmungen.....	220
22.1.7	Hirnnervenlähmungen, schwere Schwindelzustände.....	221
22.2	Akute Herz-Kreislauf-Probleme	221
22.2.1	Risikobewertung bisher beschwerdefreien älteren Bergsteigern	222
22.2.2	Risikobewertung bei bekannter Herzerkrankung.....	222
22.2.3	Akute Herzerkrankungen, Myocarditis.....	223
22.2.4	Kardiomyopathie.....	223
22.2.5	Allergischer Schock, Hitzschlag	223
22.3	Akute Atmungsprobleme	224
22.3.1	Asthma bronchiale.....	224
22.3.2	Akute Atemnot.....	225
22.3.3	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD).....	225
22.3.4	Andere Ursachen für Atemnot	226
22.4	Diabetes mellitus	226
22.5	Gastrointestinale Erkrankungen	227
22.6	Akuter Extremitätenschmerz	227
23	Lebensrettende Sofortbergung	229
	<i>K. Hoi</i>	
23.1	Maßnahmen zur Risikoreduzierung beim Bergsport	230
23.2	Lehrbeispiel für Kameradenrettung	230
23.2.1	Geschichte.....	231
23.2.2	Analyse.....	234
23.3	Rückzugmethode	235
23.3.1	Vorbereitung je nach Anseilart	236
23.3.2	Abseilverankerung vorbereiten	236
23.3.3	Passives Abseilen.....	236
23.3.4	Seilrolle.....	236
23.3.5	Einmannbergetechnik.....	237
	Literatur	238
24	Terrestrische Bergrettung: spezifische ärztliche Einsatztaktiken	239
	<i>F. Elsensohn</i>	
24.1	Besondere Einsatzbedingungen	240
24.2	Traumamanagement	241
24.2.1	Schmerztherapie.....	241
24.2.2	Volumentherapie.....	242
24.3	Spezifische alpine Notfallsituationen	243
24.3.1	Lawinenunfall.....	243
24.3.2	Spaltensturz	244
24.3.3	Hängen im Seil.....	244
24.3.4	Internistischer Notfall.....	244
24.3.5	Sucheinsatz.....	245
24.3.6	Massenunfall.....	245
24.3.7	Kombinierter Einsatz	245
24.3.8	Einsatzabbruch.....	245

24.3.9	Todesfeststellung	245
24.4	Ausrüstung	246
	Literatur	247
25	Canyoning- und Höhlenunfall	249
	<i>I. Soteras, G. Strapazzon</i>	
25.1	Besondere Gefahren	250
25.1.1	Canyoning	250
25.1.2	Höhlenklettern	251
25.2	Verletzungsmuster	251
25.2.1	Canyoning	251
25.2.2	Höhlenunfall	252
25.3	Canyoning- und Höhlenrettung	253
25.3.1	Bergung, Risikomanagement und Kommunikation	254
25.3.2	Ausrüstung	254
25.3.3	Patientenbeurteilung, Erstversorgung und Abtransport	255
	Literatur	256
26	Möglichkeiten und Grenzen terrestrischer Notfallmedizin im alpinen Gelände	257
	<i>B. Ziegler</i>	
26.1	Einsatzplanung und Vorbereitung	258
26.2	Diagnostik und Erstmaßnahmen	258
26.2.1	Ersteindruck (»5-Second-Round«)	259
26.2.2	A für »Airway«	259
26.2.3	B für »Breathing«	259
26.2.4	C für »Circulation«	259
26.2.5	D für »Disability«	260
26.2.6	E für »Exposure«	260
26.3	Spezielle Maßnahmen	260
26.3.1	Atemwegssicherung und Beatmung	260
26.3.2	Narkose und Analgosedierung	261
26.3.3	Wärmemanagement	262
26.3.4	Lagerung	263
26.3.5	Kardiopulmonale Reanimation	263
26.4	Abtransport	264
	Literatur	264
27	Möglichkeiten und Grenzen der alpinen Helikopterrettung	267
	<i>B. Durrer</i>	
27.1	Luftrettung	268
27.1.1	Landung am Notfallort möglich	268
27.1.2	Schwebender Verlad des Patienten	268
27.1.3	Windenaktion (25 – 50 – 90 m)	268
27.1.4	Windenabseilgerät (WAG) – Variables Tau	269
27.1.5	Taurettung: Line- und Longline-Aktionen	269
27.1.6	Kombinierte Boden-Luftrettung	269
27.2	Entscheidungsalgorithmus einer Bergrettungsaktion	269

27.2.1	Einsatzvorbereitung des Bergrettungsarztes	269
27.2.2	Entscheidungen der Helicrew über dem Notfallort	270
27.3	Medizinische Maßnahmen am Notfallort	270
27.3.1	»Load and go« im schwierigen oder gefährlichen Gelände?	271
27.3.2	»Treat and run« im schwierigen Gelände?	271
27.3.3	»Stay and play« im schwierigen Gelände?	271
27.3.4	Notärztliche Maßnahmen im Gelände	272
	Literatur	274
28	Anforderungen an den Bergrettungsarzt und den alpinen Flugrettungsarzt	275
	<i>F. Elsensohn, B. Durrer</i>	
28.1	NACA-Schema	276
28.2	Allgemeine Anforderungen an den Bergrettungsarzt	276
28.3	Spezielle medizinische Anforderungen	276
28.4	Ausrüstung	277
28.5	Alpinistische und rettungstechnische Kompetenz	277
28.6	Menschliche Kompetenz	278
28.7	Voraussetzungen des Umfelds	279
28.8	Ausbildungsmöglichkeiten	279
28.9	Anforderungskriterien an den alpinen Flugrettungsarzt	279
	Literatur	280
29	Rucksackapotheke des Bergsteigers und des bergsteigenden Arztes	281
	<i>F. Berghold</i>	
29.1	Internationale Standards	282
29.2	Quantität: wie viel soll mitgenommen werden?	282
29.3	Qualität: Was soll mitgenommen werden?	283
29.3.1	Grundsätze	283
29.4	Vorschlag für die Tourenapotheke eines Bergsteigers	283
29.5	Beispiel einer Tourenapotheke für den bergsteigenden Arzt	284
29.5.1	Allgemeines	284
29.5.2	Ampullen	284
29.5.3	Weitere Medikamente	284
29.6	Alpinistische Notfallausrüstung	285
29.7	Alpiner Notfall: Alarmierung und Ortung	285
29.7.1	Alarmierung	285
29.7.2	Ortung bzw. Mobiltelefon-Peilung	285

III Höhenmedizin

30	Physik der Mittleren, Großen und Extremen Höhen: die Erdatmosphäre	289
	<i>W. Domej, G. Schwabegger</i>	
30.1	Entwicklung der Erdatmosphäre und der Sauerstoffanreicherung	290
30.2	Atmosphärenmantel	290
30.3	Gesamtluftdruck (P_B) und inspiratorischer Sauerstoffpartialdruck (piO_2) in der Höhe	292
30.4	Klimatischer Einfluss	294

30.5	Hypoxische Umgebung	294
30.6	Äquivalenzmodell: hypobare und normobare Hypoxie	295
	Literatur	296
31	Physiologie der Mittleren, Großen und Extremen Höhen	297
	<i>W. Domej, G. Schwabegger</i>	
31.1	Atemantrieb, periphere und zentrale Chemorezeption	298
31.2	Chemotransduktion	299
31.3	Hämoglobin bei akuter und chronischer Hypoxieexposition	301
31.4	Sauerstoffaffinität und Sauerstoffhalbsättigung (p50-Wert)	302
31.5	Kardiorespiratorische Funktionsänderungen unter Hypoxie	303
31.6	Herzleistung unter hypobarer Hypoxie	304
31.7	Ventilation unter Höhenbedingungen (HVR)	305
31.8	Alveolärer Gasaustausch unter hypobarer Hypoxie	308
31.9	Periodische Atemmuster und physiologische Apnoen (pB) in der Höhe	309
	Literatur	311
32	Pulmonalvaskuläre und sonstige Veränderungen unter Hypoxie	315
	<i>W. Domej, G. Schwabegger</i>	
32.1	Pulmonale Vasokonstriktion und pulmonalerterielle Hypertonie	316
32.2	Chronische Hypoxie und pulmonal-vaskuläres Remodeling	320
32.3	Sauerstoff und Höhenhypoxie	321
32.4	Respiratorische Einflussfaktoren bei Höhenaufenthalt	321
32.5	Veränderung im Laufe der Akklimation	323
32.6	Skelettmuskelveränderungen und Körpergewicht	323
32.7	Genetisch bedingte Vorteile in der Höhe	325
	Literatur	325
33	Respiratorische Farbstoffe unter Hypoxiebedingungen	327
	<i>W. Domej</i>	
33.1	Physiologische Entwicklung der Hämoglobine	328
33.2	Normalhämoglobine	328
33.3	Sauerstoffaffinität und Sauerstoffhalbsättigung (p50-Wert)	328
33.4	Hämoglobin	329
33.5	Physiologische Einflüsse auf die O₂-Affinität	330
33.6	Längerfristige Mechanismen der Hypoxieanpassung seitens des Hämoglobins	331
33.7	Hämoglobine im Tierreich	331
33.8	Hämoglobine mit erhöhter Sauerstoffaffinität	333
33.9	Hämoglobine mit verminderter Sauerstoffaffinität	333
33.10	Genetisch bedingte Hämoglobinopathien	334
33.11	Sichelzellenkrankheit, Sichelzellanämie (HbS)	334
33.12	Thalassämien	336
33.13	Methämoglobin und HbM	337
33.14	Myoglobine, intrazelluläre O₂-Transporter	337
33.15	Einfluss auf die O₂-Abgabe	338
33.16	Genetische Hypoxieanpassung	338
	Literatur	339

34	Höhensimulation: Technik und Bedeutung für Medizin, Training und Forschung	343
	<i>W. Domej</i>	
34.1	Äquivalenzmodell	344
34.2	Atmung unter erhöhter inspiratorischer Stickstoffkonzentration	345
34.3	Methoden der Hypoxieerzeugung	346
34.4	Hypobare Hypoxie (HHX), Dekompressionskammer	346
34.5	Technische Voraussetzungen der Sauerstoffseparation	347
34.6	Normobare Hypoxie (NHX), technische Voraussetzungen	348
34.7	Normobare Hypoxiekammer (NHX-SAE)	352
34.8	Praktische Hinweise zum Betrieb einer NHX-SAE	352
34.9	Präakklimatisation	353
	Literatur	354
35	Intermittierende Hypoxie: Höhentaining und Präakklimatisation	355
	<i>M. Faulhaber, M. Wille</i>	
35.1	Höhentraining	357
35.1.1	Klassisches Höhentaining und intermittierende Hypoxie	357
35.1.2	Intermittierende Hypoxie zur Steigerung der aeroben Kapazität	358
35.1.3	Intermittierende Hypoxie zur Verbesserung der Bewegungsökonomie	358
35.2	Präakklimatisation	359
	Literatur	360
36	Schlaf und Atmung in der Höhe	363
	<i>Nikolaus Netzer</i>	
36.1	Subjektive und objektive Schlafqualität in der Höhe	364
36.2	Was stört den Schlaf in Großer Höhe?	365
36.3	Schlaf und Atmung in Hypoxie: komplexer als bisher gedacht	366
36.4	Hypoxiesensible Zellen im Gehirn: ihre Steuerung der Atmung und ihr Einfluss auf Arousals	368
36.5	Schnarcher und Schlafapnoeiker in der Höhe	369
36.6	Gegenstrategien bei schlechtem Schlaf	369
36.7	Fazit	372
	Literatur	372
37	Arterieller Blutdruck und Hypoxie	375
	<i>W. Domej</i>	
37.1	Hochlandbewohner und Hypertoniehäufigkeit	376
37.2	Normotension und systemischer Blutdruck unter Höhenbedingungen	377
37.3	Arterielle Hypertonie und hypobare Hypoxie	379
37.4	Anthypertensive Medikation unter Hypoxie	382
	Literatur	382
38	Höhentrekking und Höhenbergsteigen bei Hypertonie und koronarer Herzkrankheit	385
	<i>R. Zweiker</i>	
38.1	Bedeutung der Hypertonie als Risikofaktor	386
38.2	Kreislaufphysiologische Auswirkungen der Höhe	386

38.3	Hypertonie und Sport in Höhenlagen	387
38.4	Koronare Herzerkrankung und Sport in Höhenlagen	389
38.5	Internistische Voraussetzungen für einen Höhengaufenthalt bei Hypertonie bzw. KHK.	390
	Literatur.	391
39	Höhentrekking und Höhenbergsteigen bei Herzinsuffizienz.	393
	<i>S. Pätzold</i>	
39.1	Adaption des Herz-Kreislauf-Systems	394
39.2	Definition der Herzinsuffizienz	394
39.3	Ursachen der Herzinsuffizienz.	394
39.4	Symptomatik der Herzinsuffizienz.	394
39.5	Pathophysiologie der Herzinsuffizienz	395
39.6	Herzinsuffizienz in hypoxischer Umgebung	395
39.7	Klinische Bedeutung in der Beratung bei Herzinsuffizienz.	396
39.8	Herzklappenfehler und Höhengaufenthalt	397
	Literatur.	397
40	Präventivmedizinische und gesundheitstouristische Aspekte der Mittleren Höhen	399
	<i>B. Schobersberger, W. Schobersberger</i>	
40.1	Physiologie der Mittleren Höhen	401
40.2	Gesundheitliches Risiko beim Bergsport in Mittleren Höhen	401
40.2.1	Kardiovaskuläre Ereignisse beim Bergwandern und Alpinskifahren	402
40.2.2	Alpines Skifahren aus leistungsmedizinischer Sicht	403
40.3	Gesundheitliche Aspekte des alpinen Wanderns.	404
40.4	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den alpinen Gesundheitstourismus	405
	Literatur.	407
41	Praxis der alpinistischen Höhentaktik: Höhenakklimatisation	409
	<i>F. Berghold</i>	
41.1	Höhenstufen	410
41.2	Höhentaktik und Anpassungsstrategien.	411
41.2.1	Zur Evidenz von Anpassungsstrategien	411
41.2.2	Zentrale Bedeutung der Genetik	412
41.2.3	Schlafhöhendistanz oder Steigtempo?	412
41.2.4	Einzelhöhen oder Durchschnittsdistanz?	412
41.2.5	Taktischer und therapeutischer Rasttag	413
41.2.6	Wie effektiv sind Anpassungsstrategien?	413
41.3	Aufstiegsgeschwindigkeit	414
41.3.1	Steigtempo (»speed of ascent«)	414
41.3.2	Schlafhöhendistanz (»rate of ascent«)	414
41.4	Weitere taktische Kriterien	415
41.5	Praktische Zeichen einer gelungenen Höhenakklimatisation	416
41.6	Präakklimatisation	416
41.7	De-Akklimatisation.	416
	Literatur.	417

42	Akute Höhenkrankheit (AMS)	419
	<i>W. Schaffert</i>	
42.1	Definition der höhenbedingten Krankheitsbilder	420
42.1.1	Definition der AMS	420
42.1.2	Symptome und Diagnose der AMS	421
42.1.3	Differentialdiagnose der AMS	421
42.2	Häufigkeit und Auftreten der AMS	421
42.3	Risikofaktoren zur Entwicklung von AMS	422
42.4	Pathophysiologie und Mechanismen der AMS	423
42.5	Prävention der AMS	424
42.5.1	Nichtmedikamentöse Maßnahmen	424
42.5.2	Medikamente zur Vermeidung der AMS	425
42.6	Natürlicher Verlauf und Therapie der AMS	426
42.7	Nützliche FAQ's für zukünftige Unternehmungen	427
	Literatur	428
43	Höhenlungenödem (HAPE)	431
	<i>R. Fischer</i>	
43.1	Fallbeispiel	432
43.2	Inzidenz und Mortalität	432
43.3	Typische Klinik	433
43.4	Prädisponierende Faktoren und physiologische Charakteristika	433
43.5	Pathophysiologie	434
43.6	Prophylaxe des Höhenlungenödems	435
43.7	Therapie des Höhenlungenödems	436
	Literatur	437
44	Höhenhirnödem (HACE)	439
	<i>F. Berghold</i>	
44.1	Erscheinungsformen der akuten Höhenkrankheit	440
44.1.1	Milde bis schwere akute Höhenkrankheit (AMS)	440
44.1.2	Zerebrale Form der akuten Höhenkrankheit (HACE)	440
44.1.3	Pulmonale Form der akuten Höhenkrankheit (HAPE)	440
44.2	Inzidenz und Letalität	441
44.3	Disposition und Risikofaktoren	441
44.4	Pathophysiologie des HACE	441
44.4.1	Genetik und Höhe	441
44.4.2	Einflussfaktoren auf eine hypoxische Gehirnreaktion	442
44.4.3	Ödem oder Gehirnschwellung?	443
44.4.4	Ödemtheorien	443
44.4.5	Inadäquate Autoregulation?	444
44.4.6	Anstieg der Gehirndurchblutung (CBF)	445
44.4.7	Anstieg des intrakraniellen Drucks (ICP)	445
44.4.8	Blutungen und Mikrohaemorrhagien	446
44.4.9	Kapazität der Schädelkapsel	446
44.4.10	Ätiologische Zusammenfassung	446
44.5	Klinik des HACE	446
44.5.1	Das Leitsymptom Ataxie	446

44.5.2	Symptomatologie des HACE	446
44.5.3	Häufige Differenzialdiagnosen	447
44.6	Prävention des HACE	447
44.7	Notfalltherapie des HACE	448
44.7.1	Medikamente	448
	Literatur	449
45	Stellenwert und Anforderungsprofil des Expeditionsarztes in Extremere Höhe	451
	<i>W. Schaffert</i>	
45.1	Historie des Bergsteigens in Extremen Höhen außerhalb der Alpen	452
45.1.1	Trekking in abgelegenen Hochgebirgslandschaften und Besteigungseinfacher Gipfeln in der Sechstausenderregion	452
45.1.2	Höhenbergsteigen mit Gipfelzielen in Großer und Extremere Höhe	453
45.2	Gesundheitsrisiken beim außeralpinen Höhenbergsteigen	453
45.2.1	Gefährdung durch physikalische Einflüsse	454
45.2.2	Gefährdung durch biologische Einflüsse	454
45.2.3	Gefährdung durch Umweltgefahren	454
45.2.4	Gefährdung durch persönliche Probleme	454
45.2.5	Gefährdung durch politische Einflüsse	454
45.3	Konsequenzen für die verantwortlichen Entscheidungsträger	454
45.3.1	Anforderungen für den medizinischen Verantwortungsbereich	455
45.3.2	Bedeutung für den Veranstalter	455
45.3.3	Bedeutung für privat organisierte Höhenbergfahrten	455
45.4	Tätigkeitsprofil des Trekking- und Expeditionsarztes	456
45.4.1	Klinische Fähigkeiten des Expeditionsarztes	456
45.4.2	Bergsteigerische und expeditionspraktische Fähigkeiten	457
45.4.3	Anforderungen an die persönlichen Fähigkeiten	458
45.5	Umgang mit bekannten Vorerkrankungen und Einschränkungen	458
46	Medizinische Ausrüstung für Höhentrekking und Expeditionsbergsteigen	461
	<i>W. Schaffert</i>	
46.1	Häufige oder bedrohliche Krankheitsbilder beim Höhentrekking und auf Expeditionen	462
46.1.1	Häufige, anfangs harmlose, aber konsequent behandlungsbedürftige Beschwerden	462
46.1.2	Umweltbedingte Krankheitsursachen	462
46.1.3	Häufige internistische Krankheitsbilder	462
46.1.4	Ernsthafte internistische Krankheitsbilder	462
46.1.5	Ernsthafte Verletzungsmuster	462
46.1.6	Tropenmedizinische Erkrankungen	462
46.1.7	Schmerzen, Blutung, Atemprobleme, Bewusstlosigkeit	462
46.2	Einflussfaktoren auf Aufteilung, Umfang und Inhalt	463
46.2.1	Persönliche Ausrüstung der Teilnehmer	463
46.2.2	Persönliche Sicherheitsausrüstung	463
46.2.3	Notfalltasche des Arztes	464
46.3	Basislagerapotheke	464

46.3.1 Notfallmedikation und Ausrüstung im Deckelfach (falls vorhanden,
sonst eigens verpackt) 464

46.3.2 Inhalt des Medikamentenpacksacks, nach Indikation gebündelt 465

46.4 **Hochlagerapotheke** 467

46.5 **Trekkingapotheke** 467

47 **Infektionsrisiken auf Bergreisen** 469
T. Valentin

47.1 **Allgemeines** 470

47.1.1 Risikofaktoren 470

47.1.2 Spektrum 470

47.1.3 Vektoren und Zwischenwirte 470

47.2 **Infektionskrankheiten** 470

47.2.1 Haut-Weichteil-Infektionen 470

47.2.2 Durchfallerkrankungen 471

47.2.3 Atemwegsinfektionen 472

47.2.4 Infektionen des Urogenitaltrakts und sexuell übertragbare Erkrankungen 473

47.2.5 Zoonosen 473

47.3 **Vorbereitungen** 475

Literatur 476

Serviceteil

Stichwortverzeichnis 480

Autorenverzeichnis

Dr. med. Evelyn Baumgartner

Fachärztin für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
A-6020 Innsbruck, Sparkassenplatz 2
E-Mail: ordination@fem-med.at

Univ. Prof. Dr. med. Franz Berghold

Universität Salzburg, IFFB Sport- und Bewegungswissenschaften
A-5710 Kaprun, Fazokasstraße 21
Email: bergi@sbg.at

Priv. Doz. Dr. med. Hermann Brugger

EURAC Research, Institut für alpine Notfallmedizin
I-39100 Bozen, Drususallee 1
Email: hermann.brugger@eurac.edu

Univ. Prof. DDr. phil. et med. Mag. phil. Martin Burtscher

Universität Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft
A-6065 Thaur, Fürstenweg 185
Email: martin.burtscher@uibk.ac.at

Dr. Emmanuel Cauchy

Directeur de l'IFREMMONT, Hôpital de Chamonix
F-74400 Chamonix-Mont-Blanc, 509, Route des Pélerin
Email: cauchy@ifremmont.com

Univ. Prof. Dr. med. Wolfgang Domej

Medizinische Universität Graz, Klinische Abteilung für Pulmologie
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 20
Email: wolfgang.domej@medunigraz.at

Dr. med. Bruno Durrer, FMH, Notarzt SGNOR

Caremed Lauterbrunnen/Mürren
CH-3822 Lauterbrunnen, AirGlaciers
Email: bd@caremed.ch

Dr. med. Fidel Elsensohn

Präsident der International Commission for Mountain Emergency Medicine (MEDCOM IKAR)
A-6832 Röhthis, Schloßlestraße 36
Email: fidel.elsensohn@aon.at

Univ. Prof. Dr. rer. nat. Martin Faulhaber

Universität Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft
A-6020 Innsbruck, Fürstenweg 185
Email: martin.faulhaber@uibk.ac.at

Prof. Dr. med. Rainald Fischer

Universität München, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Berg- und Expeditionsmedizin
D-82152 Martinsried, Bertha von Suttner Weg 7a
Email: fischer@bexmed.de

Univ. Prof. Dr. med. Gerhard Flora

Facharzt für Gefäßchirurgie
A-6020 Innsbruck, Höhenstraße 54

Hannes Gatterer, PhD

Universität Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft
A-6020 Innsbruck, Fürstenallee 185
Email: hannes.gatterer@uibk.ac.at

Dr. med. Thomas Hochholzer

Facharzt für Orthopädie und orthopädische Chirurgie
A-6020 Innsbruck, Amraserstraße 3
Email: office@thochholzer.com

Ing. Klaus Hoi

Chefbergführer der deutsch-österreichischen Alpinärztausbildung
A-8960 Öblarn, Sonnleitengweg 104
Email: k.hoi@gmx.at

Dr. med. Frans van der Kallen

Facharzt für Psychiatrie, Berg- und Skiführer
A-8732 Seckau 67e
Email: frans.vdk@aon.at

OA Dr. med. Josef Koller

PMU Salzburg, Dermatologische Universitätsklinik
A-5020 Salzburg, Müllner Hauptstraße 48
Email: j.koller@salk.at

Prof. Dr. med. Susi Kriemler

Universität Zürich, Institut für Sozial- und Präventivmedizin
CH-8001 Zürich, Hirschengraben 84
Email: susi.kriemler@uitikon.ch

Chefarzt Dr. med. Christoph Kruis

Bayerische Bergwacht, Berg- und Flugrettungsarzt, Facharzt für Unfallchirurgie
D-82491 Grainau, Danielstraße 2
Email: ChristophKruis@aol.com

Mag. rer. nat. Dr. sc. hum. Veronika Leichtfried

Private Universität für Gesundheitswissenschaften, medizinische Informatik und Technologie (UMIT), Institut für Sport-, Alpinmedizin und Gesundheitstourismus
A-6060 Hall/Tirol, Eduard Wallnöfer Zentrum 1
Email: veronika.leichtfried@umit.at

Prof. Dr. med. Nikolaus C. Netzer

PMU Salzburg, Institut für Hypoxie und Schlafforschung
D-83043 Bad Aibling, Ghersburgstraße 9
Email: niki.netzer@yahoo.com

Dr. med. Rosmarie Oberhammer

Südtiroler Sanitätsbetrieb, Krankenhaus Bruneck, Fachärztin für Anästhesiologie und Intensivmedizin
I-39031 Bruneck (BZ), Spitalsstrasse 11
Email: rosmarie.oberhammer@sb-bruneck.it

Priv. Doz. Dr. med. Peter Paal, EDAIC, EDIC, MBA

Universität Innsbruck, Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin
A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35
Email: peter.paal@uki.at

Dr. med. Sascha Pätzold

Medizinische Universität Graz, Abteilung für Kardiologie, Kardiologische Intensivstation
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 15
Email: sascha_paetzold@gmx.net

Marc Philippe, MBc

Universität Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft
A-6020 Innsbruck, Fürstenweg 185
Email: csaf4822@uibk.ac.at

Ass. Prof. Dr. med. MSc. Ulrike Prettenhofer

Medizinische Universität Graz, Klinik für Strahlentherapie
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 31
Email: ulrike.prettenhofer@medunigraz.at

Dr. med. Wolfgang Schaffert

Bayerische Bergwacht, Deutsche Gesellschaft für Berg- und Expeditionsmedizin
D-83313 Siegsdorf, Knappenfeld 25
Email: wolfgang@wastl.net

Mag. phil. Dr. med. Beatrix Schobersberger

Medizinische Universitätsklinik Innsbruck, Department für Gastroenterologie und Hepatologie, Sportwissenschaftlerin
A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35
Email: beatrix.schobersberger@i-med.ac.at

Univ. Prof. Dr. med. Wolfgang Schobersberger

Vorstand des Instituts für Sport-, Alpinmedizin und Gesundheitstourismus der UMIT Hall und der TILAK Innsbruck
A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35
Email: Wolfgang.Schobersberger@uki.at

Prof. Dr. med. Volker Schöffel, MHBA

Sozialstiftung Bamberg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
D-96049 Bamberg, Bugerstraße 80
Email: volker.schoeffel@sozialstiftung-bamberg.de

Prof. Dr. med. Gerhard Schuhmann

Medizinische Universität Graz, Klinik für Augenheilkunde
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 31
Email: gerhard.schuhmann@medunigraz.at

Dr. biol. hum. Martin Schwiersch

Diplompsychologe, psychologischer Psychotherapeut, alpiner Risikoforscher
D-87459 Pfronten, Im Lus 17
Email: martin@m-schwiersch.de

Dr. med. Inigo Soteras, MD, PhD

Head of the Emergency Department. Hospital
transfronterizo de la Cerdanya
Bombers de la Generalitat de Catalunya
Ton Sirera Nº2 8º 2ª E-25002 Lleida
Email: inigosoteras@yahoo.es

Dr. med. Giacomo Strapazzon, MD, PhD

EURAC Research, Institut für alpine Notfallme-
dizin
I-39100 Bozen, Drususallee 1
Email: giacomo.strapazzon@eurac.edu

**Prim. Mag. phil. Dr. med. Günther Sumann,
DESA, EDIC**

LKH Vöcklabruck, Institut für Anästhesiologie
und Intensivmedizin
A-4840 Vöcklabruck, Dr. Wilhelm-Bock-Strasse 1
Email: guenther.sumann@gespag.at

OA Dr. med. Thomas Valentin

Medizinische Universität Graz, Klinik für Innere
Medizin
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 31
Email: thomas.valentin@klinikum-graz.at

Dr. phil. Dipl. troph. Volker Veitl

Sporternährungsphysiologe
A-5411 Oberalm, Mauerhofweg 9
Email: veitl.volker@web.de

Dr. phil. Maria Wille

Universität Innsbruck, Institut für
Sportwissenschaft
A-6020 Innsbruck, Fürstenallee 185
Email: maria.wille@uibk.ac.at

OA Dr. med. Bernhard Ziegler

PMU Salzburg, Universitätsklinik für Anästhesio-
logie, perioperative Medizin und allg. Intensiv-
medizin, Notarzt
A-5020 Salzburg, Müllner Hauptstraße 48
Email: b.ziegler@salk.at

Univ. Prof. Dr. med. Robert Zweiker

Medizinische Universitätsklinik Graz, Klinische
Abteilung für Kardiologie
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 15
Email: robert.zweiker@medunigraz.at