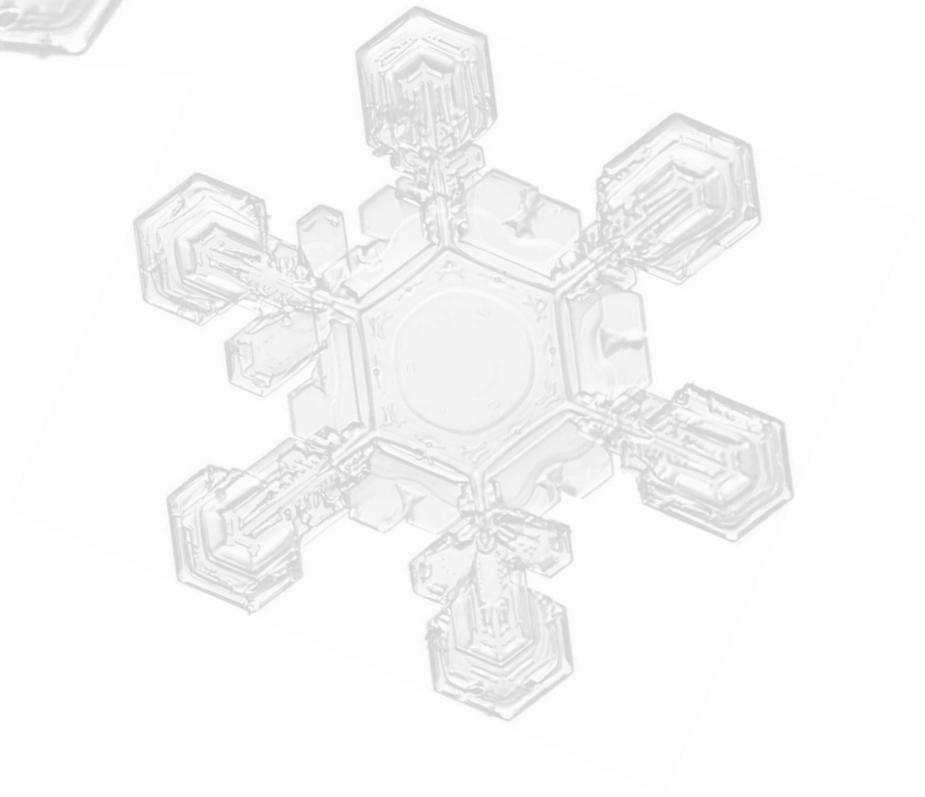
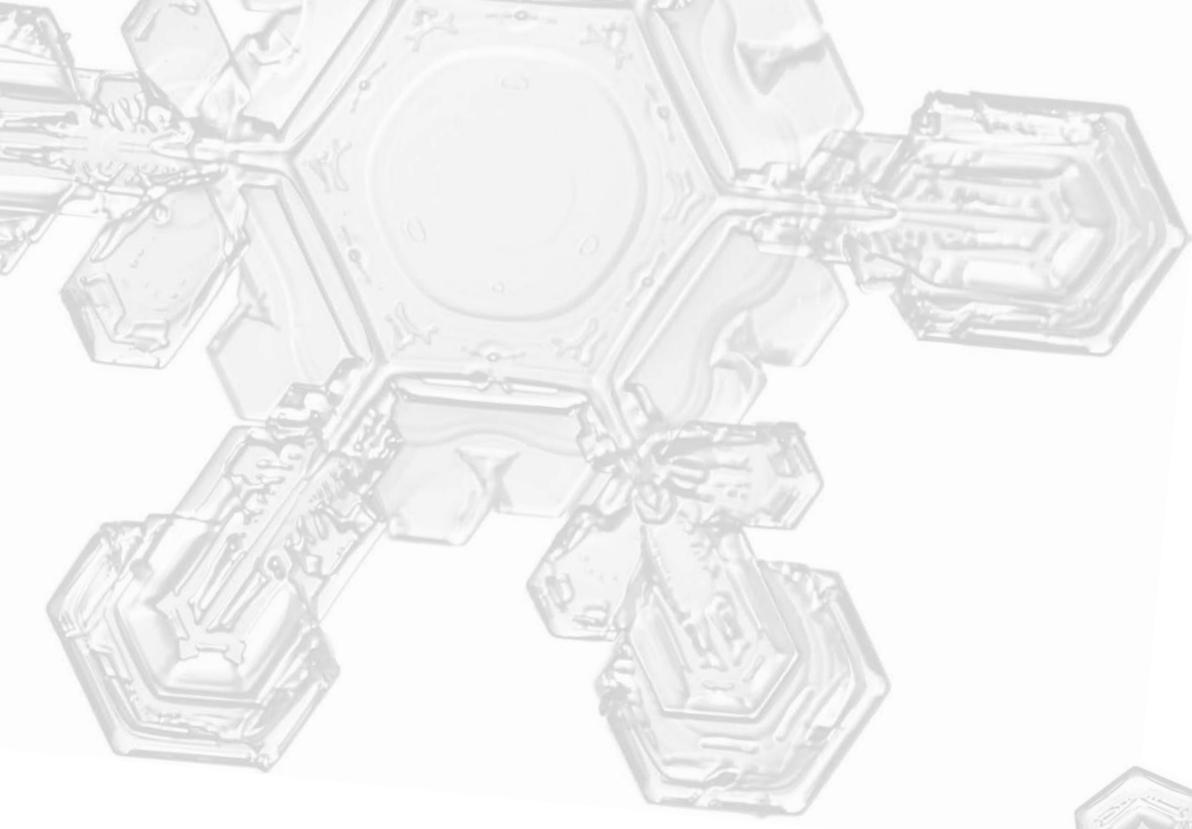
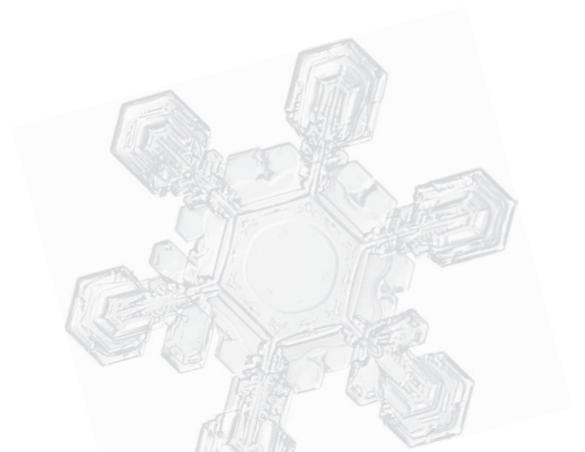


Schnee



WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung SLF (Hg.)

Schnee















Inhalt

Vorwort	13
 Schnee als Material	14
(Henning Löwe)	
Was ist Schnee?	16
Das Kristallwachstum	21
Schnee im Verbund	27
Schnee verändert sich	31
Exkurs: Superlative der Schneephysik in der Antarktis	32
 Die Schneedecke	38
(Charles Fierz, Tobias Jonas, Manfred Stähli)	
Die vielen Gesichter der Schneedecke	40
Sonne, Wind und Wolken im Austausch mit der Schneedecke	46
Schnee im Wald	53
Exkurs: Wo ist die am besten untersuchte Schneedecke?	50
 Schnee als Bedrohung	56
(Jürg Schweizer, Stefan Margreth, Thomas Feistl, Thomas Stucki, Tobias Jonas)	
Lawinenarten und wie sie entstehen	58
Wie sich eine Lawine bewegt	64
Lawinenkatastrophen	69
Überleben in einer Lawine	72
Lawinenwarnung	74
Sicherheit für Siedlungen und Verkehrswege	76
Schneelast lässt Gebäude einstürzen	83
Schnee und Überschwemmungen	86
Exkurs: Lawinen im Test	84



Schnee als Ressource 88

(Hansueli Rhyner, Tobias Jonas, Christian Rixen, Christoph Marty)

Wintertourismus und Skisport 90

Technische Beschneigung 94

Snowfarming 99

Nahrung für Gletscher 102

Schnee als Wasserressource 105

Exkurs: Gleiten auf Schnee 108



Schnee als Lebensraum 110

(Christian Rixen, Christine Huovinen)

Allgemeine Überlebensstrategien 112

Überlebenskünstler aus der Pflanzenwelt 113

Tierische Schneespezialisten 126

Urvölker als Überlebenskünstler in Eis und Schnee 133

Exkurs: Pflanzen spiegeln Schneemuster 118



Schnee und Klima 134

(Christoph Marty, Christian Rixen, Marcia Phillips)

Schnee weltweit 136

Die Schneedecke beobachten 138

Schnee unter dem Einfluss des Klimawandels 144

Konsequenzen für Gesellschaft und Natur 145

Exkurs: Welche Zukunft hat der Permafrost? 152

Anhang

Literatur zum Weiterlesen 156

Die Autoren 157

Register 158

Bildnachweis 160



Vorwort



Schnee weckt Emotionen bei Jung und Alt und fordert die Wissenschaft. Es ist lästig, mit dem Auto im Schnee stecken zu bleiben oder sich mit nassen Schuhen durchs Schneegestöber zu kämpfen. Bedrohlich gar, wenn sich im freien Gelände auf einer Skitour eine Lawine löst. Ohne Schnee aber auch kein Winterzauber. Was gibt es Besseres, als mit einer Tasse dampfenden Tees in der Hand aus dem Fenster den tanzenden Schneeflocken zuzuschauen – wohl nur eine Abfahrt im stiebenden Pulverschnee.

So unterschiedlich die Emotionen, so vielseitig auch die Eigenschaften und die Bedeutung des Schnees für uns Menschen und unsere Umwelt: Als komplexe Struktur für die Materialforschung, als Grenzschicht zwischen Atmosphäre und Erde und somit als Klimafaktor oder als Bedrohung in Form von Lawinen und Schmelzwasser. Gleichzeitig aber auch – und in Zukunft wohl noch vermehrt – als gefragte Ressource für Wintersport oder Energiewirtschaft und nicht zuletzt als Lebensraum für unzählige Pflanzen und Tiere.

Die Vielfalt des Schnees spiegelt sich auch am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos wider. Breit gefächert sind dort nicht nur die Themen – Schnee wird in all seinen Facetten aus verschiedenen Blickwinkeln studiert – auch die Mitarbeitenden haben ganz unterschiedliche Herkunft, Ausbildung und Erfahrung. Die einen sind z. B. darauf spezialisiert, Gefahren von Schnee und Eis abzuwenden, die anderen, Schnee möglichst günstig in guter Qualität zu produzieren. Gemeinsam ist ihnen allen die Passion und das besondere Gespür für seine Erforschung.

Als der Primus Verlag unser Institut angefragt hat, ein Buch über Schnee zu schreiben, haben wir deshalb ohne zu zögern zugesagt. Nicht nur, weil es bis jetzt kein Werk gibt, das in kompakter Form die Vielseitigkeit von Schnee beleuchtet. Vor allem ist es uns ein Anliegen, unser Wissen und unsere Erfahrung einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Natürlich können wir in diesem Buch nur eine gezielte Auswahl von Phänomenen rund um die kalte Wunderwelt zeigen und blicken dabei vor allem durch eine naturwissenschaftliche Brille. Trotzdem dürfte spürbar sein, welche Begeisterung Schnee bei uns auslöst – eine Faszination, die sich hoffentlich auch auf die Leser und Leserinnen überträgt.

*Dr. Jürg Schweizer, Institutsleiter, und Prof. Dr. Michael Lehning,
Leiter der Forschungseinheit Schnee und Permafrost*





Schnee als Material

Einmal abgesehen von dem alljährlichen Verkehrschaos, das schneebedeckte Straßen mit sich bringen, verbinden die meisten Menschen Positives mit Schnee: Skifahren, Schneeballschlachten, Schneemänner oder malerisch in Weiß getauchte Winterlandschaften – also Spiel, Sport und Schönheit der Natur. Kaum jemand denkt bei Schnee an Messinstrumente oder Computersimulationen. Doch auch das Entstehen von Schneekristallen, eine Abfolge vergleichsweise komplexer physikalischer Prozesse, lässt sich unter rein ästhetischen Gesichtspunkten genießen.

※ 1 Möchte man die Eigenschaften des Schnees und deren Auswirkungen auf die Lawinenbildung oder das Klima verstehen, so liegt der Schlüssel oft in der Mikrostruktur – der Form der Schneekristalle, deren Bindung untereinander und wie sie sich in der Schneedecke verändern.

Was ist Schnee?



Wer Menschen und Infrastruktur vor Lawinen schützen will, muss Schnee und somit seine physikalischen Eigenschaften verstehen. Aber Schneephysik ist nicht nur im Zusammenhang mit Lawinen gefragt. Besonders für die Klimaforschung liefert sie wichtige Grundlagen. Welcher Teil der Erde ist mit Schnee und Eis bedeckt? Wie viel Schnee liegt dort wirklich? Ohne zu wissen, wie Strahlung mit der Schneedecke interagiert, kann dies nicht beantwortet werden. Aber auch industrielle Fragen nach der Haftung von Winterreifen, nach den Gleiteigenschaften von Skiern oder einfach nur nach den Geschmackseigenschaften von Speiseeis hängen von der Physik und den Materialeigenschaften von Schnee und Eis ab. Aus dieser Nachfrage ergibt sich die Schneephysik als kleines, spannendes Forschungsgebiet, das sich irgendwo zwischen Physik, Materialwissenschaften und Glaziologie einordnen lässt.

Wasser – ein Material mit vielen Formen

Schneekristalle sind nichts anderes als Eis, also die feste Form von Wasser. Wie jeder andere Stoff kommt Wasser in verschiedenen Aggregatzuständen vor, als Gas (Wasserdampf), Flüssigkeit (Wasser) oder Festkörper (Eis). In welcher Art Wasser auf der Erde vorliegt, hängt von der Temperatur und, weniger bekannt, auch vom Druck ab. Auf dem Mount Everest beispielsweise siedet Wasser wegen des geringeren Luftdrucks bereits bei etwa 70°C , während es sich im Schnellkochtopf durch den erhöhten Druck leicht auf 110°C erhitzen lässt, bevor es kocht. Die Temperaturen und der Druck auf der Erde schwanken natürlicherweise gerade so, dass sich ständig alle Formen von Wasser einstellen können.

Eis kann sich auf verschiedene Weisen bilden. Sinken im Winter die Temperaturen unter 0°C , beginnt Wasser, z.B. in den Seen oder Flüssen, zu Eis zu gefrieren. Fragile Eisblumen an kalten Fensterscheiben – in Zeiten verbesserter Isolation eine Seltenheit geworden – zeugen von einer anderen Art der Eisbildung: Eis kann bei hoher Luftfeuchtigkeit auch direkt aus Wasserdampf entstehen. Diesen Übergang bezeichnet man als Resublimation.

❖ 2 Eisblumen bzw. Eiskristalle an Fensterscheiben entstehen, wie Schneekristalle, aus resublimierendem Wasserdampf.





❄ 3 Eiskristalle können sich auch durch Gefrieren von flüssigem Wasser bilden, so wie auf diesen Steinen am Rande eines Bachs.

Register

- Abfluss** 86
Ablagerung, -smuster 40, 41, 53, 60, 74, 84, 118
Ablenkdam 80
Absorption/absorbieren 29, 35, 36, 37, 46, 54, 120
Albedo 35, 46, 136
Alpenazalee 118, 121, 154
Alpen-Hahnenfuß 113
Alpen-Mannsschild 155
Alpenrispengras 115, 117
Alpenrose 118, 119, 154
Alpenschneehuhn s. Schneehuhn
Altschnee 35, 46, 64, 150
Antarktis 25, 32, 33, 40, 49, 103, 136
Arktis 103, 111, 112, 131, 133, 145, 154
Arve 122, 125
Atmosphäre 18, 20, 24, 25, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 54, 136, 145, 146, 152
Auerhuhn 127
Auffängdam 80, 81
Aufprallschutz 29
Ausapern, Ausaperungsmuster 109, 139, 118
Auslösbereitschaft 74
automatische Stationen 74, 87, 138, 139
- Bakterien** 95, 114, 127
Becherkristall 34
Beschneigung 27, 89, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 146, 147
Bindung 15, 34, 37, 58, 60, 61
Birkhuhn 127
Blockgletscher 152
Bremsverbau, -höcker 80, 81
Bruch 28, 34, 36, 44, 58, 61, 64
Brutknöllchen 117
- Champagne Powder** 20
Computer-Tomograph 27, 31
- dendritisch** 21, 22, 31
Diamond Dust 27
Dichte, verdichten 18, 19, 25, 31, 32, 41, 43, 44, 45, 54, 63, 66, 83, 84, 97, 99, 102, 105, 108, 131, 139
Druck 16, 37, 44, 45, 68, 69, 84, 102, 106, 123, 125
Düne 49, 121
- Ebenhöcher** 81
Einschneien 63, 139, 145
Einzugsgebiet 53, 82, 86
Eisbildung 16, 112
Eisblume 16, 18
Eiskern 32
Elektronenmikroskop 28, 29
Energie, -austausch 29, 35, 36, 37, 46, 47, 53, 54, 61, 80, 89, 97, 103, 105, 108, 112, 127, 128, 131, 136, 144, 145, 146
Erosion 99
Exposition 60, 83
- Fernerkundung** 50, 69, 109, 144
Fichte 53, 55, 112, 123
Firn 32, 102, 147
Firnspiegel 47
Fischmaul 63
Flechte 54, 118, 130, 131
Fließlawine 61, 66
Fließverhalten 67, 68
Forschung, Forscher 16, 27, 32, 50, 53, 55, 57, 64, 68, 84, 90, 92, 93, 94, 97, 113
Frost, -resistenz, -risiko, -schutz 97, 112, 113, 118, 120, 121, 126, 139, 151, 154
- Gebäudeverstärkung** 81
Gefahrenbeurteilung 84
Gefahrenkarte 82
Gefahrenstufen, -skala 74, 75
Gefahrenzonierung 64
Gefrierkeim 95
Gegenblättriger Steinbrech 115
Geophon 61, 82
Geröll-Lawine 150
Gleiten 40, 45, 60, 61, 63, 64, 108, 125
Gletschneelawine 45, 63, 64, 66
Gletscher, -nährgebiet, -zehrgebiet 18, 30, 86, 101, 102, 103, 105, 147, 149, 150, 152
Gletscherfloh 127
Gletscher-Hahnenfuß 115
Graupel 18
Grundlawine 63
Grundwasser 105, 137
Grünerle 68, 123, 125
- Halo** 24, 25, 27
Hangneigung 60
hexagonal 18, 21, 22, 25
Hochwasser 58, 81, 86, 87, 136, 139, 150
Höhenstufen 145
- indigene Völker** 133
Industrieschnee 20
integraler Lawinenschutz 76
Inuit 132, 133
Isolation/isolieren 16, 45, 47, 101, 112, 120, 131, 133, 136, 152
isotherme Metamorphose 31
- Kameradenhilfe, -rettung** 72
Kiefer 123
Klima 15, 16, 20, 32, 33, 40, 46, 50, 51, 53, 77, 82, 83, 93, 94, 103, 105, 135, 136, 137, 138, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 151, 153, 154
Klimamodell 136, 149, 153
Klimasystem 135, 136
Klimawandel, -veränderung, -erwärmung 50, 51, 53, 77, 93, 94, 103, 105, 138, 144, 145, 146, 147, 148, 151, 153, 154
Kohlenstoffdioxidvergiftung 72
Krautweide 125
Kriechen 44, 60, 123
Kristall 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 41, 42, 46, 47, 58, 97, 112
Kristallbildung, -wachstum 20, 21, 25
Kristallisationskeim 20, 25
Kruste 40, 41, 49, 58, 60
Kunstschnee s. technischer Schnee
- Lärche** 123, 125
Laser 55, 69, 84, 109, 144
Lawine 16, 29, 34, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 111, 125, 131, 141, 149, 153
- Lawinenairbag 74
Lawinenamriss 58, 61, 67, 69, 78, 80, 82
Lawinenart 58, 67, 82
Lawinenauslaufbereich 67, 69, 80, 149
Lawinenbewegung 64, 67, 84
Lawinenbildung 15, 34, 46, 60
Lawinenbulletin 74
Lawinendam 80, 81
Lawinendienst 64
Lawindynamikmodell, -simulationsprogramm 68, 69, 84
Lawinenfront 66
Lawinengalerie 76, 78, 81
Lawinengefahr, lawinengefährdet 64, 71, 72, 74, 75, 76, 80, 82, 149
Lawinenkatastrophe 64, 69, 70, 71, 72
Lawinenkeil 80, 81
Lawinenlagebericht 72, 74
Lawinenopfer 61, 69, 71, 72, 76
Lawinenrisiko 61, 77
Lawinenschutz 69, 76, 77, 78, 79
Lawinenverbauung 76, 78, 105, 153
Lawinenverschüttensuchgerät LVS 72, 74
Lawinenverschüttung 72
Lawinenwarnung 64, 74
Lawinenwinter 1951 68
Lawinenwinter 1999 57, 63, 71, 76, 77
Lawinenzonen 82
Lawinenzug 69, 125
Lockerschneelawine 61, 63, 69
- Massenaustausch** 47
Mensch 15, 16, 20, 21, 30, 32, 33, 35, 36, 39, 60, 64, 69, 70, 71, 72, 76, 81, 83, 92, 111, 115, 125, 133, 135, 137, 142, 144, 145
Messinstrumente 15
Messreihen 51, 105, 153
Metamorphose 31, 34, 35, 58
Mikrostruktur 15, 27, 28, 31, 36
Monitoring 87, 138
Murgang 81, 150
Murmeltier 112, 128, 151
- Nährstoff** 98, 99, 117, 120, 125, 127, 131, 154
Nahrungskette 114
Nakaya-Diagramm 21, 22
Nassschnee, -lawine 46, 60, 61, 63, 66, 83, 149
Neuschnee, -höhe 25, 29, 31, 35, 37, 44, 46, 50, 64, 69, 74, 105, 138, 140, 141, 142
Niederschlag 53, 60, 86, 98, 105, 136, 140, 141, 142, 144, 149, 150, 153
Notfallausrüstung 74
Nukleation, -skeim, -technik 20, 95
- Oberflächenreif** 46, 47, 58
organisierte Rettung 72
- Permafrost** 45, 80, 136, 152, 153
Pfeifhase 151
Photosynthese 118
Planierung 99

- Pollen 20, 126
 Prävention, präventiv 64, 72, 86
 Prismen 22
 Pulverschnee 20, 25, 27, 31, 39, 49, 51, 83
- R**
 Rammsonde 50
 Raufußhuhn 127
 Raumplanung 82
 Raureif 47
 Reflexion/reflektieren 24, 35, 136
 Regen 18, 25, 60, 64, 136, 137, 138, 141, 142, 144, 149, 150, 153
 Reibung 108
 Rentier 130, 131, 133
 Ressource 89, 97, 99
 Resublimation 16, 18
 Rettungsgerät 72
 Ribbon forest 121, 123
 Rippel 40, 121, 123
 Riss 40, 45, 63
 Rückkopplung 39, 145
- S**
 Säbelwuchs 125
 Samen 90, 99, 114, 115, 117, 125, 133, 154
 Satellit 69, 87, 109, 142, 144
 Säugetier 112, 128, 131
 Schadeneignis 77
 Schadenlawine 61, 63, 71
 Schall 36, 37
 Schaufel 74
 Schlitten 91, 108
 Schmelzen 32, 41, 50, 53, 60, 63, 86, 100, 101, 105, 108, 136, 141, 147, 149, 150, 153
 Schmelzpunkt 29, 30, 31, 44, 45
 Schmelztemperatur 30
 Schmelzwasser 41, 47, 63, 86, 98, 103, 105, 107, 108, 114, 126
 Schneegalge 113, 114, 126
 Schneeball 15, 27, 30, 37
 Schneebedeckung 40, 118, 119, 120, 133, 142, 144
 Schneebeobachtung 51, 74, 138, 139, 144
 Schneebrett, -lawine 49, 58, 60, 61, 63, 64
 Schneedecke 15, 16, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 55, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 66, 72, 74, 77, 78, 79, 86, 87, 105, 106, 109, 111, 112, 114, 115, 118, 120, 121, 123, 124, 130, 131, 136, 137, 138, 139, 141, 144, 145, 147, 149, 150, 152, 153, 154
 Schneedruck 123, 125
 Schneeeigenschaften 15, 16, 27, 28, 30, 36, 40, 43, 49, 50, 55, 58, 64, 66, 67, 84, 133
 Schneefallgrenze 152
 Schneeflocke 16, 22, 141
 Schneehöhe 30, 55, 64, 69, 77, 83, 99, 105, 118, 138, 139, 141, 142, 145
 Schneehuhn 150, 151
 Schneekanone 25, 89
 Schneekissen 139
 Schneekörner 41, 42, 43, 44, 46, 49, 60, 61, 64, 66, 95, 108
 Schneekriechen 44, 60, 123
 Schneekristalle 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 41, 42, 46, 47, 58, 97, 112
 Schneelöcher 36
 Schneemann 15, 30, 37, 144
 Schneemaschine 25, 27, 94
 Schnee-Mikropetrometer 43
 Schneenetzt 76, 79, 80
 Schneepegel 138
 Schneephysik 16, 28, 30, 31, 32, 37
 Schneeprofil 44, 50
 Schneeräumung 105, 141
 Schneereichtum, schneereich 57, 83, 111, 123, 142
 Schneeschicht 22, 28, 30, 32, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 50, 54, 58, 60, 61, 63, 64, 75, 102, 114, 120, 122, 152
 Schneeschimmel 121, 122, 123
 Schneeschmelze 50, 53, 54, 86, 98, 105, 107, 115, 136, 139, 144, 145, 147, 151, 153, 154
 Schneesport 61, 72, 74, 75, 94, 97, 99, 141, 146, 147
 Schneeverteilung 40, 53, 86, 109, 118, 121, 123, 144
 Schneewasseräquivalent 105, 106, 109, 139, 144
 Schneezustandsprognosen 93
 Schneilanze 94
 Schutzmaßnahmen 49, 69, 71, 76, 77, 81, 82, 84, 86
 Schwachschicht 29, 34, 37, 58, 60, 61, 64
 Setzung, Setzen 31, 44, 45, 50, 51, 105, 123
 Sicherheitsdienste 74
 Simulationen 15, 28, 69, 84, 136
 Sintern 29, 37
 Skifahren 15, 91, 93, 144, 146
 Skifahrerlawine 61
 Skigebiet 93, 94, 97, 103, 146, 147, 152
 Skilift 91, 146
 Skipiste, Piste 25, 27, 64, 72, 82, 93, 94, 97, 98, 99, 101, 147
 Skitour 72, 74
 SLF 43, 49, 51, 80, 84, 92, 93, 100, 108, 121, 155, 157
 Snowfarming 99, 101
 Soldanelle 97, 98, 114, 115
 Sommerschnee 147
 Sondierstange 74
 Speichersee 97, 105
 Sprengung 61, 82
 Stabilität 22, 37, 60, 74, 153
 Stahlschneebrücke 76, 79, 80
 Staublawine 57, 61, 63, 66, 81, 82
 Stausee 103, 105, 107, 147
 Steinbock 128, 131
 Sterne, sternförmig 18, 21, 22, 31
 Strahlung 16, 34, 35, 36, 40, 46, 47, 54, 55, 58, 60, 106, 111, 113, 118, 120, 126, 136, 138, 153
 Strom 86, 97, 105, 107, 139, 147, 149
 Sturzbahn 67, 68, 69, 76, 80, 84
 Stützverbau, -werk 78, 79, 80, 81
- T**
 Technischer Schnee 25, 94, 97, 98, 146
 Temperatur 16, 18, 20, 21, 22, 25, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 53, 60, 67, 69, 77, 84, 86, 95, 97, 108, 110, 112, 113, 118, 120, 121, 123, 126, 127, 128, 131, 133, 136, 138, 144, 149, 151, 152, 154
 Thermoregulation 112
 Tribometer 108
 Triebsschnee 60, 71
- Ü**
 Überlebenswahrscheinlichkeit, -chance 72, 125, 139
 Überlebensstrategie 112
 Überschwemmung 86, 138
 Ultraschall 138
 Unfall, -risiko 68, 72, 73, 74, 75
 Urvolk 133
- V**
 Variabilität 40, 60
 Variantenabfahrt 72, 74
 Vegetation 97, 98, 99, 118, 151, 154
 Vegetationsperiode, -zeit 117, 154
 Verformen, Verformung 30, 36, 37, 44, 45, 64, 93, 102, 125
 Verfrachtung, verfrachten 49, 64, 121, 123
 Verschütteter, verschütten 70, 71, 72, 73, 74
 Viviparie 115
 Voellmy-Modell 68, 69
 Vögel, Vogelzug 112, 127
- W**
 Wald 53, 54, 55, 61, 68, 69, 70, 76, 77, 78, 91, 99, 121, 122, 125, 131, 136
 Wärme, -strahlung, -austausch 28, 37, 45, 46, 47, 50, 54, 60, 112, 131, 136, 144, 147, 152
 Wasser 16, 17, 18, 19, 20, 25, 29, 37, 42, 47, 57, 60, 63, 86, 94, 95, 97, 98, 101, 103, 105, 107, 108, 109, 111, 136, 137, 139, 147, 149
 Wasserdampf 16, 18, 20, 22, 25, 26, 34, 46, 47, 49, 97
 Wasserfilm 108
 Wasserkraft, -werk 86, 89, 103, 105, 107, 139, 147, 149
 Wassermolekül 18, 20, 22, 29
 Wasserressource 87, 105
 Wasserspeicher 39, 137
 Wasserverfügbarkeit 53, 105, 149
 Wechte 41, 46, 49
 weiß 15, 25, 35, 36, 46, 56, 69, 99, 111, 126, 136, 137, 141, 145, 146, 147
 Weissfluhjoch 50, 140, 141
 Wetter, Witterung 20, 33, 40, 46, 47, 50, 58, 60, 64, 73, 74, 76, 82, 86, 87, 108, 109, 136, 137, 144, 149
 Wind 31, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 60, 64, 77, 83, 99, 109, 118, 121, 123, 138, 140, 141, 154
 Windgangel 49
 Windkanal 49, 92, 94
 Winterfell 131
 Winterquartier 112, 128
 Winterschlaf 112, 128
 Wintersport 72, 75, 78, 89, 90, 91, 135, 144, 146
 Winterstarre 112
 Wintertourismus 89, 90, 93, 105, 138, 144
 Wummgeräusch 37
 Wurzeln, entwurzeln 68, 117, 120, 123, 125
- Y**
 Yukigata 118
- Z**
 Zastrugi 43, 49

Bildnachweis

Bild S. 4/5 Matthias Rieckh; **Bild S. 6/7** Jürg Schweizer; **Bild S. 8/9** Jürg Schweizer;
(Bildnachweis nach Bildnummern ab S. 14); **1** Anja Tobien; **2** Anja Tobien; **3** Benjamin Reuter; **4** Mark Schaer; **5** Archiv SLF;
5 Archiv SLF; **6** Darstellung nach: Kenneth Libbrecht, SnowCrystals.com; **6** Kenneth Libbrecht, SnowCrystals.com; **7** Okapia/
imagebroker/Horst Sollinger; **8** Christian Rixen; **9** Mallaun Photography; **10** Corina Lardelli; **11** Jane Blackford, Chris Jeffree;
12 Jürg Schweizer; **13** Archiv SLF; **14** Martin Schneebeli; **15** Martin Schneebeli; **16** Martin Schneebeli; **17** Thomas Stucki;
18 Matthias Gerber; **19** Martin Schneebeli; **20** Nander Wever; **21** Nander Wever; **22** Jürg Schweizer; **23** Jürg Schweizer; **24** Archiv
SLF; **25** Jürg Schweizer; **26** Christian Rixen; **27** Benjamin Zweifel; **28** Jürg Rocco; **29** Keystone/Photopress-Archiv/Margrit Baeumlin;
30 Keystone/Photopress-Archiv/Margrit Baeumlin; **31** Monika Estermann, Zürich; **32** Tobias Jonas; **33** Anja Tobien;
34 Tobias Jonas; **35** Keystone/Fabrice Coffrini; **36** ASARC, University of Calgary; **37** Jürg Schweizer; **38** Thomas Stucki; **39**
Walter Steinkogler; **40** Frank Techel; **41** Antiker Kupferstich von David Herrliberger, nach der Zeichnung von Daniel Düringer,
1755; **42** Nander Wever; **43** Thomas Feistl; **44** Stefan Margreth; **45** ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv; **46** Dokumentations-
bibliothek Davos; **47** Christine Pielmeier; **48** Marcia Phillips; **49** Marcia Phillips; **50** Stefan Margreth; **51** Stefan Margreth;
52 Stefan Margreth; **53** Stefan Margreth; **54** Stefan Margreth; **55** Stefan Margreth; **56** Picture Alliance, Andreas Gebert; **57** Archiv
SLF; **58** Archiv SLF; **59** Peter Longatti; **60** Marcia Phillips; **61** Okapia/imagebroker/Daniel Schoenen; **62** Dokumentations-
bibliothek Davos; **63** Ralph Feiner; **64** Benjamin Reuter; **65** Schweizer Luftwaffe; **66** Christoph Marty; **67** Picture Alliance, Achim
Scheidemann; **68** Veronika Stöckli; **69** Lukas Stoffel; **70** Hansueli Rhyner; **71** Marcia Phillips; **72** Marcia Phillips; **73** Fridolin
Walcher, Nidfurn; **74** Schweizer Luftwaffe; **75** Marcia Phillips; **76** Keystone/Alessandro Della Bella; **77** Walter Steinkogler;
78 Erlend Haarberg/OKAPIA; **79** Thomas Stucki; **80** Yannik Bischoff; **81** Marcia Phillips; **82** Christian Rixen; **83** Okapia/
imagebroker/Reinhard Hölzl; **84** Andreas Gygax; **85** Andreas Gygax; **86** Marcia Phillips; **87** Christian Rixen; **88** Vladimir
Onipchenko; **89** Christian Rixen; **90** Ueli Wasem; **91** Regina Brücker; **92** Christian Rixen; **93** Veronika Stöckli; **94** Peter Bebi;
95 Marcia Phillips; **96** Marko König/Imagebroker/OKAPIA; **97** Christian Rixen; **98** Cyril Ruoso/BIOS/OKAPIA; **99** Kerstin
Langenberger/Imagebroker/OKAPIA; **100** Okapia/imagebroker/Norbert Eisele-Hein; **101** National Oceanic and Atmospheric
Administration NOAA; **102** Martin Schneebeli; **103** Jürg Schweizer; **104** Mallaun Photography; **105** Clemens Güdel, www.
clemensguedel.ch; **106** Archiv SLF; **107** Hansueli Rhyner; **108** NASA; **109** Christian Rixen; **110** Martin Schneebeli; **111** Ingo
Petzold; **112** Marcia Phillips; **113** Tobias Jonas; **114** Marcia Phillips; **115** Okapia/imagebroker/Reinhard Hölzl; **116** Marcia
Phillips; **117** Marcia Phillips; **118** Isla Myers Smith; **119** Christian Rixen

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

Der Primus Verlag ist ein Imprint der WBG
© 2013 by WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt
Die Herausgabe des Werkes wurde durch die Vereinsmitglieder der WBG ermöglicht.

Einbandgestaltung: Jutta Schneider, Frankfurt am Main
Layout und Satz: schreiberVIS, Bickenbach
Konzept und Redaktion: Christine Huovinen, Regine Gamm
Redaktionelle und wissenschaftliche Mitarbeit: Perry Bartelt, Michael Lehning, Birgit Ottmer, Martin Schneebeli, Jürg Schweizer, Julia Wessels
Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier
Printed in Germany
www.primusverlag.de
ISBN: 978-3-86312-054-2

Lizenzausgabe für die WBG, Darmstadt
Einbandgestaltung der WBG-Lizenzausgabe:
Peter Lohse, Heppenheim
Einbandabbildung der WBG-Lizenzausgabe:
Schmelzendes Schneefeld/Krater auf dem Kilimanjaro
Bild © Paul Souders/Corbis
www.wbg-wissenverbindet.de
ISBN 978-3-534-26215-1