

Nationalpark-Forschung in der Schweiz
Band 110

Nationalpark-Forschung in der Schweiz

Herausgegeben von der Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks –
eine Kommission der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT

Recherches scientifiques au Parc National Suisse

Publié par la Commission de recherche du Parc National Suisse –
une Commission de l'Académie suisse des sciences naturelles SCNAT

Ricerca scientifica sul Parco Nazionale Svizzero

Publicato dalla Commissione di ricerca del Parco Nazionale Svizzero –
una Commissione dell'Accademia svizzera di scienze naturali SCNAT

Perscrutaziuns scientificas en il Parc Naziunal Svizzer

Publitgà da la Cumissiun da perscrutaziun dal Parc Naziunal Svizzer –
ina Cumissiun da l'Academia svizra da las ciencias natiralas SCNAT

Scientific Research in the Swiss National Park

Published by the Research Council of the Swiss National Park –
A Council of the Swiss Academy of Sciences SCNAT



Früherer Titel der Reihe (bis Nr. 84):

Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark
(vgl. Verzeichnis der bisher erschienenen Arbeiten am Schluss des Buches)

Stefanie Gubler und Christopher T. Robinson
(Hrsg.)

Alpine Ökosysteme im Schweizerischen Nationalpark

Die Seenplatte Macun

Herausgeberin: Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks, eine Kommission der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)

Bandherausgebende: Stefanie Gubler und Christopher T. Robinson

Begutachtung: Angelika Abderhalden, Noé Balsiger, Stefanie Gubler, Ruedi Haller, Anita Risch, Markus Stoffel, Christoph Vorburger, Sonja Wipf, Stephan Zimmermann

Lektorat: Andrea Weibel (Lektorat Andrea Weibel)

Karten: Christine Rösch, Tamara Estermann, Samuel Wiesmann (Schweizerischer Nationalpark)

Umschlaggestaltung,
Layout und Satz: Die Werkstatt Medien-Produktion GmbH, Göttingen

Zitativorschlag: Gubler, S. & Robinson, C.T. (Hrsg.) (2025) Alpine Ökosysteme im Schweizerischen Nationalpark – die Seenplatte Macun. Nat.park-Forsch. Schweiz 110

Umschlagbild: Übersicht über die Seenplatte Macun mit seinen Blockgletschern und Seen. Foto: Hans Lozza (Schweizerischer Nationalpark)

Bemerkung: Die Verantwortung für die Inhalte der einzelnen Kapitel liegt bei den jeweiligen Autor:innen.

Die Herausgeber:innen und der Verlag danken folgenden Institutionen für ihren Beitrag zur Publikation dieses Buchs: Kiefer Hablitzel Stiftung und Biedermann-Mantel-Stiftung.

Die ganzseitigen Fotos im Buch stammen von der Forschungsdrohne zur Vermessung der Blockgletscher B1 und B3 am 11. November 2024 (97 m über Grund). Die Aufnahmen entstanden bei schönem Spätherbstwetter, fast ohne Schnee, aber mit Seen, die teils von klarem Schwarzeis bedeckt waren.

Fotos: Schweizerischer Nationalpark / Samuel Wiesmann mit Unterstützung durch Parkwächter Not Armon Willy
Bildauswahl und -bearbeitung: Tamara Estermann und Stefanie Gubler

1. Auflage: 2025

ISBN 978-3-258-08422-0 (Print)

FSC-Logo hier
platzieren

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright © Haupt Bern

Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlags ist unzulässig.

Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Weise für das Training von Technologien oder Systemen der künstlichen Intelligenz verwendet oder vervielfältigt werden. Die Verwendung der Inhalte für das Text- und Data-Mining ist untersagt.

Wir drucken mit mineralölfreien Farben und verwenden FSC®-zertifiziertes Papier. FSC® sichert die Nutzung der Wälder gemäß sozialen, ökonomischen und ökologischen Kriterien.

Gedruckt in Slovenien.

Diese Publikation ist in der Deutschen Nationalbibliografie verzeichnet. Mehr Informationen dazu finden Sie unter <http://dnb.dnb.de>.

Der Haupt Verlag wird vom Bundesamt für Kultur für die Jahre 2021–2025 unterstützt.

Haupt Verlag AG
Falkenplatz 14
3012 Bern
SCHWEIZ
herstellung@haupt.ch
www.haupt.ch

Verantwortlich in der EU (GPSR):
Brockhaus Kommissionsgeschäft GmbH
Kreidlerstr. 9
70806 Kornwestheim
DEUTSCHLAND
haupt@brocom.de

Autorinnen und Autoren:

Jogscha Abderhalden, Western Norway University of Applied Sciences, Sogndal, Norwegen
Guido Ackermann, Heiligkreuz (Mels)
Pia Anderwald, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Stephan Bader, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich-Flughafen
Bruno Baur, Universität Basel, Basel
Michael Begert, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich-Flughafen
Simon Bloem, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs Eawag, Dübendorf
Christophe Bornand, InfoFlora, Bern
Niklas Bosch, HYDRA AG, Kreuzlingen
Eliane Demierre, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), Genf
Christian Ebi, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs Eawag, Dübendorf
Stefan Eggenberg, InfoFlora, Bern
Silvia Egler, Zernez
Tamara Estermann, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Julie C. Fahy, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), Genf
Bogdan Favre, Université de Neuchâtel, Neuenburg
Flurin Filli, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Robert Giacometti, Zernez
José D. Gilgado, University of Alcalá, Madrid, Spanien
Andres Grolimund, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs Eawag, Dübendorf
Stefanie Gubler, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, Bern
Ruedi Haller, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
John Hesselschwerdt, HYDRA AG, Kreuzlingen
Lukas Inderbitzin, Amt für Wald und Natur, Schwyz
Hannes Jenny, Zizers
Claire Le Bayon, Université de Neuchâtel, Neuenburg
Brigitte Lods-Crozet, Muséum cantonal des sciences naturelles, Lausanne
Hans Lozza, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Christoph Marty, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos
Jürg Paul Müller, Science & Communication, Bonaduz
Mathis Müller, Pfyn
Beat Oertli, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), Genf
Jérôme Pellet, n+p biologie, Lausanne
Łukasz Peszek, University of Rzeszów, Rzeszów, Polen
Eric Pointner, Rovina & Partner AG, Visp
Peter Rey, HYDRA AG, Kreuzlingen
Christian Rixen, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos
Christopher T. Robinson, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs Eawag, Dübendorf
Christine Rösch, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Hans-Peter Rusterholz, Universität Basel, Basel
Christoph Scheidegger, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
Simon C. Scherrer, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich-Flughafen
Markus Stoffel, Université de Genève, Genf
Pascal Vittoz, Université de Lausanne, Lausanne
Stefanie von Fumetti, Universität Basel, Basel
Christoph Vorburger, Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs Eawag, Dübendorf
Diego Walder, Sezione forestale cantonale, Bellinzona
Wanda Wietlisbach, Université de Lausanne, Lausanne
Samuel Wiesmann, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Not Armon Willy, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Sonja Wipf, Parc Naziunal Svizzer, Zernez
Stephan Zimmermann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf



Lai d'Immez mit Brücke und Schatten der meteorologischen Station (unten, links vom Weg)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	13
Kapitel 1: Das Kar der Seenplatte Macun: eine alpine Landschaft im Schweizerischen Nationalpark	17
<i>Christopher T. Robinson, Stefanie Gubler und Ruedi Haller</i>	
Kapitel 2: Erinnerungen an Macun – vor der Eingliederung des Gebiets in den Schweizerischen Nationalpark	21
<i>Robert Giacometti, Silvia Egler und Andres Grolimund</i>	
2.1 Macun und der Lai dal Dragun	21
2.2 Die Nutzung von Macun vor dem Jahr 2000	22
2.3 Macun als Teil des Schweizerischen Nationalparks	28
Kapitel 3: Das Klima der Seenplatte Macun	31
<i>Stefanie Gubler, Jogscha Abderhalden, Stephan Bader, Michael Begert, Simon Bloem, Christian Ebi, Christoph Marty, Simon C. Scherrer und Samuel Wiesmann (nach Erstautorin alphabetisch aufgeführt)</i>	
3.1 Das Klima des Schweizerischen Nationalparks – eine kurze Übersicht	31
<i>Simon C. Scherrer, Stephan Bader und Stefanie Gubler</i>	
3.2 Von der Parkgründung bis heute: Die klimatische Entwicklung im SNP	32
<i>Stephan Bader, Stefanie Gubler, Michael Begert und Simon C. Scherrer</i>	
3.2.1 Mehr Wärme	32
3.2.2 Die Erwärmung im räumlichen Vergleich	33
3.2.3 Aktuell weniger Niederschlag	34
3.3 Das Klima seit Eingliederung von Macun in den Nationalpark	35
<i>Stefanie Gubler und Simon C. Scherrer</i>	
3.3.1 Ausgeprägter Temperaturanstieg	36
3.3.2 Weniger Niederschlag seit 2010	38
3.4 Wetterbeobachtungen auf der Seenplatte Macun	38
<i>Christian Ebi, Simon Bloem, Stefanie Gubler und Simon C. Scherrer</i>	
3.5 Das Klima auf Macun und Buffalora im Vergleich	41
<i>Stefanie Gubler, Stephan Bader, Michael Begert, Christian Ebi, Simon Bloem und Simon C. Scherrer</i>	
3.5.1 Im Winter vergleichbar – im Sommer auf Macun deutlich kühler	41
3.5.2 Schwächere Tag-Nacht-Schwankungen	44
3.5.3 Vergleichbare Niederschläge	45
3.5.4 Etwas schwächere Globalstrahlung	45
3.5.5 Stärkere Winde und Prägung durch die Topografie	46
3.5.6 Geringerer Luftdruck – gleicher Verlauf	48

3.6 Die Schneedecke auf Macun	48
<i>Christoph Marty, Stefanie Gubler und Simon C. Scherrer</i>	
3.6.1 Schneehöhenverlauf	49
3.6.2 Zeitliche Entwicklung im räumlichen Vergleich	50
3.7 Boden- und Oberflächentemperaturen im Gebiet Macun Chavagliet	51
<i>Jogscha Abderhalden und Samuel Wiesmann</i>	
3.7.1 Temperaturlogger	51
3.7.2 Fernerkundung von Oberflächentemperaturen	52
3.7.3 Verläufe der Boden- und Oberflächentemperaturen	53
3.8 Fazit	55
Kapitel 4: Geologie und Geomorphologie der Seenplatte Macun	59
<i>Markus Stoffel, Lukas Inderbitzin, Eric Pointner, Christine Rösch, Tamara Estermann, Samuel Wiesmann und Hans Lozza</i>	
4.1 Die etwas andere Geologie	59
4.2 Spuren der Eiszeiten und Gletscher	66
4.3 Das Wechselspiel von Frost und Tau	69
4.4 Blockgletscher so weit das Auge reicht	71
4.5 Die Landschaft im Klimawandel – Rückblick und Ausblick	74
Kapitel 5: Ökohydrologie der Oberflächengewässer im Kar auf Macun	77
<i>Christopher T. Robinson, Christian Ebi, Julie C. Fahy, Eliane Demierre und Beat Oertli</i>	
5.1 Alpine Gewässer im Wandel	77
5.2 Langzeit-Monitoring alpiner Gewässer auf Macun	80
5.2.1 Stehende Gewässer (Seen und Weiher)	80
5.2.2 Fliessgewässer	81
5.2.3 Fortlaufendes Monitoring in der Nähe des Abflusses des Lai d'Immez	82
5.3 Wasserchemie und Temperaturveränderungen der Gewässern	82
5.3.1 Stehende Gewässer (Seen und Weiher)	82
5.3.2 Wassertemperatur in den Weihern	83
5.3.3 Fliessgewässer	84
5.3.4 Fortlaufendes Monitoring in der Nähe des Abflusses des Lai d'Immez	86
5.4 Diskussion	89
5.4.1 Seen und Weiher von Macun	89
5.4.2 Fliessgewässer von Macun	89
5.5 Zusammenfassung	91
Kapitel 6: Böden und Vegetation	95
<i>Pascal Vittoz, Claire Le Bayon, Wanda Wietlisbach und Bogdan Favre</i>	
6.1 Kontext und Methoden	95

6.2 Diversität der Pflanzengesellschaften	96
6.2.1 Krummseggenrasen (<i>Caricion curvulae</i>)	96
6.2.2 Kalkarmes Schneetälchen (<i>Salicion herbaceae</i>)	98
6.2.3 Alpine Silikatschuttflur (<i>Androsacion alpinae</i>)	98
6.2.4 Andere Lebensräume	99
6.3 Böden und Humusformen	100
6.3.1 Geringmächtige, wenig differenzierte Böden	100
6.3.2 Wenig entwickelte Böden mit Verlagerungsprozessen	103
6.3.3 Böden mit fortgeschrittener Bodenbildung	103
6.3.4 Böden und ihre funktionalen Zusammenhänge	105
6.4 Verteilung von Böden und Pflanzengesellschaften in der Landschaft	107
6.4.1 Temperatur	108
6.4.2 Wasser	108
6.4.3 Natur und Alter des Substrats	108
6.4.4 Topografie	109
6.5 Fazit	112
Kapitel 7: Quellen	115
<i>Stefanie von Fumetti</i>	
7.1 Einführung in den Lebensraum Quelle	115
7.2 Quellen oberhalb der Waldgrenze	117
7.3 Die Quellen auf der Seenplatte Macun	119
7.4 Quellen auf Macun und in anderen hochalpinen Regionen Graubündens im Vergleich	123
7.5 Ausblick	124
Kapitel 8: Flora und Fauna von Oberflächengewässern	127
<i>Christopher T. Robinson, Niklas Bosch, Eliane Demierre, Julie Fahy, John Hesselschwerdt, Brigitte Lods Crozet, Beat Oertli, Łukasz Peszek und Peter Rey (nach Erstautor alphabetisch aufgeführt)</i>	
8.1 Zooplankton und Diatomeen	127
<i>Łukasz Peszek und Christopher T. Robinson</i>	
8.1.1 Diversität des Zooplanktons in den Macun-Seen	127
8.1.2 Diatomeen (Kieselalgen)	129
8.1.3 Untersuchungen von Diatomeen im Schweizerischen Nationalpark	129
8.1.4 Allgemeine Methoden	130
8.1.5 Resultate	131
8.2 Aquatische Makroinvertebraten	135
<i>Beat Oertli, Eliane Demierre, Julie Fahy, Brigitte Lods-Crozet und Christopher T. Robinson</i>	

8.2.1	Eine zwanzigjährige Bestandsaufnahme der Makroinvertebraten in Seen und Bächen.....	135
8.2.2	51 Taxa in den Seen und Weihern – mehrere bedrohte Arten	138
8.2.3	Makroinvertebraten typisch für Süsswasserökosysteme in höheren Lagen.....	139
8.2.4	Starke Zugehörigkeit der Makroinvertebraten in Fliessgewässern zum Einzugsgebiet.....	139
8.2.5	Vergleich von Makroinvertebraten aus Weihern und Bächen	140
8.2.6	Klimawandel und langfristige Trends in den Makroinvertebratengemeinschaften	141
8.2.7	Ein Fokus auf Chironomiden (Diptera).....	141
8.2.8	Drei neue Arten entdeckt	144
8.2.9	Schutzmassnahmen für die Zukunft.....	147
8.3	Fische.....	147
	<i>Niklas Bosch, John Hesselschwerdt und Peter Rey</i>	
8.3.1	Wie kamen die Fische nach Macun?.....	147
8.3.2	In welchen Seen und Weihern Macuns kommen Fische vor?	148
8.3.3	Die körperliche Verfassung der Fische von Macun	151
8.3.4	Wachstum, Alter und Laichreife	152
8.3.5	Die Nahrung der Fische auf Macun.....	153
8.3.6	Fortpflanzung.....	156
8.3.7	Überlebenskünstler in grosser Höhe.....	157
Kapitel 9:	Flora, Flechten und Fauna der terrestrischen Landschaften	163
	<i>Guido Ackermann, Pia Anderwald, Bruno Baur, Christophe Bornand, Stefan Eggenberg, Flurin Filli, José D. Gilgado, Hannes Jenny, Jürg Paul Müller, Mathis Müller, Jérôme Pellet, Christian Rixen, Hans-Peter Rusterholz, Christoph Scheidegger, Diego Walder, Not Armon Willy, Sonja Wipf und Stephan Zimmermann (Autor:innen alphabetisch geordnet)</i>	
9.1	Der Zwerg von Macun – Verbreitung, Ökologie und Geschichte der glazialen Reliktpflanzenart <i>Ranunculus pygmaeus</i> (Zwerg-Hahnenfuss) auf Macun.....	163
	<i>Sonja Wipf, Christophe Bornand, Stefan Eggenberg, Christian Rixen und Diego Walder</i>	
9.1.1	Einleitung	163
9.1.2	Artbeschreibung, Verbreitung und Habitat	164
9.1.3	Weltweite und lokale genetische Untersuchungen	165
9.1.4	Entdeckung des Zwerg-Hahnenfusses auf Macun	165
9.1.5	Historische Erforschung und Herbarbelege des Zwerg-Hahnenfusses auf Macun	166
9.1.6	Heutige Vorkommen in der Schweiz und Fundorte auf Macun.....	167
9.1.7	Aktuelle und zukünftige Gefährdung.....	168
9.2	Flechten.....	169
	<i>Christoph Scheidegger</i>	
9.2.1	Einleitung	169
9.2.2	Vielfalt der Flechten auf Macun.....	170

9.2.3	Wachstum und Alter von Flechten auf Macun	176
9.3	Bodenlebende Gliedertiere	179
<i>Bruno Baur, José D. Gilgado, Stephan Zimmermann und Hans-Peter Rusterholz</i>		
9.3.1	Die Seenplatte Macun als Lebensraum für bodenlebende Gliedertiere	179
9.3.2	Spezielle Artengemeinschaften auf Macun	181
9.3.3	Besondere Arten auf Macun	183
9.3.4	Fazit	188
9.4	Manche mögen's kalt: die Tagfalter und Widderchen auf Macun	188
<i>Jérôme Pellet</i>		
9.5	Die Vogelwelt der Seenplatte Macun und ihrer Umgebung	191
<i>Mathis Müller, Guido Ackermann und Hannes Jenny</i>		
9.5.1	Avifaunistische Bedeutung der Seenplatte Macun	191
9.5.2	Methodisches	192
9.5.3	Brut- und Gastvogelarten auf der Seenplatte Macun	192
9.5.4	Fazit	203
9.5.5	Ausblick	204
9.6	Säugetiere	205
<i>Pia Anderwald, Jürg Paul Müller, Not Armon Willy und Flurin Filli</i>		
9.6.1	Einleitung	205
9.6.2	Huftiere	205
9.6.3	Schneehase	206
9.6.4	Nagetiere und Insektenfresser	206
9.6.5	Rotfuchs	207
9.6.6	Marder	208
Kapitel 10: Synthese		213
<i>Stefanie Gubler und Christopher T. Robinson</i>		