

2013
Neue Folge Band 70



Mitteilungen

der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

2013

Neue Folge Band 70

Mitteilungen

der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Redaktion
Dr. Thomas Burri
Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern
Bernastrasse 15
3005 Bern

www.ngbe.ch

Zitierweise:
Mitt. Natforsch. Ges. Bern NF 70, Bd., Seiten 1–224, Bern Juni 2013

ISSN 0077-6130

Bezugsquelle:
Dieser Band ist wie alle früher erschienenen Bände zu
Fr. 40.– in der Universitätsbibliothek Bern, Zentralbibliothek,
und im Buchhandel erhältlich

Titelbild:
Fotografische Leckerbissen des Vereinsjahres 2012

Herstellung: **rubmedia** www.rubmedia.ch

sc | nat 

Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) hat den Druck dieser Ausgabe
mit CHF 8000.– unterstützt.

Inhaltsverzeichnis

Editorial	5
Marco Herwegh <i>Jahresbericht des Präsidenten</i>	7
Matthias Haupt <i>Jahresrechnung</i>	13
Die Autoren der diesjährigen Ausgabe	17
Vorträge: 2012 Jahresthema: Luft beflügelt	
Thomas Nägler <i>Der Ursprung und die turbulente Geschichte der Atmosphäre</i>	23
Kathrin Altwegg <i>Forschung im luftleeren Raum</i>	31
Peter Gehr <i>Der Mensch und die heimlichen und unheimlichen Nanopartikel in der Luft – Folgen für die Gesundheit?</i>	37
Niklaus Kämpfer <i>Wasserdampf und Ozon – zwei lebenswichtige Spurengase</i>	41
Hanspeter Graf <i>Von der KVA zu Nabel – Einfluss der Luftemissionen der Industrie auf unsere Luftqualität</i>	45
Ralph Rickli <i>Numerische Wettervorhersage – ein gewaltiger Schatz</i>	49
Marcel Güntert <i>Die Evolution des Fliegens bei Tieren</i>	53
Erwin Flückiger <i>Forschungsstation Jungfraujoch – Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegenen Laboratorium für Umweltwissenschaften</i>	67

Oliver Heiri <i>Methan in Feuchtgebieten – Emissionen in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft</i>	71
Corinne Kämpfer, Nils Hählen <i>Gruebengletscher Guttannen – Spurensuche in Gelände und Archiven zu den Gletscherseeausbrüchen</i>	73
Fabian Rey, Christoph Schwörer, Erika Gobet, Daniele Colombaroli, Jacqueline FN van Leeuwen, Silke Schleiss, Willy Tinner <i>Die Vegetationsgeschichte der letzten 14 000 Jahre am Lauenensee</i>	95
Noëmi Zweifel, Christoph Schwörer, Oliver Heiri <i>14 000 Jahre Klimageschichte am Lauenensee</i>	107
Fabian Wigger, Stefanie von Frumetti <i>Quellen und ihre Lebensgemeinschaften in den Berner Alpen</i>	117
Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern Abteilung Naturförderung <i>Bericht 2012</i>	133
Bernische Botanische Gesellschaft <i>Jahresbericht 2012</i>	199

Editorial

«Für die am Menschen anzustellenden Versuche eignet sich eine Füllung der Röhren mit Wasser besser, als eine solche mit Quecksilber, weil jenes keinen Nachtheil irgend einer Art mit sich führt und überdiess die Ausschläge bedeutend vergrössert.»

Mit «Ausschlägen» sind übrigens nicht Hautrötungen gemeint, welche nach Berührung mit Quecksilber entstehen, sondern die Ausschläge an einem «pneumatischen Messgerät». Interessiert, wie die Geschichte ausgeht? Kein Problem, denn unter

<http://retro.seals.ch/digbib/vollist?UID=mnbn-001&id=home&id2=browse4&id3=>

finden sich neu sämtliche Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern seit 1843, darin auch obiger Text zum Quecksilberversuch! Und zwar in digitaler Form, runterladbar als PDF und als durchsuchbarer Text, nicht nur als schwarz-weiße Pixel.

Spannend zu lesen, an was früher geforscht wurde und spannend auch, dass in den «Mitteilungen» eine Vielzahl an damals hochaktuellen Forschungsbeiträgen publiziert wurde. Und notabene, auch mathematische, physikalische und chemische Aufsätze – Beiträge zu ur-naturwissenschaftlichen Themen also. Heute gibt es die Berner Chemische Gesellschaft, die Albert Einstein Gesellschaft, die Geographische Gesellschaft Bern, die Bernische Botanische Gesellschaft, die Astronomische Gesellschaft Bern, den Entomologischen Verein Bern und wohl noch weitere Gesellschaften. Forschungsergebnisse werden nicht mehr im Rahmen der Naturforschenden Gesellschaften ausgetauscht und diskutiert, sondern eher innerhalb eines Fachbereiches im universitären Alltag. Publiziert wird vornehmlich in internationalen Fachblättern (neudeutsch «journals» genannt) und nicht mehr in den altherwürdigen «Mitteilungen» der Naturforschenden Gesellschaften. Die Unsere ist hier nur ein Beispiel unter vielen.

Wofür stehen also die Mitteilungen heute, im Umfeld von Spezialistentum und «peer reviewed journals»? Der Vorstand hatte diese Frage in den letzten zwei Jahren mehrmals diskutiert. Unverdaute und nicht für eine breite Öffentlichkeit gedachte Resultate aus der Spitzenforschung, so der allgemeine Konsens, gehören wohl nur noch in Ausnahmefällen in die Mitteilungen. Solche Ausnahmen sind beispielsweise die Zusammenfassungen unserer Vorträge zum NGB-Jahresthema, denn diese stellen für ein breites Publikum aufbereitete und in Kürze dargestellte aktuelle Resultate aus der Spitze der Berner Forschung vor (wenn meist auch nicht als Erstpublikation). Der Vorstand ist sich aber einig, dass «Berner Forschung», sprich Forschungsergebnisse von Berner Forschern und Hochschulen oder Forschungsergebnisse mit Bernbezug, auch weiterhin in den Mitteilungen

publiziert werden sollen. Vor allem Jungforscher sollen hierbei angesprochen werden, bieten ihnen die Mitteilungen heute doch eine ideale Plattform, um ihre Forschungsergebnisse einer breiteren Öffentlichkeit vorzustellen. Der Vorstand hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, neben den Beiträgen von «Senior Scientists», jeweils eine Auswahl an Forschungsergebnissen des naturwissenschaftlichen Nachwuchses in den Mitteilungen zu publizieren. Unsere Leser erhalten somit auch einen kleinen Einblick in die breiten Forschungstätigkeiten in unserer Region.

Zum Schluss ein kleiner Wermutstropfen. Die Universitätsbibliothek Bern stellt den Austausch von Publikationen mit anderen Bibliotheken und Institutionen ein. Dies betrifft auch unsere Mitteilungen. Somit gelangen sie nicht mehr in den Austausch und landen auch nicht mehr in den Regalen von Bibliotheken. Wie gross der daraus resultierende Nachteil ist, wird sich zeigen – immerhin sind unsere Mitteilungen ja inzwischen digital erfasst und somit weltweit frei erhältlich. Trotzdem, etwas Gedrucktes in Händen zu halten, ist eben schon etwas anderes als ein langes Stück Binärcode auf einem Server. Viel Spass beim Lesen und Schmökern in unserer diesjährigen, speziell für Sie gedruckten Ausgabe!

Thomas Burri im Mai 2013

Naturforschende Gesellschaft in Bern (NGB)

Jahresbericht 2012

1. Wissenschaftliche Tätigkeit

Wie im Jubiläumsjahr 2011, hatte der NGB-Vorstand sich für 2012 wiederum für ein Jahresthema entschieden, dieses Mal für «Luft beflügelt». Diese Thematik wurde im Rahmen diverser spannender Vorträge und Exkursionen aus verschiedensten naturwissenschaftlichen Blickwinkeln beleuchtet. Das Jahresprogramm wurde an alle Mitglieder wie auch an die Gymnasiallehrer des Kantons Bern versandt.

Im Rahmen des Jahresprogramms 2012 wurden folgende 11 Veranstaltungen angeboten:

<i>Datum</i>	<i>Titel – ReferentIn/FührerIn</i>	<i>Teilnehmende</i>
6.3.2012	<i>Der Ursprung und die turbulente Entwicklung der Atmosphäre</i> PROF. THOMAS NÄGLER, Institut für Geologie, Uni Bern	70
3.4.2012	<i>CO₂: in die Luft oder in den Untergrund?</i> PROF. LARRYN DIAMOND, Institut für Geologie, Uni Bern	40
28.4.2012	<i>Forschung im luftleeren Raum</i> PROF. K. ALTWEGG, Physikalisches Institut, Uni Bern	49
15.5.2012	<i>Der Mensch und die heimlichen und unheimlichen Nanopartikel in der Luft – Folgen für die Gesundheit?</i> PROF. P. GEHR, Institut für Anatomie, Uni Bern	22
12.6.2012	<i>Wasserdampf und Ozon – zwei lebenswichtige Spurengase</i> PROF. NIKLAUS KÄMPFER, Physikalisches Institut, Uni Bern	32
21.8.2012	<i>Von der KVA zu NABEL: Einfluss der Luftemissionen der Industrie auf unsere Luftqualität</i> DR. HANSPETER GRAF, GRAF BERATUNG, Bern	8
11.9.2012	<i>Numerische Wettervorhersage – ein gewaltiger Schatz</i> DR. PHIL. NAT. RALPH RICKLI, Geograph, Gümligen	25
18.9.2012	<i>Stadtbach, Ehgraben und Trinkwasserbrunnen im Mittelalter</i> PD DR. ARMAND BÄRISWYL, Archäologischer Dienst des Kt. Bern	23

23.10.2012	<i>Die Evolution des Fliegens bei Tieren</i> PROF. DR. MARCEL GÜNTERT, Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern	65
10.11.2012	<i>Forschungsstation Jungfrauoch – Atmosphärenfor- schung in Europas höchstgelegenen Laboratorium für Umweltwissenschaften</i> PROF. DR. ERWIN FLÜCKIGER, Physikalisches Institut, Universität Bern Internationale Stiftung HFSJG	30 (60)
27.11.2012	<i>Methan als wichtiges Treibhausgas, Emissionen in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft</i> DR. OLIVER HEIRI, Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Bern	35

Die Vorträge waren durchwegs von sehr hoher Qualität, und jeder Teilnehmer konnte neue interessante Erkenntnisse mit nach Hause nehmen. Das Interesse der Teilnehmenden äusserte sich in regen Diskussionen, wobei die zur Verfügung stehende Diskussionszeit bis kurz vor 21 Uhr im Vortragssaal der Universitätsbibliothek immer ausgenutzt wurde. Die meisten Vorträge waren gut bis sehr gut besucht. Leider gab es auch Ausreisser nach unten, welche aber eher auf zu gute Wetterbedingungen und/oder konkurrenzierende Sportveranstaltungen am TV denn auf das Thema selbst oder gar die Referenten zurückzuführen sein dürften. Besonders erfreulich war der Besuch von gymnasialen Schulklassen, eine Begebenheit, welche die NGB auch in Zukunft gerne weiter fördern möchte. Wir danken den Lehrerinnen und Lehrern für ihre Unterstützung und hoffen auf weiteren Zuspruch bei den Veranstaltungen des NGB-Jahresprogramms 2013. Durch den Besuch von NGB-Veranstaltungen werden den Gymnasiastinnen und Gymnasiasten aktuelle Forschungseinblicke in leicht verdaulicher Form präsentiert. Wir hoffen, dadurch das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu stärken und allenfalls auch bei der Studienwahl eine gewisse Hilfestellung geben zu können.

Nebst den Vorträgen wurden zwei Exkursionen angeboten: Zum Ersten die Wiederholung der Stadtbachexkursion von PD Dr. Armand Bärswyl, welche in Folge Überbuchung im 2011 noch einmal angeboten wurde. Wiederum ist die Exkursion auf ein grosses Interesse gestossen und war ausgebucht. Einer der Höhepunkte des vergangenen Jahres war sicherlich die Exkursion zur Forschungsstation Jungfrauoch. Dem Jahresmotto folgend hat unser Altpräsident Prof. Erwin Flückiger und Team den Interessierten das Leben und die Forschung im Bereich Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegenen Laboratorium für Umweltwissenschaften vorgestellt. Das Interesse war beträchtlich, hatten wir doch 60 Voranmeldungen. Infolge der beschränkten Platzzahl konnte leider nur die Hälfte der Interessierten der Exkursion beiwohnen. Ein Trostpflaster für die abgewiesenen Interessenten bleibt, wird doch in der ersten Hälfte des Jahres 2013 eine Wieder-

holung angeboten. Auf eine erneute Ausschreibung wird verzichtet, die Interessenten auf der Warteliste werden direkt angeschrieben.

Anlässlich der Jahresversammlung 2012 war die NGB zu Gast am Physikalischen Institut der Universität Bern. Professorin Kathrin Altwegg, ihres Zeichens neue Direktorin für das «Center for Space and Habitability» und ihr Team haben faszinierende Einblicke in die «Forschung im luftleeren Raum» übermittelt. Einen eindrücklichen Vortrag zu dieser Thematik folgte ein exklusiver Rundgang durch die Forschungslabors. Danach wurde im Hörsaal die NGB-Jahresversammlung 2012 abgehalten. Bei einem gemeinsamen Mittagessen im Restaurant Casa d'Italia fand die Veranstaltung einen gemütlichen Ausklang.

Im Namen des NGB-Vorstandes möchte ich allen Referenten und Referentinnen als auch den Führern und Führerinnen für ihren Einsatz, aber auch allen NGB-Mitgliedern für ihre Teilnahme bei unseren Veranstaltungen danken.

Unser NGB-Vorstandsmitglied Michael Helfer hat auch im vergangenen Jahr wiederum die zahlreichen naturwissenschaftlichen Vorträge auf dem Platz Bern im NGB-Veranstaltungskalender zusammengetragen und unseren Mitgliedern per Post zugestellt. Hierbei wurde auf 60 Veranstaltungen aufmerksam gemacht. Beachten Sie, dass sich diese Veranstaltungen auch auf unserer von Robert Weingart verwalteter Homepage unter dem Stichwort «Fachschaften» finden lassen.

2. Publikationen

Der Band 69 der Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern wurde als Jubiläumsband anlässlich des 225-jährigen Bestehens der NGB im Jahr 2011 ausgerichtet. Der Vorstand hat zusammen mit unserem neuen Redaktor, Dr. Thomas Burri, diverse Neuerungen eingebracht. So wurden beispielsweise Zusammenfassungen der verschiedenen Vorträge und Exkursionen des Jubiläumsjahrs zum Thema «Wasser bewegt» ebenso vorgestellt, wie Kurzporträts der verschiedenen Referenten. Ausserdem hat eine Aufarbeitung von 225 Jahren NGB durch den NGB-Präsidenten Eingang in den Mitteilungsband gefunden. Der Band 69 beinhaltet folgende Beiträge:

- Jahresbericht 2011 der NGB
MARCO HERWEGH
- 225 Jahre Naturforschende Gesellschaft in Bern
MARCO HERWEGH
- Zusammenfassungen der Vorträge:
 - *Faszinierende Fische: Biologie, Bedeutung und Zukunft*
PATRICIA HOLM
 - *Dürre oder Flut? Was erwartet uns mit der Klimaerwärmung?*
RETO KNUTI

- *Hormonaktive Substanzen in Schweizer Abwasser und Gewässern*
CORNELIA KIENTLE, PETRA KUNZ, ETIENNE VERMEIRSEN, ROBERT KASE, ANDREAS JORDI,
ANKE SCHÄFER, INGE WERNER
- *Klimabotschaften aus dem ewigen Eis*
HUBERTUS FISCHER
- *Flussrenaturierung und Grundwassernutzung: Konfliktpotential am Beispiel
der Aare zwischen Thun und Bern*
JEAN-PIERRE CLÉMENT
- *Geothermie, ein weiterer Bodenschatz des Kantons Bern*
MARKUS HÄRING
- *Hochwasserschutz und Flussrenaturierung Gürbe im Raum Belpmoos*
MONIKA FREY, MANUEL ZANO, ADRIAN FAHRNI
- Exkursionsbericht
 - *Sodbrunnen – Stadtbach – Gewerbekanal*
ARMAND BÄRISWYL
 - *An «heiligen Wassern»*
LAUDO ALBRECHT
- Das Hechtenloch auf dem Weg zur Pfeifengraswiese
C. MEIER, M.O. ROSSET, B.O. KRÜSI
- Jahresbericht 2011 des Amts für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern,
Abteilung Naturförderung
- Jahresbericht 2011 der Bernischen Botanischen Gesellschaft
- Rechnungsabschluss 2011 der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
- Die Autoren der diesjährigen Ausgabe

Die NGB möchte sich bei allen Autoren und Autorinnen, wie auch bei unserem Redaktor für ihre Beiträge und den Einsatz herzlich bedanken.

3. Mitgliedschaft

Mitgliederbestand per 31.12.2012: 339 (Vorjahr 306)

Mitgliederbeiträge: Fr. 40.– (Normalmitglieder), Fr. 15.– (Jungmitglieder),
Fr. 80.– (Korporationsmitglieder). Alle unverändert.

Alle Mitglieder erhielten das NGB-Jahresprogramm 2012 in doppelter Ausführung, den Veranstaltungskalender für die drei Publikationsperioden sowie den Mitteilungsband 69 zugestellt.

4. Subventionen / Unterstützungen

Auch im vergangenen Jahr durfte die NGB als Mitglied der Plattform Naturwissenschaften und Region NWR von der Scnat finanzielle Unterstützung sowohl für

die Druckkosten der Mitteilungen als auch für das Ausrichten von Exkursionen entgegennehmen. Die in Aussicht gestellte Summe beträgt für das Jahr 2012 Fr. 9000.–. Die NGB bedankt sich bei der Scnat für diesen wichtigen finanziellen Beitrag.

5. Vorstandstätigkeiten

Im Jahr 2012 fanden zwei ordentliche Vorstandssitzungen am 19.3 und 29.10.2012 statt.

Die beiden Vorstandssitzungen behandelten das Tagesgeschäft der NGB, sprich die Organisation und den Rückblick der einzelnen Veranstaltungen, die Publikationsorgane (Mitteilungsband, Homepage, Veranstaltungskalender), als auch die finanziellen Aspekte der Gesellschaft. Als Neuerung zu vergangenen Jahren hat nun jede NGB-Veranstaltung einen Paten oder eine Patin aus dem Vorstand. Durch diese Führungsperson wird die Hintergrundorganisation der Veranstaltung ausgeführt (z.B. Reservationen, Informationen, Betreuung der Referenten, Vorstellen der Referenten und Leiten der Diskussion, Erstellen eines Resumés der Veranstaltung zu Händen der Vorstandsmitglieder).

Die erste Vorstandssitzung stand ausserdem im Zeichen der Planung für die Jahresversammlung 2012. Prof. Willy Tinner vom Botanischen Institut konnte als Nachfolger von Dr. Daniel Moser für den Fachbereich Botanik als auch als Vertreter des Oeschger-Zentrums gefunden werden. Die anwesenden Mitglieder haben ihn an der Jahresversammlung einstimmig gewählt. Der Vorstand dankt Daniel Moser für seine langjährige Mitgliedschaft im NGB-Vorstand und wünscht Willy Tinner alles Gute für seine Vorstandstätigkeiten.

Diese konnte er gleich an der zweiten Vorstandssitzung wahrnehmen, war diese doch zu einem Grossteil der Organisation des Jahresprogramms 2013 gewidmet. Es wurde das Leitthema «Faszination Feuer» gewählt und entsprechende Veranstaltungen wurden eruiert. Der Vorstand der NGB freut sich, den NGB-Mitgliedern im Jahr 2013 wiederum einen breitgefächerten Mix, bestehend aus spannenden Vorträgen und Exkursionen, anbieten zu dürfen. Wir hoffen, dass unser Programm auf grosses Interesse stösst und mit guten Besucherzahlen auffährt. Das äusserst ansprechende Layout des diesjährigen Programms wurde von Irène Herwegh erstellt. Der Vorstand bedankt sich herzlich für diese tolle Arbeit.

Der Präsident hat die NGB an der jährlichen Konferenz der Präsidentinnen und Präsidenten der Plattform NWR der Scnat (31.5.2012), an der BOGA-Neophyten-Veranstaltung (6.2012), an der Scnat-Jahresversammlung in Interlaken zum Leitthema «100-Jahre Grönlanddurchquerung von Albert de Quervain» (25.10.2012), als auch am Swiss Geoscience Meeting in Bern (16.-17.11.2012) vertreten.

Rückblickend auf das Jahr 2012 dürfen wir mit dem Geleisteten sehr zufrieden sein. Dies beweisen die gut besuchten Vorträge wie auch die steigenden Mitglie-

derzahlen. Ich möchte an dieser Stelle meinen Vorstandskolleginnen und -kollegen für ihren grossen Einsatz und die tolle Zusammenarbeit ganz herzlich danken und freue mich auf weitere gemeinsame Taten im NGB-Jahr 2013.

6. Zusammensetzung des Vorstands

Präsident	Prof. Marco Herwegh, Erdwissenschaften
Vizepräsident	Prof. Günter Baars, Chemie, Gymnasium/Bildungsmedien
1. Sekretärin	Dr. Ursula Menkveld, Nat.-hist. Museum Bern
2. Sekretärin	Dr. Eva Knop, Biologie
Kassier	Matthias Haupt, Haupt Verlag
Redaktor	Dr. Thomas Burri, Nat.-hist. Museum Bern
Archivar	Michael Helfer, Universitätsbibliothek Bern
Beisitzer/in	Christine Keller, Gymnasium Hofwil
	Prof. Erwin Flückiger, Physik
	Prof. Robert Weingart, Physiologie
	Prof. Willy Tinner, Biologie
	Dr. Robert Brügger, Geographie

7. Kontrollstelle

Frau Marianne Del Vesco
Frau Franziska Nyffenegger

Naturforschende Gesellschaft in Bern

Rechnungsabschluss 31. Dezember 2012

1. Betriebsrechnung

Einnahmen		Einnahmen		Ausgaben	
		2012	2011	2012	2011
1. Beiträge und Zuwendungen					
1.1. Mitgliederbeiträge	13'255.00				
1.2. Freiwillige Beiträge	780.40				
1.3. Spenden	0.00	14'035.40	12'910.00		
2. Erlös aus Verkäufen					
2.1. Mitteilungen	450.05				
2.2. Veranstaltungskalender	400.00	850.05	430.00		
3. Mitteilungen der NGB					
3.1. Beitrag der SCNAT	9'000.00				
3.2. Weitere Beiträge	15'808.00	24'808.00	23'297.00		
4. Verschiedene Einnahmen		100.00	0.00		
5. Einnahmen Exkursionen		1'245.00	1'390.00		
7. Zinsen		39.20	83.65		
8. Entnahme aus Fonds (Jubiläumsband 69)		8'500.00	0.00		
Ausgaben					
1. Mitteilungen der NGB					
1.1. Herstellungskosten				32'475.10	25'297.00
2. Vorträge, Tagungen, Exkursionen				4'572.10	6'099.60
3. Beiträge					
3.1. SCNAT	612.00				
3.2. Andere Gesellschaften	1'070.00			1'682.00	630.00
4. Informationen					
4.1. Veranstaltungskalender				3'130.90	1'879.20
6. Administration					
6.1. Gebühren	103.50				
6.2. Büromaterial, Tel., Porti	3'309.55				
6.3. Drucksachen	1'820.90			5'233.95	3'875.60
7. Werbung				50.00	2'060.25
8. Verschiedenes				1'837.00	34.00
9. Vorstandskosten				270.00	1'325.25
10. Einlage in Fonds					0.00
Gewinn/Verlust				326.60	-3'090.25
		49'577.65	38'110.65	49'577.65	38'110.65

2. Bilanz

	Aktiven		Passiven	
	2012	2011	2012	2011
1. Postcheck 30-1546-4	13'140.71	11'619.16		
2. Postcheck E-Deposito 92-331142-7	28.40	1'273.35		
3. Aktive Rechnungsabgrenzung	9'000.00	9000.00		
4. Debitoren	—.—	—.—		
5. Verrechnungssteuerguthaben	—.—	—.—		
6. Kreditoren			—.—	—.—
7. Passive Rechnungsabgrenzung			20.10	70.10
8. Eigenkapital			22'149.01	21'822.41
	<u>22'169.11</u>	<u>21'892.51</u>	<u>22'169.11</u>	<u>21'892.51</u>

3. Fondsrechnungen

		Aktiven 2012	Passiven 2012
1. Wertschriften		152'000.00	
2. Valiant Bank Bern Universalkonto		45'324.80	
3. Postcheck 30-1546-4		2'625.00	
4. Verrechnungssteuerguthaben		1'124.10	
5. Publikationsfonds			
Bestand 1.1.2012	66'696.91		
Entnahme für Jubiläumsband 69	−8'500.00		
Überschuss 2012	<u>887.95</u>		59'084.86
6. Vortragsfonds			
Bestand 1.1.2012	22'546.81		
Neuanlagen/Entnahme	0.00		
Überschuss 2012	<u>344.00</u>		22'890.81
7. La Nicca-Naturschutzfonds			
Bestand 1.1.2012	46'105.01		
Neuanlagen/Entnahme	0.00		
Überschuss 2012	<u>703.45</u>		46'808.46
8. De Giacomi-Fonds			
Bestand 1.1.2012	29'790.51		
Neuanlagen/Entnahme	0.00		
Überschuss 2012	<u>454.50</u>		30'245.01
9. Wyss-Fonds			
Bestand 1.1.2012	43'287.91		
Entnahme für Projekt Bernclim	−1'875.00		
Überschuss 2012	<u>631.85</u>		42'044.76
		<u>201'073.90</u>	<u>201'073.90</u>

4. Bericht der Rechnungsrevisorinnen

Die unterzeichnenden Rechnungsrevisorinnen haben die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Bern für die Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 2012, bestehend aus

- der Betriebsrechnung 2012
- der Bilanz per 31. Dezember 2012
- den Fondsrechnungen 2012
(Publikationsfonds, Vortragsfonds, La Nicca-Naturschutzfonds, De Giacomi-Fonds, Wyss-Fonds)

geprüft und für richtig befunden.

Die Betriebsrechnung schliesst mit einem Ausgabenüberschuss von Fr. 326.60 ab.

Die Bilanz weist ein Eigenkapital von Fr. 22'149.01 aus.

Das Vermögen der Naturforschenden Gesellschaft (einschliesslich der Fonds) ist in Wertschriften und auf Bank- und Postcheckkonti ausgewiesen.

Das Vermögen der zweckgebundenen Fonds beträgt:

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| – Publikationsfonds | Fr. 59'084.86 |
| – Vortragsfonds | Fr. 22'890.81 |
| – La Nicca-Naturschutzfonds | Fr. 46'808.46 |
| – De Giacomi-Fonds | Fr. 30'245.01 |
| – Wyss-Fonds | Fr. 42'044.76 |

Das Rechnungswesen ist sauber und übersichtlich geführt.

Die Rechnungsrevisorinnen beantragen der Hauptversammlung

- die Rechnung für das Geschäftsjahr 2012 zu genehmigen
- dem Kassier für seine Arbeit herzlich zu danken
- Kassier und Vorstand zu entlasten
- den Mitgliederbeitrag für 2013 auf Fr. 40.00 bzw. Fr. 15.00 (Jungmitglieder) bzw. Fr. 80.00 (Korporationsmitglieder) zu belassen.

Bern, 27. März 2013

Die Rechnungsrevisorinnen

Marianne Del Vesco

Franziska Nyffenegger



Die Autoren der diesjährigen Ausgabe



Prof. THOMAS NÄGLER promovierte 1990 an der ETH Zürich in der Isotopengeologie, nach dem Studium der Geologie an den Universitäten Würzburg (D) und Caen (F). Danach folgte ein Forschungsaufenthalt am ‚Centre de Geochimie de la Surface‘ (Strasbourg, F). Seit 1992 forscht und lehrt er an der Universität Bern, mit temporären Lehraufträgen an den Universitäten Fribourg und Basel. Seit 2008 ist er Assoziierter Professor am Institut für Geologie. Ein Schwerpunkt seiner Forschung der letzten Jahre ist das Studium der Atmosphärenentwicklung in der frühen Erdgeschichte mit Hilfe isotopengeochemischer Methoden.



KATHRIN ALTWEGG studierte Experimentalphysik an der Universität Basel, wo sie 1981 mit einem Doktorat in Festkörperphysik abschloss. Nach der Dissertation verbrachte sie einige Jahre in den USA auf dem Gebiet der physikalischen Chemie, bevor sie an der Universität Bern sich aktiv an der Entwicklung des Ionenmassenspektrometers auf der Raumsonde Giotto zum Kometen Halley beteiligte. Seit 1996 arbeitet sie zuerst als Projektmanager, später als Principal Investigator am ROSINA Instrument auf der Rosetta Sonde. Seit 2001 ist sie assoziierte Professorin in der Abteilung Weltraumforschung und Planetologie an der Universität Bern.



PETER GEHR war von 1988 bis 2010 Professor und Leiter der Abteilung für Histologie, ab 2003 auch geschäftsführender Direktor des Instituts für Anatomie. Während seiner Zeit am Institut beschäftigte er sich in der Forschung mit Struktur-Funktionsbeziehungen der Lunge und Partikel-Lungeninteraktionen. Über seine Emeritierung hinaus ist er Präsident der Leitungsgruppe des NFP 64 (Nationales Forschungsprogramm 64) „Chancen und Risiken von Nanomaterialien“ des SNF (Schweizerischer Nationalfonds), Präsident von Gen Suisse, Mitglied der EKL (Eidg. Kommission für Lufthygiene) und Consultant des BAG (Bundesamt für Gesundheit).



NIKLAUS KÄMPFER studierte Physik und Astronomie an der Universität Bern, wo er 1983 mit einem Doktorat in Sonnenphysik abschloss. Nach der Dissertation änderte er seine Forschungsrichtung und spezialisierte sich in Mikrowellen-Fernerkundung der Atmosphäre. Es folgten mehrere Jahre in denen N.K. verantwortlich war für den Bau eines Empfängers für ein Space Shuttle Projekt zur Erforschung der Ozonschicht. Diese Periode war verbunden mit zahlreichen Aufenthalten im Ausland. Ab 1988 wurde er Leiter einer Forschungsgruppe in Atmosphärenphysik am IAP. Dabei stand im Zentrum die Entwicklung neuer Instrumente zur Messung von Spurengasen in der mittleren Atmosphäre und deren Einsatz vom Boden und von einem Flugzeug aus. Seit 1994 ist er Professor für angewandte Physik an der Uni Bern



HANSPETER GRAF studierte Physik an der Universität Bern, wo er 1971 auch promovierte. Danach folgte ein zweijährigen Auslandsaufenthalt in St. Louis MO (USA). Von 1974 - 1985 arbeitete er als Zentraler Umweltschutzbeauftragter der Von Roll AG, danach übernahm er die Gesamtleitung der von ihm gegründeten Dr. Graf AG und der etwas später übernommenen RisCare AG (Beratung für Umweltschutz, Energie und Risikomanagement). Während acht Jahren übernahm er bis 2002 die Leitung des Nachdiplomstudiums Umwelt an der Berner Fachhochschule. Zudem war er während mehreren Jahren festangestellter Auditor bei der Schweizerischen Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) und war Vorsitzender und Mitglied in verschiedenen Kommissionen des betrieblichen Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit.



RALPH RICKLI studierte an der Universität Bern Geographie mit Vertiefung in Klimatologie und synoptischer Meteorologie. Nach Abschluss des Studiums erteilte er Geographieunterricht an den Feusi Schulen in Bern. Zwischen 1987 und 2011 arbeitete er bei Meteotest in den Fachbereichen Luftreinhaltung und Wettervorhersage. Seit 2012 ist er als Meteoexperte im Stromhandel tätig.



MARCEL GÜNTERT studierte Biologie an der Universität Zürich, wo er 1980 mit einem Doktorat in Zoologie abschloss. Nach einem Post-Doc-Aufenthalt an der Northern Arizona University in Flagstaff war er als Oberassistent am Zoologischen Museum der Uni Zürich tätig, bis er 1985 zum Direktor des Naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern gewählt wurde. In dieser Funktion wirkte er bis zu seiner Pensionierung im Mai 2011. Ab 1988 hatte er einen Lehrauftrag am Institut für Ökologie und Evolution der Universität Bern, 1994 wurde er zum Honorarprofessor für Biologie der Wirbeltiere ernannt. Als ehrenamtlicher Mitarbeiter ist er weiterhin mit dem Naturhistorischen Museum Bern verbunden.



OLIVER HEIRI studierte Biologie an der ETH Zürich. Für seine Dissertation wechselte er an die Universität Bern wo er sich mit der Rekonstruktion vergangener Klimaschwankungen anhand von Insektenfossilien beschäftigte. 2001 verbrachte er ein Jahr an der Universität Bergen, Norwegen, bevor er an die Universität Utrecht wechselte, wo er bis 2010 tätig war. Seit 2010 ist er zurück in Bern und leitet die Gruppe Aquatische Paläoökologie am Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger Zentrum für Klimaforschung und seit 2012 ist er Assistenzprofessor an der Universität Bern. Momentan beschäftigt sich Oliver Heiri im Rahmen eines Projektes des europäischen Forschungsrats (ERC) mit der Entwicklung von neuen Methoden zur Rekonstruktion vergangener Methankonzentrationen und – emissionen von Seen.



CORINNE KÄMPFER absolvierte an der Universität Bern einen Bachelor in Geographie und schloss 2012 mit einem Master in Geologie mit Vertiefung auf dem Gebiet der Quartärgeologie ab. Nach einem Praktikum in einem Ingenieurgeologiebüro und bei der Geotest AG wird sie ab Juli 2013 bei der Geotest AG als Geologin im Bereich Naturgefahren arbeiten.



NILS HÄHLEN studierte an der ETH Zürich Forstwissenschaften mit Vertiefung Naturgefahren. Nach drei Jahren Tätigkeit in einem privaten Naturgefahrenbüro in St.Gallen, arbeitet er seit 2006 als Wasserbauingenieur beim Tiefbauamt des Kantons Bern, wo er für den Hochwasserschutz im Gebiet Oberhasli zuständig ist. Er ist Präsident der Fachleute Naturgefahren Schweiz und Mitglied der Kommission Hochwasserschutz des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.



FABIAN REY studierte Geowissenschaften an der Universität Basel und Klimawissenschaften an der Universität Bern. Während seines Studiums machte er mehrere Praktika auf der naturwissenschaftlichen Forschungsstation in Abisko (Lappland, Schweden). Seit Februar 2013 arbeitet er dort als Forschungsassistent. Zu seinen Aufgaben gehören unter anderem die Aufbereitung der 100-jährigen Klimareihe vor Ort, die Kontrolle mehrerer Wetterstationen in Stordalen (Palsa-Moor, rund 10 km von Abisko entfernt) und diverse Feldarbeiten. Im Herbst 2013 wird er voraussichtlich ein Doktorat in Paläoökologie an der Universität Bern beginnen.



NOËMI ZWEIFEL absolvierte an der Universität Bern den Bachelor in Biologie mit Schwerpunkt Ökologie und Evolution und anschliessend den Master in Klimawissenschaften, den sie im Herbst 2012 abschloss. Sie hat sich während ihrer Masterarbeit unter anderem mit der Rekonstruktion von Klimaparametern durch die Analyse von Chironomidenlarven in Seesedimenten beschäftigt. Seit Dezember 2012 arbeitet sie als Assistentin am Institut für Pflanzenwissenschaften an der Universität Bern. Zu ihren Aufgaben gehört unter anderem die Dokumentation von subfossilen Chironomiden in neolithischen Sedimenten des Zürichsees.



FABIAN WIGGER studierte Umweltgeowissenschaften und Biogeografie an der Universität Basel. Dabei spielte Wasser und Quellen in den Alpen schon sehr bald eine zentrale Rolle. Die Abschlussarbeit befasste sich daher auch mit alpinen Quellen und deren Erforschung im Berner Oberland. Nach dem Studium absolvierte er das Lehramt in Geografie und unterrichtet seit 3 Jahren Teilzeit an einer Sekundarschule. Daneben verfolgt er das Thema Quellen in Form einer Doktorarbeit an der Universität Basel weiter. Dabei sollen Quellen entlang eines Höhengradienten untersucht werden. Wichtig ist es ihm zudem, die Bevölkerung für die Schönheit und Faszination von Quellen zu begeistern und für den Schutz von naturnahen Quellen zu sensibilisieren.



CORINNE BLUM begann nach der Matura im Jahre 2007 mit dem Studium der Geographie und der Erdwissenschaften an der Universität Bern. Als Bachelorarbeit gestaltete sie einen geomorphologischen und hydrologischen Exkursionsführer über das Bütschital bei Adelboden. Ihr Masterstudium absolvierte sie am geologischen Institut der Universität Bern mit Schwerpunkt Quartärgeologie. Im Rahmen ihrer Masterarbeit hat Corinne Blum ein Geotop-Inventar für die Abteilung Naturförderung des Kantons Bern erstellt. Aktuell ist sie Hochschulpraktikantin bei der Geologischen Informationsstelle der swisstopo.



THOMAS NÄGLER¹

Ursprung und turbulente Geschichte der Atmosphäre

Zusammenfassung des Vortrags vom 6. März 2012

Unsere Luft, das lernen wir schon in der Schule, besteht aus 78% Stickstoff (N_2), 21% Sauerstoff (O_2), etwa 1% Edelgasen, dazu aus Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid (CO_2) und anderen Gasen in sehr kleinen Konzentrationen.

Dass der CO_2 -Gehalt (zurzeit 0,04%) zunimmt, ist wohl – neben dem Wetterbericht – das Hauptthema aus dem Bereich Atmosphäre, von dem wir regelmässig hören. Es geht dabei um die Gegenwart und – geologisch gesprochen – um die allerjüngste Vergangenheit der Atmosphäre und um das Klima der nahen Zukunft. Aber ganz abgesehen von dieser aktuellen Entwicklung ist die Erdatmosphäre grundsätzlich einzigartig in unserem Sonnensystem. War das von Anfang an so oder gab es in der Geschichte der Atmosphäre eine stetige Entwicklung oder gar dramatische Änderungen? Woher kommt der freie Sauerstoff (O_2) in unserer Atmosphäre, der in den Atmosphären unserer Nachbarplaneten fast vollständig fehlt?

Die sowohl hoch-modernen wie auch hoch-komplexen Methoden der Erforschung der Atmosphären-Geschichte sollen hier nicht Thema sein. Im Blickpunkt stehen die Meilensteine der Atmosphärenentwicklung und ihre direkten Spuren, die man in den Gesteinen finden kann. Daher gebe ich häufig «ca.»-Werte an und habe die Angabe von Literatur und die Diskussion von Hypothesen, die nur von wenigen Wissenschaftlern unterstützt werden, auf ein Minimum beschränkt.

Unser Sonnensystem hat sich vor ca. 4,56 Milliarden Jahren durch die Zusammenballung von Überresten (Staubwolke) einer Supernova (Sternenexplosion) gebildet. Dieses Material enthielt schon alle Elemente, die heute in den Planeten vorhanden sind. Bei der Bildung der Planeten entstanden durch Aufheizung und Entgasung der flüchtigen Bestandteile Gashüllen, also Atmosphären.

Die unterschiedlichen Atmosphärendrücke von Venus (= 93 bar) und Mars (= 0,006 bar, d.h. 0,006 Mal so viel wie auf der Erde) machen deutlich, dass ein direkter Vergleich dieser Atmosphären mit derjenigen der Erde schwierig wird. Es fällt aber auf, dass 1. fast kein Sauerstoff vorhanden ist (Venus = 0,0001%, Mars = 1,6%) und dass 2. das dominante Gas Kohlendioxid (Venus 97%, Mars = 95%) und nicht Stickstoff ist, wie auf der Erde.

¹ Prof. Dr. Thomas Nägler, Institut für Geologie, Universität Bern

Schon vor rund 4,5 Milliarden Jahren erfuhr aber die Proto-Erde eine besondere Wende: Nach dem heutigen Stand des Wissens ist der Mond aus einer Kollision der Proto-Erde mit einem anderen Körper von der Grösse des Mars entstanden. Bei dieser Kollision entstanden gewaltige Temperaturen, die dazu führten, dass die wahrscheinlich bereits vorhandene erste Atmosphäre aus dem Gravitationsfeld der Erde entwich.

Über diese erste Atmosphäre können wir daher wenig Aussagen machen. Wenn ich später von früher Erdatmosphäre schreibe, bezieht sich das also immer schon auf die zweite. Diese bildete sich erst nach der Kollision und Mondbildung durch weitere Entgasung der Erde (Vulkanismus). Dabei ist zu beachten, dass etwa 10% der heutigen Erdmasse erst nach der Bildung des Mondes durch Meteoriteneinschläge dazugekommen sind. Die grösste Klasse von Meteoriten, die sogenannten Chondriten, besitzen einen Anteil an flüchtigen Substanzen wie Wasser, Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen. Die Aufschmelzung des meteoritischen Materials setzte diese flüchtigen Substanzen frei. Massenbilanzrechnungen zeigen, dass die relativen Häufigkeiten der flüchtigen Bestandteile der Erde (sie finden sich v.a. in der Atmosphäre, Hydrosphäre und als CO_2 in Karbonatgesteinen, siehe unten) im Wesentlichen denen der Chondriten gleich sind. Aufgrund der Mengenverhältnisse der flüchtigen Substanzen zu metallischem (nicht oxidiertem) Eisen und Kohlenwasserstoffen («Teer», reduzierter Kohlenstoff) in den Chondriten müssen die austretenden Gase, und damit die frühe Erd-Atmosphäre, stark reduzierend gewesen sein, das heisst, ganz ohne freien Sauerstoff. Letzterer würde sofort an Kohlenstoff und Eisen gebunden (Oxidation). Als Hauptbestandteile kommen Methan (CH_4), Kohlen-monoxid und -dioxid (CO , CO_2), Stickstoff (N_2), Ammoniak (NH_3) und Wasserstoff (H_2) in Frage. Die genaue Zusammensetzung ist aber nicht eindeutig geklärt. Zum Teil können auch Kometeneinschläge zur Bildung der Erdatmosphäre beigetragen haben. Kometen bestehen vorwiegend aus Wassereis, Trockeneis (CO_2), CO-Eis und Methan.

Aus den ersten ca. 500 Millionen Jahren der Erde sind keine Gesteine erhalten und damit auch keine Spuren, die direkt Rückschlüsse auf die Atmosphäre zuliesse. Die ältesten noch vorhandenen Gesteine haben ihren Ursprung bei ca. 4 Milliarden Jahren. Welche Spuren der Atmosphäre können wir in Milliarden Jahre alten Gesteinen zu finden hoffen? Bei dieser Frage geht es uns heute ähnlich wie bei der Erforschung des Mars: Wir müssen nach Spuren flüssigen Wassers suchen. Zum einen ist flüssiges Wasser eine Grundbedingung für (späteres) Leben. Aber schon rein physikalisch birgt sein Auftreten (eine) wichtige Information: Wasser kann nur in einem eingeschränkten Bereich von Druck und Temperatur flüssig sein. Bei einem Druck von einem bar ist bekanntlich Wasser flüssig von 0–100 °C. Bei 86 bar (etwas weniger als auf der Venus) ist Wasser bis 300 °C flüssig. Der Schmelzpunkt von Eis ist aber nur minim unter Null, also fast gleichbleibend.

Spuren von flüssigem Wasser finden wir schon in Gesteinen der jungen Erde: So gibt es schon sehr früh Konglomerate, also Sedimentgesteine, die zum grossen Teil aus gerundeten Komponenten (Kies/Geröll) bestehen. Diese sind durch den

Transport der Gesteinsbruchstücke im Wasser (Fluss/Brandung) entstanden. Konglomerate, die älter als 3,2 Milliarden Jahre sind, findet man zum Beispiel in den Sedimenten des Barberton-Grünsteingürtels (Südafrika). Die Konglomerate des Isua Grünsteingürtels (Grönland) sind gar 3,7 Milliarden Jahren alt (FEDO et al., 2001). Als Randnotiz sei vermerkt, dass erst vor Kurzem ein Foto eines gerundeten Gesteinsbrockens, aufgenommen auf dem Mars, genau aus diesem Zusammenhang heraus für grosses Aufsehen gesorgt hat. (www.nasa.gov/mission_pages/msl/multimedia/pia16156.html). Des Weiteren gibt es in den Grünsteingürteln vulkanische Gesteine, deren Erscheinungsform auf flüssiges Wasser schliessen lassen: Basaltströme, die als Kissenlaven (pillow basalt) abgelagert sind (*Abb. 1*). Diese spezielle Form entsteht auch heute (*Abb. 2*), etwa auf Hawaii oder Samoa, wenn eine Lava sich in Wasser ergiesst, der Strom durch die schnelle Abkühlung zerreißt und die entstehenden «Kissen» noch etwas weiterrollen, bevor sie fest werden. Im Innern des Kissens kühlt die Lava wesentlich langsamer ab. Kissenlaven gelten daher als sicheres Indiz für subaquatischen Vulkanismus.

Soweit wäre dann ja schon alles fast «wie heute», d.h. Temperaturen im Bereich, in dem flüssiges Wasser vorkommt. Die Sache hat aber einen entscheidenden



Abbildung 1: ca. 3,4 Milliarden Jahre alte Kissenlava (Pillow Basalt), Barberton-Grünsteingürtel (Südafrika). Rot gefärbt durch Verwitterung. Kissenlava entsteht subaquatisch durch schnelle Abkühlung der Oberflächen der noch fliessenden Lava (siehe *Abbildung 2*). Kissenlaven gelten daher als sicheres Indiz für subaquatischen Vulkanismus, und somit für Wasser.



Abbildung 2: Beispiel einer modernen (rezenten) Kissenlava, (West Mata, Samoa). Die Risse in der durch das Wasser schockgeköhlten Oberfläche der Kissen erlauben einen Blick auf die noch glühend heisse Lava im Inneren.

Mit freundlicher Genehmigung von NSF (National Science Foundation) und NOAA (National Oceanic and atmospheric administration).

Haken: Aus der Astrophysik wissen wir, dass unsere Sonne vor 4,5 Milliarden Jahren ca. 30% weniger Energie zur Erde gesandt hat (SAGAN & MULLEN, 1972). Wären also die Umweltbedingungen wie heute gewesen, sollte bei diesem enormen Energiedefizit die ganze Erde überfrozen gewesen sein – flüssiges Wasser wäre ein Ding der Unmöglichkeit gewesen. Was hat also die Erde vor dieser Eiskatrophe bewahrt, wie wurde flüssiges Wasser ermöglicht?

Wenn wir davon ausgehen, dass die frühe Atmosphäre reduzierend war und vor allem Kohlenstoffverbindungen enthielt, dann muss es einen gewaltigen Treibhauseffekt gegeben haben. Modellrechnungen zeigen, dass vor 4,5 Milliarden Jahren CO_2 -Partialdrücke zwischen 0,1 und 10 bar (etwa 250 bis 25000 Mal die heutige Konzentration) nötig waren, um die Erdoberfläche im Bereich zwischen 0 und 90 °C zu halten (siehe KASTING, 1993). Selbst vor rund 4 Milliarden Jahren (also etwa dem Alter des Issua Grünsteingürtels) war immer noch eine 200 Mal grössere Menge CO_2 als heute nötig, um Wasser flüssig zu halten. Diese hohen CO_2 -Drücke haben ihre Entsprechung in dem, was wir heute von der Venus wissen. Hätten wir heute noch diese hohen CO_2 -Drücke, wäre die Erde steril: Mit der heutigen Sonneneinstrahlung ergäben sich lebensfeindlich hohe Temperaturen. Die CO_2 -Atmosphäre der Venus hat heute Temperaturen von über 400 °C. Andere Modellrechnungen gehen von geringeren CO_2 -Konzentrationen in der frühen Erdatmosphäre aus, aber dafür von erhöhten Methan-Gehalten (CHYBA, 2010).

Wo findet sich heute all dieser Kohlenstoff? Abschätzungen von Kohlenstoffreservoirs der heutigen Erde zeigen ein eindeutiges Bild: In der Atmosphäre befinden sich 600 Gigatonnen (Gt), im Ozeanwasser total etwa 40 000 Gt (fast ausschliesslich als CO_2). 12 000 000 Gt reduzierter Kohlenstoff befinden sich in Sedimenten und Sedimentgesteinen mit organischen Stoffen wie Öl, Kohle und feinverteiltem Graphit. Die grösste Menge Kohlenstoff befindet sich aber als Karbonat (oxidierter Kohlenstoff) in Sedimenten und Sedimentgesteinen (Kalk CaCO_3 , Dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), und zwar 48 000 000 Gt (RETALLACK, 2003). Die gesamte heutige Biomasse wirkt mit ungefähr 600 Gt im Vergleich dazu nicht gerade imposant.

Massenbilanz-Rechnungen zeigen, dass die Bildung der Karbonatgesteine im Verlauf der Erdgeschichte den gesamten Kohlenstoff, der in einer Uratmosphäre so hoch konzentriert war, auf das heutige Mass reduziert haben kann. Wie funktioniert das?

Kohlendioxid aus der Atmosphäre löst sich im Niederschlag, der dadurch leicht angesäuert wird und die Verwitterung von Silikatgesteinen an der Erdoberfläche beschleunigt. Das aus den Silikatgesteinen gelöste Kalzium (Ca^{2+}) reagiert dann mit dem im Wasser gelösten Kohlendioxid (im Ozean als Hydrogencarbonat [HCO_3^-] vorliegend) zu Kalziumkarbonat (Kalk, CaCO_3), sei es abiogen durch Ausfällung oder biogen durch den Aufbau von Schalen und Skelettmaterial. Auf diese Weise wird der Kohlenstoff effektiv aus der Atmosphäre entfernt und am Ende in Kalksteinen gespeichert. Der Kreislauf kann über geologische Zeiträume teilweise wieder geschlossen werden, dann nämlich, wenn Kalkgestein durch Subduktion in grosse Tiefen in der Erdkruste gerät. Als Folge der steigenden Temperaturen reagiert Kalk mit Silikatmineralen (aus dem Nebengestein, oder auch Tonminerale im Kalkgestein) und das Kohlendioxid kann erneut als Gas bei vulkanischen Aktivitäten in die Atmosphäre austreten. Über lange Zeiträume von Millionen oder Milliarden Jahren ist dieser Verwitterungszyklus wesentlich entscheidender für die CO_2 -Reduktion in der Atmosphäre als die Photosynthese. Letztere ist hingegen absolut entscheidend bei der Freisetzung von Sauerstoff.

Wie kommt es nun aber in Anbetracht sich ändernder Sonneneinstrahlung zu einer solchen Temperaturkonstanz, dass immer flüssiges Wasser vorhanden war? Bei hohem CO_2 -Gehalt und hohen Temperaturen wird die chemische Verwitterung verstärkt und vermehrt Kalzium aus Silikatgesteinen gelöst. Das führt (s. o.) zu einer Reduktion des CO_2 -Gehalts, also einer Reduktion des Treibhauseffekts. Durch die Abkühlung können sich Eisschilde bilden, und dadurch wird die Albedo (die Reflektion des Sonnenlichts zurück ins All) stark erhöht. Schreiten die Abkühlung und Eisflächenbildung jedoch weiter voran, wird die Erdkruste teilweise abgedeckt, es kann also weniger Kalzium durch Verwitterung freigesetzt werden und dadurch wird der Atmosphäre weniger CO_2 entzogen. Also reichert sich das CO_2 aus vulkanischen Tätigkeiten in der Atmosphäre an, erhöht den Treibhauseffekt und trägt so zur Erwärmung der Erdoberfläche bei. Dieser Thermostateffekt hat wohl die

Oberflächentemperatur im Bereich des flüssigen Wassers gehalten (für die postulierten, wenigen sporadischen globalen Vereisungen und deren Beendigung sei als Einstieg auf www.snowballearth.org oder Wikipedia, «Schneeball Erde» verwiesen).

Wann das Leben auf der Erde entstanden ist, ist immer noch ein Punkt starker Diskussionen in den Wissenschaften. Fossilfunde belegen, dass es sicher schon seit 3,4 Milliarden Jahren Leben gibt (Strelley Pool Chert, Pilbara, Australien, 3,43 Milliarden Jahre, ALLWOOD ET AL., 2006, WACEY ET AL., 2011). Andere Indizien gehen noch deutlich weiter zurück, sind aber umstritten. Auch der Beginn der oxygenen Photosynthese (bei der also O_2 freigesetzt wird) ist nicht eindeutig geklärt. Das erste Auftreten von Cyanobakterien (früher Blaugrün-Algen genannt) wird heute auf etwa 2,9 Milliarden angesetzt (NISBET ET AL., 2007). Wichtige Indizien sind «organische Fossilien», also Moleküle, die durch Cyanobakterien generiert wurden und sich in Sedimenten erhalten haben (Pilbara, Australien: 2700 Ma; [BROCKS ET AL., 1999]).

Zudem beschreiben KAZMIERCZAK & ALTERMANN (2002) fossile Cyanobakterien in 2,6 Milliarden Jahre alten Schichten mit Stromatolithen (Nauga Formation, Prieska, Südafrika). Stromatolithen sind Gebilde, die durch das Wachstum von Mikrobenmatten entstehen. Durch die Tätigkeit der Organismen wird Kalk ausgefällt, der sie dann bedeckt. Das Weiterwachsen der Mikrobenmatten und das erneute Ausfällen des Kalks führt zu den lagenartigen Kalkstrukturen, die fossil erhalten bleiben. Schon die Strelley Pool Cherts (s.o.) sind wohl durch Mikrobenmatten entstanden, der Zusammenhang mit Cyanobakterien und damit der Photosynthese ist aber erst ab 2,7 Milliarden Jahren klar. Besonders grosse, 2,6 Milliarden Jahre alte Stromatolithen finden sich in Südafrika («Giant stromatolites» Transvaal Supergroup, Abb. 3)

Allerdings hat sich erst vor ca. 2,4 Milliarden Jahren freier Sauerstoff aus der Photosynthese in signifikanten Mengen ($\geq 2\%$) in der Atmosphäre angereichert. In Flusssedimenten, die älter sind, kann man noch gerundete Körner von Pyrit (und anderen Sulfidmineralen) finden. In einer Atmosphäre mit freiem Sauerstoff würden diese Minerale beim Transport durch Oxidation zerstört. Ein weiteres Indiz für fehlenden Sauerstoff in der Atmosphäre kommt von Paläoböden. Deren mineralogische und chemische Zusammensetzung erlaubt Rückschlüsse auf die Atmosphärenzusammensetzung zur Zeit der Bodenbildung. Diese deuten für Alter vor 2,4 Milliarden Jahren auf reduzierende Bedingungen hin und für Alter jünger als 2 Milliarden Jahre auf oxydierende Bedingungen (siehe HOLLAND, 1999). Der Übergang von der frühen reduzierenden zur oxidierenden Atmosphäre ist derzeit ein Forschungsschwerpunkt in den Erdwissenschaften. Dabei sind vor allem neue Isotopenmethoden von grosser Bedeutung (FARQUHAR ET AL., 2007; VOEGELIN ET AL., 2010).

Der Durchbruch von Sauerstoff in die Atmosphäre vor ca. 2,4 Milliarden Jahren («Great Oxidation Event» genannt) kam somit erst mit 300 Millionen Jahren



Abbildung 3: 2,6 Milliarden Jahre alte «Giant Stromatolites» in Dolomiten der Malmani Gruppe, Transvaal Supergruppe, Südafrika. Stromatolithe sind biogene Gebilde, die (auch heute noch) durch das Wachstum von Mikrobenmatten entstehen. Bei der Bildung dieser aussergewöhnlich grossen Stromatolithe waren schon Cyanobakterien beteiligt, d.h., sie stellen einen Beleg für Photosynthese vor 2,6 Milliarden Jahren dar.

Verspätung nach dem Auftreten der Cyanobakterien. Der Hauptgrund dürfte in den reduzierenden Umgebungsbedingungen liegen. Vor allem im Ozean gelöstes zweiwertiges Eisen (Fe^{2+}) wurde zu schwer löslichem dreiwertigem (Fe^{3+}) aufoxidiert und bildete grosse Lagerstätten von Eisenoxid in den sogenannten «Banded Iron Formations». Die Redoxbedingungen im Ozean haben so noch eine ganze Weile den durch die Photosynthese freiwerdenden Sauerstoff im Ozeanwasser wieder aufgebraucht.

Seit 2,4 Milliarden Jahren haben wir also auf der Erde eine oxidierende (sauerstoffhaltige) Atmosphäre. Wann genau eine Sauerstoff-Konzentration ähnlich der heutigen erreicht wurde, ist noch nicht endgültig geklärt, es war aber spätestens im Devon. Bei den Fischen gab es da erste hochentwickelte Räuber, deren höherer Stoffwechsel auch auf entsprechende «heutige» O_2 -Konzentrationen schliessen lässt. Davor, vom Kambrium (ab 541 Millionen Jahre) bis zum Devon, lag der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre wohl zwischen 10 und 20%. Eine wesentliche Ursache für hohe Sauerstoffgehalte ab Devon war die Entwicklung der Gefäss-

pflanzen auf dem Land, mit bis 100 m hohen Bäumen (Archaeopteris, oberes Devon (ab 385 Millionen Jahre) bis unteres Karbon, nicht zu verwechseln mit Archeopterix...).

Der einzige Zeitabschnitt mit O_2 über 30%, also deutlich höher als heute, reichte vom Karbon bis ins untere Perm (330 bis etwa 270 Millionen Jahre, s. BERNER & CANFIELD, 1989).

Zum Schluss noch eine Anmerkung zur Klimafrage: Das oben Geschriebene zeigt, dass die Erde und das Leben enorme Änderungen in der Atmosphärenzusammensetzung überdauert haben. Was also ist die Gefahr unserer CO_2 -Produktion und damit der Klimaerwärmung? Die Erde und das Leben sind nicht in Gefahr – «unsere Welt», im Sinne von «unsere Kultur» und «unser Wohlstand», hingegen schon. Das Klima der letzten 10000 Jahre war aussergewöhnlich stabil. In dieser Zeit sind alle Hochkulturen des homo sapiens entstanden. Schon kleinere Klimakatastrophen haben Hochkulturen zum Verschwinden gebracht. Klimaschwankungen können uns darum nicht gleichgültig sein, auch wenn die Erde schon ganz anderes erlebt hat.

Referenzen

- ALLWOOD, A.C., WALTER, M.R., KAMBER, B.S., MARSHALL, C.P., BURCH, I.W., 2006. Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia. *nature*, 441 (7094): 714–718.
- BERNER, R.A., CANFIELD, D.E., 1989. A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *Am. J. Sci.* 289: 333–361.
- BROCKS, J.J., LOGAN, G.A., BUICK, R., SUMMONS, R.E., 1999. Archean molecular fossils and the early rise of eukaryotes. *Science*, 285, 1033–1036.
- CHYBA, C.F., 2010. Countering the Early Faint Sun. *Science*, 328, 1238–1239.
- FARQUHAR, J., PETERS, M., JOHNSTON, D.T., STRAUSS, H., MASTERSON, A., WIECHERT, U., KAUFMAN, A.J., 2007. Isotopic evidence for Mesoarchaean anoxia and changing atmospheric sulphur chemistry. *Nature* 449, 706–709.
- FEDO, C.M., MYERS, J.S., APPEL, P.W.U., 2001. Depositional setting and paleogeographic implications of earth's oldest supracrustal rocks, the >3.7 Ga Isua Greenstone belt, West Greenland, *Sedimentary Geology*, 141–142, 61–77.
- HOLLAND, H.D., 1999. When did the Earth's atmosphere become oxic? A Reply. *The Geochemical News*, 100, July 1999, 20–22.
- CASTING, J.F., 1993. Earth's early atmosphere. *Science* 259, 920–926.
- KAZMIERCZAK J., ALTERMANN W., 2002. Neoproterozoic biomineralization by benthic cyanobacteria. *Science* 298: 2351.
- NISBET E.G., GRASSINEAU N.V., HOWE C.J., ABELL P.I., REGELOUS M., NISBET R.E.R., 2007. The age of Rubisco: the evolution of oxygenic photosynthesis. *Geobiology*, Volume: 5, Issue: 4, Pages: 311–335.
- RETAILLACK, G.J., 2003. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time, in: *Treatise on Geochemistry*, chapter 5.18, Volume 5: Editors-in-Chief: Heinrich D. Holland and Karl K. Turekian, Elsevier/Pergamon, Oxford, 2003.
- SAGAN, C., MULLEN, G. Earth and Mars. *Evolution of Atmospheres and Surface Temperatures*. *Science* 177, 52–56 (1972).
- WACEY D, KILBURN M.R., SAUNDERS M., CLIFF J. & BRASIER M.D., 2011. Microfossils of sulphur-metabolizing cells in 3.4-billion-year-old rocks of Western Australia. *Nature Geoscience* 4, 698–702.
- VOEGELIN A.R., NÄGLER T.F., BEUKES N.J. and LACASSIE J.P., 2010. Molybdenum isotopes in late Archean carbonate rocks: implications for early Earth oxygenation. *Precambrian Res.* 182, 70–82.

KATHRIN ALTWEGG¹

Forschung im luftleeren Raum

Zusammenfassung des Vortrags vom 28. April 2012

«Warum hat es im Weltraum keinen Sauerstoff?» (Sol, 11 Jahre). Ja, warum eigentlich? Und hat es wirklich keinen Sauerstoff oder nur sehr wenig? Anders gefragt: Gibt es den luftleeren Raum überhaupt?

Überlegen wir uns zuerst einmal woher das Material in unserem Universum stammt und wieso es räumlich so ungleich verteilt ist (siehe Tab. 1 und Abb. 1).



Abbildung 1: Geschichte des Materials im Universum vom Urknall zu Planeten.

¹ Prof. Dr. Kathrin Altwegg, Center for Space and Habitability, Physikalisches Institut, Universität Bern

Teilchendichten: einige Zahlen		
Venus:	10^{21}	cm^{-3}
Bern:	3×10^{19}	cm^{-3}
Himalaya:	1×10^{19}	cm^{-3}
Mars:	10^{17}	cm^{-3}
International Space Station ISS:	10^{10}	cm^{-3}
Sonnenkorona:	10^8	cm^{-3}
Komet Halley, 600 km vom Kern:	10^4	cm^{-3}
Interplanetarer Raum:	1–10	cm^{-3}
Interstellares Medium:	10^{-4}	cm^{-3}

Tabelle 1: Typische Gasdichten in Atmosphären und im Weltall (Teilchen pro cm^{-3}). Intergalaktischer Raum: 10^{-4} cm^{-3}

Am Anfang, vor 13,8 Mia. Jahren, war der Urknall. Beim Urknall wurden, gemäss unserem heutigen Verständnis, aus Energie die leichten Atome (Wasserstoff, Helium bis Lithium) geschaffen. Aller Wasserstoff, den es heute gibt, stammt direkt aus dem Urknall.

Später wurden die ersten Sterne gebildet, wahrscheinlich als Folge statistischer Dichteschwankungen der Materie im All. In Sternen werden schwerere Elemente von Kohlenstoff bis Eisen durch Nukleosynthese hergestellt. Eisen hat dabei die grösste Bindungsenergie aller Elemente und ist daher für normale Nukleosynthese der Endpunkt der Entwicklung. Noch schwerere Elemente wie z.B. Gold stammen aus Supernovae-Explosionen, wo die Temperaturen und Dichten nochmals um viele Faktoren höher sind als in normalen Sternen. Wenn kleinere Sterne sterben, werden sie zu weissen Zwergen. Bei grösseren Sternen entsteht eine Supernova, die explodiert. In beiden Fällen kühlen die Temperaturen so weit ab, dass sich Moleküle bilden können. Allerdings brauchen diese Moleküle eine grosse Bindungsenergie, damit sie bei den immer noch hohen Temperaturen (ein paar tausend Grad Celsius) Bestand haben. In Frage kommen Moleküle wie SiO , FeC , etc., die typischen Ingredienzen von Staub. Dieser Staub wird vom sterbenden Stern weggeblasen in den interstellaren Raum. Der Staub von verschiedenen Stern-/Supernovaüberresten kann sich dann im interstellaren Raum zu sogenannten dunklen Molekülwolken anhäufen. Diese Wolken sind dunkel, weil sie kein Licht durchlassen, und sie sind auch sehr kalt ($\sim 10 \text{ K}$). Durch Oberflächenchemie können in diesen Wolken auch volatilere Moleküle wie Wasser oder Kohlendioxyd entstehen. Durch Gravitation können solche Molekülwolken kollabieren, und daraus entstehen dann solare Nebel, neue Sterne und auch Planeten.

Bei der Bildung von Sternen und Planeten gilt die Regel: «Wer hat, dem wird gegeben.» Die Sterne entstehen dort, wo die grösste Teilchendichte herrscht, das heisst in der Mitte des Nebels. Der Stern wächst schnell, wird schwer und zieht als Folge der Gravitationszunahme immer mehr Materie an. So besitzt unsere Sonne weit über 99% der Gesamtmaterie des Sonnensystems. Während die Dichte in der dunklen Molekülwolke ein paar hundert Teilchen pro cm^3 beträgt, ist sie im solaren Nebel 100 000 Mal grösser. Diese Materie wird zum

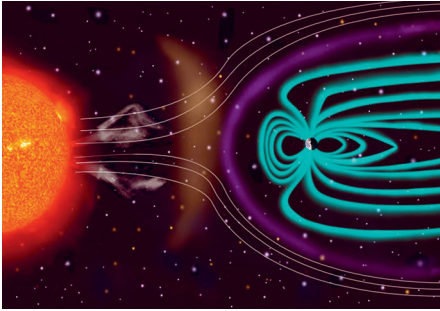


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Wechselwirkung zwischen dem Sonnenwind und der Erdatmosphäre. Das violette Band bezeichnet die Schokkfront, die hellblauen Linien die Magnetfeldlinien der Erde. Copyright NASA



Abbildung 3: Aurora Borealis, copyright ESA

grössten Teil im Stern, bzw. in den Planeten eingebaut. Ein Teil wird aber auch durch Streuung aus dem Nebel entfernt. Am Schluss beträgt die Dichte zwischen den Planeten im Sonnensystem gerade noch zwischen 1 und 10 Teilchen pro cm^3 . Dieses Gas geht zum Teil durch Interaktion mit der Sonne und den Planeten verloren, wird aber auch von diesen wieder nachgeliefert. Eine stetige Quelle von geladenen Teilchen verlässt die Sonne im sogenannten Sonnenwind, der eine Geschwindigkeit von ein paar hundert Kilometern pro Sekunde hat. Die Planeten besitzen sehr unterschiedliche Atmosphären, von der dichten Atmosphäre einer Venus (10^{21} pro cm^3) bis zum Merkur, mit einigen 10^4 -Teilchen pro cm^3 in der unmittelbaren Umgebung seiner Oberfläche. Mindestens im äusseren Teil der Atmosphären werden die Teilchen durch die UV-Strahlung der Sonne geladen und bilden damit die Ionosphäre. Gegen diese prallt nun der Sonnenwind, der vor allem aus geladenem Wasserstoff und Helium besteht. Das führt zu einer Blase um den Planeten herum, in die der Sonnenwind nicht eindringen kann. Dies wird bei Planeten mit einem Magnetfeld, wie z.B. der Erde, noch zusätzlich durch die Wechselwirkung der Magnetfelder des Sonnenwindes und des Planeten beeinflusst. *Abbildung 2* veranschaulicht diese Wechselwirkung. Die Erdatmosphäre hat Teilchendichten von 10^{19} cm^{-3} an der Oberfläche bis 10^{10} cm^{-3} am äusseren Rand. Durch die Wechselwirkung mit dem Sonnenwind ist das Gebiet der Atmosphäre auf der Sonnenseite klar beschränkt, während auf der Nachtseite sich Teilchen der Erdatmosphäre sehr weit weg von der Erde befinden können. Nahe bei den magnetischen Polen können Sonnenwindteilchen in die Erdatmosphäre eindringen, was zu Stössen zwischen Sonnenwind und Atmosphärenteilchen (Stickstoff, Sauerstoff) führt. Dies erzeugt dann die Nordlichterscheinungen (Aurora, *Abb. 3*). Besonders häufig sind diese, wenn die Sonne sehr aktiv ist, der Sonnenwind sich also mit höherer Geschwindigkeit gegen die Erde bewegt.



Abbildung 4: Komet Halley, copyright ESA

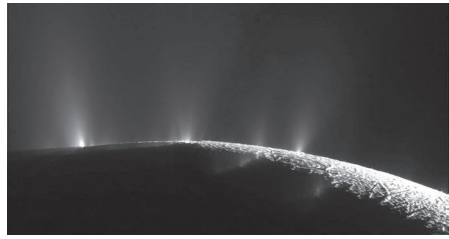


Abbildung 5: Enceladus, copyright NASA

Jeder Planet im Sonnensystem ist einzigartig, auch was seine Atmosphäre betrifft. So hat die Venus eine sehr dichte Atmosphäre, aber kein Magnetfeld, der Mars hat eine sehr dünne Atmosphäre und nur ein sehr kleines Magnetfeld. Die Riesenplaneten wie Jupiter bestehen vorwiegend aus Gas und haben zusätzlich Monde mit dünnen Atmosphären in ihrer Nachbarschaft, sodass die Wechselwirkungen zwischen Sonnenwind, Planeten- und Mondatmosphären sehr vielfältige Formen annehmen können.

Einige Himmelskörper im Sonnensystem verlieren dauernd Teilchen an den interplanetaren Raum. Dazu gehören vor allem Kometen, die, sobald sie in die Nähe der Sonne kommen, Wasser und andere flüchtige Substanzen verdampfen. Dazu werden von diesen auch Staubkörner mitgerissen, die Sonnenlicht streuen, was dann zu den schönen Erscheinungen am Himmel führt (siehe Abb. 4.). Ein weiterer Himmelskörper, der Saturnmond Enceladus, hat offensichtlich Geysire, flüssiges Wasser unter der Oberfläche, die Wassermoleküle an die Umgebung abgeben (Abb. 5.).

Dies alles führt dazu, dass ausserhalb der Planetenatmosphären die Teilchendichten zwar sehr klein ($1\text{--}10\text{ cm}^{-3}$), aber nicht null sind.

Das Sonnensystem als Ganzes ist dem interstellaren Plasma ausgesetzt. Ähnlich wie bei der Erde durch die Interaktion mit dem Sonnenwind, bildet sich auch für die Gesamtheit des Sonnensystems eine Art Blase, diesmal aber innerhalb des interstellaren Plasmas. Diese Grenze liegt bei ca. 100 astronomischen Einheiten ($100 \times 150\text{ Mio. km}$). Ausserhalb dieser Blase ist die Teilchendichte nochmals um einen Faktor 10 kleiner. Verlassen wir unsere Galaxie und dringen in den intergalaktischen Raum ein, nimmt die Teilchendichte um einen weiteren Faktor 10000 ab.

Forschung im luftleeren Raum ist also im engsten Sinne gar nicht möglich, da selbst im intergalaktischen Medium noch Teilchen vorhanden sind. Das absolute Vakuum gibt es also nicht.

Seit neun Jahren ist die Europäische Kometen-sonde Rosetta unterwegs im Weltall auf ihrer Reise zum Kometen Churyumov-Gerasimenko. Im Moment schläft sie zwar, da die Sonnenzellen wegen der grossen Entfernung von über 600 Mio. km zur Sonne nur noch für die Heizung der Sonde genügend Energie liefern, nicht aber für Sende- und Empfangseinheiten und für die Instrumente. Wir haben allerdings während mehr als sechs Jahren immer wieder unsere Instrumente, zwei

Massenspektrometer und einen Drucksensor, auf der Sonde zu Testzwecken eingeschaltet. Statt der erwarteten Teilchendichte von $1\text{--}10\text{ cm}^{-3}$ zeigten alle unsere drei Sensoren Dichten von $100\,000\text{ cm}^{-3}$. Offensichtlich gast das Material der Raumsonde noch immer aus. Der zeitliche Verlauf der Dichte lässt drei Ausgasmechanismen erkennen (Abb. 6.): Während den ersten 100 Tagen Desorption von der Oberfläche der Sonde, dann Diffusion von Material aus innenliegenden Schichten und zum Schluss noch Zerfallsprodukte von organischen Materialien im UV der Sonne und in der kosmischen Strahlung. Eine genaue Analyse zeigte sehr bald, dass wir neben Wasser alle möglichen Bruchstücke von organischem Material sehen, Material, aus dem Rosetta besteht, wie Epoxy-Harz, Vakuumfett und vieles mehr (Abb. 7.). Offensichtlich gast Rosetta auch nach vielen Jahren im All aus, und diese Teilchen können sich während einiger Zeit in der Umgebung der Raumsonde befinden. Die genauen Mechanismen kennen wir noch nicht. Wenn Rosetta dereinst beim Kometen sein wird, sollte das Kometengas aber sehr viel dichter sein als die Wolke um Rosetta, und dann wird uns das Ausgasen kaum mehr stören. Aber es zeigt, dass Forschung im luftleeren Raum schwierig ist, nicht nur, weil es genau genommen den luftleeren Raum nicht gibt, sondern weil jede Sonde immer einen Teil unserer Erde mitnimmt.

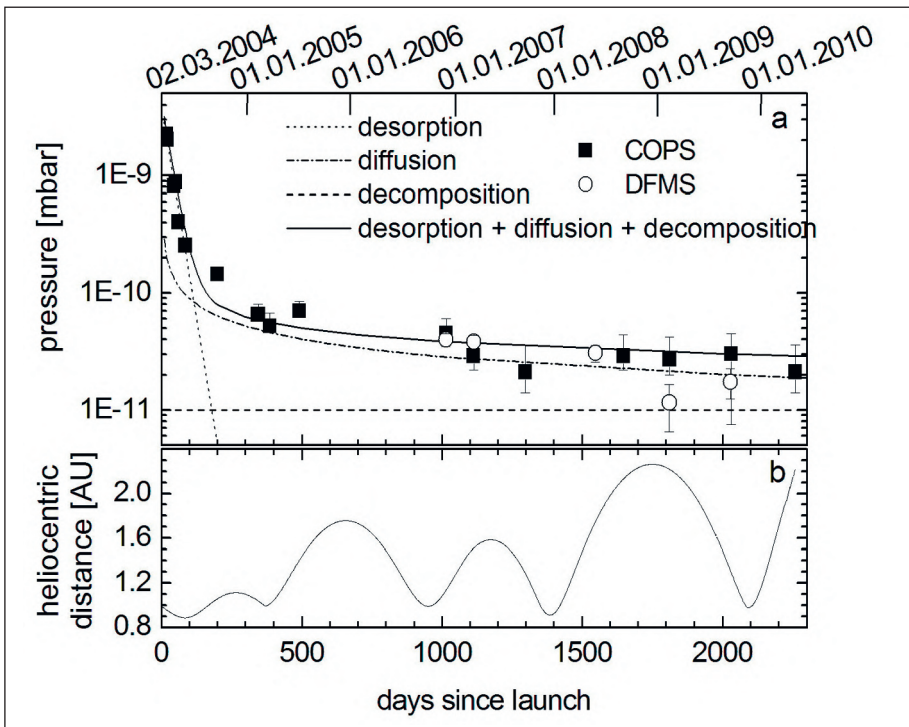


Abbildung 6: Druck als Funktion der Zeit, gemessen mit ROSINA/COPS

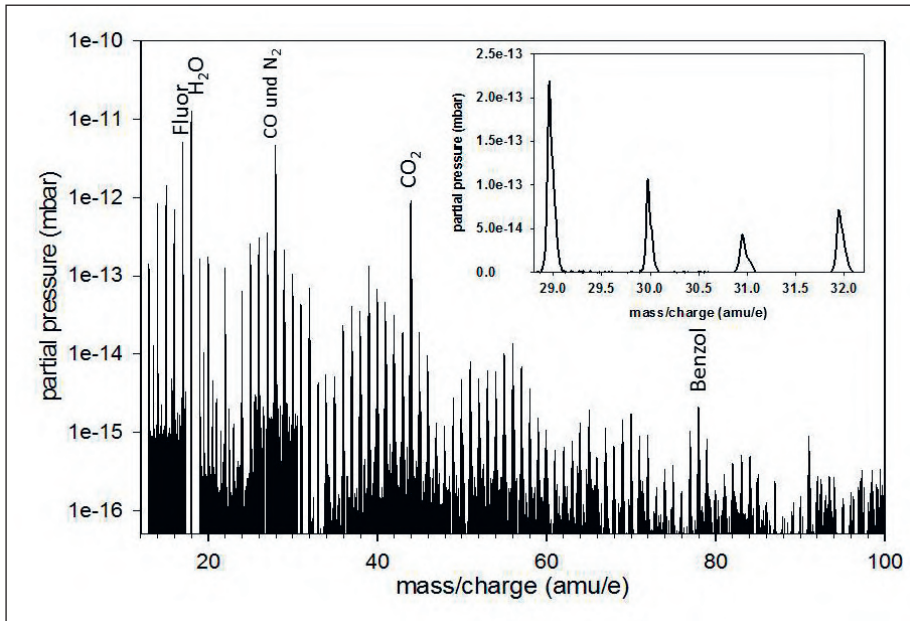


Abbildung 7: Massenspektrum von ROSINA/DFMS, 250 000 km von der Erde weg, nach sieben Jahren im Weltall

PETER GEHR¹

Der Mensch und die heimlichen und unheimlichen Nanopartikel in der Luft

Zusammenfassung des Vortrags vom 15. Mai 2012

Als Nanopartikel werden kleinste Teilchen, deren Durchmesser kleiner als 100 Nanometer messen, bezeichnet (Abb. 1). Man unterscheidet zwischen künstlichen, aus nanotechnologischen Prozessen entstandenen, und natürlichen, aus Verbrennungsprozessen, Staubaufwirbelungen usw. stammenden Nanopartikeln. Die physiko-chemischen Eigenschaften und das Verhalten der Nanopartikel in biologischen Systemen wie in uns Menschen, unterscheiden sich grundlegend von denjenigen grösserer Partikel (Mikrometerpartikel) gleicher Art. Diese kleinsten Teilchen schweben in der Luft und finden deshalb am ehesten über die Lunge Eingang in den menschlichen Organismus. Mechanismen des Eindringens und Folgen davon wurden im Vortrag aufgezeigt.

Wir können die Nanopartikel als heimlich bezeichnen, weil sie überall in der Umgebungsluft um uns herum vorkommen, wir sie aber weder sehen noch spüren. Sie können also heimlich mit uns Menschen interagieren. Als unheimlich

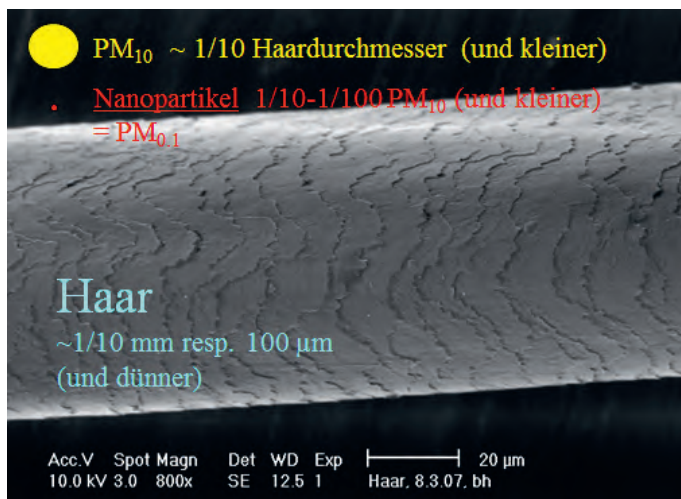


Abbildung 1:
Wie gross ist ein
Nanopartikel?
Ein Haar dient als
Grössenvergleich.

¹ Prof. em. Dr. Peter Gehr, Institut für Anatomie, Universität Bern

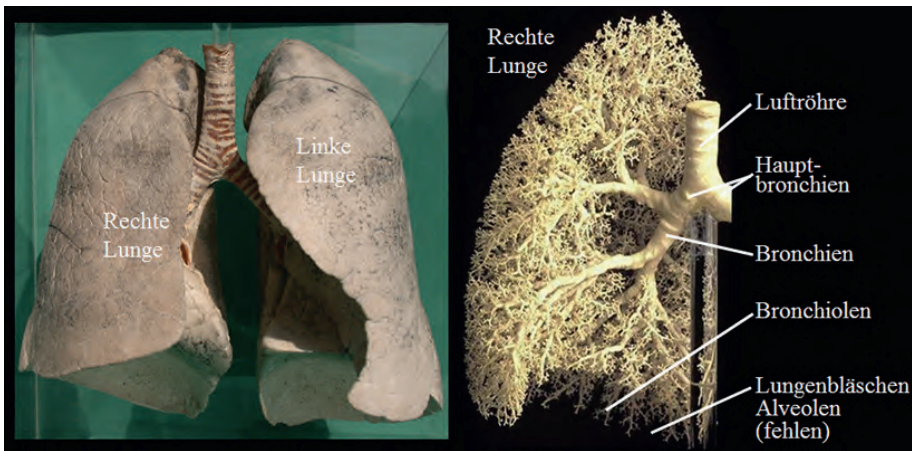


Abbildung 2: Bau der menschlichen Lunge – makroskopisch. Siehe Text für detaillierte Erläuterungen.

können, ja müssen wir sie bezeichnen, weil wir mit jedem Atemzug Millionen von ihnen einatmen und sie (nur die Nanopartikel, nicht die Mikropartikel) unbemerkt in der Lunge ins Blut gelangen und damit in unserem ganzen Körper verteilt werden können. Sie können so in alle Organe, z.B. in die Leber, in die Nieren, ins Herz aber auch ins Gehirn gelangen, allerdings nur in sehr kleiner Zahl. Bis heute wissen wir nicht genau, was dies bedeutet, ob allenfalls gesundheitliche Folgen daraus entstehen könnten. Eine grosse Rolle bei einer Beurteilung spielt die Konzentration der Nanopartikel und die Zeit, über welche wir ihnen ausgesetzt waren.

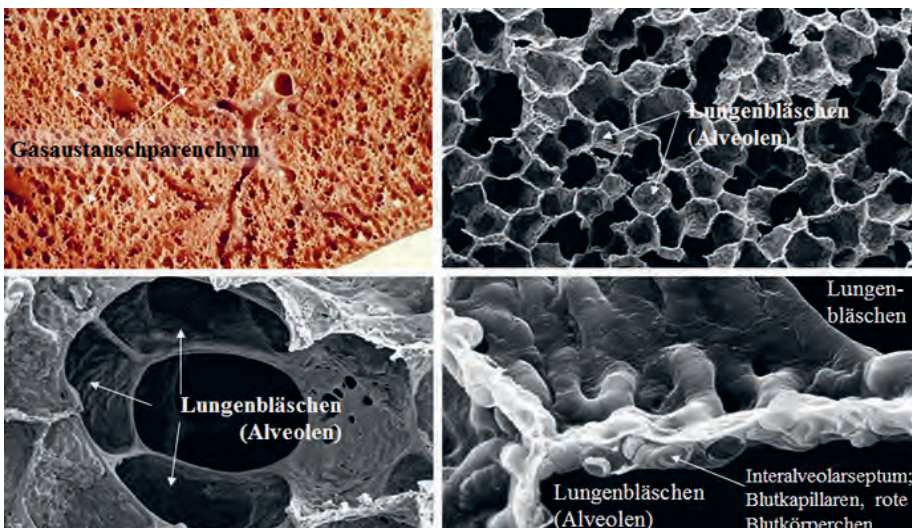


Abbildung 3: Bau der menschlichen Lunge – mikroskopisch. Siehe Text für detaillierte Erläuterungen.

Die Lunge ist ein sehr delikat gebautes Organ (Abb. 2). Ein Luftwegssystem (Luftröhre, Bronchien, Bronchiolen, Ductus alveolares: nur noch mit Luftbläschen, d.h. Alveolen besetzte Luftwege), das sich 20–30 Mal verzweigt und dessen Tochtergenerationen im Durchmesser immer kleiner werden, leiten die Luft in das Gasaustauschgewebe, das aus fast 500 Millionen kleinster Luftbläschen besteht (Abb. 3). In diesen kommt die Luft in unmittelbare nachbarschaftliche Beziehung mit dem Blut. Die Gewebeschanke zwischen Luft und Blut ist weniger als 1/1000 mm dick. Damit können Sauerstoff und Kohlendioxid mittels Diffusion ausgetauscht werden. Wegen der riesigen Anzahl Lungenbläschen erreicht die Gasaustauschfläche eine Grösse von gegen 150 m², beinahe die Grösse eines Tennisfeldes. Diese Kombination der Grösse der Gasaustauschfläche und der dünnen Luft-Blut-Gewebeschanke ermöglicht erst einen wirkungsvollen Gasaustausch.

Auch die Nanopartikel gelangen nach Einatmung, wie der Sauerstoff, über eine riesige Fläche in unmittelbare Nachbarschaft zum Blut, das in feinsten Haargefässen (Kapillaren) durch die Wände der Lungenbläschen fliesst. Sie können dadurch leicht von der Luft ins Blut übertreten (Abb. 4).

Welche gesundheitlichen Folgen könnten erwartet werden? Die mit der Lunge interagierenden Nanopartikel können das Reinigungssystem der Lunge beeinträchtigen, die Schleimhäute reizen, zu Verengungen der Bronchien führen und allenfalls sogar die Lungenbläschen schädigen. Dies könnte zu einer Beeinträchtigung unserer Fitness führen sowie zu einer Verstärkung von Asthma und einer erhöhten Anfälligkeit auf Erkältungen und Infektionen. Denkbar wären auch ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Krebs.

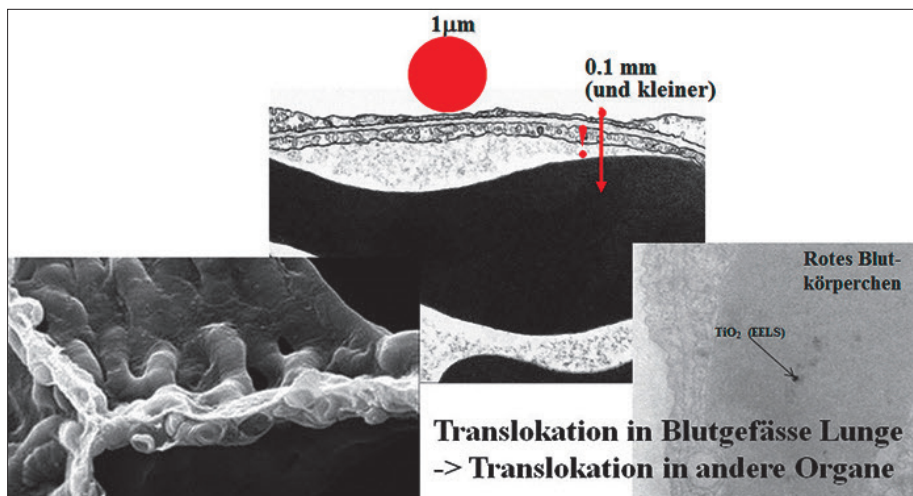


Abbildung 4: Gewebeschanke zwischen Luft und Blut in den Lungenbläschen (Wand zwischen zwei Lungenbläschen). Für Partikel $\leq 0.1 \mu\text{m}$ (Nanopartikel) ist die Gewebeschanke durchlässig.

Schwerwiegende Erkrankungen sind aber lediglich Möglichkeiten. Wie bereits oben erwähnt, müssten wir dazu über lange Zeit einer sehr hohen Konzentration schädlicher Nanopartikel ausgesetzt sein. Erwähnt werden müssen hier Dieselrußpartikel, die fast ausschliesslich in Nanometergrösse vorkommen. Diese können sich vor allem negativ auf die Gesundheit von Bewohnern in unmittelbarer Nähe von stark befahrenen Strassen auswirken. Mit Entfernung weg von der Strasse nimmt aber die Konzentration stark ab, und damit nehmen auch allfällige negative gesundheitliche Auswirkungen ab (Abb. 5).

Es sei auch erwähnt, dass die Lunge mit ihrem sehr effektvollen Reinigungssystem mit vielen Partikeln fertig wird, indem sie sie aus der Lunge hinaustransportiert oder sie im Lungengewebe isoliert. Auch unser Körper ist in der Lage, mit solchen Partikeln fertig zu werden, indem er sie abtransportiert oder unschädlich macht.

Wir müssen uns also wegen der heimlichen und unheimlichen Nanopartikel nicht grundsätzlich Sorgen machen, wenn wir nicht über sehr lange Zeit einer sehr hohen Konzentration dieser Partikel ausgesetzt sind. Es ist aber sicher gut, für allfällige ausserordentliche Situationen sensibilisiert zu sein.

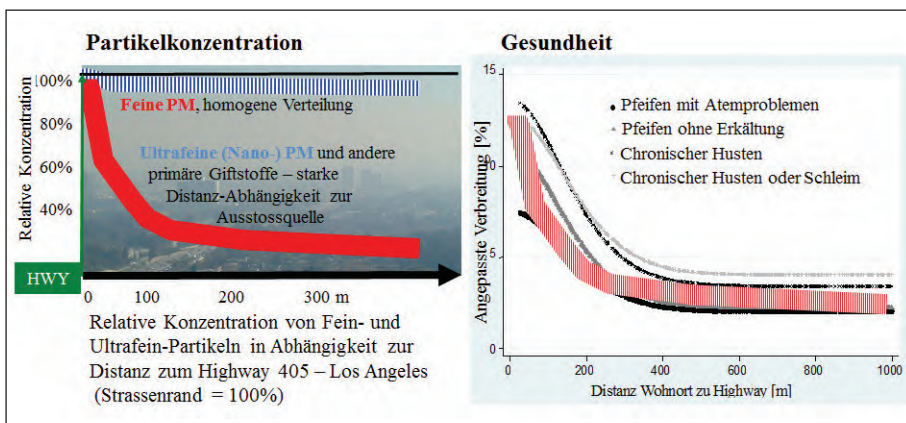


Abbildung 5: Konzentrationen von feinen und ultrafeinen (Nano-)Partikeln mit zunehmender Entfernung von einem Highway in Los Angeles und die daraus resultierenden gesundheitlichen Symptome.

Grafiken von N. Künzli, Schweizerisches Tropen- und Public Health Institute Basel.

NIKLAUS KÄMPFER¹

Ozon und Wasserdampf – zwei lebenswichtige Spurengase

Zusammenfassung des Vortrags vom 12. Juni 2012

Die Atmosphäre umgibt unseren Planeten mit einer etwa 100 km dicken Schicht. Davon befindet sich die Hälfte der Masse unterhalb einer Höhe von 5 km. Was wir hinlänglich als Luft bezeichnen, besteht zu 78,1% aus Stickstoff und zu 20,9% aus Sauerstoff, und das unabhängig von der Höhe. Nebst diesen Hauptbestandteilen der Luft gibt es noch andere gasförmige Bestandteile, die nur in sehr geringer Menge vorkommen und deshalb als Spurengase bezeichnet werden. Zwei wichtige Spurengase sind Wasserdampf und Ozon. Als Wasserdampf bezeichnet man Wasser in der gasförmigen Form. Im Gegensatz etwa zu Nebel, der aus Wasser-Tröpfchen besteht, also aus flüssigem Wasser, ist Wasserdampf von Auge nicht sichtbar.

Wasserdampf entsteht indirekt beim Verdampfen oder Verdunsten von Wasser aus dem Meer, dem Erdboden oder von Pflanzen, ein Prozess, der durch höhere Temperaturen verstärkt wird. Köhlen sich Luftmassen ab, dann kondensiert der Wasserdampf und regnet aus. So trägt Wasserdampf zum lebenswichtigen *Wasser-Kreislauf* bei. Wasserdampf ist aber noch in einer anderen Beziehung lebenswichtig. Wasser als Gas absorbiert sehr stark Infrarot-Strahlung von der Erdoberfläche und wirkt als Treibhausgas. Tatsächlich ist Wasserdampf das *wichtigste natürliche Treibhausgas*. Sein Beitrag macht rund 60% aus. Ohne Wasserdampf wäre es auf der Erde unwirtlich kalt. Problematisch wird allerdings der Effekt dadurch, dass bei der zunehmenden Emission von CO₂ die Temperatur ebenfalls ansteigt, was man als vom Menschen gemachten Treibhauseffekt bezeichnet. Eine Zunahme der Temperatur bewirkt aber andererseits eine Zunahme von Wasserdampf, was den Treibhauseffekt noch zusätzlich erhöht. Solch einen Effekt nennt man eine positive Rückkopplung. Wasserdampf spielt aber noch andere Rollen im Wechselspiel von Physik, Chemie und Strahlung in der Atmosphäre. Wolken bestehen aus flüssigem oder gefrorenem Wasser und beeinflussen je nach Höhe nicht nur den Strahlungshaushalt der Erde, sondern auch die Chemie von Reaktionen, in die auch Ozon involviert ist.

¹ Prof. Dr. Niklaus Kämpfer, Institut für angewandte Physik, Universität Bern

Genau wie Wasserdampf kommt auch *Ozon* nur in sehr geringen Spuren in der Atmosphäre vor. In etwa 22 km Höhe hat sich eine Schicht von Ozon gebildet, die sich über mehrere Kilometer Höhe erstreckt, was man als *Ozonschicht* bezeichnet. Ozon absorbiert ultraviolette Strahlung von der Sonne, die sonst für den Menschen, die Tier- und Pflanzenwelt schädlich wäre. Ozon ist deshalb für den Menschen lebenswichtig.

Es ist naheliegend, lebenswichtige Substanzen wie Ozon und Wasserdampf in der Atmosphäre zu messen, um allfällige Veränderungen feststellen zu können. Die Zusammensetzung der Luft in unterschiedlicher Höhe kann man beispielsweise mit einem Ballon bestimmen, der entsprechende Messgeräte mitfliegt. Diese Methode eignet sich bis in eine Höhe von rund 30 km Höhe, wo üblicherweise ein Ballon wegen des geringen Luftdruckes platzt. Es ist aber auch möglich, die Zusammensetzung der Atmosphäre aus der Ferne, vom Erdboden aus zu messen. Solche Methoden nennt man deshalb auch Fernerkundungs-Methoden (remote sensing). Dabei wird ausgenützt, dass Licht im weitesten Sinne mit den zu untersuchenden Gasen in Wechselwirkung tritt. Beispielsweise senden viele Moleküle Strahlung im Mikrowellen-Bereich aus. Obschon diese Strahlung extrem schwach ist, ist es möglich, mit sehr empfindlichen Geräten, sogenannten Mikrowellen-Radiometern, diese Strahlung zu messen. Das gemessene Signal ist dann, ähnlich



Observatorium Zimmerwald mit Mikrowellen-Radiometern zur Bestimmung von atmosphärischem Wasserdampf vom Boden bis auf rund 80 km Höhe. Bild von M. Canavero, IAP.

einem Fingerabdruck, charakteristisch für das untersuchte Spurengas. Basierend auf diesem Fingerabdruck kann auf ein vertikales Profil des entsprechenden Gases am Beobachtungsort geschlossen werden. Die Entwicklung und der Betrieb solcher Mikrowellen-Radiometer ist eine Spezialität der Abteilung für Mikrowellenphysik am Institut für angewandte Physik der Universität Bern. Solche Instrumente zur Überwachung der Atmosphäre werden vom Observatorium für Atmosphärenphysik in Zimmerwald eingesetzt und sind Bestandteil eines weltumspannenden Netzwerks zur Überwachung der Atmosphäre. Die Daten werden Forschenden auf der ganzen Welt zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig bilden sie eine Datenbasis für Masterarbeiten und Dissertationen von Studenten.



HANSPETER GRAF¹

Von der KVA zu Nabel

Einfluss der Luftemissionen der Industrie auf unsere Luftqualität

Im Rahmen des Vortrags «Luft beflügelt» der NGB wurde an verschiedenen Beispielen der Einfluss der industriellen Emissionen auf die Luftqualität dargestellt. Emissionen von Luftfremdstoffen, z.B. durch Kamine von Industrieanlagen, werden in der Atmosphäre durch den Wind verfrachtet und teilweise chemisch umgewandelt (Transmission), bevor sie als Immission auf unsere Umgebung einwirken. Für die Verfrachtungen mit dem Wind existieren heute computer-gestützte Modelle, die eine zuverlässige Abschätzung der Immissionskonzentrationen durch einen Einzelmittenten wie z.B. die KVA Bern erlauben.

Die Emissionen der wichtigsten Luftfremdstoffe haben in den letzten 20 Jahren in der Schweiz abgenommen, wobei Ammoniak (NH_3) mit etwa 15% die geringste, flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan, NMVOC) und Schwefeldioxid (SO_2) mit etwa 70% die stärkste Abnahme verzeichnen. Dies hat in der Folge auch dazu geführt, dass sich die an den 16 NABEL-Stationen (nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe) gemessene Luftqualität der Schweiz im gleichen Zeitraum verbessern konnte. Noch immer liegen aber die Feinstaub- und Stickstoffdioxid- (NO_2)-Immissionskonzentrationen an verschiedenen Stationen über dem Immissionsgrenzwert der Luftreinhalteverordnung. Zudem werden auch für Ozon (O_3) in weiten Teilen der Schweiz Werte oberhalb des gesetzlichen Limits gemessen, was eine Folge der nach wie vor zu hohen Emissionen der Vorläufer-substanzen Stickoxide (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC) ist. Welche Massnahmen zur Emissionsreduktion in den letzten Jahrzehnten in der Industrie ergriffen wurden, soll an Beispielen der Stahlindustrie, der Zementwerke und der Kehrlichtverbrennungsanlage Bern gezeigt werden.

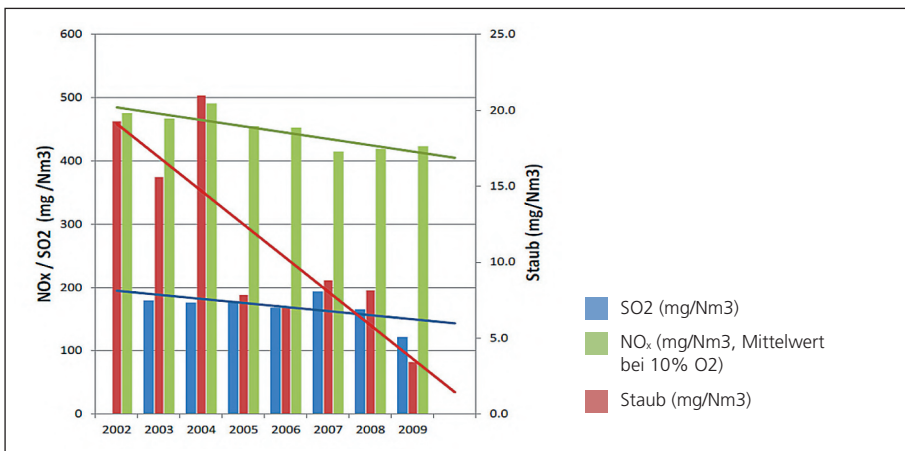
Stahlwerke: Noch vor etwa 40 Jahren gehörte das Stahlwerk Gerlafingen zu den grössten Emittenten von Schwermetallen in der Schweiz; eine entsprechende Kassensturzsending und Medienkampagne zeugen von heftigen Protesten gegen die gesundheitsschädigenden Emissionen. Heute liegen die Messwerte weit unter den gesetzlichen Grenzen, was durch massive Investitionen in verschiede-

¹ Dr. Hanspeter Graf, GRAF BERATUNG, Bern

nen Schritten erreicht werden konnte. Die heute installierte Umwelttechnik besteht aus einer Schachtabsaugung mit anschliessender thermischer Abgasreinigung und einer Ofeneinhausung mit einer Absaugleistung von > 1 Million m^3/h und entsprechendem Filterhaus erreicht werden konnte. Die Resultate sind beachtlich:

- Durch die Ofeneinhausung konnten die diffusen Staubemissionen aus der Stahlwerkshalle auf ein Minimum reduziert werden; die Schwermetalldeposition in der Umgebung ist nahezu verschwunden.
- Mit der thermischen Nachverbrennungsanlage konnten die «Schwelgase» (VOC/Geruch) im Reingas sehr stark gesenkt werden, es gibt kaum mehr Anwohnerbeschwerden.
- Die Reingaswerte im Abgaskamin liegen weit unter den Grenzwerten (GW) der Luftreinhalteverordnung: Staub = $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ (GW = $20 \text{ mg}/\text{m}^3$) Dioxine/Furane = $0.015 \text{ ng I-TEQ}/\text{m}^3_{\text{n, tr}}$ (Richtwert = $0,1 \text{ ng I-TEQ}/\text{m}^3_{\text{n, tr}}$)

Zementwerke: Die Hauptemissionen bei Zementwerken sind Staub und Stickoxide. Während das Staubproblem schon sehr früh, noch bevor von einem Umweltschutzgesetz gesprochen wurde, durch entsprechende Filter weitgehend behoben werden konnte, konzentrierten sich die Anstrengungen in den letzten Jahren hauptsächlich auf die Reduktion der grossen NO_x -Emissionen. Mittels der sogenannten SNCR-Technik (selective non catalytic reduction) durch Einspritzen von ammoniakalischen Flüssigkeiten in die heissen Abgase konnten die NO_x -Emissionen beträchtlich gesenkt werden. Gesamtschweizerisch wurde die NO_x -Reduktion nicht durch Vorgabe von Grenzwerten erreicht, sondern in einer Branchenvereinbarung zwischen Bund, Kantonen und der Branche der Zementindustrie auf freiwilliger Basis vereinbart. Sie hatte zum Zweck, dass in Zementwerken neben Kohle



Emissionen aller schweizerischen Zementwerke von 2002 bis 2009 mit linearem Trend.

und Schweröl auch Alternativbrennstoffe wie Altöl, Pneus, verschmutztes Erdreich usw. eingesetzt werden konnten, ohne dass dadurch die Emissionen angestiegen wären. Die Resultate sind erfreulich: Statt des vorgeschriebenen Grenzwertes von 800 mg/m^3 für Stickoxide wurde ein Mittelwert aller schweizerischen Zementwerke von $< 450 \text{ mg/m}^3$ vereinbart, der im Jahre 2010 mit 426 mg/m^3 deutlich unterschritten wurde. Aber auch bei den übrigen Luftfremdstoffen ist eine deutliche Verbesserung in den letzten 10 Jahren sichtbar.

KVA Bern: Die Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz waren zwar zur Reduktion der Abfälle ein hervorragendes Instrument, aber der Ausstoss an Luftfremdstoffen in den 80er und frühen 90er-Jahren war beträchtlich. Dioxine/Furane, Chlorverbindungen, Quecksilber, Cadmium und weitere Schadstoffe waren teilweise höher als die gesamten industriellen Emissionen. Heute gehören die KVA zu den saubersten Betrieben, die noch stärker als früher zur Energieerzeugung herangezogen werden, wie an der neuen KVA Bern gezeigt werden soll.

Die Rauchgase werden dazu nach einer Vorentstaubung im Elektrofilter über einen Katalysator zur Entstickung geführt. Nach einer Wärmetauscherstufe sorgen zwei Wäscher für die Abscheidung der schwefel-, chlor- und fluorhaltigen Teile und weiterer Aerosole. Nach Aufheizung der Rauchgase weit über den Taupunkt werden sie in einer Endreinigungsstufe über ein Gewebefilter geführt, in das ein Adsorbens für die Abscheidung von Dioxinen und Furanen eingeblasen wird. Die Reingas-Emissionskonzentrationen liegen dann nur bei einigen Prozent der (strengen) gesetzlichen Grenzwerte, einzig bei den Stickoxiden kommen die Messwerte in den Bereich von etwa 70% des Grenzwertes von 80 mg/m^3 .

	Neue KVA	Bisherige KVA
Staub	$0.009 \text{ } \mu\text{g/m}^3$	$0.0076 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
NO ₂	$0.14 \text{ } \mu\text{g/m}^3$	$0.27 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
Dioxin	$0.078 \text{ picog/m}^2 \cdot \text{Tag}$	$0.73 \text{ picog/m}^2 \cdot \text{Tag}$
Pb + Zn	$0.36 \text{ } \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{Tag}$	$2.2 \text{ } \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{Tag}$
Hg	$0.019 \text{ } \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{Tag}$	$0.045 \text{ } \mu\text{g/m}^2 \cdot \text{Tag}$
Zusatzbelastungen der neuen KVA im Vergleich mit der bisherigen Anlage. Die leicht höheren Werte für Staub sind auf die zusätzlichen Emissionen des Holzkraftwerkes zurückzuführen. Allerdings unterscheiden sie sich unter Berücksichtigung der Unsicherheit des Prognoseverfahrens nur unwesentlich.		

Über ein 70 Meter hohes Kamin gelangen die so gereinigten Abgase in die Atmosphäre, wo sie durch Winde weiter verdünnt werden. Die neue Anlage verfügt zudem noch über eine ganzjährig betriebene Gasturbine und ein Holzkraftwerk; die dadurch entstehenden Abgase führen zu einem weiteren starken Auftrieb der gesamten Abgase am Kaminende. Dadurch verschieben sich die Immissionsmaxima in grössere Entfernungen, die Zusatzbelastungen werden äusserst gering gehalten.

und sie tragen in keinem Fall wesentlich zu den bestehenden und in Zukunft verbleibenden Luftbelastungen bei.

Ein Blick auf die Messtechnik, die zur Bestimmung der Emissionen aus industriellen Quellen angewandt wird, rundete den Vortrag ab.

Schlussfolgerungen:

- Feinstaub, Stickoxide und Ozon als Hauptbelastung.
- Stickoxide, Feinstaub, VOC, Schwermetalle als relevante Emissionen von industriellen Quellen.
- Massnahmen im Stahlwerk führen zu massiver Reduktion von Schwermetallen und Dioxin.
- Massnahmen im Zementwerk reduzieren dank Branchenvereinbarung Stickoxide, Schwefeloxide und Feinstaub; Einsatz von Alternativbrennstoffen löst Teil der Sondermüllentsorgung.
- Massnahmen in KVA erhöhen den Wirkungsgrad und senken Emissionen massiv.
- Die Industrie hat zum grossen Teil ihre Hausaufgaben gelöst und die Luftverunreinigungen stark gesenkt; sie steht damit nicht mehr an vorderster Front für weitere Massnahmen.

RALF RICKLI¹

Numerische Wettervorhersage – ein gewaltiger Schatz

Zusammenfassung des Vortrags vom 11. September 2012

Das Referat hatte zum Ziel aufzuzeigen, über welche Wege sensationelle Anschauungen zu den Themen Atmosphärenphysik, Wettersysteme und Klimatologie sowie zum Fundus an computer based training CBT verfügbar geworden sind. Um den Wert dieses Schatzes zu würdigen, sei das Rad der Geschichte kurz zurückgedreht.

Im Jahre 1977 wurde Meteosat1, der erste europäische geostationäre Satellit, gestartet und über dem Schnittpunkt von Greenwich Meridian mit dem Äquator positioniert; jüngste Neuzeit und doch schon weit in der Vergangenheit. Es ist das Todesjahr von Charlie Chaplin und Elvis Presley. Die letzte bemannte Mondlandung lag bereits fünf Jahre zurück. Seit diesem geschichtsträchtigen 1977 schreibt Europa also eine erfolgreiche Geschichte der geostationären Wetterbeobachtung. In einer Höhe von 36 000 Kilometern über dem Äquator bleibt der Satellit relativ zur Erde ortsfest und zeichnet in Intervallen von einer Viertelstunde die Wolkenverteilung und eine Vielzahl weiterer Variablen auf. Die Bilder lassen sich animieren, was einen lebendigen Einblick in die Veränderung der Bewölkung ermöglicht. Vor 35 Jahren gab es diese Animation noch nicht.

Das Europäische Zentrum für Mittelfristvorhersage ECMWF wurde 1975 gegründet. Das ECMWF lieferte am 1. August 1979 die erste operationelle Mittelfristvorhersage an die Mitgliedstaaten, gerechnet auf einem Supercomputer vom Typ CRAY-1A. Der CRAY-1A war ein Einprozessor-Computer mit einem Arbeitsspeicher von 8 MBytes und einem Speicherplatz-Subsystem im Umfang von 2.4 GBytes. Ausser Mitarbeitern von nationalen Wetterdiensten und einzelner Universitäten standen die Mittelfristvorhersagen der interessierten Öffentlichkeit nicht zur Verfügung. Auch heute ist nur ein kleiner Teil der ECMWF-Produkte öffentlich zugänglich, dies im Gegensatz zu Produkten aus amerikanischen Quellen. Zu diesen zählen allen voran die *National Oceanic and Atmospheric Administration* NOAA, die *National Centers for Environmental Prediction* NCEP, die *US Air Force*, die *US Navy* sowie Universitäten. Vor 30 Jahren waren numerische Vorhersagen nur Interessenten zugänglich, die einen

¹ Dr. Ralf Rickli, Geograph, Gümligen

Weltempfänger mit nachgeschaltetem Decoder und Plotter ihr Eigentum nannten. Heute bietet das Internet Zugang zu Modelldaten in einem bislang nie erreichten Umfang.

Wetterphänomene – von gross zu klein

Wetterphänomene sind verschachtelt wie russische Puppen. Meteorologen gliedern die Phänomene nach Lebensdauer und horizontaler Ausdehnung. Je kleinräumiger ein Phänomen, desto kürzer ist seine Lebenserwartung. Eine Frontalzone, die sich über 1000 Kilometer oder mehr erstreckt, ist länger wirksam als turbulente Wirbel im Windschatten eines Hindernisses. Umgekehrt proportional verhält es sich mit dem Zeitaufwand für eine Vorhersage. Das Erkennen grossräumiger Wettermuster gelingt meist in Kürze. Die regionalen und lokalen Details des Wetterverlaufs zu erfassen und korrekt vorherzusagen, ist deutlich aufwändiger. «Meteo» braucht Zeit – «Subito» lassen sich die Nuancen in ihrem Umfang und ihren Querbezügen selten erkennen. Diese Erkenntnis ist im «*Snellman Forecast Funnel*» zusammengefasst. Je kleiner der Raum ist, für den die Vorhersage gelten soll, desto mehr Zeit muss für das konzeptionelle Denken aufgewendet werden.

Modelle

Wetterinformationen sind medial omnipräsent, meist in Form von Piktogrammen mit Wettercharakter, Höchst- und Tiefsttemperatur des Tages und Angaben zum Wind. Hier besteht ein Überangebot an Information, die dem Nutzer jedoch keinen vertieften Zugang zu den Vorgängen in der Atmosphäre ermöglicht. Umfassendere Daten werden in Europa hauptsächlich von Universitäten und Privaten bereitgestellt. Temperatur, Wind und Niederschlag sind die wichtigsten Variablen. Eine Reihe von Variablen, die zur dynamischen Meteorologie gehören, erlauben einen tieferen Einblick in die Wetterentwicklung.

Die extreme Reduktion des Medienwetters auf einige wenige Merkmale lässt den Aufwand kaum erahnen, der in den einzelnen Arbeitsschritten von der Beobachtung bis zur Modellaussage steckt. Numerische Modelle sind modular aufgebaut und rechenintensiv. Die Submodule umfassen nebst der Troposphäre mit dem globalen Wasserkreislauf auch die Zirkulation in der unteren Stratosphäre, den Boden mit seinen unterschiedlichen Eigenschaften bezüglich Speichervermögen, Vegetation, Strahlungs- und Energiebilanz sowie die Ozeane und ihre Zirkulation.

Als Beispiel kleinskaliger Prozesse mag der Weg von Salzaerosolen vom zerstörenden Wellenkamm in die Atmosphäre dienen. Salzaerosole sind wichtige Kondensationskeime. Die realitätsnahe Verteilung von Grösse und Art der Aerosole wirkt sich direkt auf die Berechnung der Wolken und des Wasserkreislaufes aus.

Die Anforderungen an Wettermodelle sind hoch. Zwischen den langen Wellen in der Atmosphäre und Kondensationskeimen liegen 13 Grössenordnungen. Während der letzten fünf Jahrzehnte wurde die numerische Wettervorhersage dank Fortschritten in der Computertechnologie und bei numerischen Verfahren systematisch verbessert. Intensive Forschung und Feldexperimente haben zu einem vertieften Prozessverständnis geführt. Auch der operationelle Fluss von Beobachtungsdaten hat stetig zugenommen.

Der Schatz

Modelle erlauben das Visualisieren von Wetterphänomenen in Echtzeit und im Voraus. Karten, Schnitte, Animationen und eine Vielfalt von Variablen, die sich darstellen lassen, ermöglichen ein Studium des Wetters, wie es bislang kaum möglich war. Man mag dieser Euphorie zwar entgegenhalten, dass die exakte Beobachtung im Freien durch nichts zu ersetzen sei, denn die Beobachtung ist die Grundlage zur Interpretation von Modell-Output. Es sind jedoch die Modelldaten, die den Ausblick in die Zukunft ermöglichen. Der Herleitung einer Wetterentwicklung allein aus Beobachtung sind enge Grenzen gesetzt. Eine Liste mit einer Auswahl von Links kann unter folgender Adresse heruntergeladen werden: <http://www.sigwx.ch>



MARCEL GÜNTERT¹

Die Evolution des Fliegens bei Tieren

Zusammenfassung des Vortrags vom 23. Oktober 2012

Einleitung

Der Luftraum dient heute unterschiedlichsten Organismen – auch dem Menschen – als Medium zur Fortbewegung. Die Eroberung des Luftraums durch fliegende Tiergruppen ist eines der faszinierenden Phänomene der Evolution. In den verschiedensten Tiergruppen gibt es Gleitflieger, doch nur vier Gruppen haben unabhängig voneinander den aktiven Schlagflug entwickelt, sind also in der Lage, sich mit Muskelkraft durch die Luft zu bewegen. Die spannenden und meist noch ungelösten Fragen sind bei allen vier Gruppen dieselben:

- 1) Woraus haben sich die Flugorgane entwickelt?*
- 2) In welchem ökologischen Kontext (d.h. wozu) ist das Fliegen entstanden?*
- 3) Wie sind die ersten Formen überhaupt in die Luft gekommen?*

Nach unsern Vorstellungen über den Verlauf der Evolution sind die perfekten Flieger nicht plötzlich erschienen, sondern müssen über Zwischenstufen entstanden sein. Welches waren die selektiven Vorteile für Formen mit Vorstufen oder noch wenig perfekt ausgebildeten Flugorganen?

Am meisten wissen wir über die Flugentstehung bei den Vögeln, dies dank einem immer grösser werdenden Fundus von fossilen Vertretern, die mehr oder weniger gut ans Fliegen angepasst sind. Archaeopteryx als «missing link» ist inzwischen seit 150 Jahren bekannt, und vor allem aus China werden praktisch jährlich neue Funde beschrieben, welche die Entstehung von Strukturen für das Fliegen und die Perfektionierung des Flugapparates belegen und gleichzeitig die Grenzen zwischen Dinosauriern und Vögeln immer mehr verwischen.

Für die drei anderen Gruppen aktiver Flieger fehlen bis heute solche Vorstufen völlig. Die frühesten erhaltenen Fossilien zeigen fertig ausgebildete Fluginsekten, Flugsaurier oder Fledermäuse. Nicht umsonst findet sich in fast jeder Einleitung zu einem Werk über die Stammesgeschichte dieser Tiere das Bedauern, dass leider keine dem Archaeopteryx entsprechende fossile Form bekannt sei. Deshalb kann über die Entstehung des Fliegens bei diesen Gruppen nur spekuliert werden. Dies gilt insbesondere für die Insekten, bei denen nicht einmal der Ursprung der Flug-

¹ Prof. Dr. Marcel Güntert, Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern.

organe mit Sicherheit bekannt ist; bei den Wirbeltieren ist wenigstens die Bildung der Flügel durch Umgestaltung der Vorderextremität unbestritten.

Wenn konkrete Belege fehlen, behilft man sich bei der Erklärung von Evolutionsvorgängen oft mit «Szenarien»; diese wurden allerdings verschiedentlich als blosse «just-so stories» abgetan und ihr wissenschaftlicher Wert in Frage gestellt. Jedoch lassen sich aus einem Szenario falsifizierbare Voraussagen ableiten und z.B. anhand von neuen Fossilfunden testen, und die dem Szenario zugrunde liegenden Annahmen selbst können überprüft und allenfalls falsifiziert werden (Garner et al. 1999).

Zeitlicher Rahmen der Flugentstehung

Erste landlebende Tiere – alle zu den Arthropoden (Gliederfüßlern) gehörend – sind fossil seit 420 Mio. Jahren nachgewiesen. Die ersten Tetrapoden (Amphibien) kennen wir seit dem Oberdevon. Fluginsekten sind seit der Karbon-Zeit bekannt, wogegen die Wirbeltiere erst ab dem Erdmittelalter den Luftraum bevölkerten (Tab. 1). Die jüngsten Flieger sind die Fledermäuse, sie sind erst aus dem Eozän bekannt. Die Flugsaurier sind am Ende der Kreidezeit, nach dem Einschlag eines Meteoriten ausgestorben (Chicxulub-Krater in Mexiko, nach neuester Datierung vor 66 Mio. Jahren; Renne et al. 2013).

Tiergruppe	Stratigrafie	erste Landtiere	erste Flieger
Fledermäuse	Palaeogen (Eozän)		50
Vögel	Jura-Kreide-Grenze		145
Pterosaurier †	Obere Trias		215
Wirbeltiere: Tetrapoden	Unterkarbon	370	
Hexapoda (Insekten)	Unteres Devon	405	320
Arachnida (Spinnentiere)	Unteres Devon	415	
Myriapoda (Tausendfüßler)	Silur	420	

Tabelle 1: Früheste Fossilnachweise von landbewohnenden Tiergruppen und ihrer ersten fliegenden Vertreter, in Millionen Jahren vor heute.

Aerodynamische Aspekte

Ein Tier oder ein anderes Objekt im Luftraum wird von der Erdanziehung nach unten gezogen. Damit es in der Luft bleibt, müssen Auftriebskräfte (engl. «lift») der Schwerkraft entgegenwirken. Für ein Tier im Gleitflug oder im «normalen» Schlagflug, aber auch für ein konventionelles Flugzeug, lässt sich die Entstehung dieser Auftriebskräfte am besten mit dem Bernoulli-Prinzip erklären, nach wel-

chem in einem fließenden System die Summe der Energie (kinetische und potenzielle Energie, u.a. in Form von «innerem Druck») konstant bleibt.

Wird eine Tragfläche, z.B. ein nach oben gewölbtes Flügelprofil von einem flüssigen oder gasförmigen Medium umströmt, müssen die Partikel des Mediums die längere Strecke um die Oberseite schneller zurücklegen als die der Unterseite, denn sie müssen gleichzeitig den Hinterrand der Tragfläche erreichen. Wird die Tragfläche schräg nach oben in die Strömung gestellt, nimmt der Unterschied in der Umströmungsgeschwindigkeit zu. Die höhere Geschwindigkeit (kinetische Energie) hat zur Folge, dass der Druck (potenzielle Energie) auf der Oberseite geringer wird. Somit entsteht eine Saugkraft, die stets senkrecht zur Anströmungsrichtung wirkt und die Tragfläche nach oben zieht. Wird der Flügel von schräg vorne unten angeströmt (z.B. beim Abschlag), zieht die Saugkraft den Flügel schräg nach vorne oben, es entsteht also auch Vortrieb (Nachtigall 1985). Dabei spielt es keine Rolle, ob der Flügel ruhig in bewegter Luft (z.B. im Gegenwind) steht oder ob er von Muskelkraft (oder einem Düsenaggregat) durch eine stehende Luftmasse getrieben wird – oder ob sogar beides zusammenwirkt. Ausschlaggebend ist die Geschwindigkeit der umströmenden Luft.

Die Grösse der Auftriebskräfte wird u.a. bestimmt durch die Fläche des Tragflügels, den Anstellungswinkel zur Strömung und durch die Umströmungsgeschwindigkeit. Entscheidend ist dabei, dass die Auftriebskräfte (allerdings auch der erzeugte Widerstand) im Quadrat der Geschwindigkeit zunehmen. Langsam fliegende Vögel wie ein Storch oder ein Geier haben deshalb grosse, breite Flügel; mit hoher Geschwindigkeit fliegende Vögel kommen dagegen mit relativ kleinen Flügelflächen aus.

Die Erzeugung der Kräfte, die ein Tier bzw. ein Flugobjekt in der Luft halten oder vorwärts treiben, lassen sich auch aus einem anderen Blickwinkel betrachten. Der durch die Luft bewegte Flügel «verpasst» der ihn umgebenden Luft einen Stoss nach hinten unten, der zur Bildung eines Wirbels am Flügelhinterrand führt. Dieser Wirbel wirkt quasi wie ein Körper, aus dessen Massenzentrum eine Gegenkraft (*actio = reactio*) wirkt, die den Flügel nach vorn und oben treibt. Das Abschleudern eines Wirbels bei der Schlagumkehr (vom Abschlag zum Aufschlag) lässt sich mit geeigneten Mitteln sichtbar machen, z.B. in einem Rauchkanal.

Das Bernoulli-Prinzip gilt für einen quasi-stationären Zustand in einem strömenden System. Zur Erklärung von komplizierteren Flügelschlagbewegungen, wie etwa dem Schwirrfly von Insekten und Kolibris (*Abb. 1*) oder einer sich ständig ändernden Flügelform, ist es nicht mehr hilfreich.

Insekten

Erste geflügelte Insekten sind seit dem Karbon, d.h. seit etwa 320 Ma bekannt. Es waren einerseits Vertreter von Gruppen, die beim permo-triassischen Massenaussterben wieder verschwanden, z.B. die an Libellen erinnernden Geroptera und

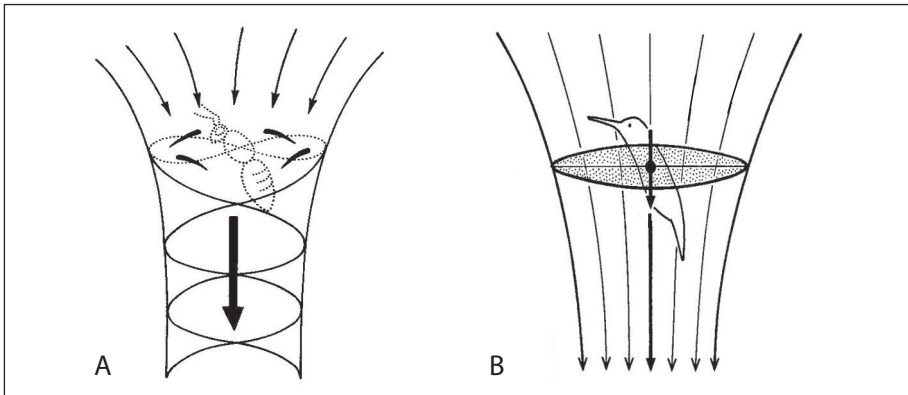


Abbildung 1: Schwirrflug bei Insekten (A) und Kolibris (B). Um in der Luft an Ort zu bleiben, schlägt das Insekt seine Flügel in der Horizontalen vor und zurück, wobei die Flügelwölbung je nach Schlagrichtung ändert. Dadurch wird ein nach unten gerichteter Luftstrom erzeugt, dessen Gegenkraft das Tier in der Luft hält (A: aus Brodsky 1994, B nach Nachtigall 1985).

die Palaeodictyoptera mit schnabelähnlichen saugenden Mundwerkzeugen. Andererseits lebten ab dem Oberkarbon bereits Eintagsfliegen (Ephemeroptera), die somit die ältesten der heute lebenden Fluginsekten sind. Auch Verwandte der Libellen hatten ihren Ursprung im Oberkarbon; die heutigen Odonata sind ab dem Perm bekannt. Im frühen Perm sind zahlreiche der heutigen Insektenordnungen, mit einer Vielfalt an Flügelformen und -strukturen, fossil nachgewiesen (Übersicht in Grimaldi & Engel 2005). Einige dieser Formen waren riesig, mit bis zu 70 cm Flügelspanne. Dieser Gigantismus, der sich auch bei nicht flugfähigen Gliederfüßlern äussert, wurde mit dem im späten Paläozoikum hohen Sauerstoffgehalt der Atmosphäre in Verbindung gebracht; doch Schneider und Werneburg (2010) widersprechen dieser Hypothese.

Die Insektenforscher sind sich einig, dass Flügel nur einmal entstanden sind, die Frage ist bloss – woraus? Als Ursprungsstrukturen wurden einerseits die Paranoten vermutet, seitliche Auskragungen der Tergiten (Rückenschilder, vgl. Abb. 2), wie sie z.B. bei Geroptera und Palaeodictyoptera am ersten Thoraxsegment ausgebildet waren (das 2. und 3. Segment trugen die Flügel). Andererseits könnten sie von beweglichen Kiemenblättchen abgeleitet sein, wie sie an den Abdominalsegmenten heutiger Eintagsfliegenlarven vorhanden sind. Um ein Paranotum zum Flügel umzugestalten, müsste es nicht nur verlängert, sondern mit Gelenken und Muskulatur ausgestattet werden. Eine bewegliche Kieme hingegen verfügt schon über beides; allerdings ist keine Insektenlarve bekannt, welche Kiemen an den Thoraxsegmenten ausgebildet hätte. Trotzdem wird die Entstehung aus Kiemen heute als die wahrscheinlichere Hypothese betrachtet (Brodsky 1994).

Der Flugapparat der Libellen unterscheidet sich von dem aller anderen Insekten durch die direkte Bemuskulung der Flügel, d.h. die Flugmuskeln setzen direkt an



Abbildung 2: Gigantismus bei paläozoischen Arthropoden: lebensgrosse Rekonstruktion von Arthropleura. Die Tergiten (Rückenschilder) aller Körpersegmente tragen beidseits ein Paranotum. Diese Auskragungen wurden als mögliche Vorstufen der Insektenflügel betrachtet. (Foto: TU Bergakademie Freiberg).

den Flügeln an. Deshalb können Libellen ihre vier Flügel unabhängig voneinander schlagen, was insbesondere den Grosslibellen ihre extreme Manövrierfähigkeit verleiht. Bei allen anderen Insekten ziehen die Flugmuskeln das «Dach» des flügeltragenden Thoraxsegments und mit diesem die Flügelbasis nach unten (ventral), wodurch die Flügel nach oben gedrückt werden. In der evolutiven Weiterentwicklung der Flügel und der Flugbewegungen zeigt sich die Tendenz, Vorder- und Hinterflügel einer Seite als Einheit schlagen zu lassen. Dazu haben verschiedene Gruppen (z.B. Hautflügler und Schmetterlinge) Strukturen entwickelt, welche die Flügel miteinander verhaken. Käfer und Zweiflügler erreichen das Ziel auf andere Weise: Bei Käfern sind nur die Hinterflügel als Flugorgan ausgebildet; die harten Vorderflügel (Elytren) bilden beim nicht fliegenden Tier einen Schutz für die Hinterflügel und den weichen Körper. Bei Dipteren dagegen ist der Hinterflügel zum Schwingkölbchen «verkümmert» und dient nur noch der Flugstabilisierung.

Dass eine Hummel nur fliege, weil sie nichts von Physik versteht, ist ein verbreitetes Bonmot, laut welchem der mit den kleinen Flügeln erzeugte Auftrieb nicht genügt, um das relativ schwere Insekt in der Luft zu halten. Das stimmt zwar,

wenn es nach dem Bernoulli-Prinzip geht. Doch Insektenflügel funktionieren anders – mit einer ganzen Reihe von speziellen Flugweisen sind Insekten in der Lage, viel höhere Auftriebskräfte zu erzeugen (Übersicht in Sane 2003). Dazu gehört die Technik des «leading edge vortex», bei der am scharfkantigen Flügelvorderrand eine Wirbelwalze erzeugt wird, die sich dem Flügel anlegt und diesen nach oben saugt. Diese aus der Aviatik bekannte Technik, die den Auftrieb um ca. 40% erhöht, wurde zuerst bei Fliegen nachgewiesen und kommt bei verschiedenen Insekten vor, u.a. auch bei den Schwärmern (Sphingiden) unter den Schmetterlingen. Anders funktioniert das «wing clapping», bei dem die Flügel über und/oder unter dem Körper zusammengeschlagen werden. Beim schnellen Öffnen wird Luft zwischen die Flügel gesaugt, was einen Wirbel auslöst, der dem Insekt einen «Schubs» vorwärts verpasst. Einige Käfer, Schmetterlinge, Stein- und Köcherfliegen sowie die Staubläuse (Psocopteren) setzen diese Technik ein. Beim Schwirrfly werden die Flügel – mit Frequenzen bis 600 Hz – in einer horizontalen Ebene vor- und zurückgeschlagen. Der nach unten gerichtete Luftstrom bewirkt eine Gegenkraft, die das Insekt in der Luft hält (Abb. 1).

Neben der Perfektionierung des Flügelschlags führte eine andere Weiterentwicklung zum evolutiven Erfolg der Insekten: Änderungen in der Ruhehaltung der Flügel. Damit wird die Gefahr von Beschädigungen der fragilen Flugorgane reduziert, und die Tiere können sich besser tarnen oder verstecken. Dazu waren Modifikationen der Flügelgelenke nötig. Das Einklappen der Flügel ist mehrmals unabhängig entstanden. Der ursprünglichere Zustand ist die dachförmige Haltung der Flügel, wie wir sie von Stein- und Köcherfliegen und den Kleinlibellen kennen. Netzflügler dagegen halten die Flügel flach über dem Körper. Vorteile sind besserer Schutz der Flügel während der Ruhe, aber auch die Möglichkeit, sich in Spalten oder unter Baumrinde zu verstecken. Der Schutz der nicht benutzten Flügel geht noch weiter mit dem Zusammenfallen, wie es die Faltenwespen zeigen. Käfer falten die zum Fliegen dienenden Hinterflügel zusammen und verbergen sie unter den harten Vorderflügeln.

Vögel (Dinosauria)

Die Flugorgane der Vögel werden durch die verlängerten Arm- und Handknochen gebildet, an denen die Schwunghedern (Arm- und Handschwingen) ansetzen, welche die eigentliche Tragfläche bilden. Zur Stabilisierung sind Mittelhand- und Fingerknochen untereinander verwachsen; auch die Handwurzelknochen sind zu zwei Elementen verschmolzen, welche bei modernen Vögeln zum Falten des ruhenden Flügels dienen bzw. den ausgestreckten Flügel kraftsparend arretieren (Peters 1984). Die Schwanzwirbelsäule ist reduziert auf wenige Wirbel und ein aus verschmolzenen Wirbeln gebildetes Pygostyl, an welchem die Steuerfedern ansetzen.

Der «Urvogel» *Archaeopteryx* aus dem obersten Jura (145 Ma) ist der früheste bekannte Vertreter der Vögel. Für das Verständnis der Vögelevolution ist er ein

Glücksfall, denn er zeigt eine Kombination von Reptilmerkmalen mit der Befiederung eines Vogels. Bis in die 1980er-Jahre kannte man nach *Archaeopteryx* nur die Zahnvögel aus der Oberkreide – eine mit den heutigen Vögeln nicht näher verwandte Seitenlinie, die am Ende der Kreidezeit ausgestorben ist. In den letzten 20 Jahren sind aus der Unterkreide von China, Madagaskar und Spanien weitere fossile Vögel gefunden worden, welche z.T. anstelle der Zähne einen Hornschnabel trugen (z.B. *Confuciusornis*, Liaoning, China). Unterschiede im Skelettbau dieser Fossilformen machen deutlich, dass die Vögel bereits in der frühen Kreidezeit eine erste evolutive Entfaltung machten. Von weltweit verteilten Fundstellen aus der Oberkreide ist dazu eine grosse Vielfalt von weiteren Vogelformen hinzugekommen (Chiappe & Witmer 2002, Wellnhofer 2008). Ebenfalls in der Oberkreide findet man die ersten Vertreter der modernen Vögel, z.B. der Gänsevögel und Hühnerartigen.

Auf welchem evolutiven Weg – ob als baumbewohnende Gleitflieger oder als rennend-springende, bodenlebende Räuber – die Vögel den aktiven Schlagflug entwickelt haben, ist nach wie vor umstritten. Die Verfechter der «trees-down»- bzw. «bottom-up»-Hypothesen halten sich zahlenmässig etwa die Waage.

Die Vorstellung eines gleitfliegenden Zwischenstadiums erscheint auf den ersten Blick einleuchtend. Vögel stammen aber von zweibeinig laufenden Dinosauriern ab. Wenn diese Annahme zutrifft, wird schwer vorstellbar, wie ein zweibeiniges Tier ohne Fluganpassungen baumlebend werden soll – das Abstürzen beim Springen von Ast zu Ast wäre quasi vorprogrammiert. Hinzu kommt, dass das Gleitfliegen zwar in vielen Tiergruppen unabhängig entstanden ist (s.u.), dass aber kein Fall bekannt ist, bei dem der Gleit- zum Schlagflug weiterentwickelt worden wäre. Bewegt ein Gleiter nämlich seine Tragflächen aus der optimalen Lage, z.B. beim Manövrieren, verschlechtert er seine aerodynamischen Eigenschaften und verliert schneller an Flughöhe; dasselbe würde beim Schlagen mit den Tragflächen geschehen.

Solche schlecht angepasste Zwischenstufen treten nicht auf, wenn von der Flugentstehung am Boden ausgegangen wird. Die Ausgangssituation wäre ein zweibeinig laufendes Tier, das nach fliegenden Insekten springt oder sich von einem erhöhten Hinterhalt (z.B. Felsbrocken) auf vorbeikriechende Beutetiere stürzt (Garner et al. 1999). Dabei geht es anfänglich nicht um die Verlängerung der Flugbahn, sondern um die Kontrolle der Körperhaltung während des Sprungs und insbesondere bei der Landung. Bei einem Szenario, in dem Sprungkontrolle im Zentrum steht, bringen bereits geringfügige morphologische Veränderungen, z.B. kleine auftriebserzeugende Verbreiterungen an der Spitze der Vorderextremitäten, einen selektiven Vorteil. Die Armbewegungen zum Stabilisieren der Körpers entsprechen dabei den Bewegungen des späteren Flügelschlags (Cople et al. 1983). Erst eine weitere Vergrößerung der auftriebserzeugenden Flächen führt zur Flugbahnverlängerung und schliesslich zum eigentlichen Fliegen.

Neuen Diskussionsstoff lieferte die Entdeckung von befiederten vierflügeligen Dromaeosauriern (Gattung *Microraptor*), d.h. Dinosauriern aus der Schwester-



Abbildung 3: Vierflügeliger Dromaeosaurier der Gattung *Microraptor*. An den Hinterbeinen sind verlängerte Schwungfedern erkennbar; auch der lange Schwanz ist befiedert. Original im Naturhistorischen Museum Bern; der Schädel dieses Exemplars ist nicht erhalten; er wurde entsprechend dem Holotyp nachmodelliert. (Foto P. Vollenweider, NMBE).

gruppe der Vögel, die auch an den Hinterbeinen Schwungfedern trugen (Abb. 3). Dass diese Tiere in Bäumen lebten und wohl Gleitflieger waren, erscheint plausibel, denn die langen Federn an den Läufen wären bei der Fortbewegung am Boden hinderlich gewesen. Daraus zu schliessen, dass die Vögel aus einem vierflügeligen Vorfahren entstanden sein müssten (Zheng et al. 2013), ist nicht angebracht, denn schliesslich sind die vierflügeligen Formen mit einer vermutlich stark spezialisierten Lebensweise rund 20 Mio. Jahre jünger als der zweiflügelige *Archaeopteryx*.

Der aktive Schlagflug ermöglicht einen Ruderflug, wie wir ihn z.B. von Krähen kennen; etwa so dürfte bereits *Archaeopteryx* geflogen sein. Dieser Grundtyp wurde bei den modernen Vögeln vielfältig abgewandelt. Grosse Vögel wie Geier, Störche oder Albatrosse perfektionierten den energiesparenden Gleitflug und nützen Thermiken, Hangaufwinde oder die unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten über dem Meer aus. Alle diese passiven Gleitflieger sind aber auch zum Schlagflug befähigt. Spezialisierte Luftjäger wie der Wanderfalke oder die Segler haben lange, schmale Flügel und setzen auf hohe Geschwindigkeit. Mauersegler halten zum Erreichen hoher Geschwindigkeit den Handflügel schräg nach hinten und fliegen – wie ein Kampf-Jet mit Deltaflügeln – nach dem Prinzip des Leading-Edge-Vortex (Videler 2005). Kolibris, blütenbesuchende Vögel der neuen Welt, haben einen Schwirrflug entwickelt, ähnlich dem der Schwebefliegen. Sie bewegen die Flügel in einer horizontalen Achterschleufe und können so vor einer Blüte in der Luft stillstehen, während sie den Nektar aufnehmen (Abb. 1).

Flugsaurier (Pterosauria)

Flugsaurier (Pterosauria) sind die ersten Wirbeltiere, die sich die Lüfte als Lebensraum zu eigen machten. Sie dürften vor ca. 220 Mio. Jahren entstanden sein, denn in der Oberen Trias sind sie fossil bereits mit Vertretern aus vier verschiedenen Stammeslinien bekannt. Sie entfalteten sich durch das ganze Erdmittelalter hindurch, waren weltweit verbreitet und erfuhren nochmals einen Diversifizierungsschub während der Kreidezeit, an deren Ende sie abrupt ausstarben. Ihre Abstammung liegt im Dunkeln, gewiss ist nur ihre Zugehörigkeit zu den Archosauriern, der Gruppe, zu der auch Krokodile, Dinosaurier und die aus diesen entstandenen Vögel zählen. Wer ihre bodenlebenden Vorfahren waren, ist nicht bekannt, auch sind keine Übergangsstufen zu den ersten, bereits voll flugfähigen Formen fossil erhalten. Demzufolge ist auch offen, ob der aktive Flug über ein rennend-springendes Verhalten (Padian 1984) oder über Zwischenstadien des Gleitflugs entstanden ist. Der Reichtum an grossen fliegenden Insekten in der Perm- und Triaszeit könnte den Anstoss für die Evolution des Fluges gegeben haben.

Der Flugapparat besteht aus einer Membran, die an den Armknochen und einem extrem verlängerten 5. Finger aufgespannt ist. Nach hinten setzt die Flughaut an den Fussgelenken an, und je nach Gruppe ist eine weitere Membran zwischen den Hinterbeinen oder nur entlang der Beininnenseite aufgespannt. Ein spezieller, am Handgelenk gelenkig ansetzender Knochen, das Pteroid, stützte während des Fliegens eine vor den Schultern ausgespannte Haut.

Unter den Flugsauriern finden wir die grössten Lebewesen, die je zum Fliegen befähigt waren: *Quetzalcoatlus* (Oberkreide, Texas) erreichte 11–12 m Spannweite; der Wanderalbatros – Rekordhalter unter den heute lebenden Vögeln – hätte mit seinen 3,6 m Flügelspanne dagegen eher mikrig gewirkt. Grössere Flügelspannen haben nur noch die vom Menschen gebauten, aber eben leblosen Flugapparate (Boeing 777 mit 60 m; Hughes H-4 Hercules, ein 1947 gebautes Wasserflugzeug mit 97,5 m Spanne). Die grossen Flugsaurier waren sekundär wieder Gleitflieger, die wohl nur über dem Meer fliegen konnten und sich aus der Luft von Fischen und anderen Meerestieren ernährten. Daneben gab es auch kleine Formen, bis etwa zur Grösse einer Haustaube, allerdings zierlicher gebaut und mit relativ längeren Flügeln.

Verschiedene, lang diskutierte Fragen um Körperbau und Lebensweise sind inzwischen dank neuen Fossilfunden gelöst, etwa die Frage nach der Fortbewegungsart am Boden. Die frühere Vorstellung (Padian 1984), wonach Pterosaurier frei auf den Hinterbeinen liefen und die geschlossenen Flügel horizontal – ohne Bodenkontakt – neben dem Körper gehalten hätten, hat sich aufgrund von Spurenfunden als unzutreffend herausgestellt. Beim vierfüssigen Schreiten war der Körper am Boden auf die verlängerten Vorderarme abgestützt; die Bewegung erinnert also etwas ans Nordic Walking. Umstritten war auch die Ausdehnung der Flughaut im Bereich des Beckens und der Hinterbeine; ein aufrechter zweibeiniger

Gang wäre mit einer die Beine und sogar den Schwanz umfassenden Membran nicht zu vereinbaren. Deshalb nahm man an, dass der Hinterrand der Flughaut nur bis in die Mitte des Rumpfs, etwa bis zum Vorderrand des Beckens gereicht hätte. Auch diese Annahme stellte sich aufgrund neuer Fossilfunde mit erhaltener Flughaut an und zwischen den Beinen als falsch heraus. Diese und weitere Überraschungen – etwa die Erkenntnis, dass zahlreiche der als kleinwüchsige «Arten» beschriebenen Pterosaurier in Wirklichkeit flugfähige Jugendstadien von grösseren Formen sind, beschreibt Unwin (2006) in einem populär gehaltenen Buch.

Fledertiere (Chiroptera)

Bei den Chiroptera, den Fledermäusen und Flughunden also, werden die Tragflächen durch eine Flughaut gebildet, welche zwischen den extrem verlängerten Fingern II–V und bis zu den Fussgelenken ausgespannt ist. Auch zwischen den Beinen ist eine Flughaut ausgebildet, in welche bei gewissen Arten auch der Schwanz miteinbezogen ist. Fledertiere sind nachtaktiv, wobei die Flughunde (Megachiroptera) sich in der Dunkelheit dank stark vergrößerter Augen und einer ebenfalls vergrößerten Sehregion im Gehirn visuell zurechtfinden. Flughunde sind Frucht- oder Nektarfresser. Dagegen orientieren sich Fledermäuse (Microchiroptera) nach dem Echolot-Prinzip mit Ultraschalllauten, die im Kehlkopf gebildet werden. Unter den Flughunden ist zwar die Gattung *Rousettus* ebenfalls zu Echolot-Ortung befähigt; sie erzeugt die Ortungslaute («Klicks») aber mit der Zunge. Fledermäuse haben je nach Familie sehr unterschiedliche Nahrung: die meisten sind spezialisierte Insektenjäger, doch einige ernähren sich von Früchten, Nektar oder Blut.

Die grossen Unterschiede in den Sinnesorganen und in der Ernährungsweise sowie erste molekulare Studien über die Verwandtschaftsbeziehungen führten in den 1980er-Jahren dazu, eine unabhängige, also konvergente Entstehung der beiden Gruppen aus je verschiedenen Vorfahren anzunehmen. Das hätte auch bedeutet, dass in jeder der beiden Stammeslinien das Fliegen unabhängig entstanden wäre. Aufgrund neuer anatomischer Studien des Flugapparats (Thewissen & Babcock 1992) sowie neuer molekulargenetischer Befunde (Teeling et al. 2005) geht man heute wieder von einer monophyletischen Abstammung der Chiropteren aus, d.h. innerhalb der Fledertiere ist das Fliegen nur einmal entstanden.

Der früheste Fossilnachweis einer Fledermaus ist *Icaronycteris* aus dem Eozän von Wyoming (Simmons et al. 2008). Auch von anderen Kontinenten sind inzwischen Funde bekannt; die am besten – sogar mit Flughaut – erhaltenen Exemplare (z.B. *Archaeonycteris*) stammen aus der Ölschiefergrube Messel in Hessen (Alter: 49 Mio. Jahre). Aber alle sind fertig ausgebildete Fledermäuse, die aufgrund der Konfiguration ihres Schultergelenks zu aktivem Schlagflug befähigt waren. Zum Verständnis der Flugentstehung können sie nichts beitragen.

Damit kommen wir wieder zu möglichen Szenarien, welche die Entstehung von Tragflächen und des Flugverhaltens plausibel machen sollen. Die Alternativen sind

ein Gleitflug-Stadium, das wohl dem energiesparenden Ortswechsel von einem Baum zum anderen dient, aber kaum zum erfolgreichen Fang fliegender Beute beiträgt. Die andere Möglichkeit geht von einem Kleintiere fressenden Wartenjäger aus, der an schiefen Ebenen, wie Felswänden oder schräg gewachsenen Baumstämmen jagt und nach seiner Beute springt. Dabei würden kleine Tragflächen an den Enden der Vorderextremität die Sprungkontrolle und eine sichere Landung unterstützen.

Dieses Szenario ist also ähnlich wie die «bottom-up»-Hypothese in der Vogelevolution. Nur haben Säugetiere kein Problem, sich in einem arborealen Lebensraum zu bewegen. Im Gegensatz zu den zweibeinig laufenden Vogelvorfahren bewegten sich die Vorfahren der Fledertiere auf vier Füßen und konnten deshalb mit vier Extremitäten klettern, wie es heute z.B. die Eichhörnchen tun.

Neben der Entstehung des Fliegens stellt sich auch die Frage, wann bzw. wie oft die Echo-Orientierung entstanden ist – bereits vor oder erst nach dem Flugvermögen. «A leap in the dark» (ein Sprung ins Dunkel) umschreibt die Situation, dass ein mit durchschnittlichem Sehvermögen ausgestatteter Kleinsäuger nachts von einem Ast abspringt und hofft, unterwegs ein Insekt zu fangen oder wenigstens den nächsten Ast zu erwischen. Die verschiedenen Hypothesen sind in Speakman (2001) sehr anschaulich gegenübergestellt.

Speakman selbst entwickelt ein überraschendes, aber plausibles Szenario, das mit dem einmaligen Entstehen des Flugvermögens im Einklang ist und dessen Annahmen anhand von bisherigen oder neuen Fossilfunden überprüft bzw. falsifiziert werden können.

Fledertiere müssen in der Kreidezeit entstanden sein; molekulare Studien gehen von 14 Mio. Jahren vor den ersten Fossilnachweisen im Eozän aus (Teeling et al. 2005). In der Kreidezeit entwickelten sich die Angiospermen (bedecktsamige Pflanzen), was zu einer Vielfalt an Früchten und somit zu einer neuen Nahrungsquelle führte. Die Vorfahren der Fledertiere wären baumlebende, tagaktive Fruchtfresser gewesen, die den Bereich der Baumkronen zuerst kletternd, später gleitend/fliegend besiedelten. Der gemeinsame Vorfahr der heutigen Fledertiere war bereits zu aktivem Schlagflug befähigt. Insekten dienten als Zusatzdiät (zum Decken des Stickstoffbedarfs) und wurden im Flug gefangen. Das Insektenangebot muss sehr reichlich gewesen sein, und Konkurrenz durch auf fliegende Insekten spezialisierte Vögel oder Flugsaurier gab es im Paläozän noch nicht, bzw. nicht mehr. Einige Stammeslinien der Fledertiere spezialisierten sich deshalb auf Insektennahrung. Doch im frühen Tertiär entfalteten sich die modernen Vögel, darunter tagaktive Greife. Unter dem Druck dieser Beutegreifer verlegten die Fledertiere ihre Aktivität in die Nacht, was eine Anpassung der Sinnesorgane ans Leben in der Dunkelheit zur Folge hatte. Die Fruchtfresser verbesserten ihr Sehvermögen (grosse Augen, vergrößerter visueller Cortex im Gehirn), die Insektenjäger dagegen entwickelten das Echo-Ortungssystem zur Orientierung im Dunkel und zum nächtlichen Insektenfang.

Tiergruppe	Gleitfliegende Formen	Auftriebsstruktur, -organ	erste Flieger
Milben		«Ballooning» mit Spinnfaden	bis mehrere km
Spinnen		«Ballooning» mit Spinnfaden	bis mehrere km
Insekten	Schmetterlingsraupen	«Ballooning» mit Spinnfaden	mehrere m
	Baumameisen (<i>Cephalotes</i>)	abgeflachte Hinterbeine	± Fallschirmflug
Knochenfische	«Fliegende Fische» (Exocoetidae)	verlängerte Brust- und vergrösserte Bauchflossen	400 m
	Beilbäuche (Gastropelecidae)	verlängerte Brustflossen	
Amphibien	Flugfrosch (<i>Rhacophorus</i>)	«Schwimmhaut» zwischen Fingern und Zehen	bis 15 m Sprungweite
Reptilien	Flugagame, -drache, (<i>Draco volans</i>)	seitlich abspreizbare Rippen	
	Faltengecko (<i>Ptychozoon</i>)	Flughaut zwischen Fingern und Zehen, Hautsaum entlang des Körpers, verbreiteter Schwanz	5–10 m
	Flugschlange <i>Chrysopelea</i>	Körper wird in S-förmige horizontale Schlaufen gelegt, konkave Bauchfläche	bis 24 m
Säugetiere	Flugbeutler (Sugar Glider, <i>Petauridae</i>)	Flughaut zwischen Armen und Beinen	60 m
	Flattermaki oder Colugo (<i>Cynocephalus</i>)	Flughaut zwischen Armen und Beinen bis zum Schwanzende	150 m
	Amerik. Flughörnchen (<i>Glaucomyss</i>)	Flughaut zwischen Armen und Beinen	70 m
	Riesenflughörnchen (<i>Petaurista</i>)	Flughaut zwischen Armen und Beinen bis zur Schwanzmitte	400 m

Tabelle 2: Gleitfliegende Tiere mit speziellen Verhaltensweisen und morphologischen Anpassungen für die Fortbewegung in der Luft.

Gleitfliegende Tiere

Aktive Schlagflieger können energiesparende Gleitphasen einlegen oder unter Ausnützung günstiger Winde oder Thermiken stundenlang ohne einen Flügelschlag segeln. Im Folgenden geht es jedoch um jene Tierformen, die ausschliesslich zum Gleitfliegen befähigt sind. Dazu wurden verschiedenste Körperteile und Organe umgewandelt zu Auftrieb erzeugenden Strukturen. Im einfachsten Fall geht es darum, einen Sturz ins Leere abzubremsen (Fallschirmflug, parachuting). Sobald aber auch horizontale Verdriftungen hinzukommen und diese zu einem gewissen Grad gesteuert werden können, kann das Sich-fallen-lassen zur Fortbewegung oder zur Ausbreitung dienen (Tab. 2).

Fliegende Fische schnellen über die Wasseroberfläche hoch, um angreifenden Raubfischen zu entkommen. Den Vortrieb erzeugen sie noch schwimmend im Wasser. Einmal in der Luft gleiten sie, sind aber in der Lage, durch Schwimmbewegungen mit der ins Wasser getauchten Schwanzflosse erneut Vortrieb zu erzeugen. So können sie bis gegen 40 Sekunden in der Luft bleiben.

Einige Milben- und Spinnenarten produzieren einen Faden, an dem sie vom Wind mitgerissen werden; auch gewisse Schmetterlingsraupen verwenden diesen Trick. Die Distanz der Verfrachtung hängt von der Windgeschwindigkeit ab. Winzige Organismen, wie z.B. Milben, können auch ohne Spinnfaden allein durch den Wind verdriftet werden.

Dank

Für zahlreiche Hinweise und anregende Diskussionen bin ich Gerald Mayr, Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt/M und Christian Kropf vom Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern zu Dank verpflichtet. Auch dem Redaktor Thomas Burri danke ich für die verschiedenen Anregungen. Jörg W. Schneider (TU Bergakademie Freiberg) stellte freundlicherweise das Bild des riesigen Gliederfüsslers *Arthropleura* zur Verfügung.

Literatur

- BRODSKY, A.K. (1994): The Evolution of Insect Flight. Oxford Univ. Press, Oxford.
- CAPLE, G., BALDA, R.P. & WILLIS, W.R. (1983): The physics of leaping animals and the evolution of pre-flight. Amer. Nat. 121: 455–476.
- CHIAPPE, L.M. & L.M. WITMER (2002): Mesozoic Birds. Univ. Calif. Press, Berkeley.
- GARNER, J.P., TAYLOR, G.K. & THOMAS, A.L.R. (1999): On the origin of birds: the sequence of character acquisition in the evolution of avian flight. Proc. R. Soc. Lond. B 266: 1259–1266.
- GRIMALDI, G. & ENGEL, M.S. (2005): Evolution of the Insects. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- NACHTIGALL, W. (1985): Warum die Vögel fliegen. Rasch & Röhring, Hamburg.

- PADIAN, K. (1984): The origin of pterosaurs. In: Reif, W-E. & Westphal, F. (eds.) *Proceedings of the 3rd Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems*. Attempto, Tübingen: 163–168.
- PETERS, D.S. (1984): Konstruktionsmorphologische Gesichtspunkte zur Entstehung der Vögel. *Natur und Museum* 144: 199–210.
- RENNE, P.R., DEINO, A.L., HILGEN, F.J., KUIPER, K.F., MARK, D.F., MITCHELL, W.S., MORGAN, L.E., MUNDIL, R. & SMIT, J. (2013): Time scales of critical events around the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science* 339: 684–687.
- SANE, S.P. (2003): The aerodynamics of insect flight. *J. Ex. Biol.* 206: 4191–4208.
- SCHNEIDER, J.W. & WERNEBURG, R. (2010): Arthropleura, der grösste landlebende Arthropode der Erdgeschichte – neue Funde und neue Ideen. *Semana* 25: 61–86.
- SIMMONS, N.B., SEYMOUR, K.L., HABERSETZER, J. & GUNNELL, G.F. (2008): Primitive Early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. *Nature* 451: 818–822.
- SPEAKMAN, J.R. (2001): The evolution of flight and echolocation in bats: another leap in the dark. *Mammal. Rev.* 31: 111–130.
- TEELING, E.C., SPRINGER, M.S., MADSEN, O., BATES, P., O'BRIEN, S.J. & MURPHY, W.J. (2005): A molecular phylogeny of bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science* 307: 580–584.
- THEWISSEN, J.G.M. & BABCOCK, S.K. (1992): The origin of flight in bats. *BioScience* 42: 340–345.
- UNWIN, D.M. (2006): *The Pterosaurs from Deep Time*. Pi Press, New York.
- VIDELER, J.J. (2005): *Avian Flight*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- WELLNHOFFER, P. (2008): *Archaeopteryx. Der Urvogel von Solnhofen*. Pfeil, München.
- ZHENG, X., ZHOU, Z., WANG, X., ZHANG, F., ZHANG, X., WANG, Y., WEI, G., WANG, S. & XU, X. (2013): Hind wings in basal birds and the evolution of leg feathers. *Science* 339: 1309–1312.

ERWIN FLÜCKIGER¹

Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch – Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegennem Laboratorium für Umweltwissenschaften

Exkursion vom 10. November 2012

Trotz «struben» Witterungsbedingungen, die den Blick auf die einmalige Gletscher- und Alpenwelt verhiinderten, hatten an diesem Samstag 32 Personen (jedes gute Unternehmen überbucht ein wenig) an der Führung durch die Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch teilgenommen. Unter den Teilnehmenden befanden sich interessierte Vertreter des gesamten Mitglieder-Spektrums der Naturforschenden Gesellschaft, insbesondere auch einige aktive und ehemalige Angehörige des Lehrkörpers der Universität Bern. Von Seiten Forschungsstation waren Dr. Ginette Roland, Dr. Rolf Bütikofer, das Betriebsleiterehepaar Joan und Martin Fischer sowie Prof. Erwin Flückiger, als Organisator der Exkursion, beteiligt.

In drei Gruppen aufgeteilt konnten die Teilnehmenden erfahren, was, wo und wie auf dem Jungfrauoch geforscht wird und wie die Forschungsinfrastruktur betrieben wird. Entsprechend dem Jahresthema der NGB (Luft beflügelt) wurde dabei die Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegennem Laboratorium für Umweltwissenschaften in den Vordergrund gestellt. Ein besonderes Erlebnis war für viele die Begegnung mit Mme Dr. Ginette Roland, der belgischen Forscherin, die seit über 50 Jahren aktiv auf dem Jungfrauoch forscht und begeisternd zu berichten wusste.

Nach dem Durchqueren des neuen Stollens mit den «Alpine Sensations» der Jungfraubahn, trafen sich Besucher, Wissenschaftler und Betriebsleiter zum gemeinsamen Mittagessen im Gletscherrestaurant. Als kühles «Dessert» folgte ein Rundgang durch den Eispalast, und einige Mutige genossen abschliessend nochmals für wenige Sekunden den eisigen Sturmwind beim Ausgang zum Plateau.

Die Exkursion verlief ohne nennenswerte Zwischenfälle. Nach einem langen, aber erlebnisreichen Tag trafen alle Teilnehmenden wieder wohlbehalten am gemeinsamen Ausgangspunkt der Exkursion ein.

¹ Prof. Dr. Erwin Flückiger, Physikalisches Institut, Universität Bern; Internationale Stiftung HFSJG



Draussen tobte der Sturm – Fotoapparat festhalten! (Foto Günther Baars)



Seit über 50 Jahren aktiv auf dem Jungfrauoch – Mme Dr. Ginette Roland wusste ihr Publikum mit Fachwissen und Begeisterung zu fesseln. (Foto Günther Baars)



Der Exkursionsleiter Erwin Flückiger zeigt die saubere Jungfraujochluft im Vergleich zu Luft, wie wir sie am Berner Bollwerk einatmen. (Foto Otto Caviezel)



Dr. Rolf Bütikofer erläutert den Teilnehmern in der historischen Bibliothek die Geschichte und Organisation der Forschungsstation auf dem Jungfraujoch. (Foto Günther Baars)



OLIVER HEIRI¹

Methan in Feuchtgebieten – Emissionen in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Zusammenfassung des Vortrags vom 27. November 2011

Methan ist ein bedeutendes Treibhausgas, seine Wirkung pro Molekül ist bis zu 26 Mal stärker als diejenige von Kohlendioxid. Methan wird in der Atmosphäre allerdings auch bedeutend schneller umgewandelt und eliminiert als Kohlendioxid. Veränderungen in der natürlichen Methanproduktion als Folge von Klimaveränderungen können daher den Treibhauseffekt verstärken oder abschwächen, je nachdem ob Methanemissionen durch ein wärmeres Klima erhöht oder reduziert werden.

Feuchtgebiete (Seen, Sumpfgebiete und temporär überflutete Flusslandschaften) gehören zu den wichtigsten natürlichen Methanquellen. Je nach Schätzung wird davon ausgegangen, dass bis zu 80% des natürlichen Methanausstosses aus Feuchtgebieten stammt, wobei der natürliche Methanausstoss in etwa in derselben Grössenordnung liegt, wie die durch menschliche Aktivitäten verursachten Methanemissionen. In Feuchtgebieten entsteht Methan in den tieferen sauerstofffreien Sediment- und Wasserschichten als Folge der anaeroben Vergärung organischen Materials. Über die Faktoren, welche den Methanausstoss in Feuchtgebieten bestimmen, ist noch relativ wenig bekannt.

In Sümpfen, Mooren und seichten Seen scheinen neben der Qualität und Menge des organischen Materials vor allem der Wasserspiegel und die Vegetation zu bestimmen, wie viel Methan tatsächlich in die Atmosphäre freigesetzt wird. Allerdings kann auch der Gastransport durch Luftblasen eine bedeutende Rolle spielen, was die Vorhersage des Methanausstosses von Sumpfgebieten weiter erschwert.

In tieferen Seen können ferner saisonale Veränderungen in der Temperaturschichtung und im Sauerstoffhaushalt eine wichtige Rolle für den Methanhaushalt spielen. So akkumulieren sich zum Beispiel im Tiefenwasser vieler geschichteter Seen in den Sommermonaten grössere Methanmengen (Abb. 1), welche im Herbst, wenn sich die Wassertemperaturen abkühlen und sich die Temperaturschichtung abbaut, zu einem substanziellen Teil an die Atmosphäre abgegeben werden.

¹ Oliver Heiri, Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern

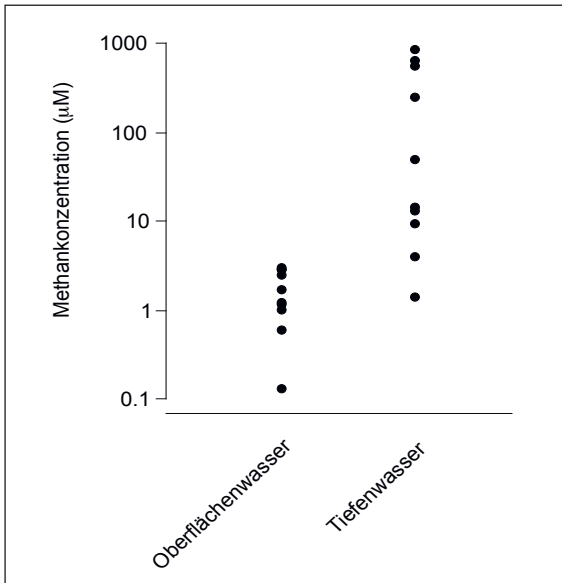


Abbildung 1: Methankonzentration und -produktion können sich in Feuchtgebieten je nach Umweltbedingungen stark unterscheiden. Die Figur zeigt Methankonzentrationen, welche im Spätsommer 2011 im Oberflächenwasser (20–70 cm unter der Wasseroberfläche) und im Tiefenwasser (50–100 cm über dem Grund) in 10 Seen in der Schweiz gemessen wurden (Rinta P., van Hardenbroek M., Schilder J., Stötter T., Heiri O., unveröffentlichte Daten).

Trotz dieser diversen komplexen Einflüsse auf die Methanproduktion und -emission kann der heutige Methanausstoss von Feuchtgebieten auf globaler Ebene relativ gut in Klimamodellen vorhergesagt werden. Dies ist unter anderem auch deshalb möglich, weil zur Kalibration dieser Modelle detaillierte, auf Satellitendaten gestützte Informationen über die heutige Verbreitung von Feuchtgebieten und über atmosphärische Methankonzentrationen zur Verfügung stehen.

Vorhersagen über zukünftige Veränderungen in den Methanemissionen aus Feuchtgebieten sind allerdings mit einer grösseren Unsicherheit behaftet. Einerseits, weil sich die Verbreitung von Feuchtgebieten als Folge von Klimaveränderung und menschlicher Aktivität verändern wird, andererseits, weil die Menge an Methan, die pro Fläche in Seen, Flusslandschaften und anderen Feuchtgebieten ausgestossen wird, als Folge von Umweltveränderungen zu- oder abnehmen kann. Studien über Veränderungen des Methanhaushaltes von Feuchtgebieten in der Vergangenheit, zum Beispiel durch Untersuchungen an natürlichen Klimaarchiven wie Seesedimente und Eiskerne, bieten eine Möglichkeit, natürliche Schwankungen in der Methanproduktion dieser Ökosysteme besser zu verstehen. Ferner wird es für verbesserte Vorhersagen entscheidend sein, dass die mikrobiologischen, physikalischen und ökologischen Mechanismen und Faktoren, welche den Methanausstoss von Feuchtgebieten bestimmen, durch weitere wissenschaftliche Studien besser untersucht werden. So arbeiten momentan zum Beispiel am Oeschger-Zentrum für Klimafor-schung der Universität Bern verschiedene Arbeitsgruppen an Forschungsprojekten, welche in naher Zukunft weitere Erkenntnisse über die Bedeutung und Dynamik von Methanemissionen aus Feuchtgebieten liefern werden.

CORINNE KÄMPFER¹, NILS HÄHLEN¹

Gruebengletscher Guttannen – Spurensuche in Gelände und Archiven zu den Gletscherseeausbrüchen

Zusammenfassung

1921 und 1942 gab es zwei beachtliche Ausbrüche des Gletschersees beim Gruebengletscher im Grimselgebiet. Folge dieser Ausbrüche waren grosse Murgänge im darunterliegenden Grueben- und Aerenbach sowie Hochwasser mit Schäden in der Aare bis nach Meiringen. Die Spuren der Murgänge sind heute noch im Gelände erkennbar. Ebenso kann auch das Portal des Entwässerungstollens besichtigt werden, welcher nach dem Ausbruch von 1942 durch den Kanton zur Erhöhung der Hochwassersicherheit des Tales gebaut wurde. Die genaue Rekonstruktion der damaligen Ereignisse ist mit zahlreichen Schwierigkeiten verbunden, da teilweise widersprüchliche Angaben in den konsultierten Dokumenten enthalten sind. Im vorliegenden Artikel wird versucht, durch Kombination der im Gelände ausgewerteten Spuren, der Sichtung historischer Unterlagen und von überschlagsmässigen Berechnungen den wahrscheinlichen Ereignisablauf und insbesondere dessen Kenngrössen zu rekonstruieren.

1. Einleitung

1.1. Der Gruebengletscher als Arbeitsthema

In den Jahren 2011 und 2012 haben sich zwei Personen unabhängig voneinander vertieft mit der Vergangenheit des Gruebengletschers auseinandergesetzt. Daraus sind eine Masterarbeit einer Geologie-Studentin der Universität Bern und ein Bericht eines Wasserbauingenieurs beim kantonalen Tiefbauamt entstanden. Während die Masterarbeit den Schwerpunkt auf die Dokumentation der heute noch sichtbaren Spuren im Gelände legte, fokussierte der Ingenieur-Bericht auf die Auswirkungen der zwei grossen Seeausbrüche und auf den anschliessenden Bau des Entwässerungstollens. Im vorliegenden Artikel werden die Erkenntnisse beider Arbeiten vereint, so entsteht ein möglichst vollständiges Bild über die Geschichte des Gruebengletschers in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

¹ Corinne Kämpfer, MSc Erdwissenschaften, Geotest AG Zollikofen
Nils Hählen, Wasserbauingenieur, Tiefbauamt des Kantons Bern

1.2. Gletscherseen und deren Ausbrüche

Gletscherseen bilden sich, wenn Schmelzwasser an Lockergesteinsansammlungen, Felsriegeln oder am Gletschereis gestaut wird. Häberli (1992) unterscheidet zwischen randglazialen, periglazialen und proglazialen Seen. Randglaziale Seen bilden sich an der Seite des Gletschers mit direktem Kontakt zum Eis. Periglaziale Seen sind nicht im Kontakt mit dem aktiven Gletscherrand, denn das Wasser staut sich in ausgeschmolzenen Vertiefungen im Permafrost oder im Toteis. Proglaziale Seen bilden sich vor dem Gletscher und stauen sich oft an Moränenwällen. Bei Seen, welche am Gletschereis selbst gestaut werden, spricht Häberli (1992) von sub-, intra- und supraglazialen Wasseransammlungen unter, im und auf dem Gletscher. Meist braucht es eine Veränderung in der Landschaft, die dazu führt, dass das Wasser nicht mehr gleichmässig abfließen kann und somit eine Seebildung verursacht. Im Fall der von Gletschereis gestauten Seen, führen Gletscherbewegungen zu einer Veränderung. Durch das Abschmelzen bildet sich einerseits viel Schmelzwasser und andererseits werden Übertiefungen frei, in denen sich dieses Wasser sammeln kann. Aber auch durch vorstossende Gletscher können sich neue Seen bilden, wenn solche Gletscher ein Seiten- oder Haupttal abriegeln. Bekannte Beispiele aus der Schweiz sind der Märjensee beim Aletschgletscher

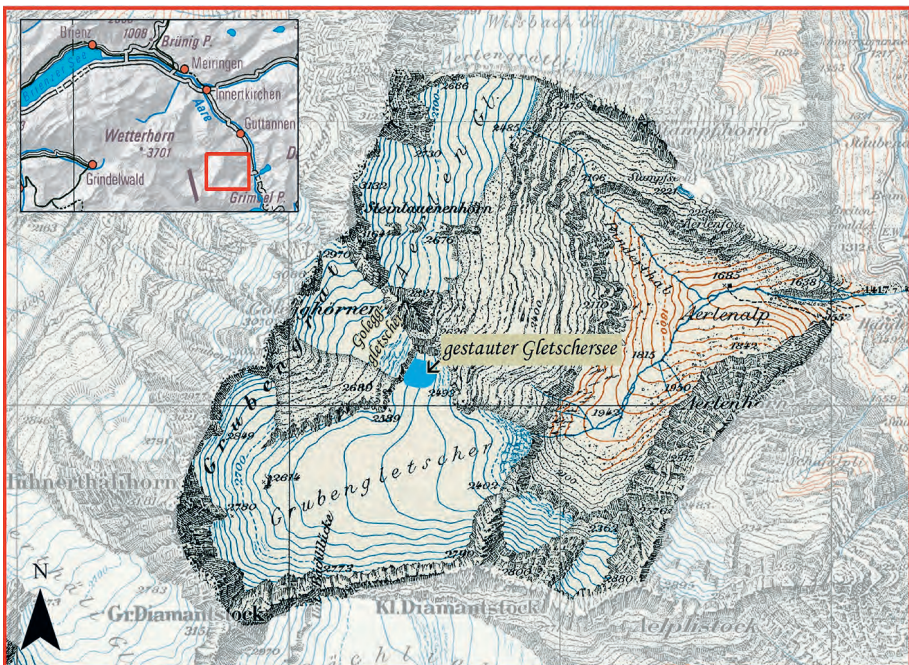


Abbildung 1: Übersichtskarte Gruebegebiet mit Lage des Gletschersees. Hintergrund: Siegfried-karte ca. 1940, verändert. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA13051).

und der Mattmarksee beim Allalingsletscher. Gletscherseen bilden sich manchmal nur für einige Monate, können aber auch über hunderte von Jahren bestehen. Je nach Stabilität des Damms kann es in manchen Fällen zu einer plötzlichen Entleerung des Sees kommen, einem sogenannten Gletscherseeausbruch. Eisgedämmte Gletscherseen können auf verschiedene Arten ausbrechen: Der stauende Eisdamm kann vollständig durchbrechen. Der See kann supraglazial überlaufen und über den Eisdamm hinweg abfließen. Es kann sich aber auch ein Tunnel im Gletschereis bilden. Ist dieser Tunnel genügend gross, kommt es zu einer plötzlichen Entleerung des Sees, oder der Wasserdruck steigt an, bis der Eisdamm oder die ganze Gletscherzunge hydrostatisch aufschwimmt. Ein solcher Gletscherseeausbruch löst eine Flutwelle aus, welche eine potenzielle Gefahr für die flussabwärts liegende Umgebung ist.

1.3. Gletscherseeausbrüche am Gruebengletscher

Vermutlich gegen Ende des 19. Jahrhunderts hatte sich auch am Gruebengletscher ein eisgestauter See gebildet. Der Gruebengletscher liegt im östlichen Berner Oberland, auf dem Gebiet der Gemeinde Guttannen, in einem seitlichen Talkessel westlich der Handegg. Der Talkessel wird durch das Steinlauhorn, das Hintertellthorn sowie den Chlynen und Grossen Diamantstock begrenzt (*Abb. 1*). Der Gletscher hatte Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts eine Fläche von gut zwei Quadratkilometern und erstreckte sich über eine Höhe von 1980 bis 3700 m ü.M. Im Jahr 1921 kam es zu einem plötzlichen Ausbruch des Gruebensees (Gertsch 1960). Zwischen 1923 und 1941 leerte und füllte sich der überwachte See mehrmals, jedoch ohne abrupten Ausbruch. 1942 brach der See erneut aus (Flotron 1937–1942).

2. Der Gruebengletschersee zwischen 1921 und 1942

2.1. Die Entstehung des Gletschersees

Beim Gletschersee auf dem Gruebengletscher handelte es sich um einen randglazialen See, der zwischen Gletschereis, Fels und Moränenmaterial entstanden ist. Der Entstehungszeitpunkt geht mindestens auf das Ende der 1880er-Jahre zurück (VAW 2003 und Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1942). Als Folge des Gletscherrückzugs wurde am Gletscherrand eine Senke frei, welche alljährlich im Frühling mit Schmelzwasser gefüllt wurde. Die Entleerung erfolgte in der Regel gemächlich im Herbst, ohne Überschwemmungen im Tal zu verursachen. Ein oberirdisches Überlaufen des Sees über den Gletscher wurde nie beobachtet. Sicher überliefert sind zwei abrupte Seeausbrüche 1921 und 1942. Wahrscheinlich kam es aber bereits 1896 zu einem plötzlichen Seeausbruch (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1942). Zu diesem sind jedoch keine weiteren Informationen verfügbar.

2.2. Der Seeausbruch 1921

Der erste grosse Seeausbruch fand am 3. Oktober 1921 nachmittags statt, als der See innerhalb von drei Stunden ausfloss (*Abb. 2*) und dabei die Aerlenalp und die



Abbildung 2: Leeres Seebecken nach dem Ausbruch. Der rote Kreis zeigt eine Person als Grössenvergleich.



Abbildung 3: Zerstörte Grimselstrasse bei der Aerenbachbrücke nach dem Ausbruch vom 3. Oktober 1921.

Grimselstrasse verwüstete. Bei diesem Ereignis wurden zwei Alphütten auf der Aerenalp und zwei Brücken mitgerissen (Abb. 3). Die gesamte Alp wurde dabei verwüstet und konnte nicht mehr wiederhergestellt werden. Sonstige Schäden waren keine zu verzeichnen (Oberingenieurkreis I 1942). Im Bereich der Aare wurde bei diesem Ereignis durch die mobilisierten Geschiebmassen der Talboden unterhalb des Handeggfalls bis zu acht Meter hoch aufgefüllt (von Stürler 1944). Für den Kanton betrugen die Schäden an der Grimselstrasse rund Fr. 20 000, weitere Zahlen über das Schadensausmass sind nicht überliefert.

Das Seebecken des Gletschersees füllte sich im darauf folgenden Jahr nur wenige Meter hoch, erreichte aber bereits 1923 wieder den oberen Rand der Eiswand. Der nächste abrupte Ausbruch sollte jedoch erst über 20 Jahre später stattfinden.

2.3. Die Beobachtung des Gletschers zwischen 1921 und 1942

Zwischen 1921 und 1942 wurde die Höhenlage des Seespiegels periodisch vermessen. Da der absolute Seepegel von Jahr zu Jahr sank, zog man daraus anfänglich fälschlicherweise den Schluss, dass das Seevolumen kontinuierlich abnehme. In Wirklichkeit hatte sich jedoch die Seefläche bis 1942 um 120 m talwärts erweitert und durch das Aufschmelzen von Eis wurde, trotz tieferem Seespiegel, ein immer grösseres Seevolumen (Abb. 4) geschaffen (von Stürler 1944).

2.4. Der Seeausbruch 1942

Am 14. September 1942 ereignete sich gegen Abend erneut ein Seeausbruch, der noch bedeutend grösser war als jener von 1921 (Kaech 1942). Die Aerenalp (Abb. 5), die Brücke über die Grimselstrasse und die Baustelle der Kraftwerke Oberhasli AG in der Handegg wurden verwüstet. Ein Teil des Murgangs brach linksufrig aus dem Aerenbach aus und floss über die Handeggkehren. Auch die

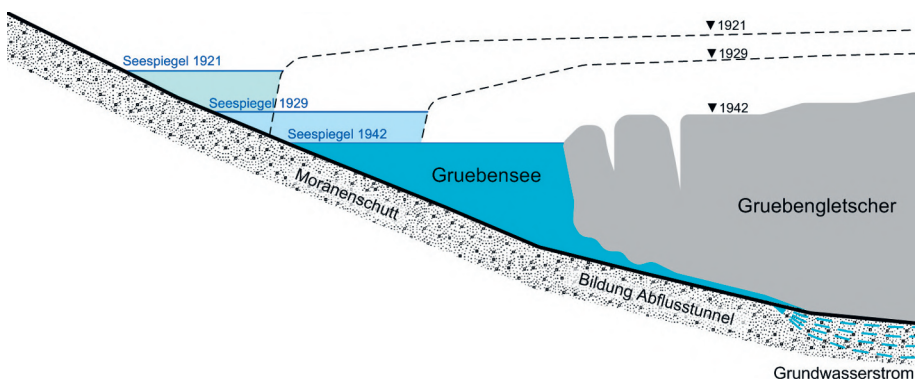


Abbildung 4: Verschiebung der Seefläche talabwärts von 1921 bis 1942 in einem schematischen Längsprofil durch den Gletscher.



Abbildung 5: Blick in Richtung Aerlenalp am 17. September 1942, 3 Tage nach dem Seeausbruch.



Abbildung 6: Blick flussaufwärts in Richtung Hotel Handegg am 16. Oktober 1942.

Anlage der Alp und des Hotels Handegg waren betroffen (*Abb. 6*). Dabei wurden längere Abschnitte der Grimselstrasse zerstört (Oberingenieurkreis I 1942 und von Stürler 1944). Menschleben waren bei diesem Ereignis glücklicherweise keine zu beklagen.

In der Aare betrug die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Flutwelle Richtung Meiringen zirka 2,7 m/s, also etwa 10 km/h. Vor allem im Aareabschnitt bis nach Innertkirchen sind grosse Schäden an Ufer und Verbauungen entstanden. Weiter flussabwärts, zwischen Aareschlucht und Brienersee, wurden zahlreiche Uferschwellen beschädigt (Oberingenieurkreis I 1942). Insgesamt verursachte der Seeausbruch Schäden von weit über einer Million Franken (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1942).

Der Abflusstunnel aus dem Gletschersee konnte an der Basis des Gletschers am 24. Oktober 1942 über 200 m weit begangen werden. Er wies Querschnitte von 10 bis 40 m² auf und war zwischen Grundmoräne und Eis ausgebildet.

3. Geologische Kartierung

Die Spuren der Gletscherseeausbrüche des Gruebensees sind noch heute im Gelände sichtbar. Sie reichen von 2450 m ü.M., dem früheren höchsten Seespiegel, bis hinunter in die Handegg auf 1400 m ü.M. (*Abb. 7*). Die Ausbrüche schufen sowohl Erosions- wie auch verschiedene Ablagerungsformen in der Landschaft. Teilweise wurden die Spuren der Ausbrüche von rezenten Ereignissen oder durch menschliche Eingriffe verändert. Die verbleibenden Spuren der Ausbrüche wurden mit einer Kartierung dokumentiert (*Abb. 7*). Eine Unterscheidung zwischen den beiden Ausbrüchen von 1921 und 1942 konnte im Feld nicht gemacht werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Spuren vom Ausbruch 1921 durch das grössere Ereignis von 1942 weitgehend verwischt wurden und somit die Kartierung vor allem den Seeausbruch von 1942 dokumentiert.

Der Seespiegel der Gletscherseen lag 1921 gut 110 m, 1942 noch 60 m höher und etwas nordwestlicher als der heutige Gruebensee. In diesem kleinen Seitental finden sich noch Zeugen der einstigen Seen. Aus der Ferne kann durch die Topographie und den etwas stärkeren Vegetationsbewuchs, wahrscheinlich verursacht durch die Ablagerung von feinkörnigem Material im See, der höchste Seestand ausgemacht werden (*Abb. 8*). An dieser obersten Seespiegelgrenze befindet sich ein Oxidationshorizont im Lockergestein. Ein Indiz dafür, wie hoch das Wasser im Lockergestein reichte, denn im Wasser gelöste Stoffe wie Eisen reichern sich nahe des (Grund-)Wasserspiegels an und fallen in diesem Bereich aus. Auf gleicher Höhe hatte sich zur Zeit des Sees auch ein kleines Delta gebildet. Die Eisrandstände des Gruebengletschers sind im Feld schwierig auszumachen. Zwar befinden sich im unteren Bereich des früheren Seebeckens sogenannte Eisrandablagerungen (Kames), welche durch die Erosionskraft des Goleggbachs

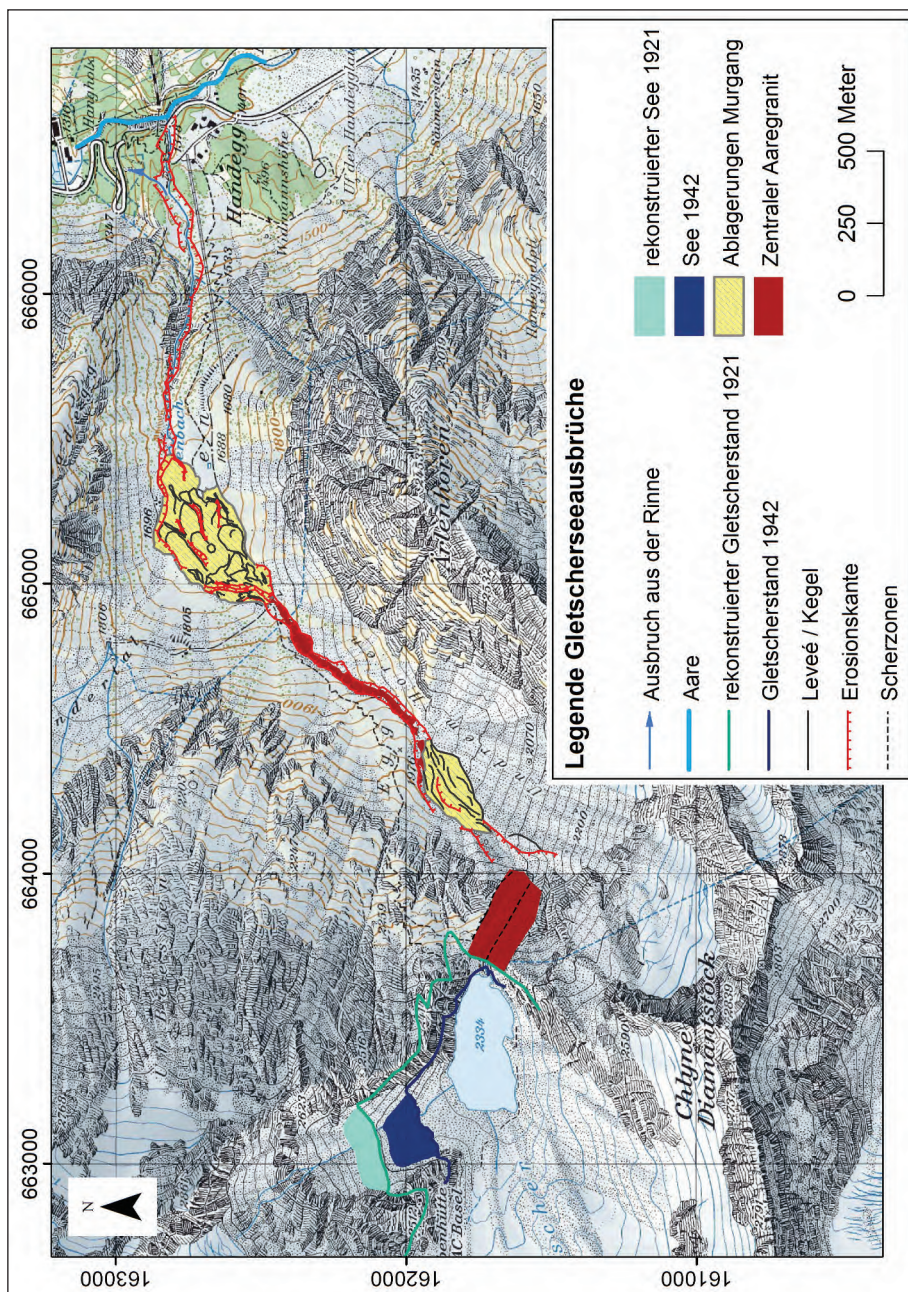


Abbildung 7: Kartierung und Darstellung der sichtbaren Spuren durch Corinne Kämpfer, Sommer 2011. Hintergrund: Landeskarte der Schweiz (2007), Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA13051).



Abbildung 8: Heutiger See beim Gruebengletscher. Rot markiert der höchste Seespiegel des 1921 ausgebrochenen Sees.



Abbildung 9: Erosion in den glazigenen Lockergesteinen durch den Aufprall der Flut des Gletscherseausbruchs. Der Pfeil zeigt die Fliessrichtung der Fluten.



Abbildung 10: Erosion des Bachbettes bis auf den Fels (Erosionskanten in Rot markiert) und der Schwemmfächer auf der Aerenalp (gelbe Markierung).

seitlich angeschnitten wurden und so sichtbar sind. Diese stammen aber wahrscheinlich, da noch erhalten, von Gletschervorstössen nach dem Ausbruch von 1942. Zum genauen Eisstand in den jeweiligen Jahren der Seerausbrüche kann anhand der Kartierung im Feld kaum eine Aussage gemacht werden. Für den in den *Abbildungen 7 und 8* dargestellten Gletscherstand von 1921 wurde hauptsächlich von den Höhenangaben zum Seespiegel von Mercanton (1922) ausgegangen. Die Oberfläche und der Standort des Sees von 1942 wurden aus der Karte vom Ingenieurbüro Dr. A. Kaech (1945) übernommen.

Um den heutigen Gruebensee herum ist der Verlauf der Ausbrüche schlechter verfolgbar. Die erosive Kraft der Ausbrüche wird erst bei der früheren Gletscherzunge wieder sichtbar, wo die Ausbrüche den Gletscher verlassen haben. Dort ist eine Rinne in den Felsriegel erodiert. Sie beginnt an der Stelle, wo heute das Wasser des Gruebensees in einem Stollen der Kraftwerke gefasst wird und verläuft entlang einer Scherzone im Granit mit leichter erodierbarem Gestein. Die Rinne war möglicherweise früher eine subglaziale Entwässerungsrinne. Sie ist zirka 350 m lang und sehr steil. Auf diesem Abschnitt muss die Flut eine grosse Beschleunigung erhalten haben, worauf sie mit entsprechend hoher Energie unten in die Lockergesteine prallte. Dabei erodierte das Wasser eine Rinne und remobilisierte die grobkörnigen glazialen Sedimente (*Abb. 9*). An dieser Stelle verwandelten sich die aus dem See entleerenden Wasserfluten in einen Murgang. Unterhalb dieses Abschnitts mit starker Erosion sind teilweise noch Erosionskanten sichtbar, es überwiegen aber Ablagerungen, welche wahrscheinlich nach dem Abklingen der Murgangfront entstanden sind. Die Blöcke und Levées sind in der Fliessrichtung des Murgangs ausgerichtet.

Danach folgt auf einer Strecke von 500 m ein Abschnitt, mit wieder deutlich erhöhtem Gefälle. Dort erodierten die Fluten das Bachbett bis auf den Fels (*Abb. 7 und 10*). Seitlich sind an den Schuttfächern die Erosionskanten noch gut sichtbar. An drei Stellen wurde der Bachquerschnitt eingemessen. Er beträgt überall um die 300 m².

Nach dieser Erosionsstrecke breitet sich auf der Aerlenalp der Schwemmfächer auf einer Fläche von etwas mehr als 100 000 m² aus (*Abb. 12*). Er setzt sich aus Korngrößen von Sand bis zu Blöcken zusammen (*Abb. 11*). Die grössten Komponenten verfügen über Blockachsen in der Grössenordnung von 3 x 2 x 1 m. Feinkörnigeres Material wurde wahrscheinlich teilweise während dem Ereignis, teilweise später ausgewaschen. Loben, Levées und Rinnen zeugen davon, dass sich der Murgang in mehreren Etappen abgelagert hat (*Abb. 12 und 13*). Auf dem Schwemmfächer wurden die Blockgrößen und deren räumliche Verteilung eingemessen und kartiert, um weitere Informationen über den Ablagerungsvorgang und Transportenergien der Murgänge zu erhalten. Entlang der Höhenlinien wurde mit einer Distanz von 10 Höhenmetern die Grösse der Blöcke eingemessen (*Abb. 13*). Die grösseren Blöcke befinden sich im unteren Bereich



Abbildung 11: Blöcke auf dem Schwemmfächer der Aerenalp. Rucksack und Feldbuch als Massstab. Der Pfeil zeigt die Fliessrichtung.



Abbildung 12: Schwemmfächer Aerenalp gelb eingekreist.

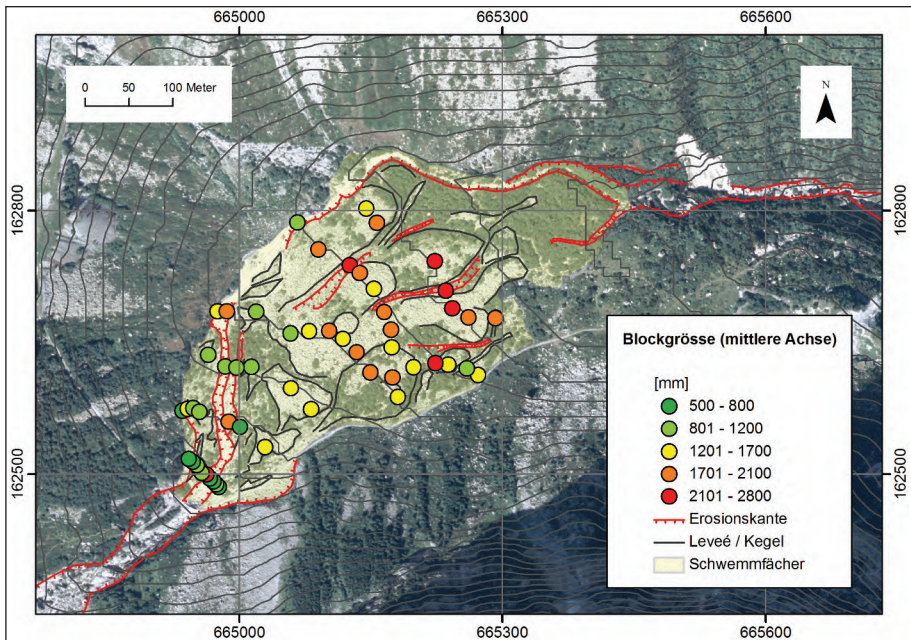


Abbildung 13: Kartierte Blockachsen auf dem Schwemmflächen der Aarlenalp. Hintergrund Flugaufnahme (2007), verändert. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA13051).

des Schwemmflächen. Gegen oben hin nehmen die Blockgrößen ab. Dies ist einerseits mit dem Abklingen des Murgangs von 1942 zu erklären, da die gegen Ende der Seeentleerung abnehmenden Fließenergien nur noch kleinere Kubaturen zu transportieren vermochten, welche auch eine geringere Reichweite hatten. Andererseits ist anzunehmen, dass nach dem Ausbruch von 1942 kleine Murgangereignisse stattfanden, welche den obersten Bereich des Schwemmflächen überdeckten. Das letzte grössere solche Ereignis fand im Oktober 2011 statt. Ein Murgang löste sich unterhalb des Alplistocks und verschüttete den oberen Bereich des Schwemmflächen auf der Aarlenalp. Somit sagen vor allem die Blöcke im unteren Bereich des Schwemmflächen etwas über den Ausbruch von 1942 aus. Von der mittleren b-Achse der Blöcke kann mit der Formel von Costa (1983) auf die kritische Fließgeschwindigkeit geschlossen werden, bei der die Blöcke gerade noch transportiert werden. Um die grössten Blöcke mit einer mittleren Achse von 2,1 bis 2,8 m zu transportieren, waren Fließgeschwindigkeiten bis zu 8,6 m/s (30 km/h) nötig, was einen realistischen Wert für Murgänge in diesem Gebiet darstellt.

Unterhalb der Aarlenalp wurde das Bachbett des Aarlenbachs durch die beiden Ausbrüche stark eingetieft und verläuft heute auch hier oft auf dem Fels. Etwas oberhalb des Hotels Handegg brach der Murgang auf der rechten Seite aus dem

Bachbett aus. Teilweise sind die Ablagerungen noch sichtbar, teilweise wurden sie weggeräumt. Noch etwas weiter flussabwärts sind linksufrig Spuren eines weiteren seitlichen Ausbruchs des Murgangs von 1942 zu finden. Dort ist der Murgang in Richtung Zentrale Handegg der Kraftwerke Oberhasli AG ausgebrochen und hat die Bodenschicht und die Bäume bis auf den Felsen abgetragen. Diese Schneise ist heute im Gelände noch gut sichtbar.

4. Rekonstruktion des Ausbruchs

Bei den Seeausbrüchen 1921 und 1942 dürfte es sich um subglaziale Wasserausbrüche gehandelt haben. Dabei schafft sich das Wasser durch eine progressive Erweiterung eines Abflusskanals im Gletscherinnern einen immer grösser werdenden Abflussquerschnitt und kann damit eine komplette Seeentleerung einleiten. Dies würde auch den Kanal erklären, welcher nach dem Ausbruch des Sees unter dem Gletscher gefunden wurde (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1942). Eine genaue Rekonstruktion des Ausbruchvorgangs sowie der maximalen Abflüsse ist sehr schwierig. Zu den Seevolumina vor den Gletscherseeausbrüchen existieren verschiedene Schätzungen (*Tab. 1*).

Seevolumina beim Ausbruch von 1921		Seevolumina beim Ausbruch von 1942	
Quelle	Volumen [m³]	Quelle	Volumen [m³]
Oberhasler (1921)	45 000	Flotron, A. (1942)	180 000
Mercanton (1922)	300 000	Oberhasler (1942)	300 000
Kaech (1942)	350 000	Kämpfer (2012)	520 000
Hählen (2012)	350 000	Hählen (2012)	620 000
Kämpfer (2012)	470 000	Kaech (1942)	700 000

Tabelle 1: Zusammenstellung der Seevolumina aus den verschiedenen Quellen.

Kämpfer (2012) rekonstruierte das Seevolumen mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems GIS, unter Einbezug eines digitalen Höhenmodells und einer aufgrund des rekonstruierten Seespiegels angenommenen Seefläche und Gletschertopographie. Hählen (2012) wertete die topographischen Aufnahmen des Seebeckens auf den alten Plänen des Ingenieurbüros Kaech aus den 1920er- resp. 1940er-Jahren aus und bestimmte das Abflussvolumen unter den Ganglinien der Abflussmessstation Guttannen (1921) und Brienzwiler (1942). Die heute stark veränderte Gletschertopographie als Folge der Gletscherschmelze und fehlende Grundlagen zur Konstruktionsart und Eichung der Abflussmessstellen verunmöglichen eine genaue nachträgliche Verifikation der in den verschiedenen Berichten festgehaltenen Zahlen zu Seevolumina und gemessenen Abflussspitzen. Die

Volumina der Regionalzeitung Oberhasler und von Flotron 1942 heben sich durch ihre tiefen Werte deutlich von den anderen Quellen ab. Da die Erhebungsart der Zahlen in diesen Quellen im Gegensatz zu den anderen nicht bekannt ist, werden sie nicht weiter berücksichtigt. Die Autoren schätzen somit das Seevolumen von 1921 auf 350 000 bis 470 000 Kubikmeter und dasjenige von 1942 auf 520 000 bis 650 000 Kubikmeter.

Clague & Mathews (1973), Costa & Schuster (1988) und Walder & Costa (1996) haben den Zusammenhang zwischen Seevolumina und maximalem Abfluss unmittelbar unterhalb des Gletschers mit einer empirischen Formel dargestellt. Die Berechnungen basieren, je nach Formel, auf 10 bis über 20 effektiven Ausbruchseignissen. Die ersten beiden Formeln (Clague & Mathews 1973; Costa & Schuster 1988) basieren auf Ereignissen, bei denen es zu einem Dammbruch oder hydrostatischer Hebung des Eises kam. Die dritte Formel (Walder & Costa 1996) basiert auf Ausbruchseignissen mit einem Abfluss durch einen Tunnel im Eis. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die berechneten maximalen Abflüsse relativ stark unterscheiden, da die empirischen Formeln sehr spezifisch sind.

In den *Abbildungen 14* und *15* sind die mit den drei empirischen Formeln berechneten maximalen Abflüsse (unter Benutzung der in Tabelle 1 definierten Seevolumina) dargestellt und mit den Abflussschätzungen des Ingenieurbüros Dr. A. Kaech (1942) verglichen. Das Ingenieurbüro schätzte den Abfluss von 1921 zwischen 40 und 50 m³/s, denjenigen von 1942 auf ca. 120 m³/s. Für die Schätzungen verwendete das Büro für beide Ereignisse die Messstation in Guttannen, gut 7 km vom Gletscher entfernt. Es ist allerdings bekannt (mündliche Mitteilung Walter Schläppli-Kuster am 28.9.2012), dass diese Messstation 1942 teilweise umflossen wurde. Da sich zudem der Spitzenabfluss einer Schwallwelle flussabwärts jeweils aufgrund von Ausuferungen und Turbulenzen im Abfluss abbaut, müssen die Schätzungen des Ingenieurbüros als Minimalwerte angesehen werden. Ein weiterer Abflusswert für das Ereignis von 1942 wurde in Brienzwiler (ca. 150 m³/s), knapp 30 km flussabwärts des Gletschers, vom dortigen Limnigraphen der Landeshydrologie gemessen.

Für das Ereignis von 1921 geht aus dem Vergleich (*Abb. 14*) der berechneten maximalen Abflüsse und den Angaben vom Ingenieurbüro Dr. A. Kaech (1942) hervor, dass erst bei Seevolumina grösser als 300 000 m³ der geschätzte maximale Abfluss erreicht würde. Die mit der dritten Formel berechneten Abflüsse (Abfluss durch einen subglazialen Tunnel) wären, verglichen mit den Schätzungen des Ingenieurs, selbst beim grössten Seevolumen (500 000 m³) noch zu gering.

Für den Ausbruch von 1942 erreicht keiner der berechneten Abflüsse die Höhe des gemessenen Abflusses. Zudem würde weder 1921 noch 1942 ein subglazialer Abfluss durch einen unterirdischen Tunnel alleine ausreichen, um den beobachteten Abfluss zu erreichen. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere 1942 nicht alleine eine progressive Kanalerweiterung, sondern auch weitere Mechanismen für die Seeentleerung verantwortlich waren. In Frage kommen hierfür mechanische Brüche im Gletscheruntergrund (Grundmoräne), zusätzliche subglazi-

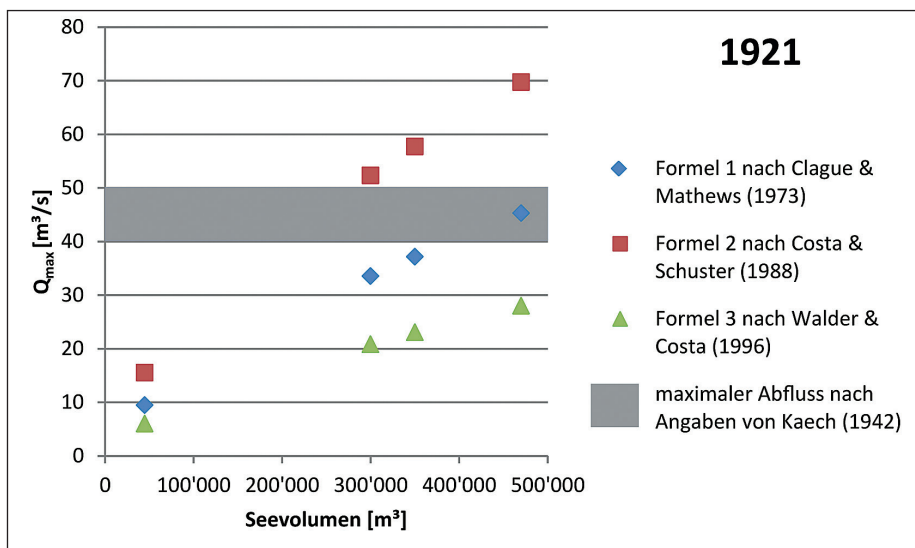


Abbildung 14: Abflussspitzen in Funktion des Seevolumens für subglaziale Abflüsse von 1921.

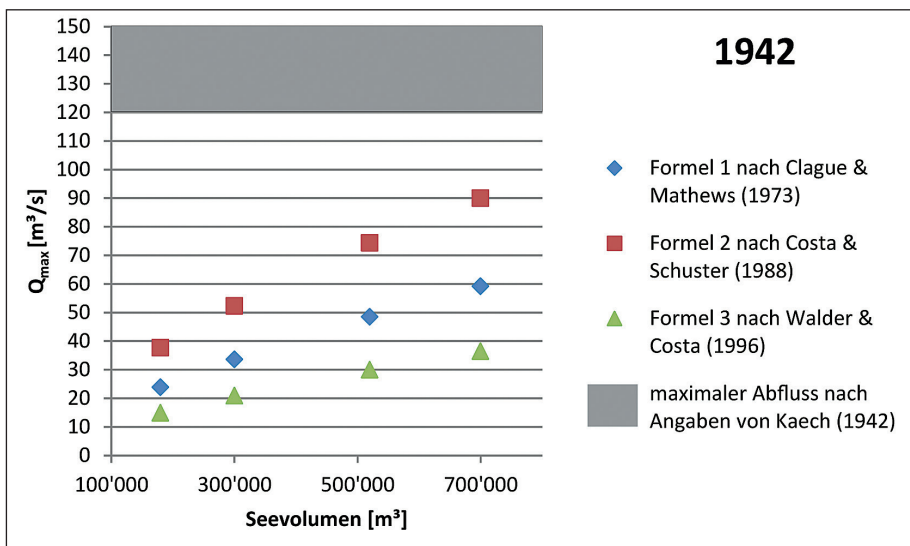


Abbildung 15: Abflussspitzen in Funktion des Seevolumens für subglaziale Abflüsse von 1942. Der Wert von Brienzwiler (ca. 150 m³/s) knapp 30 km flussabwärts stammt vom dortigen Limnigraphen der Landeshydrologie.

ale Wasseransammlungen im Bereich des heutigen Sees oder die zeitweilige hydrostatische Hebung (Aufschwimmen) des Eiskörpers durch den Wasseraufstau. Bei solchen Prozessen resultieren grössere Abflussspitzen als bei Entleerungen, welche ausschliesslich auf subglaziale Kanalerweiterungen zurückzuführen sind. Der Murgang von 1921 hat schätzungsweise Geschiebe in der Grössenordnung von einigen 10 000 m³ mobilisiert. 1942 dürfte gegenüber 1921 ein noch grösserer Murgang mit Abflussspitzen von wenigen 100 m³/s im Bereich der Aerenalp aufgetreten sein. Die 1942 übermurt Fläche beträgt gemäss Auswertung eines Orthofotos von 1947 alleine auf der Aerenalp 120 000 m². Dieses ist die einzige Grösse, welche heute noch dank des historischen Luftbildes mit grosser Zuverlässigkeit bestimmt werden kann. Bei einer geschätzten mittleren Ablagerungsmächtigkeit von 1.5 bis 2.0 m ergibt dies ein mobilisiertes Geschiebevolumen von 180 000 bis 240 000 m³. Die gesamte Ablagerungsfläche (inkl. Bereiche Aare sowie Hotel Handegg und Kraftwerkszentrale Handegg) umfasst 260 000 m². Damit beträgt, bei einer angenommenen mittleren Ablagerungshöhe von einem Meter, die gesamte mobilisierte Geschiebemenge mindestens 300 000 m³.

5. Der Bau des Entwässerungsstollens

5.1. Variantenstudium

Zur Zeit des Seeausbruchs 1942, mitten im Weltkrieg, hatte die Grimselstrasse eine militärisch wichtige Bedeutung. Durch den Gletscherseeausbruch wurde die Strasse unterbrochen, und zusätzlich erlitt die sich damals im Bau befindende Kraftwerkszentrale Handegg grosse Schäden. Dadurch war die Notwendigkeit von Massnahmen im Gegensatz zum Ereignis von 1921 nicht mehr in Frage gestellt. Aufgrund des weiter fortschreitenden Gletscherrückzugs wurde die Gefahr von Seeausbrüchen in den kommenden Jahren als sehr gross beurteilt. Deshalb wurden folgende drei Varianten geprüft:

- 1 Umleitung der Gletschersee-Zuflüsse und somit Unterbruch der Hauptquelle der Seespeisung. Im Frühjahr wäre allerdings nicht zu verhindern gewesen, dass sich das Seebecken weiterhin durch die Schneeschmelze gefüllt hätte. Diese Variante hätte somit nur zu einer Reduktion des Gefahrenpotenzials, nicht aber zu dessen vollständigen Elimination geführt.
- 2 Das alljährliche Auspumpen des Sees hätte die Teilfüllung des Seebeckens im Frühling durch die Schneeschmelze unterbunden. Gleichzeitig hätte aber auch die erste Variante realisiert werden müssen, weil die Pumpenleistung im Hochsommer nicht ausgereicht hätte, um das Seebecken permanent leer zu halten.
- 3 Die Prüfung der Möglichkeiten führte zum Entscheid zu Gunsten einer dritten Variante, nämlich dem Bau eines Entwässerungsstollens. Ein Einlaufstollen auf dem Seegrund sollte künftig verhindern, dass sich im Seebecken Wasser ansammeln und so zu einem grossen See anwachsen konnte.

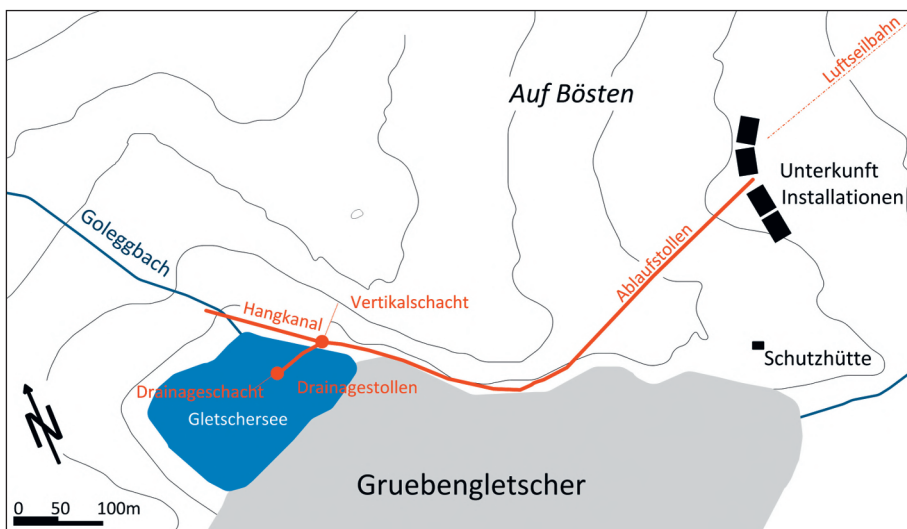


Abbildung 16: Schematische Darstellung der ausgeführten Hauptbestandteile der Gletscherseetrockenlegung.

5.2. Projekt

Das Stollenprojekt am Gruebengletscher sah einen 60 m tiefen vertikalen Drainagegestollen am Seegrund vor (Abb. 16). Dieser sollte das Wasser anschliessend in einem leicht geneigten, 560 m langen Ablaufstollen am Rand des Gletschers in die Flanke des Gruebenbachs leiten (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1942).

Die Bauherrschaft wurde durch das kantonale Tiefbauamt übernommen. Nach langen Verhandlungen einigte man sich unter allen Nutznießern auf folgenden Finanzierungsschlüssel: Kanton 35%, Kraftwerke Oberhasli 30%, Bund 25%, eidgenössisches Militärdepartement 5%, Gemeinde Guttannen 3% und Gemeinde Innertkirchen 2%.

5.3. Bauablauf

Am 6. August 1943 begannen die Bauarbeiten mit den ersten Installationen. Als Baustellenerschliessung wurde eine Seilbahn mit 3,2 km Länge und knapp 1000 m Höhendifferenz zwischen Handegg und dem Gruebengletscher erstellt. Aufgrund einer Teilmobilmachung im September 1943 mussten sämtliche Seilbahnspezialisten einrücken. Die Zusammenstellung einer neuen Mannschaft und die immer kürzer werdenden Tage führten zu starken Verzögerungen und erheblichen Mehrkosten. Trotzdem konnte die Transportseilbahn noch vor Wintereinbruch definitiv in Betrieb genommen werden (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1943/44).

Der Vortrieb am Ablaufstollen begann am 7. Oktober 1943. Die Arbeiten wurden im Winter nicht unterbrochen. Vom Installationsplatz auf 2300 m ü.M. wur-



Abbildung 17: Stollenportal am 5. März 1944.

de der Stollen in Richtung Seebecken vorangetrieben. Der Stollen wies eine Breite von 1,6 m, eine Höhe von 1,9 m und ein Gefälle von 1% auf. Der Vortrieb erfolgte mit Bohrhammern. Ein Abschlag betrug 85 cm. Die Vortriebsleistung erreichte 21 Meter pro Woche. Nach 13 Monaten harter Arbeit erfolgte am 5. November 1944 der Durchschlag am Drainagestollen. Damit war die Verbindung zwischen Seebecken und dem Auslauf am Stollenportal fertiggestellt. Parallel zum Hauptstollen wurde der Goleggbach gefasst und dessen Wasser über einen kurzen Stollen ebenfalls in den Ablaufstollen geleitet, damit dieses nicht mehr in das Seebecken floss (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1943/44). Die Arbeiten konnten mit kleinen Anpassungen an die lokalen Gegebenheiten, wie im Bauprojekt von 1942 vorgesehen, abgeschlossen werden.



Abbildung 18: Steinträger beim Bau des Hangkanals am 28. Oktober 1944.

5.4. Bauabschluss und Betrieb

Die Arbeiten waren kurz vor dem Einwintern 1944 so weit abgeschlossen, dass das Bauwerk im darauffolgenden Sommer seine Funktion aufnehmen konnte. Die Gesamtkosten für den Stollenbau beliefen sich auf Fr. 1,07 Millionen, womit gegenüber dem Kostenvoranschlag Mehrkosten von rund Fr. 300 000 resultierten (Ingenieurbüro Dr. A. Kaech 1946). Ausschlaggebend für die Mehrkosten waren vor allem die Komplikationen bei der Installation der Seilbahn und die massiven Schneeräumungen im Winter und sogar teilweise im Sommer.

Der Stollen war rund 10 Jahre lang in Betrieb und hat in dieser Zeit eine Neubildung des Gletschersees erfolgreich verhindert (Oberingenieurkreis I 1947–54). In den 1960er-Jahren wurde festgestellt, dass sich das Seebecken als Folge des fortschreitenden Gletscherrückgangs laufend vergrössert hatte, aber mittlerweile auf stabilem Felsuntergrund lag und somit keine plötzlichen Ausbrüche des Sees mehr zu befürchten waren. Heute hat sich der Gletscher so weit zurückgezogen, dass keine Gefahr durch Wasserausbrüche mehr besteht.

6. Gletscherseen heute

Gletscherseen sind kein neues Phänomen, sondern waren auch schon in der Vergangenheit gefürchtet, wie der Fall Gruebengletscher zeigt. Die Ausbrüche des Gruebengletschersees von 1921 und 1942 sind den gleichen Prozessen zuzuordnen, welche zum Beispiel auch den Ausbruch des Gletschersees auf dem Unteren Grindelwaldgletscher im Mai 2008 oder des Faverges-Sees auf der Plaine Morte im Juli 2012 verursacht haben. Das Wissen um die Entstehung und die Entleerungsmechanismen von gletschergestauten Seen war in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bereits sehr weit entwickelt. Die Schlussfolgerungen von Kaech und seinen Leuten, aus Beobachtungen und Messungen vor Ort sowie Diskussionen mit Fachleuten entsprechen weitgehend dem heutigen Wissen.

Die Überwachung des Gruebengletschersees zwischen 1921 und 1942 beschränkte sich einzig auf periodische Begehungen und Vermessungen. In heutiger Zeit wird der Gefahr von Gletscherseen häufig mit automatischen Frühwarnsystemen (Beispiel Triftgletscher Gadmen oder Plaine Morte Lenk) begegnet, indem in Gletscherseen Sensoren installiert werden, welche einen Seeausbruch frühzeitig detektieren und die Sicherheitsverantwortlichen warnen. Kameras auf dem Gletscher und Abflussstationen am Gletscherbach liefern zusätzliche Informationen, welche jederzeit bequem über das Internet abgerufen werden können. Dies erlaubt, rechtzeitig organisatorische Massnahmen wie die Sperrung gefährdeter Strasse und Wege oder die Evakuierung von Gebäuden im Überflutungsgebiet einzuleiten und damit Personen vor solchen Ereignissen zu schützen.

Wo die Vorwarnzeit zu kurz ist oder aber die resultierenden Sachschäden bei Seeausbrüchen übermässig gross sind, kommen auch heutzutage trotz dem Fortschritt bei technischen Überwachungssystemen weiterhin bauliche Massnahmen zum Einsatz. Das letzte Mal war dies beim Gletschersee am Unteren Grindelwaldgletscher der Fall, wo 2009, genau gleich wie am Gruebengletscher, ein Entwässerungstollen gebaut wurde und erfolgreich die Gefahr weiterer Seeausbrüche verhindert werden konnte (Fechtig & Hählen 2013).

In den vergangenen Jahren sind vielerorts im Berner Oberland grosse Massenverlagerungen durch Prozesse aus glazialen und periglazialen Gebieten entstanden. Beispiele hierfür sind die Gebiete rund um den Oberen und Unteren Grindelwaldgletscher oder die Murgänge im Gasteretal oder im Spreitgraben bei Guttannen (vgl. hierzu Tobler et al. 2012). Ursache dieser grossen Massenverlagerungen sind Veränderungen durch den Rückzug von Gletschern und das Auftauen von Permafrost. Angesichts der Klimaänderung dürften solche Prozesse in Zukunft an Häufigkeit zunehmen (OcCC, ProClim 2007). Auch Gletscherseen dürften künftig häufiger auftreten (OcCC 2008), da die raschen Veränderungen durch die intensive Eisschmelze die Bildung neuer Seen begünstigt. Gut dokumentierte und analysierte Ereignisse, wie das Beispiel Gruebengletscher, erweitern das Wissen um solche Prozesse, führen zu besseren Entscheidungsgrundlagen und somit insgesamt zu einem erfolgreichen und zielgerichteten Umgang mit solchen Prozessen.

Quellen

- CLAGUE, J.J., & MATHEWS, W.H. 1973: The magnitude of Jökulhlaups. *Journal of Glaciology*, 12(66), 501–504.
- COSTA, J.E. 1983: Paleohydraulic reconstruction of flash-flood peaks from boulder deposits in the Colorado Front Range. *Geological Society Of America Bulletin*, 94, 986–1004.
- COSTA, J.E., & SCHUSTER, R.L. 1988: The formation and failure of natural dams. *Geological Society Of America Bulletin*, 100, 1054–1068.
- FECHTIG R., HÄHLEN N. 2013: Entwässerungstollen Gletschersee Unterer Grindelwaldgletscher. In: World Tunnel Congress 2013 Geneva. Publikation in Vorbereitung.
- FLOTTRON, A. 1937–1942: Beobachtungen des Gruebensees im Sommer 1937, 1939, 1941 und 1942. Unveröffentlichter Bericht, Meiringen.
- GERTSCH, H. 1960: Der Wasserausbruch am Gruebengletscher (Oberhasli) am 3. Oktober 1921. *Die Alpen* (pp. 250–252). Bern: Verlag des Schweizer Alpenclub.
- HÄBERLI, W. 1992: Zur Stabilität von Moränenseen in hochalpinen Gletschergebieten. *wasser, energie, luft – eau, énergie, air* 1, 84(11/12), 361–364.
- HÄHLEN N. 2012: Die Geschichte des Gruebengletschers in Guttannen 1921–1950. Unveröffentlichter Bericht. Spiez, 30 Seiten + Anhang.
- INGENIEURBÜRO DR. A. KAECH 1942: Gruebengletschersee - Trockenlegung des Seebeckens Projektdossier. Bern, 60 S.
- INGENIEURBÜRO DR. A. KAECH 1943/44: Vierteljahresberichte Nr. 1–5 über die Arbeiten zur Trockenlegung des Gruebenseebeckens. Bern.
- INGENIEURBÜRO DR. A. KAECH 1945: Bericht über die Vermessungsarbeiten am Gruebengletscher, 18 S. + div. Plangrundlagen. Bern.
- INGENIEURBÜRO DR. A. KAECH 1946: Gruebengletschersee – Trockenlegung des Seebeckens, Bericht über die Abrechnung, Bern, 11 S.
- KÄMPFER C. 2012: Die neuen Seen: Gletscherseen und deren Ausbrüche am Gruebengletscher (BE) im geologischen Kontext. Masterarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. 75 S. + Anhang.
- KAECH A. 1942: Entleerung des Sees beim Gruebengletscher und Ausbruch des Aerenbaches am Abend des 14. September 1942. Bericht vom 22. Oktober 1942. Innertkirchen, 4 S.
- MERCANTON, P.-L. 1922: Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses 1921. *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*. (56th ed., pp. 277, 278). Bern: Verlag des Schweizer Alpenclub.
- OBERHASLER 1921, Oktober 4: Guttannen. 4. Oktober. Meiringen.
- OBERHASLER 1942, September 18: Ausbruch des Gruebengletschersees. Nr. 75. Meiringen.
- OBERINGENIEURKREIS I 1942: Bericht über den am 14. September 1942 21:20 Uhr stattgefundenen Murgang an der Grimselstrasse. Regierungsrat des Kantons Bern 1943: Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates, Sitzung vom 4. Mai 1943.
- OBERINGENIEURKREIS I 1947–54: Kontroll- und Unterhaltsberichte zum Gruebengletscher. Thun.
- OCC 2008: Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OCC – Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern, 47 S.
- OCC, ProClim 2007: Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bericht. Bern, 172 S.
- STÜRLER VON L. 1944: Gruebengletschersee – Manuskript Kurzreferat R. Walther Oberingenieur des I. Kreises am 29.11.1944. Thun.
- TOBLER D., KULL I., HÄHLEN N. 2012: Gefahrenmanagement der Murgänge im Spreitgraben, Guttannen. In: *Bulletin für angewandte Geologie*. Vol 17/2 2012. S. 53–61.
- VAW 2003: Inventar der gefährlichen Gletscher der Schweiz. Mitteilung Nr. 182 der VAW der ETH Zürich. 368 S.
- WALDER, J.S., & COSTA, J.E. 1996: Outburst Floods From Glacier-Dammed Lakes: the Effect of Mode of Lake Drainage on Flood Magnitude. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(8), 701–723.

FABIAN REY¹, CHRISTOPH SCHWÖRER¹, ERIKA GOBET¹, DANIELE COLOMBAROLI¹, JACQUELINE FN VAN LEEUWEN¹, WILLY TINNER¹, SILKE SCHLEISS¹

Die Vegetationsgeschichte der letzten 14 000 Jahre am Lauenensee

Zusammenfassung

*Sedimente des Lauenensees (Berner Oberland, 1381 m ü.M.) wurden untersucht, um mittels Pollen-, Pflanzenrest- und Holzkohleanalyse die regionale Vegetations- und Feuergeschichte zu rekonstruieren. Die Chronologie basiert auf elf kalibrierten Radiokarbondaten von terrestrischen Pflanzenresten und ergab ein Basisalter von 14 200 kal. Jahren vor heute (12 250 v. Chr.). Während des Bölling-Alleröd Interstadials war das Einzugsgebiet des Lauenensees noch nicht bewaldet. Somit lag die Waldgrenze in den Nordalpen tiefer als in den Zentral- und Südalpen. Die Wiederbewaldung startete nach der Jüngeren Dryas vor 11 600 kal. Jahren (9650 v. Chr.). Diese frühen Birken- und Föhrenwälder (*Betula* und *Pinus sylvestris*) wurden vor rund 7500 kal. Jahren (5550 v. Chr.) durch Weisstannenwälder (*Abies alba*) ersetzt. Der erste menschliche Einfluss ist ab dem späten Neolithikum belegt (5700 bis 5200 kal. Jahre vor heute, 3750–3250 v. Chr.). Mit zwei hochaufgelösten Sequenzen wurde die Ausbreitung der Fichte (*Picea abies*) im Neolithikum (5700 bis 5200 kal. Jahre vor heute, 3750–3250 v. Chr.) und der Kollaps der Weisstanne in der Bronzezeit (4100 bis 2900 kal. Jahre vor heute, 2150–950 v. Chr.) untersucht. Die Resultate der Kreuzkorrelationen zeigen, dass die Ausbreitung der Grünerle (*Alnus viridis*) sowie der Wechsel von Weisstannen- zu Fichtenwäldern durch den Menschen ausgelöst wurde. Die Weisstanne reagiert nachweislich sehr sensibel auf Beweidung und Feuer, weshalb sich die heutige Fichtendominanz im oberen montanen und subalpinen Vegetationsgürtel aus der menschlichen Nutzung über die Jahrtausende ergeben haben muss.*

Einführung

Die Gebirgsvegetation ist einerseits aufgrund der grossen Höhenunterschiede stark vom Klima abhängig, andererseits ist sie jedoch auch geprägt durch langandauernde menschliche Landnutzung (z.B. Tinner et al., 1996; Gobet et al., 2003). Um Prognosen zur zukünftigen Vegetationsentwicklung zu machen, ist es deshalb essenziell, die Einflüsse des Klimas und des Menschen abzuschätzen und auseinanderzuhalten.

¹ Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern, Altenbergrain 21, 3013 Bern, Schweiz. Korrespondenz: faeburey@hotmail.com

Paläoökologische Studien in den Alpen haben eine lange Tradition (Welten, 1952, 1982a, 1982b, Tinner et al., 1996 und Referenzen darin), jedoch sind nur wenige Studien über die montan-subalpine Übergangszone (1100–1500 m ü.M.) in den Nordalpen bekannt, welche das Bölling-Alleröd Interstadial, die Jüngere Dryas und das Holozän abdecken (Welten, 1952, 1982a, 1982b; Küttel, 1979). Diese Studien sind aber bereits älteren Datums und weisen deshalb eine mangelhafte oder gar keine Radiokarbonchronologie auf.

Die Ausbreitung der Fichte und der Grünerle in der zweiten Hälfte des Holozäns ist seit längerer Zeit belegt (Welten, 1952, 1982a). Dass die heutige Fichtendominanz eine Konsequenz menschlicher Landnutzung ist, wurde bisher nur vermutet (Markgraf, 1970), jedoch alpenweit noch nie durch eine hochaufgelöste, kontinuierliche, quantitative Zeitreihenanalyse belegt.

In dieser Studie präsentieren wir mit dem Lauenensee (1381 m ü.M.) eine neue, gut datierte Rekonstruktion der Flora im montan-subalpinen Vegetationsgürtel, welche die letzten 14 200 Jahre abdeckt. Unsere Zeitreihen beinhalten die ersten zwei lückenlos und hochaufgelösten Pollen-, Sporen-, Holzkohle- und Makrofossilensequenzen der Nordalpen (detailliertere Darstellung der Resultate in Rey, 2012). Die erste Zeitreihe deckt Teile des Neolithikums ab (Massenausbreitung der Fichte: 5700–5200 kal. Jahre vor heute, 3750–3250 v. Chr.), während die zweite auf die Bronzezeit fokussiert (Massenausbreitung der Grünerle und Kollaps der Weisstanne: 4100–2900 kal. Jahre vor heute, 2150–950 v. Chr.). Wir verwenden Kreuzkorrelationen, um die Auswirkungen des Feuers auf ausgewählte Taxa zu untersuchen.

Die Ziele dieser Studie waren: Die Rekonstruktion der Wiederbewaldung nach der letzten Eiszeit sowie die Darlegung der Ursachen für die Ausbreitung von Fichte und Grünerle und den damit verbundenen Rückgang der Weisstanne. Besonders berücksichtigt werden dabei direkte Zeiger menschlicher Landnutzung (Getreidepollen, Pollen von Ackerunkräutern und Dungsporen).



Abbildung 1.
Bohrung am Lauenensee im Mai 2011
(Foto: Fabian Rey).

Untersuchungsgebiet

Der Lauenensee (Berndeutsch: Louwenensee, von «Louwene» = Lawine) ist ein kleiner See in den Berner Alpen und liegt knapp drei Kilometer vom Dorf Lauenen entfernt auf 1381 m ü.M. Der einst grössere See ist heute infolge Verlandung in zwei Becken, mit einer Gesamtfläche von 8,78 ha aufgeteilt, die Maximaltiefe beträgt 3,5 Meter (Guthruf et al., 1999). In der vorliegenden Studie wurde See-sediment des grösseren Beckens untersucht. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 4,9 °C und der Jahresniederschlag 1535 mm (Daten: DAYMET Modell, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL). Der See liegt zwischen dem montanen und dem subalpinen Vegetationsgürtel, Fichtenwälder (*Picea abies*) sind dominant. Andere Bäume wie die Grauerle (*Alnus incana*), der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) und die Moorbirke (*Betula pubescens*) sind selten aber lokal vorhanden. Die nichtbewaldeten Flächen werden hauptsächlich als Alpweiden genutzt.

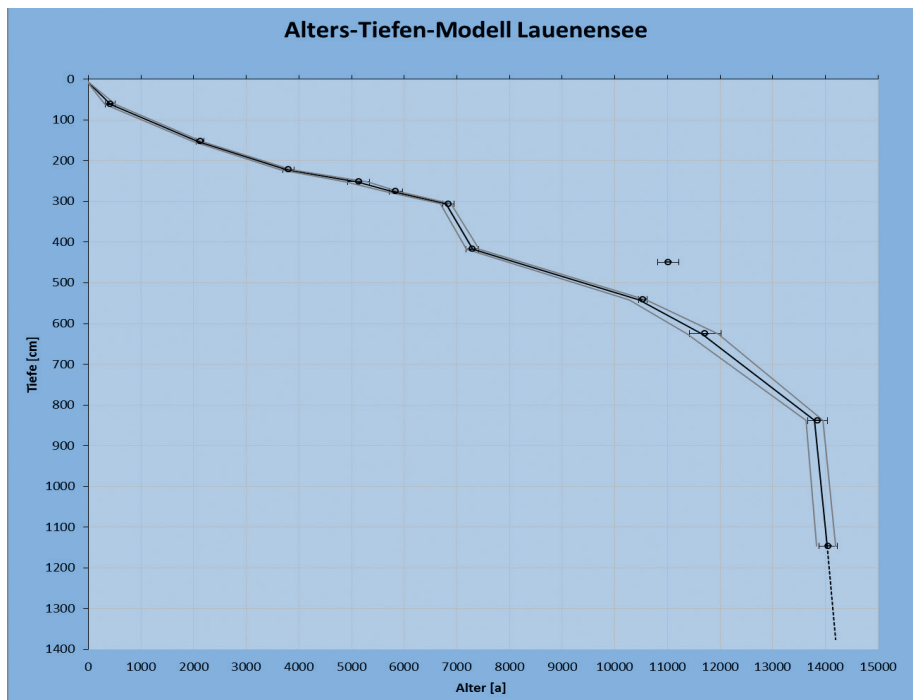


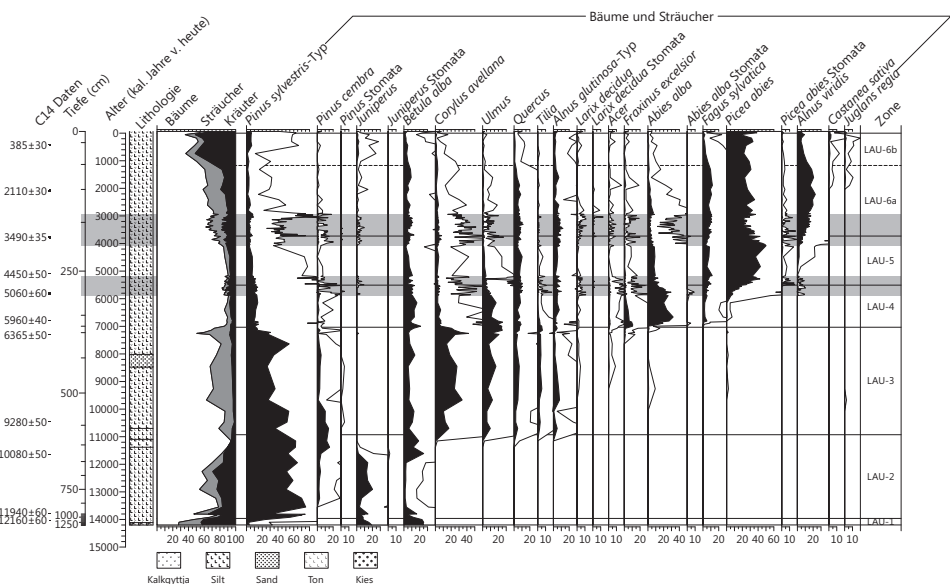
Abbildung 2: Alters-Tiefen-Modell des Lauenensees. Die Kreise zeigen die kalibrierten Alter der terrestrischen Pflanzenresten. Die schwarze Kurve ist das berechnete Modell mit einem 2σ Konfidenzintervall (graue Linien) (clam, Blauuw, 2010).

Methoden

Im Mai 2011 wurden mit einem modifizierten Streif-Livingstone-Bohrer auf einer Flossplattform zwei Sedimentkerne an der tiefsten Stelle des Sees bis auf die Grundmoräne entnommen (Abb. 1). Im Labor wurden diese zwei Kerne (Länge: 1400 cm und 1450 cm) zu einem Hauptkern von 1385 cm Länge zusammengeführt.

Das Alters-Tiefenmodell basiert auf elf Radiokarbondaten von terrestrischen Pflanzenresten (Abb. 2). Die Radiokarbondaten wurden mit dem Programm CALIB 6.1.0 (Stuiver & Reimer, 1993) in kalibrierte Daten umgewandelt und für das Alters-Tiefenmodell verwendet (Blauuw, 2010). Für die Pollen- und die Holzkohlenanalyse wurden dem Sedimentkern 126 Proben entnommen. Diese wurden im Labor nach Standardmethoden bearbeitet (z.B. Moore et al., 1991). Zwei besonders interessante Sequenzen aus dem späten Neolithikum (Massenausbreitung der Fichte) und der Bronzezeit (Massenausbreitung der Grünerle und Kollaps der Weisstanne) wurden hochaufgelöst und lückenlos beprobt. Dies sind zum einen 25 Proben zwischen 278 und 254 cm und zum anderen 45 Proben zwischen 230 und 186 cm. Pollen und Sporen wurden mit Hilfe von Bestimmungsschlüsseln identifiziert (z.B. Moore et al., 1991).

Das Kernstück dieser Arbeit besteht aus der statistischen Auswertung der zwei lückenlos, hochaufgelösten Sequenzen. Dafür wurde das Programm MYSTAT 12 (Systat Software Inc., 2007) benutzt. Die Pollenprozentage und der Influx von Holzkohlepartikeln wurden für die Berechnung der Kreuzkorrelationen verwendet (Bahrenberg et al., 1992). Mit Kreuzkorrelationen kann man grafisch darstellen, wie die verschiedenen Taxa (z.B. Weisstanne) vor, während und nach einem Holz-



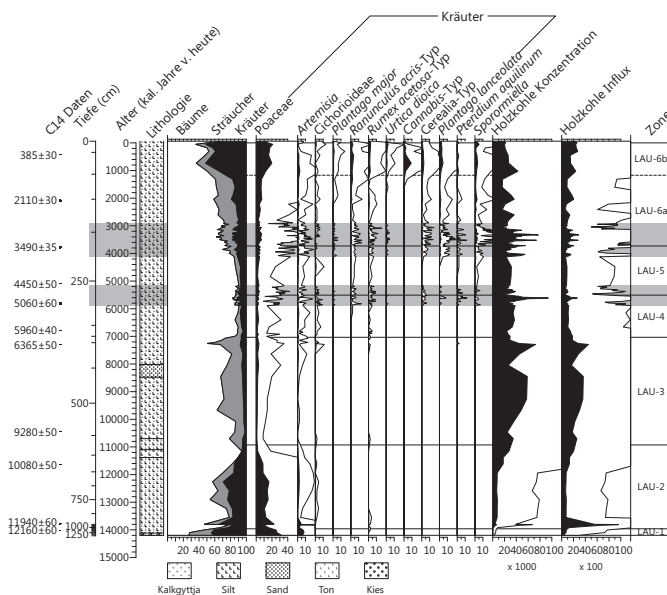
kohlemaximum reagieren. Der Zeitschritt 0 entspricht dabei dem Zeitpunkt des Holzkohlemaximums. Da lückenlos beprobt wurde, entspricht jeder Zeitschritt einer Probe, d.h. $30 \pm 0,8$ Jahre (nach Alters-Tiefen-Modell) für die erste hochaufgelöste Serie (Neolithikum: 5700–5200 kal. Jahre vor heute, 3750–3250 v. Chr.), respektive $28 \pm 8,3$ Jahre für die zweite hochaufgelöste Serie (Bronzezeit: 4100–2900 kal. Jahre vor heute, 2150–950 v. Chr.). Eine positive Korrelation bedeutet, dass während oder nach einer Zunahme der Holzkohle auch eine Zunahme des jeweiligen Pollens erfolgt, während eine negative Korrelation dementsprechend einer Abnahme des Pollens entspricht.

Resultate

Das Alters-Tiefen-Modell (Abb. 2) zeigt eher tiefe Sedimentationsraten während des Holozäns und hohe Sedimentationsraten im tiefsten Teil des Sedimentkerns. Die älteste Datierung stammt aus 1146 cm Tiefe (14 025 kal. Jahre vor heute, 12 075 v. Chr.), weshalb für die Kernbasis ein Alter von 14 200 kal. Jahren (12 250 v. Chr.) extrapoliert werden konnte.

Das Pollendiagramm (Abb. 3) ist in sechs statistisch signifikante Zonen aufgeteilt, wobei die sechste Zone zur besseren Unterscheidung in zwei Subzonen geteilt wurde.

In der untersten Zone (LAU-1) sind Birkenpollen (*Betula alba*), Wacholderpollen (*Juniperus*), Beifusspollen (*Artemisia*) und Gräserpollen (*Poaceae*) dominant. Danach nimmt der Föhrenpollen (*Pinus sylvestris*-Typ) stark zu (LAU-2), während



Abbildungen 3:
Pollen- und Spalt-
öffnungendiagramm (in Prozent)
des Lauenensees
(ausgewählte Taxa).
Die weissen Flächen
sind die zehnfachen
Überhöhungen
(Analyse: Fabian
Rey).

die in LAU-1 dominanten Taxa immer noch vorkommen. Im obersten Bereich der Zone sind zudem Föhren-Spaltöffnungen belegt (Spaltöffnungen sind neben Makroresten wie Nadeln Zeiger für lokales Vorhandensein einer Baumart). In der dritten Zone (LAU-3) kommt neben Föhrenpollen vermehrt auch Haselpollen (*Corylus avellana*), Ulmenpollen (*Ulmus*) und weiterhin Birkenpollen vor. Die Werte des Kräuterpollens sinken unter 10%. In LAU-4 zeigen die Prozente des Weisstannenpollens (*Abies alba*) ein Maximum. Gleichzeitig sind auch Weisstannen-Spaltöffnungen belegt (ab 7000 kal. Jahre vor heute, 5050 v. Chr.). Der Ulmen- und Birkenpollen zeigt nach wie vor konstante Werte. Zudem kommt neu auch Buchenpollen (*Fagus sylvatica*) vor (ab ca. 7000 kal. Jahre vor heute, 5050 v. Chr.). Vor rund 5600 kal. Jahren (3650 v. Chr.; Spätneolithikum, erste hochaufgelöste Sequenz) nimmt der Ulmen- und Weisstannenpollen markant ab, während der Fichtenpollenanteil (*Picea abies*) rapide zunimmt. Dieser Wechsel ist auch bei den Spaltöffnungen ersichtlich. Gleichzeitig kommen neu auch menschliche Zeiger wie Getreidepollen (*Cerealia*-Typ), Spitzwegerichpollen (*Plantago lanceolata*) und Dungsporen (*Sporormiella*) hinzu. Die Holzkohlewerte nehmen zum ersten Mal seit dem Fröhholozän wieder markant zu. Die menschlichen Zeiger deuten dabei einen ähnlichen Kurvenverlauf an wie die Holzkohlewerte. In der nächsten Zone (LAU-5) ist der Fichtenpollen am häufigsten, während sich der Weisstannenpollen bei knapp 10% halten kann. Im obersten Bereich der Zone (Bronzezeit, zweite hochaufgelöste Sequenz) nimmt der Grünerlenpollen (*Alnus viridis*) stetig zu. Auch die Holzkohlenwerte bleiben generell erhöht. In LAU-6a schliesslich ist der Fichtenpollen wieder weniger dominant, jedoch immer noch sehr häufig. Die Prozentwerte des Weisstannenpollens nehmen nun nochmals markant ab. Zur gleichen Zeit nehmen Weidezeiger wie Hahnenfusspollen (*Ranunculus acris*-Typ) und Sauerampferpollen (*Rumex acetosa*-Typ) zu, Getreidepollen und Pollen von Ackerunkräutern (Spitzwegerich) sind ebenfalls konstant vorhanden. Die Fichten-Spaltöffnungen sind weniger häufig. In der abschliessenden Subzone (LAU-6b) nimmt der Kräuterpollen stark zu und erreicht Werte bis gegen 50%, zudem erreichen Zeiger menschlicher Nutzung ein Maximum, nehmen aber in den letzten 200 Jahren wieder ab.

Die Resultate der Kreuzkorrelationen (Abb. 4a, b) zeigen, dass der häufigste Baumpollen wie etwa von Weisstanne und Fichte signifikant negativ mit Holzkohlepartikeln korreliert. Für den Weisstannenpollen gilt das sowohl für das Spätneolithikum wie auch für die Bronzezeit. Kräuterpollen, Getreidepollen und Weidezeiger sind dagegen signifikant positiv korreliert. Der Sträucherpollenanteil, wie z.B. die Grünerle, zeigt ebenfalls eine signifikant positive Korrelation. Diese ist jedoch oftmals um zwei bis drei Zeitschritte verzögert.

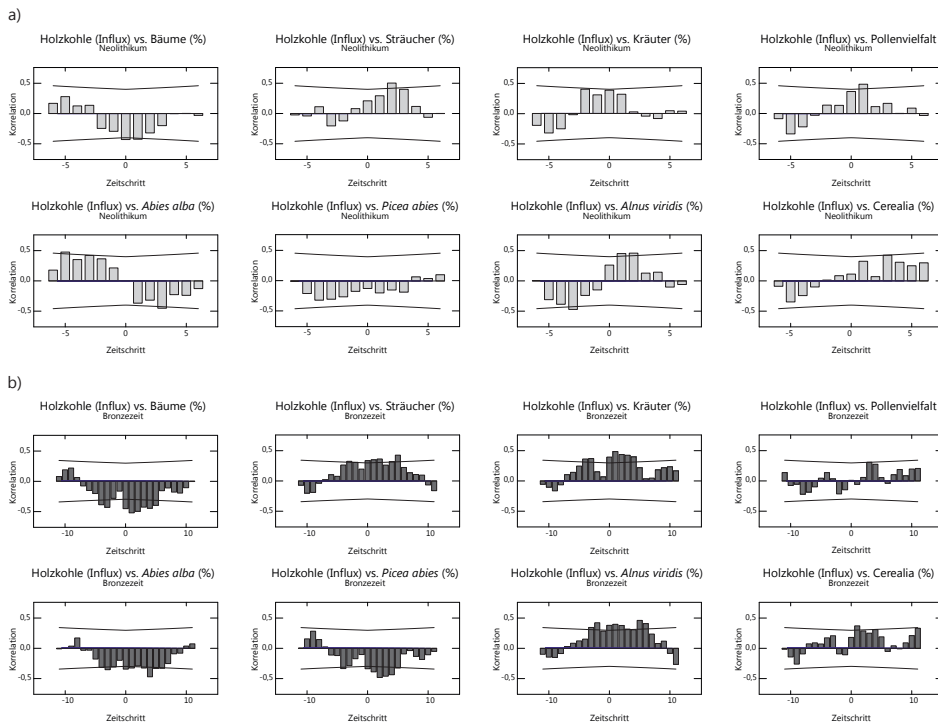


Abbildung 4: Ausgewählte Kreuzkorrelationen für a) das Spätneolithikum (5700–5200 kal. Jahre vor heute, 3750–3250 v. Chr.; ein Zeitschritt = 30 Jahre) und für b) die Bronzezeit (4100–2900 kal. Jahre vor heute, 2150–950 v. Chr.; ein Zeitschritt = 28 Jahre). Die Signifikanzgrenze ist als schwarze Linie markiert.

Interpretation und Diskussion

Die frühe Vegetationsgeschichte 14 200–6000 kal. Jahre vor heute (12 250–4050 v. Chr.)

Ein Alter von 14 200 kal. Jahren (12 250 v. Chr.) konnte für das älteste Seesediment des Lauenensees extrapoliert werden. Ein Alter vor oder um 14 700 kal. Jahren (12 750 v. Chr.) kann ausgeschlossen werden, da das markante Wachholder-Maximum fehlt, welches typisch für den Beginn des Böllings ist (Lotter, 1999). Fehlende Spaltöffnungen und Makroreste von Bäumen weisen zudem auf eine unbewaldete Landschaft hin. Dies wird auch durch den hohen Anteil des Sträucher- und Kräuterpollens unterstützt (siehe Abb. 2). Jedoch wurden 25 km weiter entfernt, in Chutti bei Boltigen auf 925 m ü.M. sowie im Regenmoos auf 1260 m ü.M., Föhren-Spaltöffnungen gefunden (Welten, 1982b), was auf eine Baumgrenze zwischen 1260 und 1380 m ü.M. schliessen lässt. Somit lag die Baumgrenze in den Nordalpen bedeutend tiefer als etwa in den Zentralalpen oder

in den Südalpen, wo sie Höhen von 1700–1900 m erreichte (Welten, 1982b; Vescovi et al., 2007). Ein Grund für diese Diskrepanz könnten die verbleibenden Eismassen in Nordeuropa sein, welche das Klima der Nordalpen beeinflusst haben (Samartin et al., 2012).

Während der Kältephase der Jüngeren Dryas (12 800–11 600 kal. Jahre vor heute, 10 850–9650 v. Chr.) wurde der Lauenensee nicht mehr von vorstossenden Gletschern erreicht. Die Endmoränen liegen auf 1823 m. ü.M. bei Kühtungel, rund 1,5 km entfernt (Küttel, 1979). Gleichzeitig ist von einer Absenkung der Waldgrenze auszugehen, da die Prozente der Kräuterpollen und der Wacholderpollen wieder zunehmen und es sogar im Schweizer Mittelland eine leichte Öffnung der Wälder gab (Ammann et al., 2007).

Die Wiederbewaldung am Lauenensee startete direkt nach der Jüngeren Dryas, vor rund 11 600 kal. Jahren (9650 v. Chr.) mit Birken und Föhren. Dieser Wechsel ist auch in der Abnahme der Sedimentationsrate und der Veränderung der Seesedimente von (eingeschwemmten) Silt zu einer siltigen Kalkgyttja (Seekreide) ersichtlich, was auf eine Stabilisierung des Untergrunds durch Bäume in unmittelbarer Nähe des Sees zurückzuführen ist.

Grosse Änderungen in der Vegetationszusammensetzung gab es um 11 100 kal. Jahre vor heute (9150 v. Chr.), als wahrscheinlich Hasel, Ulme und Erle sich im Einzugsgebiet ausbreiteten und einen Laubmischwald mit den vorhandenen Birken und Föhren bildeten. Auch heute noch wächst die Grauerle (*Alnus incana*) direkt am See, weshalb anzunehmen ist, dass sowohl die Ulme wie auch die Hasel ebenfalls anwesend waren, da diese vergleichbare obere Wachstumsgrenzen haben (Welten, 1952). Die hohen Holzkohlewerte zu dieser Zeit weisen auf eine erhöhte regionale Feueraktivität im Gebiet hin, was womöglich auf die warmen und trockenen Sommer aufgrund erhöhter Sonneneinstrahlung in der Nordhemisphäre zurückzuführen ist (Kutzbach & Webb, 1993).

Um 7500 kal. Jahre vor heute (5550 v. Chr.) breitete sich die Weisstanne aus. Dies ist womöglich auf einen Wechsel hin zu feuchterem Klima zurückzuführen, welcher auch an anderen Standorten dokumentiert ist (Heiri et al., 2003; Magny, 2004). Zusammen mit Ulme, Bergahorn, Erle und Esche bildete die Weisstanne einen Mischwald zwischen 7000–6000 kal. Jahre vor heute (5050–4050 v. Chr.).

Die Ausbreitung der Fichte und der Grünerle nach 6000 kal. Jahre vor heute (4050 v. Chr.) und die Rolle des Menschen

Die massive Ausbreitung der Fichte vor 5700–5000 kal. Jahren (3750–3050 v. Chr.) fällt ziemlich genau mit archäologischen Fundstücken aus der Gegend zusammen, welche auf rund 4900 Jahren (2950 v. Chr.) datiert wurden (Grosjean et al., 2007). Die erhöhte land- und weidewirtschaftliche Nutzung im Neolithikum beeinflusste v.a. die Weisstannenwälder stark, welche zuvor Jahrhunderte lang das Landschaftsbild in den westlichen Nordalpen prägten. Die hohe Sen-

sitivität der Weisstanne gegenüber Feuer und Beweidung ist durch statistisch signifikante, negative Korrelationen schon für das Neolithikum belegt (*Abb. 3a*). Die hohe Störungsempfindlichkeit der Weisstanne wurde u.a. auch in anderen Studien aus den Alpen und dem Mittelmeergebiet belegt (Tinner et al., 1999; Colombaroli et al., 2007). Fichten-Spaltöffnungen und -nadeln traten erstmals 100–150 Jahre nach dem grössten Feuerereignis vor ca. 5600 kal. Jahren (3650 v. Chr.) auf (Rey, 2012). Die Ausbreitung der Fichte wurde somit durch menschliche Landnutzung unterstützt, da sie «störungstoleranter» als die Weisstanne zu sein scheint (geringere Anfälligkeit gegenüber Feuer und Verbiss). Jedoch diskutieren andere Studien in den Nordalpen eine frühere Ausbreitung der Fichte ohne menschlichen Einfluss (Heiri et al., 2003). Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Fichtenausbreitung durch eine Kombination mehrerer Faktoren gefördert wurde, zu welchen auch das Klima gehört: Grundsätzlich fällt der Rückgang der Weisstanne mit einer klimatischen Warmphase um ca. 5700–5400 kal. Jahre vor heute (3750–3450 v. Chr.) zusammen (Haas et al., 1998), was die Ausbreitung landwirtschaftlicher Aktivitäten auch in Bergregionen gefördert haben dürfte.

Danach nahm die menschliche Nutzung, wahrscheinlich als Folge kühleren Klimas wieder ab, worauf sich die Weisstannenstandorte wieder stabilisieren konnten (Haas et al., 1998). Da sie nun mit der Fichte konkurrenzieren musste, konnte sie sich aber nicht mehr in dem Masse ausbreiten wie zuvor.

Zum Beginn der Bronzezeit (vor 4300 kal. Jahren, 2350 v. Chr.) gab es wiederum eine klimatische Gunstphase. In Kombination mit technischen Innovationen führte dies zu einer intensivierten Landnutzung im Alpenraum (Gobet et al., 2003). Auch die zweite hochaufgelöste Sequenz zeigt eine erhöhte menschliche Nutzung und eine Öffnung der Landschaft an. Die Kreuzkorrelationen weisen darauf hin, dass der Kollaps der Weisstanne durch Feuer beeinflusst wurde (signifikant negative Korrelationen), welches wiederum direkt mit Landnutzung verknüpft ist (signifikant positive Korrelationen von Dungsporen und Getreidepollen). Störungsresistente Arten wie etwa die Grünerle wurden durch die erhöhte Feuerfrequenz gefördert. Dies stimmt mit den Resultaten anderer Studien im Alpenraum überein (z.B. Welten, 1982b; Tinner et al., 1996; Gobet et al., 2003). Im Gegensatz zum Spätneolithikum war nun auch die Fichte vom Feuer betroffen, jedoch konnte sie sich, im Gegensatz zur Weisstanne, immer wieder erholen, was wohl mit einer erhöhten Toleranz gegenüber Feuer und Beweidung zurückzuführen ist.

Während der Römerzeit (2000–1800 kal. Jahre vor heute, 50 v. Chr.–150 n. Chr.) intensivierte sich die Landnutzung noch einmal. Die grössten Rodungen, welche zur Absenkung der Waldgrenze auf die heutige Höhe führten, fanden aber erst im Mittelalter, vor rund 800 kal. Jahren (1150 n. Chr.) statt (z.B. Tinner et al., 1996; Gobet et al., 2003). Die Wiederausbreitung des Waldes in den letzten 200 Jahren ist auf den gesetzlich festgelegten Schutz der Wälder zurückzuführen.

Schlussfolgerung

Die Wiederbewaldung durch Birken und Föhren am Lauenensee startete erst vor 11 600 kal. Jahren (9650 v. Chr.), nach der Jüngeren Dryas. Wegen einem Wechsel von trockenem zu etwas feuchterem Klima wurden die Birken- und Föhrenwälder mit wärmeliebenden Gehölzen vor 7000 kal. Jahren (5050 v. Chr.) durch Weisstannenmischwälder ersetzt. Der menschliche Einfluss nahm vor 5700 kal. Jahren (3750 v. Chr.) im Spätneolithikum markant zu (klimatische Warmphase). Als Folge von Brandrodungen und Viehwirtschaft (z.B. auch Waldweiden), wurden die Weisstannenmischwälder durch Fichtenwälder ersetzt und die Grünerle breitete sich langsam aus. Durch den nochmals erhöhten menschlichen Einfluss während der Bronzezeit (4100–2900 kal. Jahre vor heute, 2150–950 v. Chr.) verschwand die Weisstanne praktisch komplett. Unsere hochaufgelösten Zeitreihen zeigen zum ersten Mal quantitativ, dass die heute dominierenden Fichtenwälder im montanen und subalpinen Vegetationsgürtel aufgrund menschlicher Eingriffe entstanden. Unsere Resultate belegen, dass die Wälder in den Alpen schnell auf Klimaänderungen reagierten und durch die menschliche Nutzung über Jahrtausende geformt wurden. Daraus schliessen wir, dass die Klimaerwärmung sowie veränderte Landnutzung zu ausserordentlichen Veränderungen in der Artenzusammensetzung von Bergwäldern führen werden. Weitere hochaufgelöste Studien sind nötig, um unsere Resultate und Interpretationen besser räumlich abstützen zu können.

Referenzen

- AMMANN B, BIRKS HH, WALANUS A AND WASYLIKOWA K (2007) Late Glacial Multidisciplinary Studies. In: Elias SA (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Amsterdam: Elsevier, 2475–2486.
- BAHRENBURG G, GIESE E & NIPPER J (1992) *Statistische Methoden in der Geographie: Band 2, Multivariate Statistik*. Stuttgart: Teubner.
- BLAAUW M (2010) Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology* 5(5): 512–518.
- COLOMBAROLI D, MARCHETTO A & TINNER W (2007) Long-term interactions between Mediterranean climate, vegetation and fire regime at Lago di Massaciuccoli (Tuscany, Italy). *Journal of Ecology* 95(4): 755–770.
- GOBET E, TINNER W, HOCHULI PA ET AL. (2003) Middle to Late Holocene vegetation history of the Upper Engadine (Swiss Alps): the role of man and fire. *Vegetation History and Archaeobotany* 12(3): 143–163.
- GROSJEAN M, SUTER PJ, TRACHSEL M ET AL. (2007) Ice-borne prehistoric finds in the Swiss Alps reflect Holocene glacier fluctuations. *Journal of Quaternary Science* 22(3): 203–207.
- GUTHRUF J, GUTHRUF-SEILER K & ZEH M (1999) *Kleinseen im Kanton Bern*. Bern: Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Gewässer- und Bodenschutzlabor.
- HAAS JN, RICHÖZ I, TINNER W ET AL. (1998) Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. *The Holocene* 8: 301–309.
- HEIRI O, WICK L, VAN LEEUWEN JFN ET AL. (2003) Holocene tree immigration and the chironomid fauna of a small Swiss subalpine lake (Hinterburgsee, 1515 m asl). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 189(1–2): 35–53.

- KÜTTEL M (1979) Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und zum Gletscher-rückzug in den westlichen Schweizer Alpen. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft* 89: 9–62.
- KUTZBACH JE & WEBB T (1993) Conceptual basis for understanding Late-Quaternary climates. In: Wright HE (ed.), *Global Climates Since the Last Glacial Maximum*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 5–11.
- LOTTER AF (1999) Late-glacial and Holocene vegetation history and dynamics as shown by pollen and plant macrofossil analyses in annually laminated sediments from Soppensee, central Switzerland. *Vegetation History and Archaeobotany* 8(3): 165–84.
- MAGNY M (2004) Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *The record of Human/Climatic interaction in Lake Sediments* 113(1): 65–79.
- MARKGRAF V (1970) Palaeohistory of the spruce in Switzerland. *Nature* 228: 249–251.
- MOORE P, WEBB J & COLLINSON M (1991) *Pollen Analysis*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- REY F (2012) *Climatic and human impacts on mountain vegetation at Lauenensee (Bernese Alps, Switzerland) during the last 14000 years*. Master's thesis, University of Bern.
- SAMARTIN S, HEIRI O, VESCOVI E ET AL. (2012) Lateglacial and early Holocene summer temperatures in the southern Swiss Alps reconstructed using fossil chironomids. *Journal of Quaternary Science* 27(3): 279–289.
- STUIVER M & REIMER P (1993) Extended C-14 data-base and revised CALIB 3.0 C-14 age calibration program. *Radiocarbon* 35: 215–230.
- SYSTAT SOFTWARE INC. (2007) Mypstat 12, Statistical and Graphical Software, Chicago. <http://www.systat.com/MypstatProducts.aspx>
- TINNER W, AMMANN B & GERMANN P (1996) Tree line Fluctuations Recorded for 12,500 Years by Soil Profiles, Pollen, and Plant Macrofossils in the Central Swiss Alps. *Arctic and Alpine Research* 28(2): 131–147.
- TINNER W, HUBSCHMID P, WEHRLI M ET AL. (1999) Long-Term Forest Fire Ecology and Dynamics in Southern Switzerland. *Journal of Ecology* 87(2): 273–289.
- VESCOVI E, RAVAZZI C, ARPENTI E ET AL. (2007) Interactions between climate and vegetation during the Lateglacial period as recorded by lake and mire sediment archives in Northern Italy and Southern Switzerland. *Quaternary Science Reviews* 26(11–12): 1650–1669.
- WELTEN M (1952) *Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals sowie die frühgeschichtliche und historische Wald- und Weiderodung auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen*. Bern: Verlag Hans Huber.
- WELTEN M (1982a) *Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schweizerischen Nationalparks: Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark*. 16: 3–43.
- WELTEN M (1982b) *Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis*. Basel: Birkhäuser Verlag.



NOËMI ZWEIFEL¹, CHRISTOPH SCHWÖRER¹, OLIVER HEIRI¹

14 000 Jahre Klimageschichte am Lauenensee

Zusammenfassung

Anhand fossiler Überreste von Chironomiden (Zuckmücken) in den Sedimenten des Lauenensees wurden Temperaturveränderungen im westlichen Berner Oberland über die letzten 14 000 Jahre rekonstruiert. Mittlere Juli-Lufttemperaturen wurden mithilfe eines Kalibrationsdatensatzes und eines Temperaturrekonstruktionsmodells rekonstruiert, welches bereits in einer früheren Studie entwickelt worden ist. Während dem Allerød (~14,000–12,700 kal. Jahre vor heute) wurden Temperaturen zwischen 8,7–12,0 °C berechnet, während der Jüngeren Dryaszeit (~12 700–11 700 kal. Jahre vor heute) Werte um 10,2–10,7 °C und während dem Früh- bis Mittelholozän (~11 700–3000 kal. Jahre vor heute) Temperaturen um 12,0–14,5 °C. Für das Spätholozän (ab ~3000 kal. Jahre vor heute) wurden tiefere Temperaturen (10–12 °C) geschätzt. Der menschliche Einfluss wird ab 4300 kal. Jahre vor heute deutlich in den Chironomidenvergesellschaftungen sichtbar und beeinträchtigt möglicherweise die Verlässlichkeit der Temperaturrekonstruktion für dieses Zeitintervall. Die Temperaturrekonstruktion stimmt gut mit anderen paläoklimatischen Rekonstruktionen der Alpen sowie dem Anstieg der Baumgrenze in dieser Region überein.

Einleitung

Die Larven der Zuckmücken (Diptera: Chironomidae, *Abb. 1 A*) kommen in grosser Anzahl in Süsswasserökosystemen in fast allen Regionen der Welt vor (Walker 1987). Ihre stark chitinhaltigen Kopfkapseln (*Abb. 1 B/C*) bleiben lange in Seesedimenten erhalten und erlauben so die Rekonstruktion von Veränderungen der Chironomidengesellschaften in Seen über Jahrhunderte bis Jahrtausende (Walker 1987). Da die meisten Chironomidenarten enge ökologische Anforderungen aufweisen, eignen sich Chironomiden besonders zur Rekonstruktion vergangener Umweltbedingungen. So ermöglicht zum Beispiel der starke Zusammenhang zwischen der Verbreitung verschiedener Chironomidentaxa und der Sommertemperatur die quantitative Rekonstruktion von Temperaturveränderungen in der Vergangenheit (Heiri et al. 2011). Solche Chironomiden-basierte Temperaturrekonstruktionen haben bereits beträchtlich zum Wissen über unser Klimasystem beigetragen. Sie helfen, die Klimavariabilität über lange Zeiträume zu quantifizieren und können zur Kalibration von Klimamodellen verwendet werden.

¹ Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern, Schweiz

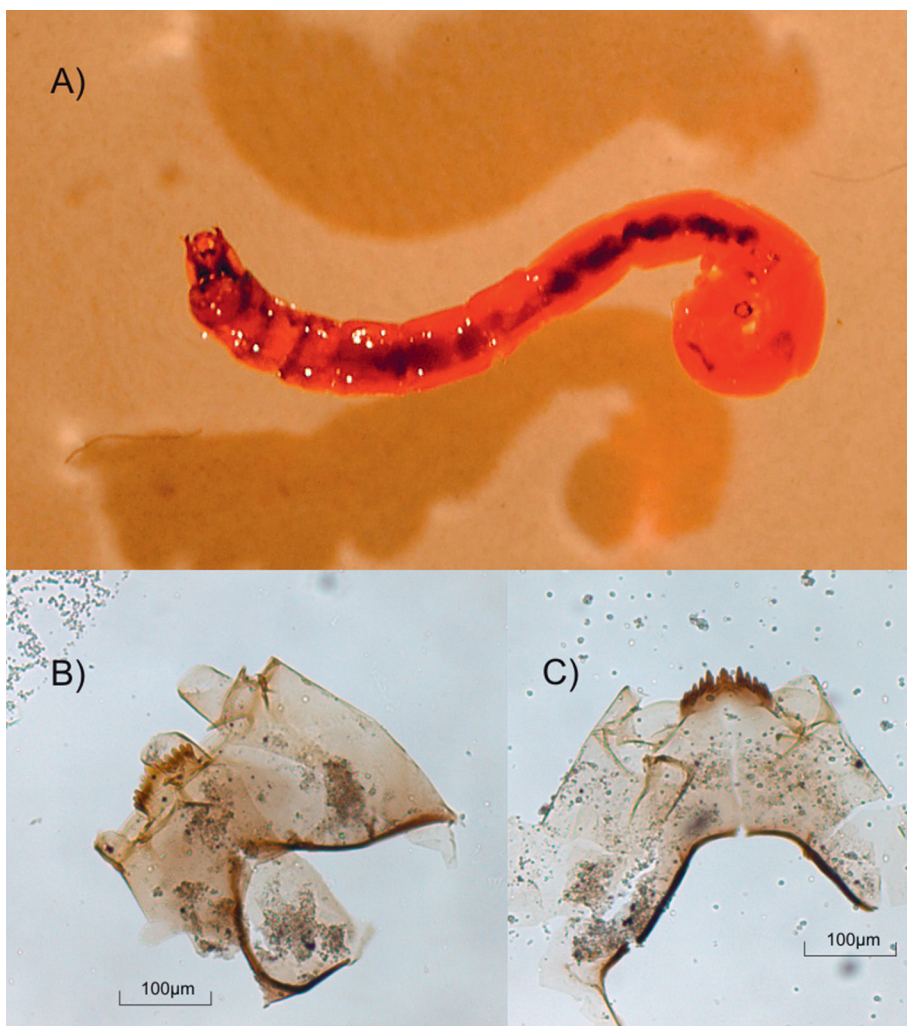


Abbildung 1: A) Fotografie einer rezenten Chironomidenlarve und B/C) einiger der subfossilen Chironomidenkopfkapseln, welche im Sediment gefunden worden sind. Der Durchmesser der Kopfkapseln entspricht in etwa 100 bis 400 µm.

Mehrere Temperaturrekonstruktionen, basierend auf den Überresten von Chironomiden, sind aus dem Alpenraum bekannt. Während einige Studien den Fokus auf die grossen klimatischen Schwankungen des Spätglazials (ca. 16 000–11 500 kalibrierte ^{14}C Jahre [kal. Jahre] vor heute) gelegt haben (e.g. Samartin et al. 2012), konzentrierten sich andere Untersuchungen auf Temperaturschwankungen der letzten 2000 Jahre (e.g. Millet et al. 2009). Einige Rekonstruktionen decken das gesamte Holozän (ca. 11 500 kal. Jahre vor heute bis zur



Abbildung 2: Fotografie des Lauenensees.

Gegenwart) ab. So zum Beispiel die Rekonstruktion von Laroque-Tobler et al. (2010) am Egelsee im Schweizer Mittelland sowie Rekonstruktionen von Heiri und Lotter (2003) und Heiri et al. (2003) am subalpinen Hinterburgsee und am alpinen Sägistalsee im östlichen Berner Oberland und die Rekonstruktion von Ilyashuk et al. (2011) am alpinen Schwarzsee ob Sölden in den Österreichischen Alpen.

Für die Schweiz zeigen Rekonstruktionen der starken Temperaturveränderungen des Spätglazials eine relativ gute Übereinstimmung. Die schwächeren Temperaturschwankungen des Holozäns hingegen sind schwieriger zu rekonstruieren. Einerseits wird die Verbreitung der verschiedenen Chironomidentaxa nicht ausschliesslich durch die Temperatur beeinflusst, sondern wird auch durch die Ausprägung anderer Umweltvariablen mitbestimmt. So kommen z.B. gewisse Chironomidenarten nur bei bestimmten Nährstoff-, pH- und Sauerstoffbedingungen vor (Velle et al. 2010). Dazu kommt, dass die Temperaturschwankungen des Holozäns oft innerhalb des Rekonstruktionsfehlers der verfügbaren statistischen Modelle liegen, die zur Rekonstruktion vergangener Temperaturveränderungen mithilfe von Chironomidendaten gebraucht werden (Heiri et al. 2003). Um ein verlässliches regionales Bild der Temperaturentwicklung zu erhalten, und auch kleinere Temperaturveränderungen verlässlich zu rekonstruieren sind deshalb weitere Rekonstruktionen aus dem Alpenraum erforderlich.

Mit dieser Studie präsentieren wir eine Temperaturrekonstruktion des subalpinen Lauenensees im Berner Oberland (1385 m ü.M., Abb. 2). Es ist die erste Chironomiden-basierte Temperaturrekonstruktion in den Nordalpen, die sowohl

das Spätglazial wie auch das gesamte Holozän abdeckt. Eine gleichzeitig durchgeführte Partnerstudie (Rey et al. 2013) erlaubt den Vergleich unserer Rekonstruktion mit Veränderungen in der umliegenden Gebirgsvegetation als Reaktion auf vergangene Klimaveränderungen. Um abzuschätzen, ob die Temperaturrekonstruktion mit anderen Klimarekonstruktionen im Alpenraum übereinstimmt, vergleichen wir die Resultate mit paläoökologischen Rekonstruktionen aus benachbarten Regionen.

Methoden

Analyse der Sedimente

Zwei parallele Sedimentkerne wurden an der tiefsten Stelle im nördlichen, tieferen Becken des Lauenensees entnommen. Die Kerne wurden anhand auffälliger sedimentologischer Strukturen korreliert und zu einer einzigen Sequenz von 13,85 Meter Länge kombiniert. Das Alter der Sedimente wurde anhand von 11 Radiokarbon-Datierungen an terrestrischem Pflanzenmaterial ermittelt (Rey et al. 2013). Für die Chironomidenanalyse wurden 57 Sedimentproben (9–20 cm³) in Abständen von 16 cm entnommen. Die Proben wurden gesiebt (100 und 200 µm Maschenweite), und anschliessend wurden die Kopfkapseln unter dem Stereomikroskop mithilfe einer Pinzette aus den Proben gepickt. Es wurden mindestens 50 Kopfkapseln pro Probe bis zur Gattung, Artengruppe oder Art bestimmt. Proben mit weniger als 50 Kopfkapseln wurden zusammengelegt, sodass sie mindestens 30 Kopfkapseln enthielten. Die Taxonomie folgte Brooks et al. (2007) und Wiederholm (1983) mit Ausnahme der Unterfamilie Tanypodinae, in der Kopfkapseln der Tribus Pentaneurini nicht weiter bestimmt wurden.

Temperaturrekonstruktion

Die mittlere Juli-Lufttemperatur wurde mittels eines Temperaturrekonstruktions-Modells berechnet, welches auf einem Kalibrationsdatensatz aus Chironomidenproben von 117 Schweizer Seen basiert (Heiri et al. 2011). In jedem See wurde die heutige Chironomidenvergesellschaftung anhand einer Sedimentprobe aus dem tiefsten Teil des Seebeckens untersucht. Zusammen mit Schätzungen der mittleren Juli-Lufttemperatur an den Seen erlaubt dieser Datensatz mittels eines statistischen Modells, basierend auf WAPLS (*weighted-averaging/partial least squares regression*; ter Braak und Juggins 1993), die quantitative Schätzung von vergangenen Sommertemperaturwerten anhand von Vergesellschaftungen fossiler Chironomiden. Das Modell mit derselben taxonomischen Auflösung der Lauenenseestratigraphie hat einen Schätzfehler (*cross-validated root mean squared error*; RMSEP) von 1,76 °C und einen Determinationskoeffizienten (r^2) zwischen beobachteten und

berechneten Juli-Lufttemperaturwerten von 0.81 °C. Eine detaillierte Beschreibung des statistischen Modells, des Kalibrationsdatensatzes und des paläoökologischen Ansatzes zur Temperaturrekonstruktion sind in Heiri et al. (2011) zu finden.

Resultate

Gesamthaft wurden 36 unterschiedliche Chironomidentaxa in der Lauenensee-stratigraphie bestimmt (Abb. 3). Die Stratigraphie wurde in 9 Zonen unterteilt. Die zwei untersten Zonen (LAUC-1 und 2, 1,176–774 cm, ~14 000–13 100 kal. Jahre vor heute) zeigen starke Wechsel in den Chironomidengesellschaften. Larven des *Tanytarsus lugens*-*Morphotyps* dominieren, mit gelegentlichem Vorkommen von *Micropsectra radialis*-, *Heterotrissocladius grimshawi*-, *Tanytarsus pallidicornis*-, *Tanytarsus mendax*- und *Chironomus anthracinus*-Typ und von *Paracladius*. In der nächst höher gelegenen Zone (LAUC-3, 774–630 cm, ~13 100–11 700 kal. Jahre vor heute) herrschen *T. lugens*-Typ und *H. grimshawi*-Typ vor. Diese Taxa werden in LAUC-4 (630–582 cm, ~11 700–11 000 kal. Jahre vor heute) von *C. anthracinus*-Typ, *Paratanytarsus penicillatus*-Typ und *T. mendax*-Typ verdrängt. Auch *T. pallidi*-

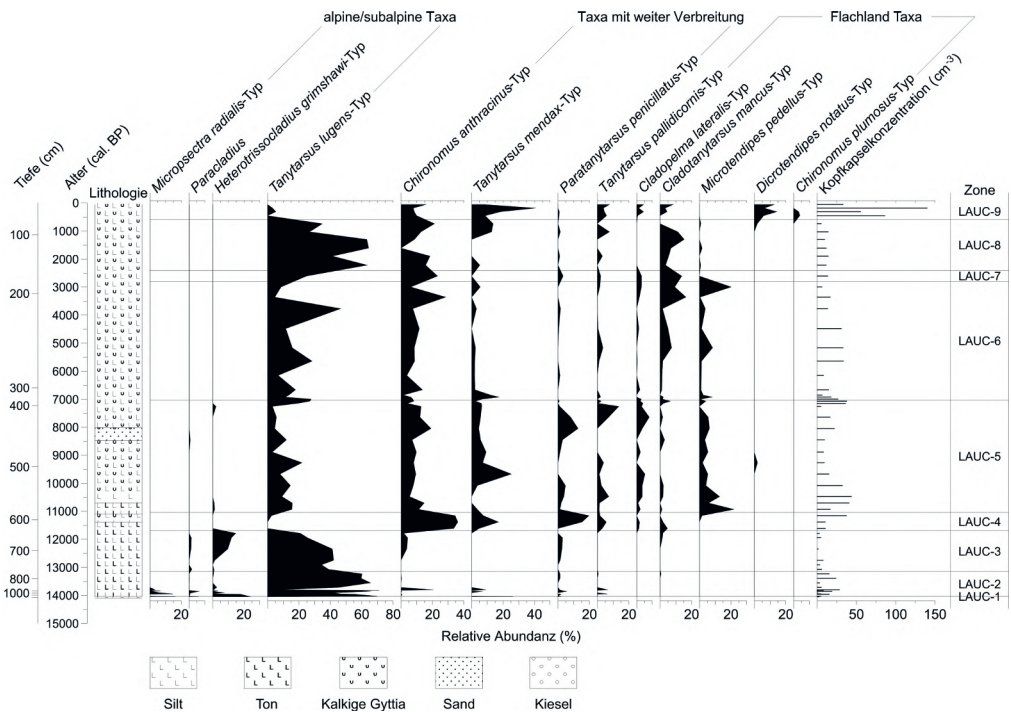


Abbildung 3: Abundanz ausgewählter Chironomidentaxa in den Sedimenten des Lauenensees (als Prozente der totalen Kopfkapselzahl). Zonengrenzen sind mit horizontalen Linien dargestellt.

cornis-Typ, *Cladotanytarsus mancus*-Typ und *Cladopelma lateralis*-Typ treten nun auf. In LAUC-5 (582–358 cm, ~11 000–7000 kal. Jahre vor heute) etablieren sich neue Taxa, wie z.B. *Microtendipes pedellus*-Typ und *Polypedilum nubeculosum*-Typ. Die Häufigkeit von *T. lugens*-Typ steigt in LAUC-5 und 6 leicht an, in den Zonen LAUC-7 und 8 (182–70 cm, ~2 800–600 kal. Jahre vor heute) ist dieser Morphotyp jedoch wieder als dominantes Taxon zu finden. Zugleich verschwindet *C. lateralis*-Typ und die Häufigkeit von *M. pedellus*-Typ nimmt stark ab. LAUC-9 (70–14 cm, ~600–52 kal. Jahre vor heute) ist charakterisiert durch das Auftreten von *Dicretendipes notatus*-Typ und *Chironomus plumosus*-Typ und dem fast vollständigen Verschwinden von *T. lugens*-Typ.

In LAUC-1 und 2 zeigen die rekonstruierten mittleren Julitemperaturen starke Schwankungen zwischen 8,7–12,0 °C (Abb. 4 b). Von 798 cm (13 400 kal. Jahre vor heute) an sind die Temperaturen stabiler um 10,2–10,7 °C. In LAUC-4 steigen die rekonstruierten Werte stark an und erreichen Höchstwerte um 14 °C. In LAUC-5 und 6 schwanken die Werte zwischen 12,0–14,5 °C und sinken dann in LAUC-7 und 8 auf einen Durchschnittswert von 11,6 °C ab. Die Temperaturen schwanken jedoch stark und steigen dann in LAUC-9 noch einmal an zu Werten im Bereich von 14,0–14,5 °C.

Diskussion

Ökologische Interpretation

Die Sedimentschichten, die auf ein Alter von 14 000–13 100 kal. Jahre vor heute datiert wurden, sind von Taxa dominiert, die in den Schweizer Alpen bevorzugt über einer Höhe von 1500 m ü.M. vorkommen, wie z.B. *T. lugens*-, *M. radialis*- und *H. grimshawi*-Typ (Heiri et al. 2011). Dies weist auf tiefe Temperaturen (Heiri et al. 2011) und oligotrophe (nährstoffarme) Bedingungen hin (Brooks et al. 2007). Der See könnte zu dieser Zeit unter dem Einfluss von Schmelzwasser aus den Gletschern in höheren Lagen gestanden haben, worauf auch die hohe Sedimentationsrate hindeutet. Dies würde zu tieferen Wassertemperaturen und somit zur Abwesenheit von Arten mit wärmeren Temperaturpräferenzen führen. Taxa mit einer Verbreitung in wärmeren Seen erscheinen nur sporadisch in dieser Periode (z.B. *C. anthracinus*-, *T. mendax*- und *T. pallidicornis*-Typ; Heiri et al. 2011).

In der darauffolgenden Periode (13 100–11 700 kal. Jahre vor heute), die mit der Jüngeren Dryas-Kältephase übereinstimmt, sind wiederum fast ausschliesslich Taxa zu finden, die typischerweise in alpinen Seen vorkommen, wie z.B. *H. grimshawi*-Typ, *Paracladius* und *T. lugens*-Typ (Heiri et al. 2011). Zudem sind Taxa, welche im Kalibrationsdatensatz in Tieflandseen zu finden sind, fast vollständig abwesend.

Der Beginn des Holozäns wird durch einen drastischen Wechsel in der Chironomidengesellschaft angezeigt. Alpine Taxa werden ersetzt durch Taxa, die heute bevorzugt in der subalpinen Zone und im Tiefland vorkommen (Heiri et al. 2011),

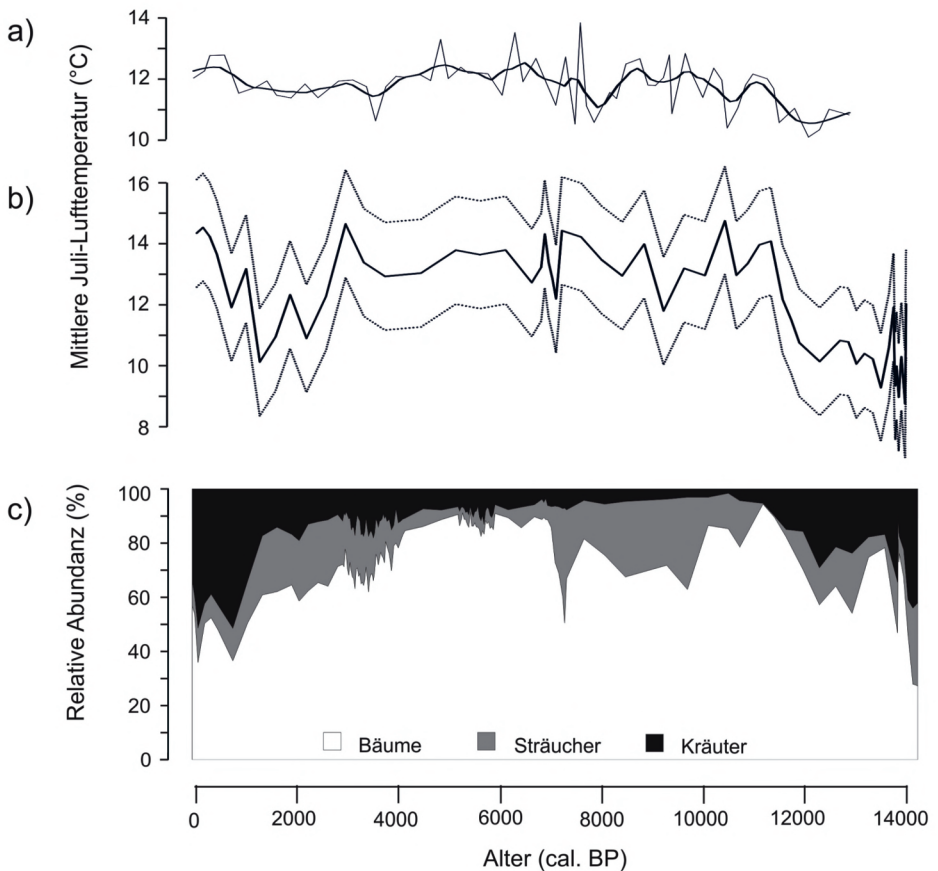


Abbildung 4: a) Mittlere Juli-Lufttemperaturen, rekonstruiert anhand von fossilen Chironomiden in den Sedimenten des Hinterburgsees (1515 m ü.M.; Heiri et al. 2003) im Vergleich mit b) der Chironomiden-basierten Temperaturrekonstruktion am Lauenensee und c) den Pollenprozenten von Bäumen, Sträuchern und Kräutern im Sediment des Lauenensees (Rey et al. 2013). Die graue Linie in a) repräsentiert ungeglättete, die schwarze geglättete Werte (Heiri et al. 2003). Die gepunkteten Linien in b) zeigen den Vorhersagefehler der Temperaturrekonstruktion (estimated Standard Error of Prediction, eSEP) an.

was auf einen starken Temperaturanstieg hinweist. Taxa wie *C. anthracinus*, *P. penicillatus*- und *T. mendax*-Typ bevorzugen warme und nährstoffreiche Bedingungen (Brundin 1956). Ihre Dominanz deutet eine höhere Produktivität von organischem Material im See und dem Einzugsgebiet an.

Veränderungen in der Zusammensetzung von Pollen- und Pflanzenmakrorestgesellschaften in den Sedimenten des Lauenensees deuten auf einen Anstieg an menschlichem Einfluss im Einzugsgebiet ab 4300 kal. Jahren vor heute (Rey et al. 2013). Die verstärkte Erosion durch die Rodung des Waldes sowie der erhöhte

Eintrag von Dung durch das Weiden von Vieh im Einzugsgebiet könnten zu einer starken Zunahme an Nährstoffen im Lauenensee geführt haben. Zudem führte die Akkumulation von Sediment im Seebecken zu einer kontinuierlichen Abnahme der Wassertiefe (Guthruf-Seiler et al. 1999). Es ist zu vermuten, dass diese Faktoren besonders während den letzten 2600 Jahren einen starken Einfluss auf die Chironomidengesellschaft ausgeübt haben.

Temperaturrekonstruktion

Während des Allerøds (~14 000–12 700 kal. Jahre vor heute) wurden am Lauenensee mittlere Julitemperaturen zwischen 8,7 und 12,0 °C rekonstruiert. Diese Temperaturen liegen leicht unter den Werten, welche in anderen Chironomiden-basierten Temperaturrekonstruktionen der Zentral- und Südalpen rekonstruiert wurden (e.g. Samartin et al. 2012). Die Makrorestanalyse am Lauenensee weist darauf hin, dass die Vegetation um den Lauenensee während des Interstadials aus offener Strauchlandschaft bestand (Rey et al. 2013). Wälder können sich an der alpinen Waldgrenze erst ab Juli-Lufttemperaturen um 10 °C etablieren (Lang 1994), was darauf hindeutet, dass die Temperaturen am Lauenensee kühler waren als in den Süd- und Zentralalpen. Andererseits könnte der Lauenensee zu dieser Zeit auch unter dem Einfluss von Schmelzwasser aus höher gelegenen Gletschern gestanden haben. Die dadurch verursachten tieferen Wassertemperaturen könnten die Chironomidengesellschaften beeinflusst und so zu einer Unterschätzung der Lufttemperatur geführt haben.

Während der Jüngeren Dryas (~12 700–11 700 kal. Jahre vor heute) liegen die rekonstruierten Temperaturen am Lauenensee zwischen 10,2 und 10,7 °C. Wenn man den Vorhersagefehler von ~1,55–1,78 °C berücksichtigt, so liegen diese Temperaturen im Bereich anderer Chironomiden-basierter Temperaturrekonstruktionen. Am Hinterburgsee, der ebenfalls im Berner Oberland auf 1515 m ü.M. liegt, wurden beispielsweise Temperaturen von ~10,4–10,9 °C für diese Periode rekonstruiert (Abb. 4 a), Heiri et al. 2003). Korrigiert man diese Temperaturen mit einem Temperaturgradienten von 6 °C km⁻¹ (Livingstone et al. 1999) auf die Höhe des Lauenensees, so würden die Temperaturen ~11,2–11,7 °C betragen.

Ein starker Temperaturanstieg um ~3,0 °C markiert den Beginn des Holozäns. Die rekonstruierten Temperaturen um 12,0–14,5 °C während des Früh- und Mittelholozäns stimmen gut mit den rekonstruierten Temperaturen am Hinterburgsee überein (11,9–12,8 °C; Heiri et al. 2003). Um 11 500 kal. Jahre vor heute weisen Makrorestanalysen der Seesedimente auf erste Bäume im Einzugsgebiet des Lauenensees hin (Rey et al. 2013). Dies deutet auf mittlere Julitemperaturen über 10 °C (Lang 1994), was gut mit den Temperaturen übereinstimmt, welche anhand der Chironomidendaten rekonstruiert worden sind.

Ab ca. 4300 kal. Jahre vor heute weist die Vegetationsrekonstruktion auf einen zunehmenden menschlichen Einfluss im Einzugsgebiet des Lauenensees hin (Rey et al. 2013). Es ist deshalb anzunehmen, dass die Chironomidengesellschaften ab diesem Zeitpunkt nicht mehr primär die Temperaturschwankungen widerspiegeln, sondern stark durch Änderungen im Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt beeinflusst wurden. Temperaturen, welche anhand der Chironomiden in den Lauenenseesedimenten für das Spätholozän rekonstruiert worden sind, sollten daher nur mit Vorsicht interpretiert werden.

Schlussfolgerung

Diese Studie präsentiert ein neues Chironomidenprofil und eine Chironomidenbasierte Temperaturrekonstruktion aus dem westlichen Berner Oberland, welche Aussagen über Veränderungen in der Umwelt- und Klimageschichte der letzten 14 000 Jahre zulassen. Sowohl die starken Temperaturschwankungen des Spätglazials wie auch die stabileren Klimaverhältnisse des Holozäns konnten in Übereinstimmung mit anderen paläoklimatischen Rekonstruktionen bestätigt werden. Auch eine Rekonstruktion der Baumgrenze durch Pflanzenmakrofossilien, welche für dieselbe Lokalität erarbeitet wurde (Rey et al. 2013), unterstützt die am Lauenensee rekonstruierten Temperaturverläufe. Ab 4300 kal. Jahre vor heute ist aufgrund der Pollenanalyse und der Veränderungen in den Chironomidengesellschaften ein starker menschlicher Einfluss zu vermuten, welcher die Qualität der Temperaturrekonstruktion möglicherweise beeinträchtigt hat.

Literatur

- BROOKS S, LANGDON PG, HEIRI O (2007) The identification and use of palaeoarctic chironomidae larvae in palaeoecology. QRA Technical Guide No. 10. Quaternary Research Association, London.
- BRUNDIN L (1956) Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhalbkugel. Zugleich eine Theorie der produktionsbiologischen Bedeutung der glazialen Erosion. Rep. Inst. Freshwat. Res. 37: 186–235.
- GUTHRUF-SEILER J, GUTHRUF-SEILER K, ZEH M (1999) Kleinseen im Kanton Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Bern.
- HEIRI O, LOTTER A (2003) 9000 years of chironomid assemblage dynamics in an Alpine lake: long-term trends, sensitivity to disturbance, and resilience of the fauna. J. Paleolimnol. 30: 273–289.
- HEIRI O, LOTTER A, HAUSMANN S, KIENAST F (2003) A chironomid-based Holocene summer air temperature reconstruction from the Swiss Alps. Holocene 13: 477–484.
- HEIRI O, BROOKS SJ, BIRKS HJB, LOTTER A (2011) A 274-lake calibration data-set and inference model for chironomid-based summer air temperature reconstruction in Europe. Quat. Sci. Rev. 30: 3445–3456.
- ILYASHUK EA, KOINIG KA, HEIRI O, ILYASHUK BP, PSENNER R (2011) Holocene temperature variations at a high-altitude site in the Eastern Alps: a chironomid record from Schwarzsee ob Sölden, Austria. Quat. Sci. Rev. 30: 176–191.

- LANG G (1994) Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse. Fischer, Jena
- LAROQUE-TOBLER I, HEIRI O, WEHRLI M (2010) Late Glacial and Holocene temperature changes at Egelsee, Switzerland, reconstructed using subfossil chironomids. *J. Paleolimnol.* 43: 649–666.
- LIVINGSTONE D, LOTTER A, WALKER IR (1999) The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpine lakes: A comparison with air temperature lapse rates. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 31: 341–352.
- MILLET L, ARNAUD F, HEIRI O, MAGNY M, VERNEAUX V, DESMET M (2009) Late-Holocene summer temperature reconstruction from chironomid assemblages of Lake Anterne, northern French Alps. *Holocene* 19: 317–328.
- REY F, SCHWÖRER C, GOBET E, COLOMBAROLI D, VAN LEEUWEN J.F.N., TINNER W et al. (2013) Die Vegetationsgeschichte am Lauenensee der letzten 14 000 Jahre. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern, Neue Folge Band 70*, Seiten 95–105.
- SAMARTIN S, HEIRI O, VESCOVI E, BROOKS SJ, TINNER W (2012) Lateglacial and early Holocene summer temperatures in the southern Swiss Alps reconstructed using fossil chironomids. *J. Quat. Sci.* 27: 279–289.
- TER BRAAK C, JUGGINS S (1993) Weighted averaging partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages. *Hydrobiologia* 269: 485–502.
- VELLE G, BRODERSEN KP, BIRKS HJB, WILLASSEN E (2010) Midges as quantitative temperature indicator species: Lessons for palaeoecology. *Holocene* 20: 989–1002.
- WALKER IR (1987) Chironomidae (Diptera) in paleolimnology. *Quat. Sci. Rev.* 6: 29–40.
- WIEDERHOLM T (1983) Chironomidae of the Holarctic region: Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. *Ent. scand. Suppl.* 19: 1–457.

FABIAN WIGGER¹ UND STEFANIE VON FUMETTI¹

Quellen und ihren Lebensgemeinschaften in den Berner Alpen

1. Einleitung

Alpine Quellen sind Ökotope postglazialen Ursprunges, d.h. Übergangshabitate an der Schnittstelle zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser (CANTONATI ET AL. 2006, GERECKE & FRANZ 2006). In der Schweiz wurden erstmals durch NADIG (1942) alpine Quellen im Schweizerischen Nationalpark untersucht. Weitere Untersuchungen alpiner Quellen wurden im Nationalpark Berchtesgaden (GERECKE & FRANZ 2006), in den Julischen Alpen in Slowenien (MORI & BRANCELJ 2006) und im Nationalpark Gesäuse in Österreich (GERECKE ET AL. 2012) durchgeführt. Eine allgemeine Publikation zu alpinen Quellen liegt von CANTONATI ET AL. (2006) vor. Verglichen mit Untersuchungen von Gletschervorfeldern oder Bergbächen (z.B. FÜREDER 2001) sind Quellen in den Alpen, insbesondere in der Schweiz, relativ schlecht untersuchte Biotope.

Alpine Quellen stehen seit jeher unter einem starken Nutzungsdruck. Viele Quellen wurden gefasst, um Alphütten oder Viehtränken mit Wasser zu versorgen oder schlicht, um vernässte Wiesen trockenzulegen. Natürliche, unbeeinflusste Quellen sind auch im Alpenraum kaum mehr vorhanden (ZOLLHÖFER 1997).

Aufgrund ihrer Temperaturstabilität sind Quellen besonders geeignete Indikatoren, um die Auswirkungen des Klimawandels zu untersuchen (GERECKE & FRANZ 2006). Durch ihre kleinräumige Struktur und isolierte Lage sowie durch die hohe Anfälligkeit auf Störungen jeglicher Art sind Quellen wertvolle Biotope und bedürfen deshalb eines besonderen Schutzes. Jedoch sind naturnahe Quellen in der Schweiz nach geltendem Recht in keiner Weise geschützt (ZOLLHÖFER 1997).

In der vorliegenden Arbeit wurde eine allgemeine Feldaufnahme alpiner Quellen im Berner Oberland hinsichtlich der Quellfauna und Quellmorphologie durchgeführt. Dabei wurde versucht, die Quellen hinsichtlich der Störungsintensität und der Störungsfrequenz durch den Menschen und das Vieh zu analysieren. Zudem wurde die Rolle der Schüttung und deren Stabilität bezüglich deren Beeinflussung der Quellfauna untersucht. Als Untersuchungsobjekt wurde eine extensiv genutzte Hochebene westlich des Giessbachtals ausgewählt.

¹ Departement Umweltwissenschaften der Universität Basel, Forschungsgruppe Biogeographie, St. Johannis-Vorstadt 10, CH-4056 Basel; Korrespondenz: f.wigger@unibas.ch, stefanie.vonfumetti@unibas.ch

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt südlich des Brienersees und nördlich der Faulhorngruppe im Berner Oberland auf dem Gemeindegebiet von Iseltwald. Abgegrenzt wird das Untersuchungsgebiet durch die Fangisalp, Schöneegg, Blättenalpburg, Litschgiburg und Harzisboden (Abb. 1). Die untersuchte Fläche hat eine relativ hohe Quelldichte und liegt auf einer Hochebene auf 1850–2100 m ü.M. Insgesamt wurden 13 unterschiedliche Quellen für die Untersuchung ausgeschieden.

Das Untersuchungsgebiet liegt in der tektonischen Einheit der Helvetischen Decken, welche den nördlichen Rand der Alpen bilden. Das Untersuchungsgebiet liegt in der Axendecke, einer Untereinheit der Helvetischen Decken. Die aufgeschlossenen Schichtfolgen im Gebiet stammen einerseits aus der Kreide, und werden durch den Valangienkalk (heute Betlis-Kalk) und den Valangienmergel (heute Vitznau-Mergel) repräsentiert (SEEBER 1911), und andererseits aus dem Jura. Die deutlich härteren und verwitterungsbeständigeren Schichten des Valangienkalkes bilden die markante Wandflue (Abb. 2). Die weicheren Valangienmergel sind deutlich zurückgewittert und umschliessen die Wandflue. Bedingt durch den hohen Tonanteil sind diese Schichten grundwasserstauend. Aus diesem Grund

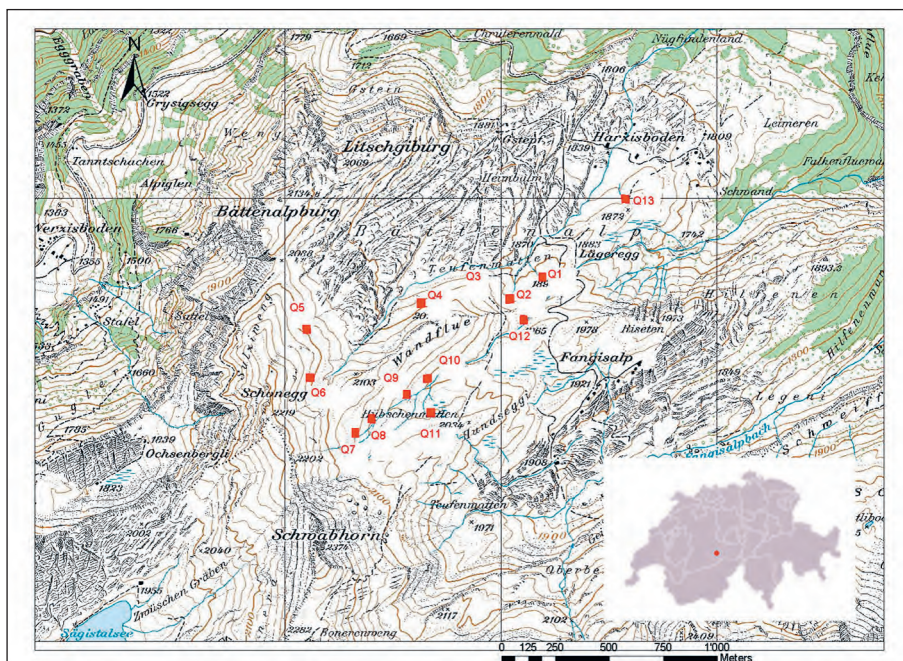


Abbildung 1: Topographische Karte des Untersuchungsgebietes mit den untersuchten Quellen im Massstab 1:25000 (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA13023).



Abbildung 2: Die Valangienkalke der Wandflue, die Schichtgrenze befindet sich in der Bildmitte unter der Felswand.

sind die meisten Quellen auch an der Schichtgrenze zwischen den Kalken und dem Mergel zu finden und können als Schichtquellen bezeichnet werden.

Das harsche Klima des Untersuchungsgebietes bestimmt im Wesentlichen die kurze Vegetationsperiode. Die Schneebedeckung hält im Mittel sechs Monate lang an. Die Jahresmitteltemperatur beträgt $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei einer jährlichen mittleren Niederschlagssumme von 2100 mm, wobei der Grossteil des Niederschlages im Winterhalbjahr als Schnee anfällt. Eine Begehung des Untersuchungsgebietes im Winter hat gezeigt, dass die untersuchten Quellen vollständig durch Schnee bedeckt waren (Abb. 6). Die komplett schneefreie Zeit dauert daher nur rund drei Monate. Das jährliche Niederschlagsminimum im Spätsommer führt zu einem Schüttungsminimum oder gar Trockenfallen von Quellen (intermittierende Quellen). Dies konnte in der Voruntersuchung sowie auch in der Untersuchungsperiode beobachtet werden.

3. Material und Methoden

Die Quell- und Umfeldkartierung wurde mit dem Bayerischen Quellerfassungsbogen (BAYQEB 2004) durchgeführt. Der Kartierbogen erfasst die verschiedenen Substrattypen, die Quellschüttung sowie die chemischen und physikalischen Faktoren. Die abiotischen (Steine, Kies, Sand, Ton) und biotischen Substrate (v.a. Moose und feines partikuläres organisches Material) wurden visuell durch prozen-

tuales Abschätzen des Vorkommens aufgenommen. Die Feldparameter, wie zum Beispiel die elektrische Leitfähigkeit und der Sauerstoffgehalt, wurden mit mobilen Messgeräten (WTW, Weilheim, Deutschland) gemessen. Diese Felddaten wurden jeweils unmittelbar nach der faunistischen Probenahme im Frühjahr und im Herbst 2009 erhoben. Zusätzlich wurde im Frühjahr 2009 von jeder Quelle eine Wasserprobe entnommen, um die Nährstoffverhältnisse der Quellen zu untersuchen. Diese wurden durch das Analytische Zentrallabor für Umwelt- und Geochemie (AZUG) des Departements Umweltwissenschaften der Universität Basel analysiert.

Die Schüttung wurde mit Hilfe eines Plastiksackes und eines Messzylinders ermittelt. Dabei wurde das Wasser mit dem Plastiksack über fünf Sekunden abgeschöpft und die Menge anschliessend mit dem Messzylinder abgemessen (ZOLLHÖFER 1997, FUMETTI VON & NAGEL 2012).

Die faunistischen Probennahmen fanden im Frühjahr und im Herbst 2009 statt. Im Herbst 2008 wurde eine Voruntersuchung durchgeführt, um geeignete Quellen zu eruieren. Für die quantitative Beprobung wurde ein Surber-Sampler mit einer Grundfläche von 10x10 cm und einer Maschenweite von 500 µm eingesetzt. Es wurden in jeder Quelle jeweils vier Proben im Frühjahr und Herbst genommen, um die verschiedenen Substrattypen der Quellen berücksichtigen zu können. Zusätzlich wurde eine qualitative Probennahme im Herbst 2009 durchgeführt. Sowohl die qualitative als auch die quantitativen Beprobungen wurden vom unteren Quellbereich zum Quellmund hin durchgeführt, um Trübungen durch aufgewirbeltes Substrat zu vermeiden. Als Definition des Quellbereiches wurde die Klassifikation nach FUMETTI VON ET AL. (2007) verwendet. Als Quelle werden dabei nur die ersten fünf Meter nach dem Quellaustritt bezeichnet.

Die Abschätzung der Störungsintensität einer Quelle wurde indirekt über die Aufnahme der Störungsintensität des Quellumfeldes erhoben. Dabei wird vorausgesetzt, dass das Quellumfeld und die Quelle derselben Störung durch das Vieh oder den Menschen ausgesetzt sind. Quellen mit geringer Störung werden bei dieser Untersuchung meist von mesophilen subalpinen Zwergstrauchheiden begleitet. Steigt die Störungsintensität, wird das Quellumfeld von mit Viehgangeln dominierten alpinen Magerrasen durchzogen. Eine hohe Störungsintensität zeigt sich durch das Auftreten von Fettwiesen oder vegetationslosen Böden (DELARZE & GONSETH 2008).

Die statistische Auswertung wurde mit Primer V 6.1.6 (CLARKE & GORLEY 2006) und Statistica (STATSOFT 2008) gerechnet. Als Datengrundlage wurden die Artenlisten der beiden quantitativen Feldaufnahmen und der qualitativen Beprobung summiert und mit presence/absence kodiert. Dies hat den Vorteil, dass die kombinierte Taxaliste aus den beiden quantitativen und der qualitativen Taxalisten auf drei Beprobungen fundiert und die Wahrscheinlichkeit zunimmt, die tatsächliche Artenzusammensetzung der einzelnen Quellen zu repräsentieren.

Die abiotischen, beziehungsweise nicht faunistischen Daten wurden in drei Intensitätsstufen klassifiziert. Dabei gilt 1 als schwache und 3 als starke Ausprägung des jeweiligen Merkmales.

4. Ergebnisse

Die Analyse der morphologischen Ausprägung ermöglicht eine Quelltypologie nach STEIMANN (1915) und THIENEMANN (1924). Quellen mit einem hohen Anteil an organischer Substanz im Substrat, geringer Neigung und flächiger Ausprägung können als Helokrene bezeichnet werden. Gute Beispiele dieses Quelltyps sind die Quellen 1 und 10 (Abb.5). Eine eher von Steinen dominierte Quelle mit länglicher Ausprägung und starker Neigung wird als Rheokrene beschrieben. Quelle 4 und 10 sind typische Rheokrenen. Es lassen sich aber längst nicht alle Quellen mit dieser Quelltypisierung ausreichend charakterisieren. Bei den untersuchten Quellen handelt es sich vielmehr um Übergangsformen einzelner Quelltypen.

Die mittlere Wassertemperatur betrug im Frühling 4,4 °C und im Herbst 5,8 °C. Der Temperaturunterschied der zwei Beprobungen betrug also 1,6 °C. Die grösste saisonale Temperaturamplitude wurde in der Quelle 11 mit 5,6 °C gemessen.

Die Schüttung der untersuchten Quellen reichte von 0,25 l/sec bis 4 l/sec. Im Frühjahr war die Schüttung bei allen Quellen höher als im Herbst. Drei Quellen (Q7, Q8, Q9) sind im Herbst 2009 gänzlich ausgetrocknet.

Der pH erreichte im Frühjahr Werte von 7,5 bis 8,4 und im Herbst von 5,7 bis 7,6, er war im Herbst wesentlich tiefer als im Frühjahr. Die Leitfähigkeit wies im Frühjahr und im Herbst erhebliche Schwankungen auf (Frühjahr: 199–1992 µS/cm; Herbst: 298–1960 µS/cm).

Der Sauerstoffgehalt betrug im Frühjahr im Mittel 9 mg/l (89,62%). Der höchste Wert wurde in der Quelle 4 mit 13,4 mg/l (127%), der niedrigste Wert in der Quelle 12 mit 5,8 mg/l (55%) gemessen (Tab. 1).

Insgesamt konnten 43 Taxa nachgewiesen werden (Tab. 2). Bei der quantitativen Beprobung wurden 22 Taxa im Frühjahr und 18 Taxa im Herbst gezählt. Die qualitative Untersuchung ergab 26 verschiedene Taxa. Im Folgenden werden die wichtigsten Taxa näher beschrieben.

Turbellaria (Strudelwürmer): *Crenobia alpina* wurde in allen untersuchten Quellen in hohen Abundanz nachgewiesen. Diese Art ist quelltypisch und zeigt eine alpine Verbreitung.

Im Gegensatz dazu war *Dendrocoelum hercynicum* nur in der Quelfassung der Quelle 10 zu finden. Diese Art ist an dunkle, kalte Lebensräume wie Brunenschächte angepasst. Beide Arten ernähren sich wie alle Strudelwürmer räuberisch.

Acari (Wassermilben): Mit acht Arten sind die Süßwassermilben recht zahlreich vertreten. *Lebertia maculosa*, *Sperchon mutilus* und *Sperchon squamosus* sind krenobionte Arten, haben also ihren Verbreitungsschwerpunkt in Quellen (SAMBUGAR ET AL. 2006). Das Vorkommen von Süßwassermilben ist ein Indikator für stetig schüttende Quellen (GERECKE & FRANZ 2006).

		Laborwerte					Frühling					Herbst								
		DOC mg/l	NH ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	Wassertemperatur (°C)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Sauerstoffsättigungsindex (%)	Schüttung (l/sec)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Sauerstoffsättigungsindex (%)	Schüttung (l/sec)			
Quelle	Höhe ü.A.	Q1	1906	0.467	0	0.229	0.673	3.444	3.4	7.94	285	6.5	62	1	5.3	5.74	298	1.75	18	0.25
		Q2	1921	0.464	0	0.315	0.196	4.5	3	7.92	199	8.8	85	1	4.7	7.57	1960	3.11	31	0.25
		Q3	1972	0.815	0.07	0.559	0.453	6.163	7	7.93	816	10.6	115	1	6.2	5.82	325	2.51	26.4	0.25
		Q4	1970	–	–	–	–	–	2.7	8.3	1314	13.4	127	0.5	5.7	6.76	301	3.1	32.1	0.5
		Q5	2044	0.403	0.059	0.371	0.142	5.353	3	8.04	1451	13	123	2	7.5	6.01	314	2.53	27	0.5
		Q6	2100	0.456	0	0.16	0.115	4.941	4.9	7.55	285	7.2	72	0.5	6.2	6.72	340	3.5	37	0.25
		Q7	2055	0.375	0.058	0.237	0.623	4.875	3.5	7.77	273	8	79	4	–	–	–	–	–	–
		Q8	2051	0.441	0.032	0.418	0.16	3.146	3.5	7.6	335	7.2	70	1	–	–	–	–	–	–
		Q9	2019	0.471	0.015	0.407	0.695	3.733	4	7.52	285	6.8	67	1	–	–	–	–	–	–
		Q10	2007	0.679	0.03	5.678	0.511	9.323	3.8	7.54	1992	10.5	104	2	4.4	7.27	397	3	29.7	1
		Q11	2011	0.465	0.032	0.206	0.58	8.538	11.7	8.37	204	10.2	119	3	6.1	7.48	397	3.46	36.9	0.5
		Q12	1912	0.662	0.015	0.18	0.469	6.931	3.1	7.45	381	5.8	55	1	4.5	7.57	455	4	41	0.5
		Q13	1820	1.27	0.059	<0.1	0.534	3.473	4	8.15	267	9.5	87	0.5	7.4	7.31	354	1.94	20.7	0.5

Tabelle 1: Physikochemische Analyse im Frühjahr und Herbst mit den gemessenen Laborwerten.



Abbildung 3: Eine Ansammlung von Köcherfliegen in Strömungsrichtung ausgerichtet.

Coleoptera (Wasserkäfer): Es wurden fünf verschiedene Wasserkäferarten nachgewiesen. *Agabus biguttatus* und *Helophorus* spp. waren dabei relativ häufig und wurden in gut der Hälfte der Quellen aufgefunden. Ein einziges Exemplar eines *Agabus bipustulatus* und eines *Hydroporus nigrita* wurde in der Quelle 1 nachgewiesen. Bei allen Arten handelt es sich um typische Räuber in Quellen.

Plecoptera (Steinfliegen): Insgesamt konnten vier Taxa bestimmt werden: Perlodidae, *Nemurella pictetii*, *Nemoura mortoni* und *Leuctra* spp. Bis auf die Quelle 7 konnte in jeder Quelle mindestens eine Art nachgewiesen werden. Mit Ausnahme der Perlodidae sind alle nachgewiesenen Steinfliegen krenophil. *Neumoura mortoni* ist besonders in höheren Lagen zu finden und weist eine alpine Verbreitung auf (GERECKE & FRANZ 2006).

Trichoptera (Köcherfliegen): Es konnten vier verschiedene Arten nachgewiesen werden. Es handelt sich um *Pseudopsilopteryx zimmeri*, *Limnephilus coenosus*, *Brachycentrus montanus* und *Limnephilus hirsutus*. *Pseudopsilopteryx zimmeri* und *Limnephilus hirsutus* sind quelltypische Taxa, wobei *P. zimmeri* zudem eine alpine Verbreitung aufweist (Abb. 3).

Taxa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
Turbellaria (Strudelwürmer)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dendrocoelum hercynicum</i> (Flossner, 1959)										1			
Molluska (Mollusken)	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1
<i>Radix</i> spp. Montfort, 1810													
<i>Valvata piscinalis alpestris</i> (Kuester, 1853)			1		1					1			
<i>Pisidium</i> spp. C. Pfeiffer, 1821	1	1	1							1	1	1	1
Oligochaeta (Wenigborster)	1	1	1			1		1		1			
Acar (Wassermilben)													
<i>Hydrovolzia placophora</i> (Monti, 1905)										1			
<i>Hygrobates norvegicus</i> (Thor, 1897)		1								1			
<i>Lebertia elsteri</i> Schwoerbel, 1957													1
<i>Lebertia maculosa</i> Koenike, 1902												1	
<i>Lebertia schechteli</i> Thor, 1913										1		1	
<i>Sperchon mutilus</i> Koenike, 1895			1	1						1			
<i>Sperchon squamosus</i> Kramer, 1879		1				1							1
<i>Sperchon</i> (s.str.) sp. Kramer, 1877											1		
Crustacea (Krebstiere)	1	1	1	1	1					1	1	1	1
Ostracoda													
Copepoda										1			
<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	1												
<i>Niphargus</i> spp. Schioedte, 1849								1	1	1			
<i>Asellus aquaticus</i> Racovitza, 1919		1	1	1						1			
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)													
<i>Ecdyonurus</i> spp. Eaton, 1868				1		1				1			
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)		1		1	1	1				1	1		1

Diptera (Zweiflügler): Die Bestimmung der Larven konnte jeweils nur auf Familienniveau vorgenommen werden. Die Dipteren sind mit elf Taxa die Grossgruppe mit den meisten nachgewiesenen Familien der Untersuchung. Eine hohe Individuendichte und eine hohe Artenzahl sind typisch für Quellen (ZOLLHÖFER 1997).

Zu Beginn der Analyse wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Dabei sollen die abiotischen Faktoren, welche einen grossen Einfluss auf die Fauna haben könnten, herausgefiltert werden. Die beiden Faktoren Substratdiversität und organisches Substrat werden dabei in erster Linie als dominierend ausgeschieden. Ausserdem sind der Isolationsgrad und der Viehtritt sowie die anthropogene Störung zu erwähnen.

Ein anschliessende Rangkorrelationsanalyse (BioENV) zeigte, dass die Schüttungsstabilität, der Viehtritt und die anthropogene Störung, die Schüttung sowie der Sauerstoffgehalt einen starken Einfluss auf die Zusammensetzung der Fauna haben ($\sigma=0,621$ und $p=0,01$). Anschliessend wurde eine nMDS (nichtmetrische Multidimensionale Skalierung) mit der Taxaliste als Datengrundlage durchgeführt und getestet, welche der als wichtig eruierten abiotischen Faktoren aus der PCA und der BioENV eine Gruppierung der Quellen erklären.

Der Faktor Schüttungsstabilität zeigt, dass die stark schüttenden, perennierenden Quellen 1, 2, 10, 11 und 13 untereinander eine hohe Ähnlichkeit aufweisen (Abb. 4). Die intermittierenden und im Herbst trockengefallenen Quellen zeigen unter sich den stärksten Unterschied. Die dazugehörige Ähnlichkeitsanalyse (ANOSIM) zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Quellgruppen mit unterschiedlicher Schüttungsstabilität ($R=0,53$; $p=0,002$) (Abb. 4).

Zudem haben die Viehtrittintensität ($R=0,59$), die Störung durch Mensch und Vieh ($R=0,30$), der Anteil an organischem Substrat ($R=0,62$) und die Substratdiversität ($R=0,50$) einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Quellfauna ($p=0,001$).

Eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Fischers LSD-Test mit der Taxaliste und dem Faktor Viehtrittintensität ergab einen signifikanten Unterschied von $p=0,0112$ ($F=7,2705$; $df=2$).

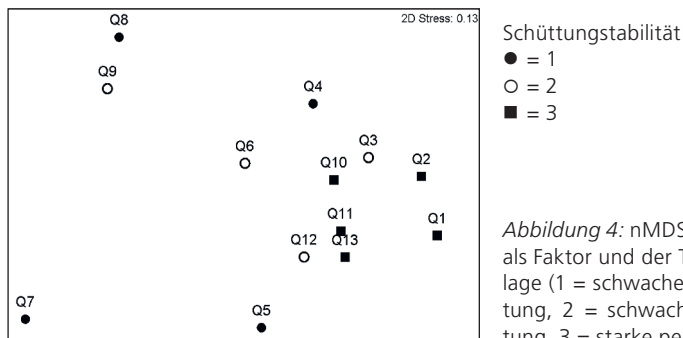


Abbildung 4: nMDS mit Schüttungsstabilität als Faktor und der Taxaliste als Datengrundlage (1 = schwache, intermittierende Schüttung, 2 = schwache perennierende Schüttung, 3 = starke perennierende Schüttung).

5. Diskussion

Die Quellen im Berner Oberland sind starken saisonalen Abflussschwankungen unterworfen und unterliegen einem nivalen Abflussregime. Dabei spielt die Schneeschmelze im Frühsommer eine zentrale Rolle. Die Schüttung erreicht dann ihr jährliches Maximum. Das jährliche Niederschlagsminimum hingegen ist im Spätsommer oder im Herbst. Im Herbst kann es daher zu einer Austrocknung von einzelnen Quellen kommen. Im Jahresgang sind Schwankungen der Schüttung um den Faktor 5 bis 30 möglich (ZOLLHÖFER 1999).

In unserer Untersuchung wurde die stärkste Schüttung im Juli, während der Schneeschmelze beobachtet. Der Oberboden war dabei noch teilweise gefroren und es war ein direktes Einfließen des Schmelzwassers in die Quelle zu beobachten (Abb. 5). Aufgrund der meist muldenförmigen Ausprägung der Quellen war ausserdem zu beobachten, dass gerade im Bereich des Quellaustrittes der Schnee am längsten überdauert hat.

Die Schneeschmelze ist starken täglichen Schwankungen unterworfen, was mit den Temperaturschwankungen im Tagesverlauf und der Sonnenscheindauer zusammenhängt. Die Schüttung der Quellen ist im Frühjahr somit sehr variabel und besteht zu einem grossen Teil aus meteorischem Wasser. Eine Quelle weist während der Schneeschmelze somit einen ähnlichen Tagesgang wie ein Gletscherfluss im Gletschervorfeld auf. Dieser Einfluss des kalten Schmelzwassers ist auch ein



Abbildung 5: Helokrene mit Schmelzwasserbeeinflussung.

Hauptgrund für die starken Temperaturschwankungen des Quellwassers. Im Winter sind die Quellen mehr als sechs Monate durch eine geschlossene Schneedecke bedeckt (Abb. 6). Während dieser Zeit bewegen sich die Temperaturen des Quellwassers um den Gefrierpunkt.

Loggermessungen und direktes Beprobieren haben zudem eine minimale Schüttung zu dieser Zeit gemessen. Die Temperaturschwankungen der Quellen variierten im Mittel um 1,5 °C. Einzelne Quellen zeigen aber eine wesentlich höhere Temperaturamplitude. Quellen werden als sehr konstant bezüglich ihrer Wassertemperatur und Schüttung beschrieben (STEINMANN 1915), für alpine Quellen trifft dies aber offensichtlich nur bedingt zu. GRÄSLE & BEIERKUHNLEIN (1999) und FUMETTI VON & NAGEL (2012) dokumentieren grosse Temperaturschwankungen aber auch in Quellen im Frankenwald bzw. im Schweizer Jura. Möglicherweise steigt die Temperaturamplitude der Quellen mit zunehmender Höhe, da die saisonalen und täglichen Lufttemperaturunterschiede und die unterschiedliche Besonnung im Winter und Sommer extremer werden und der Einfluss der Schneeschmelze zunimmt.

Das Minimum der Schüttung, die damit verbundene geringe Fließgeschwindigkeit und das Lufttemperaturmaximum fallen im Spätsommer zusammen. Dies äussert sich in einer erhöhten Wassertemperatur im Herbst. Das Risiko für das Austrocknen der Quellen ist somit sehr hoch. Unsere Untersuchung konnte nachweisen, dass ein starker Zusammenhang zwischen einer stabilen Schüttung und der Biodiversität besteht. Wasserentnahmen im Quellbereich für Viehtränken im



Abbildung 6: Schneehöhenmessung im Winter.

Sommer haben daher einen stark negativen Einfluss auf die Fauna. Quellen mit perennierender Schüttung weisen eine höhere Abundanz und Diversität auf als intermittierende.

Im Frühjahr konnte eine höhere Nährstoffzulieferung im Zusammenhang mit der Schneeschmelze festgestellt werden, was auch bei Quellen in Berchtesgaden beobachtet wurde (GERECKE & FRANZ 2006). Eine Untersuchung im Alptal hat gezeigt, dass im Schnee viele Nährstoffe gebunden werden (WALDNER et al. 2000). Diese können im Frühjahr in die Quelle eingewaschen werden. Alpines Quellwasser ist normalerweise sehr nährstoffarm, somit ist auch eine Saisonalität der Nährstoffverfügung zu verzeichnen.

Die Quellfauna wird neben der Konstanz der Wassertemperatur auch durch den Eintrag von Falllaub beeinflusst (SMITH ET AL. 2003). Die Diversität der Habitatstrukturen und die Substratzusammensetzung beeinflussen die Quellfauna direkt. Je grösser die Diversität von Kleinstlebensräumen, desto grösser ist die Biodiversität. Auch in dieser Untersuchung konnte ein starker Einfluss der Substratdiversität nachgewiesen werden. ILMONEN & PAASIVIRTA (2009) zeigen zudem, dass in Moos dominierten Helokrenen die höchste Taxazahl und Abundanz auftritt. Als Ursache werden die mosaikartige Struktur der Moospolster und deren Schutzwirkung, die vertikale Zonierung und das vielseitige Nahrungsspektrum genannt. Jedoch werden nur gering gestörte Quellen von Moosen dominiert.

Grundsätzlich weisen ungestörte Quellen mit einer stetigen Schüttung und einer vielfältigen Habitatstruktur die grösste Biodiversität auf. Gerade diese Standorte jedoch sind sehr selten geworden. Quellfassungen oder Drainagen zerstören die natürlichen Habitatstrukturen oder setzen die Schüttungsstabilität herab. Die verbliebenen Quellen werden gleichzeitig stärker durch Wildtiere und das Vieh frequentiert. In der Regel werden gefasste, aber nicht mehr verwendete Quellfassungen nicht rückgebaut.

Wissenschaftliche Prognosen für die Schweiz zeigen für die nächsten Jahrzehnte einen Anstieg der Sommertemperaturen und einen gleichzeitigen Rückgang des Niederschlags im Sommer. Dies bedeutet für die Quellen ein erhöhtes Risiko, auszutrocknen (QINQUAI ET AL. 2005). Quellen, welche nicht austrocknen, laufen Gefahr, einer erhöhten Störung durch das Vieh zu unterliegen, da diese möglicherweise häufiger aufgesucht werden. Zudem werden die Winterniederschläge zunehmen, was für alpine Regionen über 1500 m ü.M. zu einer erhöhten Schneemenge führen kann (OCCC-REPORT 2007). Die Schneeschmelzeereignisse im Frühling werden somit intensiver und über einen längeren Zeitraum ablaufen. Die Quellen werden auch dadurch einer erhöhten Störung unterliegen. Die Bedeutung des Quellschutzes wird deshalb umso wichtiger, um negative anthropogene Eingriffe möglichst zu minimieren und die Quellen als wertvolle Biotop nicht zusätzlich zu beeinträchtigen. Renaturierungen von Quellen sowie das Auszäunen von Quellen oder das Freilegen gefasster und ungenutzter Quellen könnten helfen, die Biodiversität dieser kaum bekannten Biotop zu erhalten. Weitere Langzeitstudien im Giessbachtal sollen helfen, Ansätze für den zukünftigen Umgang mit

Quellen zu finden. Die Untersuchung von Quellen auf unterschiedlicher Höhe und des Winteraspekts sind dabei von zentraler Bedeutung.

6. Zusammenfassung

Alpine Quellen sind in der Schweiz noch sehr schlecht untersuchte Biotope. Der Nutzungsdruck durch den Menschen und die Beweidung sowie die Klimaänderung wirken sich negativ auf diese kleinräumigen, isolierten Lebensräume aus. Viele Quellen sind durch den Menschen bereits stark zerstört oder verschwunden. Naturnahe Quellen unterliegen in der Schweiz keinerlei gesetzlichem Schutz. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden im Frühjahr und Herbst 2009 13 Quellen mit unterschiedlichem Nutzungsdruck und somit unterschiedlichem Störungsregime faunistisch und strukturell untersucht. Parallel dazu wurden alle relevanten abiotischen Parameter der Quellen und die Vegetationsstrukturen sowie die geologischen Verhältnisse des Quellumlandes aufgenommen. In den Jahren 2011 und 2012 wurden die Untersuchungen an weiteren Quellen fortgeführt.

Insgesamt konnten bisher 43 Taxa nachgewiesen werden. Die einzelnen Quellen weisen eine sehr heterogene Taxazahl auf. Quellen mit hohem organischem Anteil und stetiger mässiger Schüttung sowie einer hohen Substratdiversität weisen die höchste Biodiversität auf. Die Schüttung und Wassertemperatur alpiner Quellen ist variabler als in Quellen in Mittelgebirgen und wird durch die Schneebedeckung und Schneeschmelze beeinflusst.

Die halbjährliche Schneebedeckung und die damit verbundene fehlende Solarstrahlung, das Wegfallen von organischen Einträgen im Winter, die starke Schüttung durch die Schneeschmelze im Frühling und die sehr geringe Schüttung während der herbstlichen Trockenheit stellen extreme Bedingungen dar, welche auf die Quellfauna einwirken. Aus diesen Gründen unterscheiden sich alpine Quellen bezüglich Temperaturverlauf und Schüttung stark von Quellen im Flachland und in Mittelgebirgen.

Klimaprognosen gehen von einer verstärkten Sommertrockenheit und einem erhöhten Niederschlag im Winter aus. Für die Quellen bedeutet dies ein erhöhtes Austrocknungsrisiko im Herbst und eine verstärkte Beeinflussung durch Schmelzwasser. Beides kann die Biodiversität negativ beeinflussen. Auch eine rückläufige Bewirtschaftung der Alpweiden und eine Verschiebung der Waldgrenze stellen künftige Herausforderungen für die äusserst sensiblen Quellorganismen dar.

Verdankungen

Wir bedanken uns bei Prof. Dr. Peter Nagel für die infrastrukturelle Unterstützung. Dank gebührt ausserdem Dr. Peter Martin und Dr. Reinhard Gerecke für das Bestimmen der Milben. Finanziell wurde das Projekt durch die Wolfermann-Nägeli-

Stiftung, die Freiwillige Akademische Gesellschaft Basel und von Coca-Cola HBC Schweiz unterstützt, wofür wir uns herzlich bedanken.

Literaturverzeichnis

- BAYQEB (2004). Bayrisches Landesamt für Umwelt. Quellkartierungsbogen. München.
- CANTONATI, M., GERECKE, R. & BERTUZZI, E. (2006). Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* 562: 59–96.
- CLARKE, K.R. & GORLEY R.N. (2006). Primer v6. PRIMER-E, Plymouth. URL: <http://www.primer-e.com/>
- DELARZE, R. & GONSETH, Y. (2008). Lebensräume der Schweiz. Bern, Ott Verlag.
- VON FUMETTI, S. & NAGEL, P. & BALTES, B. (2007). Where a springhead becomes a springbrook – a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology* 169/1: 37–48.
- VON FUMETTI, S. & NAGEL, P. (2012). Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science*. 31: 647–656.
- FÜREDER, L. (2001). Physico-chemistry and aquatic insects of a glacier-fed and a spring-fed alpine stream. *Freshwater Biology* 46: 1673–1690.
- GERECKE, R. & FRANZ, H. (2006). Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels. – Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 51, 122–149.
- GERECKE, R., HASEKE, H., KLAUBER, J. & MARINGER, A. (Red.) 2012. Quellen. Schriften des Nationalparks Gesäuse, Band 7, Weng im Gesäuse. 391 S.
- GRÄSLE, W. & BEIERKUHNLEIN, C. (1999). Temperaturen und Strahlungshaushalt von Waldquellen. *Ökologie silikatischer Waldquellen in Mitteleuropa*. Bayreuther Forum Ökologie Band 71: 77–85.
- ILMONEN, J., PAASIVIRTA, L., VIRTANEN, R. & MUOTKA, T. (2009). Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. *Journal of Biogeography* 36: 822–834.
- MORI, N. & BRANCELI, A. (2006). Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). *Aquatic Ecology* 40: 69–83.
- NADIG, A. (1942). Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des Schweizerischen Nationalparks im Engadin. H. R. Sauerländer & Co. Aarau, Schweiz.
- OCCC/ProCLIM- (Editor), 2007. Climate Change and Switzerland 2050. Expected Impacts on Environment, Society and Economy. Bern.
- QINGHAI, G., WANG, Y., TENG, M. & LUXIU, L. (2005). Variation of karst spring discharge in the recent five decades as an indicator of global climate change. A case study at shanxi, northern China. *Science in China series D Earth Sciences* 48: 2001–2010.
- SAMBUGAR, B., DESSI, G., SAPELZA, A., STENICO, A., THALER, B. & VENERI, A. (2006). Südtiroler Quellfauna. Autonome Provinz Bozen. Landesagentur für Umwelt.
- SEEBER, H. (1911). Beiträge zur Geologie der Faulhorn-Gruppe (Westlicher Teil) und der Männlichen-Gruppe. Diss. Universität Bern, Bern: 143.
- SMITH, H., WOOD, P.J. & GUNN, J. (2003). The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* 510: 53–66.
- STATSOFT. (2008). Statistica Quick Reference. Tulsa (USA). URL: <http://www.statsoft.com/#>
- STEINMANN, P. (1915). Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Die Organismen des fließenden Wassers.
- THIENEMANN, A. (1924). Hydrobiologische Untersuchung an Quellen. *Archiv für Hydrobiologie* 14: 151–190.
- WALDNER, P., SCHNEEBELI, M., WUNDERLI, H. (2000). Nährstoffaustrag aus einer schmelzenden Schneedecke im Alptal (SZ) am Beispiel von Nitrat. *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen* 6: 198–204.
- ZOLLHÖFER, J. M. (1997). Quellen: die unbekannten Biotope im Schweizer Jura und Mittelland: erfassen, bewerten, schützen. Bristol-Stiftung, Zürich.
- ZOLLHÖFER, J. M. (1999). Spring biotopes in Northern Switzerland: Habitat Heterogeneity, zoobentic communities and colonization dynamics. PhD Thesis, Swiss Federal Institute of science and Technology, Zürich.



Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern

Abteilung Naturförderung, Bericht 2012

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Rückblick (Urs Känzig-Schoch)	128
1. Arten und Lebensräume (Franziska von Lerber)	129
1.1 Naturschutzgebiete.....	129
1.2 Umsetzung Bundesinventare	129
1.3 Erhalt und Förderung von Arten	129
2. Ökologischer Ausgleich und Verträge (Daniel Fasching)	130
2.1 ÖQV-Qualität und ÖQV-Vernetzung	130
2.2 Bewirtschaftungsverträge Naturschutz	130
3. Stellungnahmen und Beratung (Markus Graf, Kurt Röstli, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli)	131
3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen	131
4. Herausgepickt	133
4.1 Unterschutzstellung der Hochmoore «Stouffe», «Gmeine Schöriz» und «Moorsite» (Ruedi Keller).....	133
4.2 Unterschutzstellung des Hochmoores «Horneggwald» (Ruedi Keller).....	135
4.3 Unterschutzstellung des Hochmoores «Witiwald/Dälewald» (Ruedi Keller).....	137
4.4 Unterschutzstellung der Aue «Gastereholz» (Annelies Friedli)	139
4.5 Revision Naturschutzgebiet «Chänelegg» (Talseite Mürren) (Ruedi Keller)	141
4.6 Revision Naturschutzgebiet «Schmittmoos» (Ruedi Keller)	143
4.7 Revision Naturschutzgebiet «Grube Müntschemier» (Petra Graf)	145
4.8 Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Lörmoo» (Thomas Leu)	145
4.9 Aufwertung für Mensch und Natur im Naturschutzgebiet «Grosser Moossee» (Petra Graf)	148
4.10 Gruppeneinsätze im südlichen Teil des Kantons Bern (Ruedi Wyss)	150
4.11 Neuer Lebensraum für den Igelschlauch (Baldellia ranunculoides) im Fanel (Peter Steiger)	154
4.12 Schlussbericht Artenförderungsprojekt Bocks-Riemenzunge 2011/2012 (Dimitri von Arx und Daniela Flück)	158
4.13 Artenförderungsprojekt Moorbläulinge (Daniela Flück)	162
4.14 Objektkontrolle der regionalen Inventare Feuchtgebiete und Trockenstandorte (2011–2014) (Brigitte Holzer und Res Hofmann)	164
4.15 Wiesendrusch (Andreas Brönnimann und Hans Ramseier)	165
5. Vierter Berner Naturgipfel: Schwachstellen und Zukunftsvisionen bei Vernetzungsprojekten (Nina Meier)	167
6. Ausblick	178
6.1 Arbeitsprogramm 2014–2017 (Urs Känzig-Schoch)	178
7. Zuständigkeiten und Fachkommissionen	178
7.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung	178
7.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch) (Kathrin Peter)	178
7.3 Fachkommission Ökologischer Ausgleich (FKöA) (Daniel Fasching)	180
8. Wissenschaftlicher Artikel	181
Geotope im Kanton Bern – «Bodenschätze für die Öffentlichkeit» (Corinne Blum, Christian Schlüchter, Urs Känzig-Schoch, Ursula Menkveld-Gfeller und Beda Hofmann)	181

Einleitung und Rückblick

Der Pessimist klagt über den Wind, der Optimist hofft, dass er dreht, der Realist richtet das Segel aus.

Sir William Ward (1837–1924)

«Bilder sagen mehr als tausend Worte» ist eine beliebte Redensart. Und viele dieser Bilder tragen wir in unserem Kopf herum. Manche sind bereits etwas abgenutzt, aber trotzdem stimmig. So auch jenes Bild der Organisation als Schiff, welches Wind und Wellen ausgesetzt ist. Fast immer geht es um die Frage: Ist das Schiff auf Kurs?

Übertragen wir dieses Bild auf die ANF, dürfen wir selbstbewusst feststellen, dass das Schiff auf Kurs ist. Die uns vorgegebenen Zielhäfen, die Umsetzung der Naturschutzgesetzgebung und der ökologische Ausgleich, sind bekannt. Selbstverständlich müssen frühzeitig erkannte Tiefdruckgebiete grossräumig umschifft, bei hohem Wellengang und knappem Diesel das Tempo gedrosselt und bei starker Seitenströmung und Gegenwind der Kurs immer wieder korrigiert werden. Auch die Ladung überprüfen wir regelmässig. Dazu gehört notfalls auch das Umladen oder Überbordwerfen. Aber wie gesagt, die Richtung stimmt! Die einzig wirkliche Gefahr sind die Piraten.

Der vorliegende Tätigkeitsbericht 2012 dokumentiert unser langsames, aber stetiges Vorankommen. Die im Arbeitsprogramm 2010–2013 festgelegten Ziele sind in Griffweite. Glücklicherweise haben sich die Mitarbeitenden der ANF von den einschneidenden Sparbeschlüssen der vergangenen Jahre und den teilweise unrealistischen Erwartungen an die Möglichkeiten der Fachstelle nicht entmutigen lassen. Nur dank ihres grossen Einsatzes und Fachwissens bleibt die ANF trotz rauer See und Freibeutern weiter auf Kurs.

Aus diesem Grund schaue ich zuversichtlich nach vorne. Meinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern danke ich herzlich für die gute, offene Zusammenarbeit und das Engagement.

Die Krankheiten unserer Zeit sind Aktionismus und Hektik.

Alfred Herrhausen (1930–1989), dt. Bankier, Vorstandssprecher der Deutschen Bank

Urs Känzig-Schoch

1. Arten und Lebensräume

1.1 Naturschutzgebiete

Im Jahr 2012 wurden 9 Naturschutzgebiete neu geschaffen oder revidiert. Im Kapitel 4 wird näher darauf eingegangen.

1.2 Umsetzung Bundesinventare

Für die Beschreibung des Vollzugsstandes werden folgende Kategorien verwendet:

<i>vollzogen</i>	Schutz und Unterhalt sind geregelt.
<i>teilweise vollzogen</i>	Nur eines der beiden Kriterien Schutz oder Unterhalt ist vollzogen.
<i>pendent</i>	Schutz und Unterhalt sind nicht geregelt.

Mit der nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellung (*Tab. 1*) gibt die Abteilung Naturförderung einen Überblick zum Vollzugsstand der Hochmoor-, Auen- und Amphibienlaichgebiets-Inventare. Die Inventare der Flachmoore und der Trockenwiesen und -weiden werden über Bewirtschaftungsverträge abgewickelt. Weitere Informationen dazu sind dem Kapitel 2.2 zu entnehmen.

Inventar	Anzahl Objekte	Umsetzung vollzogen	Umsetzung teilweise vollzogen	Umset- zung pendent
Hochmoore von nationaler Bedeutung	103	86	9	8
Auengebiete von nationaler Bedeutung	49	21	4	24
Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	106	65	25	16

Tabelle 1: Umsetzungsstand der Bundesinventare Ende 2012.

1.3 Erhalt und Förderung von Arten

Zwei Artenförderungsprojekte wurden im Jahr 2012 schwerpunktmässig bearbeitet. Details zu den Projekten «Bocks-Riemenzunge» und «Moorbläulinge» können im Kapitel 4 nachgelesen werden.

Franziska von Lerber

Der Mensch ist ein Teil der Natur und nicht etwas,
das zu ihr im Widerspruch steht.

Bertrand Russel

2. Ökologischer Ausgleich und Verträge

2.1 ÖQV-Qualität und ÖQV-Vernetzung

Im 2012 wurden gesamthaft 22,9 Mio. Franken (20,9 Mio. Franken im 2011) für 7400 ha ÖQV-Qualitätsflächen (ÖQV = Öko-Qualitätsverordnung) und 20 100 ha ÖQV-Vernetzungsflächen ausbezahlt.

Die Fläche mit ÖQV-Qualität (ohne Naturschutz-Qualitätsflächen) konnte gegenüber dem Vorjahr um 720 ha auf 5067 ha erhöht werden. Dies entspricht einem Anteil von 2,6% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Werden die Naturschutz-Vertragsflächen mit ÖQV-Qualität ebenfalls mit eingerechnet, steigt der Anteil der Qualitätsflächen auf knapp 4% an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.

10,5% der gesamten Landwirtschaftlichen Nutzfläche sind als Vernetzungsflächen angemeldet und weisen eine höhere Bewirtschaftungsqualität auf.

Die Grundanforderungen an die Bewirtschaftung der Vernetzungsflächen im Kanton Bern beinhalten seit 2010 folgende einheitliche Vorgaben:

- Es sind keine Mähgeräte und -aufbereiter zugelassen, die die Fauna in hohem Mass schädigen. Die Mähauflbereiter sind auszuschalten.
- Bei jeder Nutzung bis Ende August muss Dürrfutter zubereitet werden (keine Silage).
- In den unteren Zonen (Talzone bis Bergzone II) ist bei jedem Schnitt ein 5–10% grosser Rückzugsstreifen stehen zu lassen.

Die ausbezahlten ÖQV-Beiträge haben im Kanton Bern im 2012 die ausbezahlten Ökobeiträge nach der Direktzahlungsverordnung um 2,8 Mio. Franken überstiegen (22,9 Mio. Franken ÖQV gegenüber 20,1 Mio. Franken für den ökologischen Ausgleich [öA] nach Direktzahlungsverordnung [DZV]). Dies unterstreicht die finanzielle Bedeutung dieser Zusatzbeiträge für die Landwirtschaftsbetriebe im Kanton Bern.

2.2 Bewirtschaftungsverträge Naturschutz

Vertragstyp	Anzahl Verträge	Vertragsfläche ha	Beiträge CHF
Feuchtgebiete	1 000	4 932	3 721 762
Trockenstandorte	1 274	4 598	3 456 604
Verträge in Naturschutzgebieten	271	903	416 615
Verträge Artenschutz	112	114	98 826
Verträge Smaragd	47	216	39 462
<i>Total</i>	<i>2 704</i>	<i>10 763</i>	<i>7 733 269</i>

Tabelle 2: Stand des Vollzuges mit Bewirtschaftungsverträgen per Ende 2012.

3. Stellungnahmen und Beratung

3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen

Die Abteilung Naturförderung hat ihre Stellungnahme zu 961 (2011: 953) naturschutzrelevanten Vorhaben abgegeben (*Abb. 1*), u.a.

27	(13)	Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorstösse, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare
42	(48)	Biotop- und Artenschutz
92	(89)	Vorhaben in Naturschutzgebieten
98	(111)	Detail-, Orts- und Regionalplanungen, Planungskonzepte
21	(12)	Meliorationen und Entwässerungen
34	(34)	Rohstoffgewinnung, Auffüllungen und Deponien
6	(11)	Rodungen und Aufforstungen
110	(109)	Gewässerverbauungen inkl. Bewilligungen betr. Ufervegetation
35	(22)	Kraftwerkanlagen
58	(64)	Starkstrom- und Telefonleitungen, Kabel, Gasleitungen
43	(34)	Wasser- und Abwasserleitungen
147	(157)	Strassen, Brücken, Wege
35	(28)	Bahnen
158	(142)	Übrige Bauten, Baugesuche
13	(14)	Militärische Anlagen, Flugplätze
18	(37)	Seilbahnen und Skilifte, Skipisten, Pistenbeschneigungen
19	(20)	Sportanlagen, Veranstaltungen
5	(8)	Anlagen für Boote

Der Bereich Stellungnahmen und Beratung hat 842 (2011: 848) Fach- und Amtsberichte zu Planungen und Bauprojekten ausserhalb der kantonalen Naturschutzgebiete verfasst. 52 (45) geplante Vorhaben wurden in der vorliegenden Form zurückgewiesen und von der Bauherrschaft eine Überarbeitung verlangt. Zu 250 (284) Projekten konnte mit besonderen und zu 540 (527) ohne zusätzliche ökologische Auflagen ein positiver Antrag gestellt werden. 639 schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen oder Objekte gemäss Art. 18 Abs. 1^{bis} des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz wären durch die Gesuche beeinträchtigt worden (*Tab. 3*). 23 (36) Vorhaben hätten sich negativ auf Lebensräume von nationaler Bedeutung und 50 (32) in solche von regionaler Bedeutung ausgewirkt. Bei 66 (59) geplanten Vorhaben wären zusätzlich Vorkommen von geschützten Pflanzen und bei 51 (29) Gesuchen solche von geschützten Tieren vernichtet worden.

Wir gehen mit dieser Welt um, als hätten wir noch eine zweite im Kofferraum.

Jane Fonda

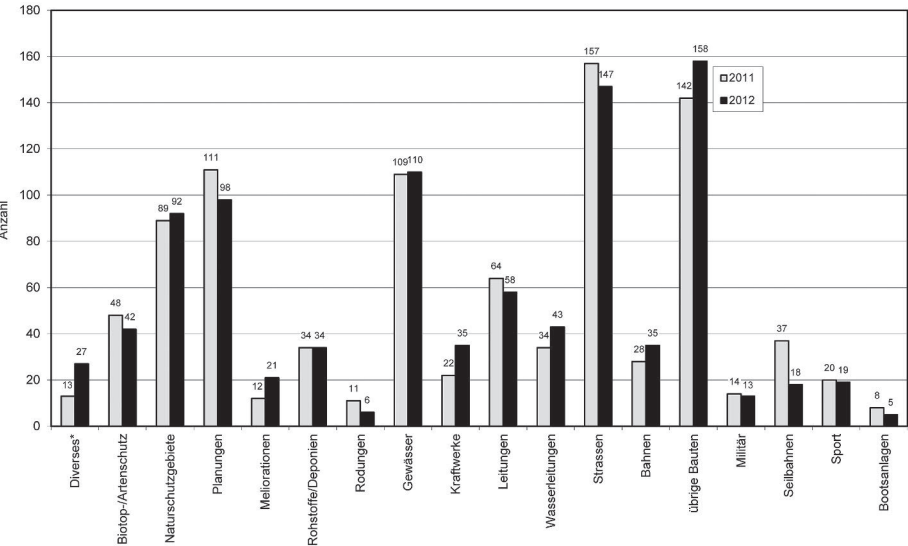


Abbildung 1: Vergleich Anzahl/Kategorien Mitberichtsgeschäfte 2011 und 2012. * Diverses: Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorlagen, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare.

Anzahl		%		Betroffene schutzwürdige naturnahe Lebensräume
2012	2011	2012	2011	
190	208	30	32	Ufer, Gewässer (Fließ- und Stehgewässer, Quellen)
36	36	6	6	Hoch- und Flachmoore, Feuchtgebiete
30	30	5	5	Trockenstandorte
163	136	25	21	Wälder, Waldränder
187	190	29	30	Hecken, Feld-, Ufergehölze, Bäume, Obstgarten
16	25	2	4	Alpine Rasen, Zwergstrauchheiden, Geröllhalden
17	11	3	2	Trockenmauern, Lesesteinhaufen, Ruderalflächen
639	636	100	100	Total

Tabelle 3: Anzahl schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen, welche von den 842 geplanten Vorhaben (2011: 848) betroffen waren (ohne Naturschutzgebiete).

Markus Graf, Kurt Rösti, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli

Beachte immer, dass nichts bleibt, wie es ist und denke daran, dass die Natur immer wieder ihre Formen wechselt.

Kaiser Marc Aurel

4. Herausgepickt

4.1 Unterschutzstellung der Hochmoore «Stouffe», «Gmeine Schöriz» und «Moorsite»

Gemeinde Horrenbach-Buchen

Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion für 3 Naturschutzgebiete vom 7. Februar 2012

4.1.1 Allgemeines

Im Rahmen der Überprüfung der Moorlandschaftsplanung Nr. 38 «Rotmoos/Eriz» sowie der zu erarbeitenden Bewirtschaftungspläne wurden die Vorarbeiten zu drei zukünftigen Naturschutzgebieten mit fünf national bedeutenden Hochmoorobjekten, inkl. grossen Umfeldern geleistet. Zwei bis maximal vier der sieben hochmoortypischen Pflanzen kommen in allen national bedeutenden Hochmooren vor: Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*), Rundblättriger Sonnentau (*Drosera rotundifolia*), Scheidiges Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) sowie ein Torfmoos (*Sphagnum magellanicum*). Die Hanghochmoore sind schützenswerte Teile innerhalb grösserer Moorkomplexe. Das Hochmoorumfeld besteht aus Flachmoorvegetation. Diese Flachmoore, im Kanton Bern als Feuchtgebiete bezeichnet, können nach wie vor beweidet werden. Die als störend oder wachstumshemmend bezeichneten Beeinträchtigungen in den einzelnen Teilgebieten sind nach der Unterschutzstellung unumgänglich zu beheben, so wie dies die Eidgenössische Hochmoorverordnung auch vorsieht (vgl. Bundesgesetzgebung SR 451.32 vom 21.01.1991)!

Mit den Grundeigentümern und Bewirtschaftern fanden im Jahre 2005 und 2006 Begehungen statt. Die trittempfindlichen Flächen konnten für die Sömmerungsperiode 2006 ausgezäunt werden. Die Schutzunterlagen waren im September 2006 in der Mitwirkung und im November 2007 als öffentliche Auflage im Amtsblatt und Amtsanzeiger publiziert.

Die Einwohnergemeinde Horrenbach-Buchen verlangte in der Einsprache, dass das «Hochmoor-Verfahren» sistiert und alles über die Moorlandschaftsplanung abgewickelt werden soll. In Schriftwechseln mit entsprechenden Beilagen teilte die Abteilung Naturförderung mit, dass im Kanton Bern mit dem Erlass des Sachplanes Moorlandschaften im November 2000 diese Verfahren getrennt sind und wie vom Regierungsrat vorgegeben zu erfolgen haben. Unbeeindruckt von diesen Hinweisen hielt der Gemeinderat an seiner Einsprache fest und ergänzte später, dass Hochmoore, zur nachhaltigen Erhaltung, unbedingt beweidet werden müssten. Verfahrenstechnisch und fachlich konnte die Fachstelle ANF auf die Einsprache nicht weiter eintreten oder diese sogar erledigen.

Das Dossier wurde im Juni 2011 der Rechtsabteilung der Volkswirtschaftsdirektion übergeben. Am 7. Februar 2012 entschied Regierungsrat RICKENBACHER über die unerledigte Einsprache, wies diese ab und unterzeichnete die seit dem Jahre

2006 vorliegenden drei Schutzbeschlüsse mit Schutzplänen. Während der Beschwerdefrist gingen beim Verwaltungsgericht keine Eingaben ein.

4.1.2 «Stouffe»

LK 1208; Koord. 627.500/180.000; 1425 bis 1470 Meter ü.M.; Fläche 6,35 ha

Das stark verheidete Hanghochmoor weist deutliche Trampelpfade (Träjen) auf. Mit der Abzäunung von 1,5 ha Hochmoor-Kernzone wird das noch vorhandene Regenerationspotenzial unterstützt.

4.1.3 «Gmeine Schöriz»

LK 1208; Koord. 626.825/189.900; 1250 bis 1310 Meter ü.M.; Fläche 6,16 ha

Die zwei seitlichen Gräben behindern das Hanghochmoor in seiner natürlichen Ausdehnung. Die südöstliche und südliche Ausdehnung wurde durch Drainagegräben und Ableiten des Hangwasseranschlusses (Bau der Alpstrasse!) ebenso behindert. Das hohe Regenerationspotenzial wird durch das Abzäunen von 4,6 ha unterstützt. Vorhandene kleine Drainagegräben müssen verschlossen und die Pfeifengraswiese weiterhin periodisch gemäht werden.



Abbildung 2: Ausgezäunte Hochmoorfläche Stouffe. (Foto: ANF, Juni 2006)



Abbildung 3: Trittempfindliche Hochmoorfläche Moorsite. (Foto: ANF, Mai 2011)

4.1.4 «Moorsite»

LK 1208; Koord. 626.800/179.075; 1330 bis 1450 Meter ü.M.; Fläche 25,40 ha

Die weit auseinanderliegenden Hochmoorteile dreier Bundesobjekte bilden von der Entstehung her (seit 10 000 Jahren nach dem Gletscherrückzug) eigentlich einen zusammenhängenden Hochmoorkomplex mit dazwischen liegenden Flachmoorteilen, die heute nach wie vor beweidet werden. Nur 3 Teilflächen mit rund 2 ha des total 25 ha grossen Schutzgebiets sind von der Beweidung ausgenommen worden. Im Gebiet beeinträchtigen einzelne Drainagegräbli und Trampelpfade sowie der noch durch die trittempfindliche Vegetation führende Karrweg das potenziell vorhandene Wachstum der Torfmoose. Entsprechende Renaturierungen werden in nächster Zeit geplant und ausgeführt.

Ruedi Keller

4.2 Unterschutzstellung des Hochmoores «Horneggwald»

Gemeinde Horrenbach-Buchen

Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion vom 7. Februar 2012.

LK 1208; Koord. 625.300/180.150; 1440 bis 1530 Meter ü.M.; Fläche 5,40 ha

In dem auf einer Höhe von rund 1190 Meter ü.M. zwischen Huetgraben und Hornegg-Graben gelegenen westlichen Teil des Hanghochmoors «Horneggwald» kommen fünf der sieben typischen Hochmoorpflanzen vor: Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*), Rundblättriger Sonnentau (*Drosera rotundifolia*), Scheidiges Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) sowie zwei Torfmoose (*Sphagnum magellanicum* und *rubellum*). Der Hochmoorkern und das Umfeld, wo Fichtenwald auf einer Torfunterlage stockt, wurden bis zu den Unterschutzstellungsarbeiten teilweise beweidet. 1995 erfolgte eine Anzeige wegen Rodung von Waldareal, worauf die Beteiligten den Wald und somit auch das Hochmoorbiotop von der Weide abgrenzten. Während der Zeit der sehr aufwändigen Verhandlungen mit dem Grundeigentümer hat der Sturm Lothar im Dezember 1999 einen grossen Teil der Bäume im vorgesehenen Schutzperimeter umgeworfen.

Für das Schutzgebiet sind die einschränkendsten Bestimmungen des Weideverbots sowie das Nicht-Verlassen der bezeichneten Wege. Wie üblich in den Naturschutzgebieten sind die Hunde an der Leine zu führen und keine Beeren, Moose, Pilze und Flechten zu pflücken. Ausdrücklich vorbehalten bleiben gestalterische und pflegerische Massnahmen sowie die naturnahe forstliche Nutzung mit Benutzung der bewilligten Rückegassen und des Forstkorridors.



Abbildung 4: Trittempfindliche Hochmoorfläche. (Foto: ANF, April 2011)

Die im Frühjahr 2002 erfolgte Einsprache konnte einvernehmlich geregelt werden. Allerdings unterschrieb der Grundeigentümer über Jahre, trotz mehrmaligen Schriftwechseln, das von ihm geforderte maschinengeschriebene Einigungsprotokoll nicht. Juristisch galt somit die Einsprache als nicht zurückgezogen. Das umfangreiche Dossier wurde der Rechtsabteilung der Volkswirtschaftsdirektion übergeben. Am 7. Februar 2012 entschied Regierungsrat RICKENBACHER über die «unerledigte» Einsprache und unterzeichnete den Schutzbeschluss mit Schutzplan vom 29.5.2002. Während der Beschwerdefrist ging beim Verwaltungsgericht eine Eingabe ein, die allerdings nicht gutgeheissen wurde, womit der «Horneggwald» nun definitiv unter Schutz steht.

Ruedi Keller

4.3 Unterschutzstellung des Hochmoores «Witiwald/Dälewald»

Gemeinde Beatenberg

Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion vom 7. Februar 2012

LK 1208; Koord. 626.300/172.600; 1590 bis 1660 Meter ü.M.; Fläche 6,41 ha

In dem auf einer Höhe von 1590 bis 1660 Meter ü. M., östlich der Niederhornbahn gelegenen Hanghochmoor «Witiwald/Dälewald» kommen die hochmoortypischen Pflanzen (Scheidiges Wollgras [*Eriophorum vaginatum*], Rundblättriger Sonnentau [*Drosera rotundifolia*] und Torfmoose [*Sphagnen*]), sowohl in dem durch eine Forststrasse vollständig getrennten südlichen wie auch im nördlichen Teil vor. Besonders nachteilig für das Wachstum des früher zusammenhängenden Moores mit Umfeld von rund 9,4 ha sind die forstlich bedingten Eingriffe nach den verheerenden Stürmen im Dezember 1986, April 1987 und Dezember 1990! Eingriffsmeldungen im Jahre 1991 zwangen die Fachstelle zu sofortigem Handeln. Der Hochmoorkern wurde deshalb 1991 vor Ort provisorisch abgesteckt. Für alle 5 Hochmoore in der Gemeinde Beatenberg wurden die Vorarbeiten zur Unterschutzstellung angegangen. Im Jahre 2004 konnten vier der fünf Objekte, ohne den «Witiwald/Dälewald», unter Schutz gestellt werden.

Beim vorliegenden Gebiet wurde die Einsprache der Grundeigentümerin aufrechterhalten, dies auch nach einer Einigungsverhandlung und einer weiteren Begehung. Die Einsprecherin war auch nach mehrmaligem Nachfragen nicht bereit, das Hochmoorumfeld mit in den Perimeter des Schutzgebietes im Halte von total nur 6,4 ha einbeziehen zu lassen.

Die einschränkendsten Bestimmungen sind die Hunde an der Leine zu führen, kein Feuer zu machen, keine Abfälle wegzuwerfen und keine Beeren, Moose, Pilze und Flechten zu pflücken.

Für die Zone A (Kernzone) von 3,8 ha gilt ein Betretverbot sowie keine forstliche Nutzung, ausser phytosanitärer Massnahmen. Das zum Biotop gehörende Umfeld kann als Winterwander- und Schlittelweg benutzt und periodisch entbuscht, wenn notwendig gemäht und im Winter sorgfältig präpariert werden. Bei



Abbildung 5: Trittempfindliche Hochmoorfläche Witiwald/Dälewald, (Foto: ANF, August 2011)

der Ausaperung der übrigen Pisten am Niederhorn dient die Forststrasse zusätzlich als Notpiste ohne Beschneigung. Ausdrücklich vorbehalten bleiben die dem Schutzziel entsprechenden pflegerischen Massnahmen.

Das umfangreiche Dossier wurde der Rechtsabteilung der Volkswirtschaftsdi-rektion übergeben. Am 7. Februar 2012 wies Regierungsrat RICKENBACHER die auf-rechterhaltene Einsprache ab und unterzeichnete den seit dem Jahre 2002 vorlie-genden Schutzbeschluss und Schutzplan. Während der Beschwerdefrist gingen beim Verwaltungsgericht keine Eingaben ein.

Ruedi Keller

4.4 Unterschutzstellung der Aue «Gastereholz»

Gemeinde Kandersteg

Beschluss der Volkswirtschaftsdi-rektion vom 7. Februar 2012

LK 1267 und 1268; Koord. 615.500/145.000; 1340 bis 1500 Meter ü.M.; Fläche rund 195 ha

Das Gebiet «Gastereholz» ist Teil der Bundesinventare der Auen sowie der Land-schaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung. Das neu geschaffene Naturschutzgebiet «Gastereholz» umfasst auf einer Höhe von 1340 bis 1500 Meter ü. M. den Talboden oberhalb der Chlusenschlucht bis hin zum Staldi.

Die dynamische, natürlich fliessende Kander gestaltet ganz wesentlich die ein-zigartige Landschaft der Aue. Hier findet die Kander Raum, sich zu verzweigen, ihren Lauf zu ändern, Kiesbänke aufzuschütten und bei Hochwasser wieder zu erodieren, sowie in Breite und Tiefe stark zu variieren. Neben der Kander sorgen auch Hangschutt und Seitenbäche dafür, dass laufend Pionierflächen geschaffen werden. Auf ihnen bilden sich Kraut- und Waldgesellschaften in verschiedenen Sukzessionsstadien aus. Das Gewässer wird von sehr eindrücklichen Waldbildern begleitet. Sie reichen von offenen Pionierwäldern bis zum geschlossenen Auen-wald. Entlang der Kander erstrecken sich Reitgras-Grauerlenwälder, Weiden-Au-enwälder der Hochlagen und Zweiblatt-Eschenmischwälder. Auf dem Felssturz-material, auf dem Hangschutt, den Schuttkegeln oder in Lawinenzügen wachsen verschiedene andere Wälder wie Birkenpionierwald, Mehlbeer-Ahornwald, Zwergbuchs-Fichtenwald und Erika-Bergföhrenwald. Ausgeprägte Waldweiden und extensive, sowohl trockene wie feuchte Weiden tragen zur grossen Struktur-vielfalt des Tales insgesamt bei.

Damit bietet die strukturreiche Aue «Gastereholz» Pflanzen und Tieren vielfäl-tige Lebensräume und weist deshalb eine reichhaltige Flora und Fauna auf. Seitens Flora erwähnenswert sind etwa die Vorkommen des gefährdeten und geschützten Gelben Frauenschuhs (*Cypripedium calceolus*), der Deutschen Tamariske (*Myrica-ria germanica*) sowie des Türkenbunds (*Lilium martagon*). Seitens Fauna finden u.a. Wild (Reh, Gämse, Steinbock), Amphibien (Erdkröte, Bergmolch, Alpensala-mander) und Reptilien (Bergeidechse, Aspispiper) im «Gastereholz» geeigneten Lebensraum. Aber auch zahlreiche Vogelarten wurden im «Gastereholz» und

seiner nächsten Umgebung beobachtet – aufgrund der nahen, schroffen Felswände insbesondere auch im Fels brütende Vogelarten, wie die Felsenschwalbe, der Mauerläufer und die Zippammer. Besonders erwähnenswert sind die Vorkommen des gefährdeten Steinadlers und der gefährdeten Waldschnepfe. Auch zahlreiche Heuschrecken- und Tagfalterarten wurden nachgewiesen. Besonders erwähnenswert ist das Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Türks Dornschrecke. Diese ist auf alpine Auen wie das «Gastereholz» angewiesen, um überleben zu können.

Diese attraktive Landschaft zieht besonders in den Sommermonaten viele Erholungssuchende an. Landwirtschaftliche Flächen und Teile des Waldes werden bewirtschaftet, und periodisch werden gewisse Teile des Gebietes auch vom Militär genutzt. Die Schutzbestimmungen sollen dazu beitragen, den wertvollen Lebensraum für die Pflanzen und Tiere zu erhalten und die Bedürfnisse von Erholungssuchenden, Wald- und Landeigentümern sowie Militär darauf abzustimmen.

Während der öffentlichen Auflagefrist gingen vier Einsprachen und eine zustimmende Eingabe ein. Die eingegangenen Einsprachepunkte konnten alle besprochen und bereinigt werden. Die wichtigsten Ergebnisse der Verhandlungen sind:

- Zusicherung der Nutzung der vorhandenen Auto-Abstellplätze durch die Hüttenwarte und für die Anlieferung von Waren.
- Das Verbot zum Sammeln von Beeren und Pilzen wird beibehalten. Mit dem Artikel soll das systematische Sammeln durch viele Besucher und ein allfälliger Pilztourismus verhindert werden.
- Der Perimeter im Bereich der Brücke Waldhaus wurde geringfügig angepasst. Dieser quert neu die Brücke, schliesst die Hauptparkfläche aus und folgt westlich davon dem Weg über den Schwarzbach.
- Der Perimeter im Bereich Staldi wird beibehalten. Dem Einsprecher wurde im Einspracheprotokoll schriftlich bestätigt, dass die Holzerei wie bisher möglich ist.
- Der Schatthusbode bleibt im Perimeter des Naturschutzgebietes. Dem Einsprecher wurde zugesichert, dass er die Fläche wie bisher bewirtschaften kann.

Während der 30-tägigen Beschwerdefrist gingen beim Verwaltungsgericht des Kantons Bern keine Eingaben ein.

Als einschränkendste Bestimmungen sind das Verbot des Parkierens von Motorfahrzeugen ausserhalb der markierten Park- und Abstellplätze, das Hundeleinegebot und das Verbot des Errichtens von Bauten, Werken und Anlagen sowie des Durchführens von kommerziellen und öffentlich ausgeschriebenen Veranstaltungen zu nennen. Ausdrücklich vorbehalten bleiben gestalterische und pflegerische Massnahmen sowie die landwirtschaftliche und forstliche Nutzung, teilweise gemäss Verträgen. Der Unterhalt von Wegen, Strassen und Gewässern sowie die landwirtschaftliche Nutzung sind im heutigen Ausmass möglich. Die militärische Nutzung ist in einer Vereinbarung zwischen BAFU und VBS geregelt.

Parallel zum Verfahren der Unterschutzstellung wurde zusammen mit den Talbewohnern und Vertretern der Einwohnergemeinde Kandersteg und unter Beizug der Impuls AG, Thun, an drei Projekten gearbeitet, bei welchen die Entwicklung des Gasteretals und die Zusammenarbeit zwischen lokalen Akteuren und Fachstellen des Kantons im Vordergrund standen:

- Besucherinformation und -führung
- Touristische Angebote und Infrastruktur
- Gewässerunterhaltsplan

Die Co-Trägerschaft dieser Projekte lag bei der Einwohnergemeinde und der Bäuer*innen Genossenschaft Gastere. Die Abteilung Naturförderung konnte bei diesen Projekten inhaltlich und materiell wertvolle Beiträge leisten. Als Massnahmen des Regionalen Landschaftsrichtplanes konnte bei diesen drei Projekten auf Stufe Konzept ein Konsens für wichtige, den Schutzplan und Schutzbeschluss ergänzende Aspekte erwirkt und Sicherheit für die zukünftige Handhabung dieser Themen gegeben werden.

Am 10. Oktober 2011 ereignete sich ein massives Hochwasser (Schneefälle mit anschliessend höheren Temperaturen und länger dauernden Niederschlägen), das zahlreiche Infrastrukturen im Gasteretal zerstörte (vor allem mehrere Brücken, die Strasse von Selden nach Heimritz, Kleinwasserkraftwerke sowie der land- und gastwirtschaftliche Betrieb im Heimritz). Bei der Diskussion der Notmassnahmen nach dem Hochwasser (z.B. Entfernen von Schwemmholz aus dem Gewässer), weiterer Sofort- und weiterführender Massnahmen wurde die Abteilung Naturförderung beigezogen. Im Tätigkeitsjahr 2012 konnten die Instandstellungsarbeiten realisiert werden. Mit der Information über das neue Naturschutzgebiet und die neu geltenden Schutzbestimmungen und mit der Markierung des Gebietes wurde nach Absprache mit den Betroffenen wegen der zahlreichen Instandstellungsarbeiten 2012 noch zugewartet. Dies soll im Jahr 2013 erfolgen.

Annelies Friedli

4.5 Revision Naturschutzgebiet «Chänelegg» (Talseite Mürren)

Gemeinde Lauterbrunnen

Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion vom 25. Januar 2012

LK 1248; Koord. 634.800/157.500; 1820 bis 1850 Meter ü.M.; Fläche 4,38 ha

In dem auf einer Höhe von 1820 bis 1850 Meter ü.M. nördlich von Mürren gelegenen Sattelhochmoor «Chänelegg» kommen noch hochmoortypische Pflanzen wie Scheidiges Wollgras (*Eriophorum vaginatum*), Torfmoose (*Sphagnum magellanicum*), Wenigblütige Segge (*Carex pauciflora*) und Schlammsegge (*Carex limosa*) vor. Der zentrale Hochmoorkern von nur 1 ha wurde 1999 unter Schutz gestellt. Für die Konzession zur Erneuerung der Anlagen im Gebiet Allmi-



Abbildung 6: Trittempfindliche Hochmoorfläche. (Foto: ANF, Sept. 2006)

boden der SCHILTHORNBahn AG wurden gemäss Entscheid vom 15. Juli 2009 des Bundesamtes für Verkehr Ersatzmassnahmen notwendig. Mit einer Vergrösserung des Schutzgebietes um 3,38 ha und der Zustimmung der Bergschaft Winteregg im Februar 2010 konnten diese Auflagen erfüllt werden. Für die Sömmerungszeit 2011 wurden die Zäune ergänzt und somit die ganze Schutzgebietsfläche von der Beweidung ausgenommen. Mit einem periodischen Schnittregime seitens der SCHILTHORNBahn wird die Biodiversität der Mäh- gegenüber der Weidefläche mindestens erhalten oder sogar gefördert! Die während der öffentlichen Auflage im September/Oktober 2011 eingegangene Einsprache des Gemeinderates Lauterbrunnen bezüglich Pistenpräparierung im Schutzgebiet und Wanderwegtrasse ausserhalb des Schutzgebietes konnte besprochen und mit Schriftwechsel bereinigt werden. Mit Gemeinderatsbeschluss vom 9.1.2012 wurde die Einsprache vorbehaltlos zurückgezogen. Das Verwaltungsgericht hat während der 30-tägigen Beschwerdefrist keine Eingaben erhalten.

Als einschränkendste Schutzbestimmungen sind das Beweidungs- und das Betretverbot für das ganze Gebiet zu nennen. Ausdrücklich vorbehalten bleiben gestalterische und pflegerische Massnahmen sowie die Vereinbarungen zur Betreibung und Nutzung der Skiliftanlagen. Mit den erlassenen Massnahmen kann ein Hochmoorgebiet mit Umfeldern, trotz bestehendem Skibetrieb und ohne künstliche Beschneigung im Perimeter, langfristig erhalten werden.

Ruedi Keller

4.6 Revision Naturschutzgebiet «Schmittmoos»

Gemeinden Amsoldingen und Thierachern

Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion vom 7. Februar 2012

LK 1207; Koord. 610.200/176.415; 630 Meter ü.M.; Fläche 27,35 ha

Im Jahre 1976 konnten Flächen des Waffenplatzes Thun (ohne Privatparzellen) im Halte von 24,63 ha unter Schutz gestellt werden. Ein Einbezug der Feuchtgebietsflächen auf privaten Parzellen, v.a. nördlich des Walebaches, war damals nicht möglich! Ausführliche Beschreibungen zur Vorgeschichte sowie zu Fauna- und Flora von WALTER STRASSER, Steffisburg, können in den Jahresberichten 1976 und 1980 des Naturschutzinspektorates nachgelesen werden.

Die flache Senke nordöstlich des Uebeschisees wird vom Walebach durchflossen. Nebst dem Amsoldinger-Uebeschisee ist dies die einzige grössere Moorfläche, die in der Thuner Moränenlandschaft erhalten geblieben ist. Da die Moorfläche im Besitze des Eidgenössischen Zeughauses/Waffenplatz Thun steht, wurde sie wenig verändert und es sind vielfältige Lebensräume mit hohen Naturwerten erhalten geblieben. Diese wurden fachmännisch gepflegt und periodisch aufgewertet.



Abbildung 7: Alternierend geschnittene Schilf- und Kleinseggenriedfläche. (Foto: E. Schöni; VBS, 2006)

Die Revision wurde nötig, da das Naturschutzgebiet vollständig in der Moorlandschaft Amsoldingen (Nr. 336) von nationaler Bedeutung liegt und da innerhalb des Naturschutzgebietes ein Flachmoor von nationaler Bedeutung ausgeschieden wurde. Die Revision des Schutzgebiets erfolgte parallel zur Umsetzung der Moorlandschaftsplanung durch das Amt für Gemeinden und Raumordnung. Die Bewirtschaftung von Flachmooren und Pufferzonen erfolgt nun extensiv als Grünlandnutzung, d.h. düngerlos. Mit Bewirtschaftungsverträgen von über 12 ha kann die Erhaltung der Artenvielfalt und der speziellen Lebensräume für die Fauna (z.B. Bodenbrüter) sichergestellt werden. Das Naturschutzgebiet wurde mit der Revision um 2,72 ha Biotopfläche erweitert auf nun total 27,35 ha.

Folgende Massnahmen unterstützen das hohe Regenerationspotenzial:

- Abschliessen von Verträgen für kartierte nationale Feuchtgebiete und zugehörige Pufferzonen mit einer extensiven Bewirtschaftung als Mähwiesen oder Streueflächen.
- Umsetzen der Massnahmen zur Erhaltung, Sicherung und Förderung von Flora und Fauna gemäss Massnahmenblatt der Moorlandschaftsplanung.
- Koordination der Massnahmen mit der Umsetzung des Konzepts «Natur-Landschaft-Armee» (NLA) des VBS (NLA-Konzept des Waffenplatzes Thun, armassuisse).



Abbildung 8: Gebiet Schmittmoos mit Flachmoorflächen und Feldgehölzpartien. (Foto: E. Schöni; VBS, 2006)

Die jetzt gültigen Schutzbestimmungen schränken die Erholungs- und Freizeitaktivitäten nicht mehr ein als bisher: Untersagt sind u.a. das Verlassen der Wege, das Anzünden von Feuern, das Aufstellen von Zelten, Wohnwagen und anderen Unterständen sowie das Lagern, das Biwakieren im Freien und die Durchführung von Sport- und Freizeitveranstaltungen. Weitere Einschränkungen betreffen das Sammeln von Beeren, Moosen, Pilzen und Flechten sowie das Pflücken, Ausgraben oder Schädigen von Pflanzen. Für Hunde besteht Leinenzwang. Weiterhin möglich sind die landwirtschaftliche Nutzung gemäss Vereinbarungen, die naturnahe waldbauliche Nutzung sowie die Benutzung des Waffenplatzareals im Rahmen der «Benutzungsordnung für Zivilpersonen».

Im Rahmen der öffentlichen Auflage 2002 wurde eine Einsprache der Einwohnergemeinde Thierachern eingereicht (Existenzbedrohung für den Pächter mit 127 Aren extensiver Vertragsfläche). Trotz Verhandlungen konnte keine Einigung erzielt werden. Am 7. Februar 2012 entschied Regierungsrat RICKENBACHER über die unerledigte Einsprache, wies diese ab und unterzeichnete den Schutzbeschluss mit Schutzplan vom 13.1.2005. Während der Beschwerdefrist gingen beim Verwaltungsgericht keine Eingaben ein.

Ruedi Keller

4.7 Revision Naturschutzgebiet «Grube Müntschemier»

Der Kanton Bern besitzt eine ehemalige Kiesgrube östlich von Müntschemier, welche eine Zeit lang als Schuttdeponie gebraucht wurde. In den achtziger Jahren wurde ein Teil des Gebietes unter Naturschutz gestellt. Das Schutzgebiet umfasste einen 15 x 5 m grossen Weiher, welcher einst Lebensraum der grössten Teichmolch-Population des Kantons Bern war. Mit Ausnahme des Springfrosches ist der Teichmolch in Bern das seltenste Amphibium. Wahrscheinlich als Folge von Fischbesatz hat sich die Situation für den Teichmolch in den letzten Jahren massiv verschlechtert. Aus diesem Grund hat die Abteilung Naturförderung im Jahr 2009 auf derselben Parzelle, jedoch ausserhalb des bisherigen Schutzgebietes, ein Ersatzgewässer geschaffen. Mit der Erweiterung des Schutzperimeters auf die gesamte Kantonsparzelle konnte im Jahr 2012 nun auch das neue Gewässer geschützt werden.

Petra Graf

4.8 Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Lörmoo»

Das Naturschutzgebiet «Lörmoo», Gemeinde Wohlen bei Bern, zählt zu den kantonalen Naturschutzgebieten und ist als Objekt Nr. 71 im nationalen Hochmoorinventar aufgeführt. Die ausgeführten Regenerationsmassnahmen bezwecken, dass der Moorwasserhaushalt, welcher während der Torfabbautätigkeiten von 1739 bis 1749 nachhaltig beeinträchtigt wurde, wieder hochmoortypische Verhältnisse annimmt.

4.8.1 Fachliche Grundlagen

Für die Projektierung der Massnahmen erfolgten im «Lörmoo» durch das Büro NATURPLAN umfangreiche hydrologische, wasserchemische, topografische und vegetationskundliche Erhebungen. Es stellte sich heraus, dass das Gebiet für die Ausbildung von Hochmoor noch immer grossflächig günstige Voraussetzungen bietet, sich aber das heutige Vorkommen der hochmoortypischen Vegetation auf kleine Restflächen beschränkt. Diese Restflächen fanden sich in ihrem Wasserhaushalt durch Entwässerungsgräben und -rinnen hydrologisch und wasserchemisch voneinander getrennt. Der in west-östlicher Richtung zentral durch das Gebiet ziehende Hauptgraben nahm im verbuschten westlichen Moorteil viel kalkreiches Grundwasser auf. Weil dieser Graben wegen gehemmtem Abfluss häufig in die anschliessenden Moorflächen überlief und sich Hoch- und Übergangsmoore nur unter nährstoffarmen Verhältnissen ausbilden, behinderte er die Entwicklung und Ausdehnung der hochmoortypischen Vegetation.

4.8.2 Regeneration Moorwasserhaushalt

Die von Oktober bis November 2012 durch das Gartenbauunternehmen LOOSLI, Sumiswald, realisierten Regenerationsmassnahmen hatten zum Ziel, den Wasserhaushalt im «Lörmoo» durch Stau- und Wasserlenkungsmassnahmen so zu beeinflussen, dass kein kalkreiches Wasser aus dem westlichen Gebietsteil mehr durch das Zentrum, sondern nur noch am Rand der Moorfläche abfliesst. Die Fläche, in welche sich das Hochmoor künftig ausdehnen soll, wurde auf diese Weise von Kalk- und Nährstoffeintrag befreit und wird nur noch von Regenwasser geprägt.

4.8.3 Massnahmen

4.8.3.1 Grabenrinnen am Moorrand

Um das kalkreiche Grundwasser am Moorrand ableiten zu können, wurden im nördlichen, östlichen sowie südlichen Teil des Gebietes seitliche Rinnen von 2 bis 3 m Breite ausgehoben, welche mit ihrer Rinnensohle 30–40 cm unter der im Gebietszentrum angestrebten Staukote liegen. Der am Südostrand liegende Auslaufschacht, welcher die Staukote definiert, sammelt das überschüssige Wasser aus diesen seitlichen Rinnen und führt es via einer rund 270-jährigen Sandsteinakte in die öffentliche Regenwasserleitung von Herrenschwanden.

4.8.3.2 Grabenverschlüsse

Die das Moorzentrum durchquerenden ehemaligen Entwässerungsgräben wurden an topografisch geeigneten Stellen mit Spundwänden aus Hartvinyl punktuell verschlossen. Mit dieser Materialwahl wurde erstmals im Kanton Bern bei einer Moorregeneration auf den Einsatz von Holzspundwänden verzichtet. Grund: Bei



Abbildung 9: Grabenrinne mit neuem Übergang am Südrand des Moores. (Foto: Thomas Leu)

starken Wasserschwankungen ist eine langfristige Lösung mit Holzspundwänden nicht realisierbar. Der schwankende Wasserspiegel im Moor führt dazu, dass der obere Bereich der Spundwände immer wieder mit Luft in Kontakt kommt. Unter diesen Umständen würde Holz innerhalb weniger Jahrzehnte verrotten und die Spundwände im obersten und damit wichtigsten Staubereich ihre Funktion verlieren. Da die leicht überständig in den Torf eingerammten Spundwände mit Torf abgedeckt wurden, treten sie optisch nicht in Erscheinung.

4.8.3.3 Oberflächendämme

Der Aufbau der verschiedenen, im Gebiet realisierten Oberflächendämme erfolgte im Grundsatz analog zu den Grabenverschlüssen. Die Spundwände wurden im Untergrund in den mineralischen Stauer eingebunden, maximal aber 2,5 bis 3 m in den Untergrund getrieben. Die Oberflächendämme schliessen an topografisch höher liegende Geländekuppen an und umschliessen in ihrer Gesamtheit den eigentlichen Kern des Hochmoores. Der dadurch entstehende Rückhalt des durch das Torfmoos (*Sphagnum*) angesäuerten Regenwassers, begünstigt das Wachstum der hochspezialisierten Hochmoorvegetation.



Abbildung 10: Einbau des Oberflächendamms im Moorzentrum. (Foto: Thomas Leu)

4.8.4 Zweite Etappe 2013

Damit es im «Lörmoo» bei starken Niederschlagsereignissen nicht zu einem Wasseranstieg über die angestrebte Staukote und damit zu einem Überstau des Hochmoores mit kalkreichem Randwasser kommt, muss die Abflusskapazität des Gebietsauslaufes verbessert werden. Dazu wird der bestehende Sickerschacht durch einen Schacht mit direktem Einlauf ersetzt. Gleichzeitig wird der Anschluss an die alte Sandsteinakte erneuert und die rund 300 m lange Akte von einer Spezialfirma gereinigt.

Thomas Leu

4.9 Aufwertung für Mensch und Natur im Naturschutzgebiet «Grosser Moossee»

Das Gebiet rund um den Moossee, Gemeinde Moosseedorf, erlitt aus naturschützerischer Sicht in vergangener Zeit starke Beeinträchtigungen. Schon im 18. Jahrhundert wurde der Seespiegel abgesenkt, eine Entsumpfung hat stattgefunden. Zwei weitere Meliorationen folgten und forderten grosse floristische und faunistische Einbussen. Als Folge der Intensivierung der Landwirtschaft und eben genannter Meliorationen gehören Gross- und Kleinseggenried sowie Pfeifengras-



Abbildung 11: Die Abteilung Naturförderung hat in Seeuferrnähe neue Flachgewässer gebaut und den Boden ausgemagert. Nährstoffreicher Oberboden wurde auf die benachbarte Fläche verschoben. Dies bedeutet für die Landwirtschaft sowie für die renaturierte Fläche eine Bodenverbesserung. (Foto: Petra Graf)

wiese weitgehend der Vergangenheit an. Besonders die als sehr artenreich geltenden Verlandungs- und Flachwasserzonen fehlen heute am grossen Moossee praktisch vollständig. Die Abteilung Naturförderung wirkte dieser Verarmung entgegen.

Die langfristige Sicherung des neu geschaffenen Landschaftscharakters wird durch ein extensives Beweidungsregime sichergestellt und ist dank der guten Zusammenarbeit mit benachbarten Landwirten möglich.

Die umgesetzten Aufwertungen, die Schaffung neuer Flachgewässer, sind primär auf die Lebensraumbedürfnisse bestimmter Zielarten ausgerichtet. Eine dieser Zielarten ist die Kreuzkröte. Sie gehört in der Schweiz zu den am stärksten gefährdeten Amphibienarten (Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz, 2009). Die in hohem Mass auf Pionierlebensräume angewiesene Art benötigt zur Fortpflanzung flache und periodisch austrocknende Gewässer. In ca. 2 km Entfernung befindet sich die nächste Population mit Ausstrahlungspotenzial. Die ausgeprägte Mobilität der Art macht eine natürliche Wiederbesiedelung somit realistisch.

Für gewisse Zielarten sind vertikale Elemente nicht nutzbar. Zudem sind diese Elemente der angestrebten Übersichtlichkeit des Geländes wenig zuträglich. Infolgedessen hat man im Projektperimeter einige Bäume im Bereich des Ufergürtels gefällt. Zusätzlich hat man nicht einheimische Strauchpflanzen mitsamt dem Wurzelwerk entfernt, was nach einem «grobe» Eingriff aussieht, fördert aber längerfristig die noch vorhandenen Naturwerte.

Viele der Zielarten sind scheu und reagieren auf Störungen sehr empfindlich. Dank der neuen Besucherlenkung haben auch störungsempfindliche Arten wieder eine Chance, den Lebensraum besiedeln zu können.



Abbildung 12: Plattform aus Holz, mit integriertem Unterstand für Rinder. (Foto: Petra Graf)

Die Neugestaltung erhöht die Attraktivität des Gebietes nicht nur für Tiere und Pflanzen, sondern auch für Erholung suchende Menschen. Trockenem Fuss gelangt man über den neuen Mergelweg zum Aussichtshügel, wo man über das Feld und den See blicken und Vögel beobachten kann. Weiter führt der Weg zu einer schlicht gebauten Plattform aus Holz, mit integriertem Unterstand für die im Gebiet weidenden Robustrinder. Sichtfenster entlang des Viehunterstandes laden ein, die Rinder zu beobachten und bieten einen spannenden Blick aufs Gebiet. Die Plattform selbst führt aufs Wasser hinaus. Auch hier bietet sich dem Besucher erneut eine andere, sehr attraktive Sicht.

Die Abteilung Naturförderung dankt den Moosseebesuchern für den respektvollen Umgang mit der Natur und heisst sie auf der neu erstellten Plattform herzlich willkommen.

Petra Graf

4.10 Gruppeneinsätze im südlichen Teil des Kantons Bern

Die Abteilung Naturförderung erhält jährlich zahlreiche Anfragen für Gruppeneinsätze in der Natur. Nach Möglichkeit wird versucht, die Bereitschaft, sich für die Natur einzusetzen, in konkrete Aktivitäten umzusetzen.

Zu den Herausforderungen solcher Einsätze gehört, dass diese mehrheitlich in Naturschutzgebieten stattfinden und dementsprechend grosse Rücksicht auf Flora und Fauna genommen werden muss. Bei den Arbeitseinsätzen geht es vor allem um Lebensraumaufwertungen und Pflege- und Unterhaltmassnahmen. Dabei sind bei allen Einsätzen mehrere Nutzungs- und Schutzziele zu berücksich-

tigen, was eine genaue Planung und Vorbereitung der Arbeitseinsätze erfordert. Folgende Überlegungen und Abklärungen müssen im Vorfeld gemacht werden:

- Ist der Boden begehbar und somit ein Einsatz möglich?
- Finden aktuell Amphibienwanderungen statt?
- Sind zu bekämpfende Neophyten noch nicht verblüht?
- Ist der Grundeigentümer mit der Massnahme einverstanden?
- Kann man die Arbeiten in der gewünschten Einsatzzeit durchführen?
- Herrscht z.B. Brut- oder Setzzeit?
- usw.

Lebensräume, die eine hohe Artenvielfalt aufweisen und auch Landschaften, die noch intakt sind, leiden heute oft unter einem starken Nutzungsdruck und einer zunehmenden Intensivierung. Auf der anderen Seite werden in den Randregionen zum Teil wertvolle Flächen aufgegeben. Dies zumeist infolge Mangel an Arbeitskräften in der Landwirtschaft, der zunehmenden Mechanisierung und der damit einhergehenden Aufgabe traditioneller Nutzungsformen, wie dem Streueschnitt oder dem Wildheuen. Nutzungsintensivierung wie auch Nutzungsverzicht führen somit unweigerlich zu Verlust an ökologischen und landschaftlichen Werten. Nur mit einer angepassten extensiven Nutzung können bedrohte Lebensräume und Arten langfristig erhalten werden.



Abbildung 13: Zivildienstleistende führen mit einer Blache Streue ab. (Foto: Ruedi Wyss)

Gruppeneinsätze führt die Abteilung Naturförderung vorwiegend in heiklen Lebensräumen durch, wo ein maschineller Einsatz zu viel Schaden verursachen würde oder erst gar nicht möglich wäre. Der Vorteil von solchen Einsätzen ist, dass viele Hände gemeinsam bei der Arbeit anpacken und somit bis am Schluss des Tages auch in schwierigem Gelände sichtbare Resultate erzielt werden können.

Einsatzmöglichkeiten gibt es viele. Die Dauer des Einsatzes wird jeweils auf die Bedürfnisse und die Kapazitäten der Gruppe angepasst. Es werden sowohl Abend-, Halbtages- und Tageseinsätze wie auch Mehrtageeinsätze angeboten. Immer wieder sind auch ganzwöchige Einsätze gefragt. Bei Letzteren muss jeweils besonders darauf geachtet werden, dass die Helfenden unterschiedliche Arbeiten ausführen können, damit die Arbeit spannend bleibt und die Motivation nicht verloren geht.

Im Jahr 2012 leisteten folgende Gruppen und Personen einen Einsatz:

- Bildungswerkstatt Bergwald
- Kompetenzzentrum Integration, Fachbereich Arbeitsintegration
- Stiftung Umwelt-Einsatz Schweiz
- Schulklassen / Gymnasien
- Fischer, Jäger, Jungjägerinnen und Jungjäger
- Freiwillige Naturschutzaufseher/innen und Naturschutzgebietspfleger/innen
- Firmen, wie z.B. die Swisscom
- Uferschutzverband Thuner- und Brienzersee, UTB
- einzelne Privatpersonen und Gruppen
- und andere geschickte Schaffer



Abbildung 14: Instandstellung einer Trockenmauer. (Foto: Ruedi Wyss)

Alle beteiligten Helferinnen und Helfer leisteten einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt und der natürlichen Lebensräume. Dies mit ganz unterschiedlichen Einsätzen:

- Auf diversen Flachmoor-, Hochmoor- und Trockenstandortflächen wurde mittels Zurückschneiden, Ausgraben oder Ausreissen von Sträuchern und jungen Bäumen der Verbuschung entgegengewirkt.
- Diverse Flachmoorflächen wurden gemäht und anschliessend die Streue (Schnittgut) herausgetragen oder auf Blachen herausgezogen (die Flächen sind zum Teil nicht befahrbar).
- Mehrere Reptilienstandorte wurden entbuscht, um die Lebensräume offen oder halboffen zu halten.
- Am Thunersee wurde Schwemmholz aus dem Wasserschilf geräumt. Das Schwemmholz kann bei Wellengang die Schilfhalme schädigen, was dazu führt, dass der Schilfbestand im Wasserbereich verschwindet. Im selben Arbeitsablauf wurde auch der Abfall weggeräumt.
- Trockenmauern wurden repariert oder wieder aufgebaut.
- Bei Hochmoorregenerations-Objekten konnten jährlich wiederkehrende Arbeiten ausgeführt werden.
- Neophyten wurden bekämpft (Goldruten, Sommerflieder usw.).
- Amphibienzäune wurden aufgestellt, täglich kontrolliert und die Tiere über die Strasse ins Laichgewässer transportiert. Nach der Wanderung wurden die Zäune wieder weggeräumt.

Diese und andere für den Arten- und Landschaftsschutz relevanten Arbeiten müssen jährlich, manchmal im Abstand von zwei oder drei Jahren durchgeführt werden. Damit dies möglich ist, ist die Abteilung Naturförderung auf Gruppen von Freiwilligen angewiesen.

Bei den Arbeitsgruppen handelt es sich mehrheitlich um Jugendliche im Alter zwischen 12 und 17 Jahren. Während der Einsätze haben sie nicht nur tolle Erlebnisse in und mit der Natur, sondern ihnen wird auch ein Grundverständnis für die Ansprüche und Bedürfnisse von besonderen Arten und Lebensräumen und für die Notwendigkeit dieser Arbeiten mit auf den Weg gegeben.

Die im Jahr 2012 geleisteten Arbeiten in Zahlen:

– Schwemmholz eingesammelt (3 Ster), auf einer Fläche von	60 Aren
– Abfall eingesammelt (400 Liter), auf einer Fläche von	100 Aren
– Hochmoor entbuscht, auf einer Fläche von	150 Aren
– Flachmoor entbuscht, auf einer Fläche von	80 Aren
– Gehölzpflege, auf einer Fläche von	30 Aren
– Flachmoor gemäht und Schnittgut weggeräumt, auf einer Fläche von	212 Aren
– Reptilienlebensräume aufgewertet, auf einer Fläche von	20 Aren
– Neophyten bekämpft, auf einer Fläche von	528 Aren
– Hochmoor-Regenerationsmassnahmen, auf einer Fläche von	132 Aren

- Amphibienzäune betreut und Tiere über die Strasse gerettet 935 Tiere
- Trockenmauer repariert und wieder aufgebaut auf einer Länge von 15 Metern

Ruedi Wyss

4.11 Neuer Lebensraum für den Igelschlauch (*Baldellia ranunculoides*) im Fanel

In den Jahren 2009–2012 erfolgte auf der BLS-Linie Bern–Neuchâtel der Doppelspurausbau auf dem Abschnitt durch den Fanelwald bis kurz vor die Zihlbrücke. Im Fanelwald überlagern sich Auengebiet und Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung mit einem Naturschutzgebiet von kantonaler Bedeutung. Der Autor dieses Artikels war im Auftrag des Umweltbüros PRONA in Biel mit der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) wie auch mit der Umweltbaubegleitung für die Bereiche Landschaft, Wald und Flora betraut.

Als Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen für die notwendige, südseitige Erweiterung der rund 700 m langen und 8 m breiten Dammschüttung quer durch den Fanelwald ist ein ganzes Bündel von Massnahmen umgesetzt worden:

- Einsaat mit Pionierpflanzen von Trockenstandorten und Magerwiesen auf der aus Erosionsschutzgründen grobschottrigen Oberfläche des sonnenexponierten Bahndammes.
- Einpflanzung heimischer Wildrosengruppen.
- Neue Wildunterquerung mit beidseitiger Waldauflichtung.
- Zusätzlicher Amphibiendurchlass bei Grabenquerung.
- Etappierte Entfernung naturferner Fichtenbestände im Auenwald auf 6 Hektaren und Waldrandaufwertung mit Folgepflege auf 1200 m Länge über 25 Jahre.
- Wiederherstellung der Feucht- und Nassgräben auf der Südseite des neuen Bahndammes.
- Ersatzgewässer für Amphibien auf Waldwiese südlich des Bahndammes.
- Abbruch einer stark trennenden Panzersperrmauer auf 40 m Länge.
- Naturnahe Wiederherstellung der Installationsfläche anstelle eines früheren Gemüsegartens.

Die aus Naturschutzsicht bedeutsamste Ersatzmassnahme ist die Neuanlage einer Kette von Amphibienlaichgewässern mit stark wechselndem Wasserstand auf einer Waldwiese südlich des Bahndammes. Da die durch die Baumassnahmen betroffenen Wassergräben südlich des Bahndammes (potenzieller) Lebensraum für den Kammmolch waren, konnten in enger Zusammenarbeit mit der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH) umfangreiche Ersatzmassnahmen geplant und realisiert werden. Um eine Vorstellung über den Baugrund und die Schwankungen des Grundwasserstandes zu bekommen, wurden im April 2009 drei Sondierschlitze von 3 m Tiefe angelegt. Diese



Abbildung 15: Neugeschaffene, flache Amphibienlaichgewässer im Fanel, am linken Weiherrand die neu aufgeschütteten Hügel mit sandreichem Aushubmaterial. (Foto: Peter Steiger)

zeigten alle lehmige Verlandungssedimente mit einer 20 cm dicken, bemerkenswerterweise stauenden, Torfschicht in einer Tiefe von 120 bis 140 cm, gelegentlich unterlagert von kleinen Seekreidepaketen.

Als Zielvorgabe für die Ersatzgewässer der Zielarten Laubfrosch und Kammmolch wurden, unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen von SILVIA ZUMBACH (KARCH) im Seeland, flachufrige, mähbare Weiher angelegt, die im Spätsommer vorzugsweise austrocknen, um den konkurrierenden Besatz mit Fischen und Seefrosch zu vermeiden oder zu minimieren. Auf einer Länge von 250 m und 30–50 m Breite entstand im Februar 2011 eine Kette flacher Weiher, die bei hohem Wasserstand fünf getrennte Weihersysteme darstellen, bei tiefem Wasserstand sich dagegen in viele Teilgewässer auftrennen oder temporär austrocknen. Ein grosser Weiher, der in randlich erhöhter Lage mit Bentonitmattenabdichtung versehen wurde, ist mit einem Grundablass gebaut worden, damit zumindest dieses Gewässer auch bei spätsommerlichem, hohem Wasserstand wunschgemäss entleert werden kann. Dafür zuständig ist HEINZ GARO.

Der umfangreiche Aushub ist seitlich der Weiher, auf der Waldwiese mit bisher trivialem Pflanzenbestand, in flache Hügel geschichtet worden, wobei anfallender Torf und Seekreide bewusst separiert in Linsen eingebaut wurde, um eine Differenzierung des zukünftigen Wiesenbestandes zu erzielen. Diese Wiesenflächen sind von HEINZ GARO im Frühsommer 2011 mit Direktsaat aus Magerwiesenheu aus der Umgebung eingesät worden und zeigen bereits eine erfreulich differenzierte Magerwiese (*Mesobrometum*). Umfangreiche Ausholungen in den benachbarten Waldbeständen sorgen für eine längerfristig gute Beleuchtung und Erwärmung der Weiher und Magerwiesen. Der Abbruch einer Panzerspermauer auf 40 m Länge im Weihergebiet trägt wesentlich zur Vernetzung der bisher weitgehend getrennten Teilflächen bei. Der durch Weiden und Schilf vollständig zugewachsene Graben entlang der Panzerspermauer ist in einen gut beleuchteten Pionierzustand mit unregelmässig breiter Sohle versetzt worden.

Die Zielarten Laubfrosch und Kammmolch konnten bisher nicht beobachtet werden. Im September 2011 konnte der Autor bei einer routinemässigen Erfolgskontrolle genau in dem Grabenabschnitt mit der abgebrochenen Panzerspermauer jedoch 42 blühende Pflanzen des Igelschlauchs (*Baldellia ranunculoides*) nachweisen. Dieser Neufund ist besonders erfreulich, da der Igelschlauch zu den am stärksten bedrohten Pflanzenarten der Schweiz zählt, mit dem Status «Critical» in der Roten Liste. Gemäss den umfangreichen Untersuchungen von GREGOR KOZLOWSKI an der Uni Fribourg, zeigt der Igelschlauch ein atlantisch-mediterranes Verbreitungsbild das demjenigen der Stechpalme (*Ilex aquifolium*) ähnlich ist. In der Schweiz ist die Art recht isoliert, am Ostrand der Verbreitung immer nur im Seeland, mit einem Schwerpunkt um den Neuenburgersee nachgewiesen worden. Gemäss CHRISTOPH KÄSERMANN sind aktuell in der Schweiz etwa 10 Fundstellen



Abbildung 16: Igelschlauch (*Baldellia ranunculoides*) im Fanel. (Foto: Peter Steiger)

bekannt, teils mit nur wenigen Individuen. Diese Vorkommen sind zudem stark isoliert, die nächstgelegenen Fundorte finden sich erst im mittleren Rhone- und Loiretal. Der Igelschlauch besiedelt als kurzlebige Pionierart offene, schlammige Gräben und Erdanrisse. Offensichtlich haben die Baggerarbeiten im verschilften Graben mehrere Jahre dort liegende Samen zur Keimung gebracht. Von den im Herbst 2011 während Monaten nachreifenden Samen hat der Autor die Mehrzahl umgehend auf die benachbarten Weiher verteilt, um das Risiko des primär nur punktförmigen Vorkommens breiter aufzuteilen. Parallel sind Samen an die Botanischen Gärten Bern, Fribourg und Zürich abgegeben worden. Im Botanischen Garten Zürich erzeugte Pflanzen hat der Autor im Herbst 2012 in den noch nicht besiedelten Weiher mit Grundablass eingepflanzt. Der aktuelle Bestand beträgt im Fanel nun über hundert Pflanzen, welche von den günstigen Pionierbedingungen profitieren und damit einen der aktuell wichtigsten Bestände der kritisch bedrohten Art in der Schweiz bilden.

HEINZ GARO mäht das aufkommende Schilf an den Fundorten gezielt und früh. Längerfristig kann bei dem zu erwartenden Rückgang der Pionierart auch ein sporadisches Neuaufreissen von Gräben und Weiherufer ins Auge gefasst werden. 2012 konnte als weitere interessante Art die stark gefährdete und in ihrer Schweizer Verbreitung ebenfalls auf die Dreiseenregion beschränkte Stechende Flechtbinse (*Schoenoplectus pungens*) nachgewiesen werden. Es ist ein erfreuliches und nicht gerade alltägliches Geschenk, zu erleben, wie wenige Monate nach dem Bau von Ersatzmassnahmen, überraschend eine kritisch gefährdete Pflanzenart von dem neu geschaffenen Lebensraumangebot profitieren kann.

Peter Steiger, dipl. Ing. Landschaftsarchitekt TUH, Oberdorfstrasse 35, 4118 Rodersdorf,
peter.steiger@me.com

4.12 Schlussbericht Artenförderungsprojekt Bocks-Riemenzunge 2011/2012

4.12.1 Zusammenfassung

Die Abteilung Naturförderung hat im Sommer 2011 ein Projekt zur Erhaltung und Förderung der stark gefährdeten Bocks-Riemenzunge (*Himantoglossum hircinum*) lanciert. Dieses konnte im Sommer 2012 abgeschlossen werden.

4.12.2 Biologie der Bocks-Riemenzunge

Anzutreffen ist die seltene Orchidee auf kalkhaltigen Böden, wobei sonnige und felsige Hänge, Trockenrasen, Waldränder sowie lichtiges Gebüsch bevorzugt werden. Aus der unterirdischen Speicherknolle treiben bereits im Oktober bodenständige Blätter aus. Diese Blattrosetten weisen deshalb oft Frostschäden in Form brauner Nekrosen auf, welche sich während der kalten Wintermonate gebildet haben.



Abbildung 17: Blattrosetten von Bocks-Riemenzungen, aufgenommen im Februar 2012. (Foto: Dimi-tri von Arx)

Im Frühling bildet die Pflanze einen spargelähnlichen Trieb aus. Die Bocks-Riemenzunge blüht von Anfang Mai bis in den Juni und setzt dabei einen unangenehmen süsslichen Duft frei, der an den Geruch des Ziegenbocks erinnert (daher der Name «Bocks-Riemenzunge»). Nach dem Freisetzen der reifen Samen im Juli, stirbt der oberirdische Teil der Pflanze ab, und die Knolle im Boden tritt in eine Ruhephase ein, bis im Herbst erneut eine Blattrosette austreibt.

4.12.3 Verbreitung und Gefährdung

Einst in der Schweiz grossflächig vorkommend, wurde die Bocks-Riemenzunge im Zuge der landwirtschaftlichen Intensivierung immer weiter zurückgedrängt und wird heute landesweit als VU «verletzlich» (Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen, 2002,) eingestuft. Die grössten Populationen finden sich aktuell in der Grenzregion zwischen Bodensee und Schaffhausen sowie entlang des Neuenburger- und Genfersees.

Im Kanton Bern kommen noch ungefähr 10 000 Exemplare dieser Orchidee vor, hauptsächlich am Nordufer des Bielersees sowie Richtung Seeland. Die Bocks-Riemenzunge wird kantonal sogar als EN «stark gefährdet» (Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen, 2002,) eingestuft – dementsprechend hoch ist die Verantwortung, die verbleibenden Populationen zu schützen. Eine im Jahr 2005 durchgeführte Studie (SIGMAPLAN) kam zum Schluss, dass rund 65% der verbleibenden *Himantoglossum*-Bestände im Kanton Bern kurz- oder mittelfristig gefährdet sind.



Abbildung 18: Blütenstand der Bocks-Riemenzunge in einem Rebberg am Bielersee. (Foto: Dimitri von Arx)

Als häufigste Gefährdungsursache gilt dabei das zu frühe Mähen von Rebgrass, Trockenrasen, Waldrändern oder Wegrändern, wo die Bocks-Riemenzungen mit Vorliebe wachsen. Die Bocks-Riemenzunge verbreitet ihre Samen nach Reifung der Samenkapseln im Juli und sichert so ihren Fortbestand. Wird sie jedoch über mehrere Jahre vor diesem Zeitpunkt gemäht, ist die Fortpflanzung nicht mehr gewährleistet und die Population verschwindet. Ein zweiter Grund für das Verschwinden der Riemenzunge stellt das gegenteilige Extrem dar, also die Aufgabe von landwirtschaftlichen Nutzflächen und die damit einhergehende Verbuschung und Verbrachung des Kulturlandes. Die dadurch stark aufkommenden Sträucher und Büsche verdrängen die Orchideen innert kurzer Zeit. Auch der zu intensive Herbizid- und Düngereinsatz wirkt sich schädlich auf die Orchideen aus.

Schön ist eigentlich alles, was wir mit Liebe betrachten. Je mehr jemand die Welt liebt, desto schöner wird er sie finden.

Christian Morgenstern

4.12.4 Projektziel

Im Rahmen des Artenschutzprojekts sollen Bocks-Riemenzungen vor oben genannten Gefährdungsursachen geschützt werden. Mit den Bewirtschaftenden von Rebflächen sollen Artenschutzverträge abgeschlossen und so der grösste Teil der Bestände im Kanton Bern gesichert werden.

4.12.5 Massnahmen

Im Frühjahr 2011 wurden am linken Bielerseeufer durch HANS MATTER sämtliche Bocks-Riemenzungenbestände erfasst. Dank dieser intensiven Kartierung konnten im 2011/2012 gezielt Massnahmen zur Förderung der Orchidee ergriffen werden. Bewirtschafter und Grundbesitzer von Flächen, auf welchen Bocks-Riemenzungen wachsen, wurden kontaktiert und bei Begehungen im Rebberg über die Gefährdungssituation und mögliche Pflegemassnahmen informiert. Bei grösseren Populationen wurden Artenschutzverträge abgeschlossen, welche garantieren, dass die Orchideen bis zum Abschluss ihrer Blüte stehen gelassen und frühestens Mitte Juli gemäht werden. Dies dürfte auf diesen Flächen zu einer deutlichen Erhöhung der Blühquote führen. Bei kleineren Vorkommen, welche nicht unter Artenschutz genommen werden konnten, wurde den Bewirtschaftern oder Grundbesitzern die Möglichkeit einer Pflanzenpatenschaft angeboten. Im Zuge dieser wird jeweils eine kleine Population Bocks-Riemenzungen von einer Einzelperson überwacht und gefördert.

Im Jahr 2011 konnten bereits die Regionen Tüscherz und Alfermée bearbeitet werden (vergleiche Jahresbericht 2011), insgesamt wurden dort fünf Artenschutzverträge und einige Pflanzenpatenschaften abgeschlossen.

Im Jahr 2012 kamen die Regionen Ligerz und La Neuveville hinzu. Insgesamt konnten weitere 17 Artenschutzverträge abgeschlossen werden.

Nach Projektschluss stehen am Bielersee-Nordufer sowie im Seeland rund 3500 Bocks-Riemenzungen vertraglich unter Artenschutz. Einen wertvollen Beitrag leistet in diesem Areal auch das Landschaftswerk Biel-Seeland, welches zahlreiche Standorte pflegt und somit weitere 500 Bocks-Riemenzungen fördert. 46 Bewirtschafter und Eigentümer wurden kontaktiert, einige Bocks-Riemenzungen stehen neu unter Pflanzenpatenschaft und werden von Privatpersonen gepflegt.

4.12.6 Ausblick

Erste verlässliche Aussagen zum Erfolg des Projekts werden im Verlaufe der nächsten 4–6 Jahre möglich sein. Nebst der kurzfristig eintretenden Stabilisierung der bestehenden Populationen erhofft man sich natürlich auch eine Ausbreitung in bisher unbesiedelte Flächen. So könnte man die Bocks-Riemenzunge in naher Zukunft auch im Berner Mittelland vermehrt zu Gesicht bekommen.

4.13 Artenförderungsprojekt Moorbläulinge

4.13.1 Zusammenfassung

Das 2010 lancierte Artenförderungsprojekt Moorbläulinge fand auch 2012 eine Fortsetzung. Im Frühsommer 2012 konnte im Diemtigtal sowie im unteren Simmental an rund zehn ehemaligen Flugstellen des Moorbläulings die Raupenfutterpflanze, der Grosse Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*), kartiert werden. Die bereits bekannten Gebiete im Berner Oberland mit Beständen des Moorbläulings sind oft isoliert und weit entfernt von der nächsten bekannten Population. Um diese Populationen miteinander zu vernetzen, wurden weitere Flächen mit der Futterpflanze und mit bisher unbekannten *Maculinea*-Beständen gesucht und diese vertraglich gesichert. Die potenziellen Standorte wurden mittels Orthobil dern ausfindig gemacht. Schwerpunkte wurden auf Feuchtgebietsinventarflächen und ökologische Ausgleichsflächen gelegt. Die neukartierten Gebiete wurden anschliessend während der Flugzeit der Schmetterlinge auf ihr Moorbläuling-Vorkommen untersucht.

4.13.2 Verbreitung und Gefährdung

Maculinea teleius sowie *M. nausithous* sind in der Roten Liste der INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN) als «stark gefährdet» (VU) aufgeführt. Seit mehreren Jahren wird ein starker Rückgang der beiden Arten verzeichnet. Die wichtigsten Gefährdungsursachen sind: Nährstoffanreicherung im Boden, Verbuschung durch Aufgabe der Mahd, Trockenlegung von Feuchtgebieten, falscher Schnittzeitpunkt, isolierte Populationen. Vor der Trockenlegung sowie der Intensivierung der Landwirtschaft war der Moorbläuling in der Schweiz weit verbreitet. Man fand ihn vor allem in den sumpfigen Gebieten in einer Höhe von 800 bis 1200 Meter ü.M. Ab 1900 nahmen die Populationen, zusammen mit den geeigneten Lebensräumen (Feuchtgebiete) stark ab. Der grösste Bestand der Schweiz befindet sich heute noch im Berner Oberland. Im Saanenland und Simmental befinden sich noch mehrere kleine bis mittelgrosse Populationen.

4.13.3 Ökologie und Lebenszyklus

Der Dunkle Moorbläuling (*Maculinea nausithous*) und der Grosse Moorbläuling (*M. teleius*) bewohnen Feuchtwiesen und -weiden, die vom Grossen Wiesenknopf, der Futterpflanze der Schmetterlings-Raupen, besiedelt sind. Beide Schmetterlingsarten sind äusserst gefährdet und zeichnen sich durch einen speziellen Lebenszyklus aus: Sie sind für ihre Fortpflanzung auf Ameisen angewiesen: Die Moorbläulinge beginnen etwa Mitte bis Ende Juni zu fliegen. Die Weibchen legen die Eier auf die Blüten des Grossen Wiesenknopfs ab. Die Raupen ernähren sich während drei bis vier Wochen von der purpurroten Blüte. Im vierten Larvenstadium lassen sie sich auf den Boden fallen. Die Raupe wird anschliessend von einer bestimmten Ameisenart (meistens *Myrmica scabrinodis*) adoptiert und ins Amei-



Abbildung 19: Dunkler Moorbläuling (*Maculinea nausithous*). (Foto: Thomas Leu)



Abbildung 20: Grosser Moorbläuling (*Maculinea teleius*). (Foto: Dominique Hindermann)

sennest getragen. Im Nest ernährt sich die Raupe von der Ameisenbrut und überwintert dort. Im Frühsommer verpuppt sich die Raupe und verlässt ab Mitte Juni als Falter das Ameisennest.

4.13.4 Projektziele

Abschluss von Bewirtschaftungsverträgen zur:

- Sicherung der vorhandenen Bestände von *Maculinea teleius* und *M. nausithous* im Hinblick auf eine langfristige Erhaltung (ein weiterer Verlust von Einzelstandorten oder Teilpopulationen soll verhindert werden).
- Förderung der *Maculinea*-Vorkommen durch vertraglich angepasste Bewirtschaftung.
- Sicherstellen von Vernetzungsachsen zwischen den Einzelstandorten und Teilpopulationen.

4.13.5 Pflegeempfehlungen zur Förderung der Moorbläulinge

Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung ist entscheidend für den Fortpflanzungserfolg des Moorbläulings. Der Flächenbedarf der Schmetterlinge ist gering. Bereits wenige Meter breite Streifen mit der Futterpflanze genügen. Zudem ist eine ausreichende Dichte der Wirtsameisennester unabdingbar für langfristig überlebensfähige Populationen. Eine für den Schmetterling optimierte Bewirtschaftung hängt von mehreren Faktoren ab (Lage der Fläche, vorherige Bewirtschaftungsweise, Pflanzenzusammensetzung). Wichtig sind folgende Massnahmen:

- auf den Flächen mit Beständen des Grossen Wiesenknopfs einen Altgrasstreifen von mindestens 10% stehen lassen;
- Pflegeschnitt oder Beweidung nicht vor dem 1. September; ab dann sollten die Raupen im Boden in den Ameisennestern sein;
- Bei zweischüriger Mahd sollte der erste Pflegeschnitt vor dem 1. Juni vorgenommen werden.

4.13.6 Zwischenbilanz «Artenförderungsprojekt Moorbläulinge»

Im Berner Oberland wurden im Jahr 2012 10 weitere Standorte mit meist spärlichen Beständen des Moorbläulings gefunden. Diese lokalen Vorkommen hat man über Artenschutzverträge gesichert. Im Seeland und im Oberaargau konnten an den von früher bekannten Flugstellen 2012 keine Moorbläulinge mehr nachgewiesen werden.

Insgesamt hat man im Rahmen des Artenschutzprojekts zur Förderung der Moorbläulinge in den Jahren 2010–2012 bereits 32 Bewirtschaftungsverträge abgeschlossen.

Daniela Flück, Praktikantin

4.14 Objektkontrolle der regionalen Inventare Feuchtgebiete und Trockenstandorte (2011–2014)

Die Überprüfung der Inventarflächen, welche im 2011 gestartet wurde, ist im vergangenen Jahr weitergeführt worden. Der Stand der Bearbeitung Ende 2012 und der Stand der Planung für die beiden Jahre 2013 und 2014 sind in den beiden untenstehenden Karten ersichtlich.

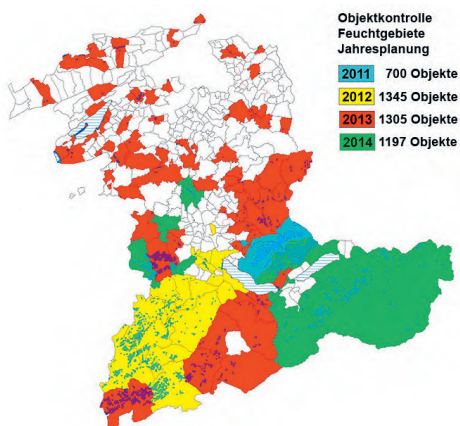


Abbildung 21: Feuchtgebiete, weisse Gemeinden: keine Feuchtgebiete vorhanden.

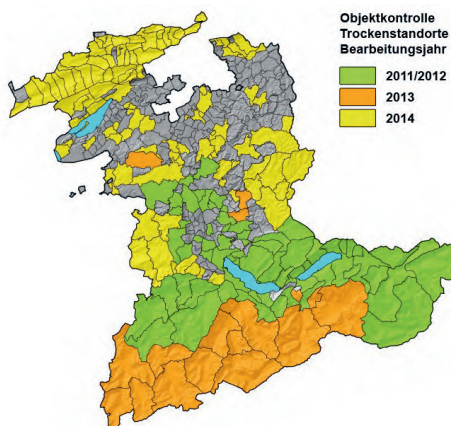


Abbildung 22: Trockenstandorte, graue Gemeinden: keine Trockenstandorte, die überprüft werden müssen, vorhanden.

	Feuchtgebiete		Trockenstandorte	
	Ausgangszu- stand 2010	Endzustand 2012	Ausgangszu- stand 2010	Endzustand 2012
Fläche (ha)	2209	2242	1894	1809
bestätigte Fläche	–	1801	–	1165
nicht bestätigte Fläche	–	–408	–	–729
neu kartierte Fläche	–	+441	–	+644

Tabelle 4: Ergebnisse aus den überprüften Gemeinden 2011 und 2012.

4.14.1 Umsetzung der Ergebnisse

Die nachgelagerten Verhandlungen über neue oder veränderte Flächen, bzw. die Auflösung von Verträgen über verworfene Flächen sind angelaufen. Es werden mit allen Bewirtschaftenden persönliche Gespräche geführt. Dieses Vorgehen ist aufwändig, aber sehr zielführend. Die Umsetzung der aktualisierten Inventare wird nicht zeitgleich mit der Kartierung, sondern erst verzögert abgeschlossen werden.

Brigitte Holzer und Res Hofmann

4.15 Wiesendrusch

Die ANF versucht, in einem gemeinsamen Projekt mit der Berner Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), im Dreschen von artenreichen Blumenwiesen ein rationelles und kostengünstiges Gewinnen von Saatgut, zum Aufwerten von ökologischen Ausgleichsflächen zu finden.

4.15.1 Ausgangslage und Ziel des Projektes

Im Jahr 2011 wurden im Kanton Bern 10 178 ha extensiv genutzte und 3429 ha wenig intensiv genutzte Wiesen bewirtschaftet (Auswertung im Agrarinformationssystem der Kantone Bern, Freiburg und Solothurn [Gelan] 2012). Von diesen Flächen weisen durchschnittlich 18% ÖQV-Qualität auf. Rund 68% der angemeldeten extensiven und wenig intensiven Wiesen liegen in einem Vernetzungsprojekt.

Die Verbesserung der botanischen Qualität auf den Wiesen ist nicht einfach. Die Neuanlage von Qualitätsflächen oder die Aufbesserung bestehender Flächen ist anspruchsvoll und das Saatgut ist teuer. Dementsprechend tief ist der Anreiz für die Landwirte, Geld und Zeit in die Verbesserung der biologischen Qualität von Wiesen zu investieren.

Das Projekt soll einerseits die Kosten für die Verbesserung der Qualität in diesen Wiesen deutlich senken, andererseits soll die regionale Herkunft des Saatgutes die Anlagesicherheit erhöhen und eine langfristig stabile hohe Artenvielfalt sichern.

4.15.2 Saatgutgewinnung

Bei der Gewinnung des Saatgutes steht das Mähdreschen im Vordergrund. Als ergänzende Methode wurde auch die Handerte für spezielle Pflanzenarten mit einbezogen.

Als artenreicher Trockenstandort wurde der Aargauerstalden in Bern gemäht und das Mähgut anschliessend gedroschen, wobei ein Teil am Boden getrocknet worden ist. Eine artenreiche Blumenwiese in Gampelen wurde an zwei Druschterminen direkt gedroschen.

4.15.3 Erste Erkenntnisse und Beobachtungen

Das Direktdreschen von Blumenwiesen hat sich zur Saatgutgewinnung am besten geeignet. Das Dreschgut wurde anschliessend an der Sonne getrocknet und enthält teilweise über 90% Samenanteil.

Die Samen aus dem Dreschgut sind auf den Versuchsflächen gut und dicht aufgelaufen. Im Vergleich zu herkömmlichen Samenmischungen sind bereits im ersten Jahr deutliche Unterschiede festzustellen. Insbesondere weisen sie mehr ÖQV-Zeigerpflanzen auf.



Abbildung 23: Mähdruschernte einer Blumenwiese. (Foto: Norina Bürkler)

Die Ansaaten mit Dreschgut sind kostengünstig, die Samen gut keimfähig und der Arbeitsaufwand ist deutlich kleiner als bei Heugrassaaten.

Als grosser Vorteil erachten wir, dass mit dem Dreschen standortangepasste Pflanzen aus der Region vermehrt werden und somit ein artenreicher Pflanzenbestand, mit optimal an den Standort angepassten Ökotypen, entstehen kann.

Gewisse Gräserarten eignen sich jedoch nicht für das Dreschsystem, sie müssen im Dreschgut ergänzt werden. Auch gilt es zu prüfen, wie häufig Spenderflächen genutzt werden können, ohne dass die biologische Qualität abnimmt. Leider sind viele artenreiche und wertvolle Blumenwiesen (Trockenstandorte) in steilen Hanglagen und daher nicht direkt dreschbar. Offen ist auch noch die Frage, wie das Dreschgut, welches viele Pflanzenreste enthält, maschinell angesät werden kann.

Andreas Brönnimann und Hans Ramseier (HAFL)

5. Vierter Berner Naturgipfel: Schwachstellen und Zukunftsvisionen bei Vernetzungsprojekten

5.1 Einleitung

Der Naturgipfel vom 10. Februar 2012 auf dem Schwand in Münsingen wurde von 120 am Thema Interessierten oder im Vollzug der ÖQV-Vernetzung Tätigen besucht. Durch Vernetzungsprojekte soll gemäss ÖQV die Qualität und Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft gefördert werden. Diese Vernetzungsprojekte haben sich prinzipiell bewährt. Mit dem Naturgipfel wollte man die Schwachstellen im Vollzug aufzeigen und Lösungsansätze entwickeln. Im Folgenden sind die Inputs der Teilnehmenden zusammengefasst. Dabei gilt zu beachten, dass es sich nicht um eine vollständige Analyse handelt. Vielmehr ist der vorliegende Bericht ein Abbild der eingegangenen Meinungen.

Beim zukünftigen ÖQV-Vollzug wird eine der Herausforderungen darin bestehen, die erwähnten Schwachstellen und Lösungsansätze zu berücksichtigen.

5.2 Schwachstellenanalyse zum aktuellen Vollzug der ÖQV-Vernetzung

5.2.1 Schwachstellen in der Vernetzungsberatung

5.2.1.1 Gruppenberatung

Die Schwachstellenanalyse bezüglich Vernetzungsberatung hat gezeigt, dass Gruppenberatungen für die konkrete Optimierung eines Einzelbetriebes wenig bringen. Nebst der Gruppenberatung ist zwingend auch eine einzelbetriebliche Beratung vor Ort durchzuführen.

Meist wird im Vollzug jedoch die Variante «Beratung in Kleingruppen» gewählt, da die finanzielle Situation den Trägerschaften keine einzelbetriebliche Beratung

zulässt. Die Trägerschaften sind meist nicht bereit, die anfallenden höheren Restkosten zu übernehmen. Eine Trägerschaft erarbeitet das Vernetzungsprojekt unter Einbezug der Gemeindebehörden, der betroffenen Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter und der Öffentlichkeit.

Die verschiedenen Vollzugsvarianten bei der Durchführung der Beratungen werden als nicht befriedigend erachtet.

Die Gruppenberatungen werden zwecks Optimierung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse häufig in der Vegetationspause durchgeführt. Obwohl dies nicht den Vorgaben des Kantons entspricht, erwarten die Trägerschaften eine finanzielle Beteiligung durch den Kanton.

5.2.1.2 Beratungsunterlagen

Die Projektberichte der einzelnen Vernetzungsprojekte sind wenig hilfreich für eine effiziente Vernetzungsberatung der Einzelbetriebe, da sie zu wenig detailliert sind.

Der «Vorgabendschungel» und die fehlenden Instrumente und Aufwertungsmöglichkeiten im Ackerbau wirken sich negativ auf die Motivation der Bewirtschaftenden aus.

Oft ist für die Bewirtschaftenden auch nach den Beratungen nicht klar, welche Ziele mit den Vernetzungsprojekten erreicht werden sollen und welche Strategie der Kanton Bern mit diesen Projekten verfolgt.

Die Bewirtschaftenden wünschen ein Ansprechorgan, das in einem breiten Themenbereich kompetent beraten kann und einfach zu erreichen ist.

5.2.1.3 Fehlende Qualitätssicherung

Bei der Mitfinanzierung der Vernetzungsberatung durch den Kanton wird die fehlende Qualitätssicherung bei der Beratung als häufige Schwachstelle genannt. Die Fachkompetenz der Beratenden muss verbessert werden.

5.2.2 Schwachstellen in der Information und Kommunikation

5.2.2.1 Information der Bevölkerung

Als Schwachstelle wurde genannt, dass die Bevölkerung durch die Trägerschaften zu wenig über die Zielsetzungen der Vernetzungsprojekte in den einzelnen Gemeinden informiert wird. Die konkreten Leistungen der Landwirtschaft im Bereich der Biodiversitätsförderung sind in der Bevölkerung zu wenig bekannt.

5.2.2.2 Vollzug

Der Vollzug der ÖQV-Vernetzung ist uneinheitlich und benötigt somit viel Geld. Die vielen Akteure im Vollzug der ÖQV wirken hemmend. Im Hinblick auf einen schlanken ÖQV-Vollzug sind zu viele Stellen involviert.

Der Informationsfluss zwischen den Trägerschaften und der Abteilung Naturförderung ist nicht optimal organisiert.

Den Trägerschaften fehlen häufig die finanziellen Mittel, um eine effiziente Informationspraxis durchzuführen und um die Landwirtschaft zu beraten.

5.2.2.3 Kommunikation

Der Zugang zu den notwendigen Informationen ist den Trägerschaften und den Bewirtschaftenden häufig unklar. Die Organisation ist wenig transparent.

Den Bewirtschaftenden fehlt häufig der Überblick über die regionalen Vernetzungsprojekte. Die Kompetenzen im Vollzug sind nicht klar geregelt und die Schnittstellen zwischen den Akteuren nicht definiert. Zudem wäre es für Trägerschaften hilfreich, in andere Planungen Einsicht zu haben. Damit könnte eine Planung effizienter erstellt werden. Es fehlt eine zentrale Plattform, um alle Dokumente, die den ökologischen Ausgleich betreffen, herunterzuladen.

5.2.2.4 Anmeldung

Die aktuelle Anmeldeprozedur mittels Papierformularen wird als schwerfällig und wenig transparent erachtet. Eine direkte Erhebung über Gelan müsste möglich sein. Die Anmeldung zur Vernetzung sollte koordiniert mit der Anmeldung zur ÖQV-Qualität erfolgen können.

5.2.2.5 Geoportal

Die Teilnehmenden waren sich einig, dass das Geoportal nicht anwenderfreundlich und zu langsam ist. Es enthält auch zu wenig brauchbare Informationen zum konkreten Vollzug (wie beispielsweise Abbildung der Massnahmegebiete und Links zu Gemeinden mit Vernetzungsprojekten).

5.2.3 Schwachstellen bei den Bewirtschaftungsauflagen

5.2.3.1 Rückzugsstreifen

Rückzugsstreifen sind streifenförmige Bereiche in Wiesen, die nicht gemäht werden. Sie ermöglichen den darin vorkommenden Kleintieren das Überleben während und nach der Mahd. Der Rückzugsstreifen bei gemähten Flächen hat sich als Vernetzungsvorgabe grundsätzlich etabliert. Der ökologische Wert wird anerkannt, und in der Praxis sind Rückzugsstreifen ohne Zusatzaufwand realisierbar. Bezüglich der geforderten Grösse dieses Streifens (5% oder 10%) und der Lage herrscht Uneinigkeit. So wird häufig gefordert, dass die Vorgabe des Rückzugsstreifens bei gemähten Ökoflächen, die an einen ökologisch wertvollen Lebensraum angrenzen (z.B. Feuchtgebiet, Hecke, Wald), wenig sinnvoll oder nicht angebracht ist.

Die Anlage eines Rückzugsstreifens wird gerade in höheren Lagen oder auf Grenzertragsflächen als problematisch im Hinblick auf die Vergandung/Verbuschung erachtet, da hier oft nur eine Nutzung pro Jahr erfolgt.

5.2.3.2 Nutzungsvarianten

Die einheitlichen Nutzungsvarianten auf Vernetzungsflächen im Kanton Bern werden begrüsst. Es herrscht jedoch die Meinung, dass es zu viele Varianten gibt. Zum Teil wird die Kontrollierbarkeit der Varianten in Frage gestellt. Die Zahl der Varianten ist zu reduzieren. Zielführende Nutzungsmöglichkeiten für Problemfälle (Pflanzen) und für spezielle Standorte sollen möglich sein.

5.2.3.3 Bewirtschaftungsauflagen

Häufig fehlt den Bewirtschaftenden ein Überblick über die konkreten Anforderungen an die vernetzungsbeitragsberechtigten Flächen. Die Vielfalt an unterschiedlichen oder zusätzlichen Anforderungen an die Bewirtschaftung wirkt hemmend für Personen, die neu in das Projekt einsteigen möchten. Die Trägerschaften haben nur in wenigen Fällen genügend und regelmässig über die konkreten Vernetzungsauflagen informiert.

Der ständige Wechsel bei den Bewirtschaftungsauflagen wurde grundsätzlich kritisiert. Auch dass es im konkreten Vollzug zu viele verschiedene Ämter und Organisationen gibt und die Trägerschaften bei Rückfragen oft überfordert sind. Viele Teilnehmende stellen sich deshalb die Frage, ob es die Trägerschaften in der heutigen Form überhaupt braucht.

5.2.4 Schwachstellen bei der Planung

5.2.4.1 Räumliche Steuerung

Die räumliche Steuerungsmöglichkeit der Ökoflächen war für viele Teilnehmende eine Schwachstelle des aktuellen Planungssystems, die verbessert werden muss.

Die relativ kleinräumigen Projektperimeter (v.a. im Mittelland und Seeland) führen häufig dazu, dass die einzelnen Bewirtschaftenden Ökoflächen in verschiedenen Vernetzungsprojekten bewirtschaften. Der kantonal unterschiedliche Vollzug verschärft diese Problematik zusätzlich. Das Anmeldeverfahren wird dadurch erschwert, und häufig fehlt den Bewirtschaftenden eine konkrete Ansprechperson.

5.2.4.2 Projektdauer

Die 6-jährige Projektdauer und der Umstand, dass die Zielsetzungen bereits nach kurzer Dauer überprüft und allenfalls neu definiert werden müssen, machen den Vollzug schwerfällig und unglaubwürdig. Vor allem aus der Sicht der Anliegen von «Natur und Landschaft» ist diese kurze Zeitspanne, in der die quantitativen Umsetzungsziele erreicht werden sollten, nicht optimal.

5.2.4.3 Planungskosten

Die hohen Planungskosten eines Vernetzungsprojektes wurden häufig als unverhältnismässig gegenüber den knappen Mitteln beim konkreten Vollzug erachtet.

Der Schwerpunkt sollte vielmehr auf eine effektive Beratung und Information gelegt werden.

Die Teilnehmenden waren sich mehrheitlich einig darüber, dass infolge der vielen Einzelprojekte im Kanton Bern zu viele Ressourcen in die Erarbeitung der Projekte fliessen und Doppelspurigkeiten den schlanken Vollzug verhindern.

5.2.4.4 Wissenstransfer

Als weiterer Schwachpunkt wird der Know-how-Transfer zwischen der Planungsinstanz (meist Planungsbüro) und der Vollzugsträgerschaft erachtet. Die umfassenden Projektberichte sind für den konkreten Vollzug wenig dienlich.

5.2.5 Schwachstellen bei der Kontrolle

5.2.5.1 Wirkungskontrolle

Die fehlenden oder nicht systematisch durchgeführten Wirkungskontrollen nach sechs Vollzugsjahren lassen den konkreten Nutzen der Vernetzungsprojekte nicht klar erkennen. Zudem fehlt meist ein Überblick über den Ausgangszustand. Dies erschwert Aussagen zur Wirkung eines Vernetzungsprojektes zusätzlich.

5.2.5.2 Auflagenkontrolle

Die bisherige Durchführung der Auflagenkontrolle durch die Trägerschaft wurde vielfach als Schwachstelle genannt. Die Trägerschaften erhoffen sich aus der Trennung zwischen Beratung und Kontrolle mehr Transparenz.

5.2.5.3 Umsetzungsziele

Die Konsequenzen beim Nichterreichen der Umsetzungsziele sind den Trägerschaften nicht bekannt. Den Umsetzungsverantwortlichen fehlen vielfach die notwendigen Datengrundlagen.

Die spezifischen Ziel- und Leitarten der verschiedenen Regionen im Kanton Bern werden nach Ansicht vieler Teilnehmer zu wenig berücksichtigt und nicht in die Erarbeitung der Zielsetzungen der Vernetzungsprojekte integriert.

5.2.5.4 Trägerschaften

Unklar bleibt für viele Trägerschaften, wie die Ergebnisse aus der ÖQV-Vernetzungskontrolle den Vollzugsverantwortlichen kommuniziert werden sollen.

Die fehlende Fachkompetenz der Trägerschaften wird vielfach als Schwachstelle beim notwendigen Controlling erachtet.

Das grosse Ziel des Lebens ist nicht Wissen, sondern Handeln.

Thomas Huxley

5.3 Zukunftsvisionen im Vollzug der ÖQV-Vernetzung im Kanton Bern

5.3.1 Wie soll der zukünftige Vollzug der ÖQV-Vernetzung im Kanton Bern aussehen?

5.3.1.1 Aus der Sicht der Trägerschaften

Welche Rolle soll der Trägerschaft beim zukünftigen Vollzug der ÖQV-Vernetzung zukommen?

- Die Trägerschaften sollen die Organisation und Durchführung einer einheitlichen Vernetzungsberatung übernehmen.
- Die Trägerschaften sollen die Anlaufstelle und kompetente Verbindung zwischen Kanton, Gemeinden und der Landwirtschaft sein.
- Die Öffentlichkeitsarbeit vor Ort ist Sache der Trägerschaften. Diese sollen die Bevölkerung und die Landwirtinnen und Landwirte über die Vernetzungsprojekte in ihrer Gemeinde informieren. Auf der Homepage der Gemeinden könnten die Vernetzungsprojekte aufgeschaltet werden.
- Bei einem kantonalen Vernetzungsprojekt könnten regionale Trägerschaften die Umsetzung vor Ort übernehmen.

Wie soll sich die Trägerschaft bei ÖQV-Vernetzungsprojekten finanziell engagieren?

- Genannt wurde v.a. eine Kostenbeteiligung seitens der Gemeinden für die Vernetzungsberatung, da eine erfolgreiche Vernetzung im öffentlichen Interesse steht. Es gab auch Stimmen, die eine vollständige Finanzierung der Beratung durch den Kanton verlangen.
- Die Aufteilung der Beratungskosten ($\frac{1}{2}$ zahlt der Kanton und $\frac{1}{2}$ zahlt die Gemeinde) wird nicht von allen Trägerschaften als positiv beurteilt.
- Eine Möglichkeit wäre eine Kostenbeteiligung der Bewirtschaftenden (Pauschale pro Hektare Vernetzungsfläche), wie es im Berner Jura mit gutem Erfolg gehandhabt wird.

Gewünscht wurde

- eine Verbesserung des Informationsflusses zwischen Trägerschaften und der Abteilung Naturförderung, z.B. in Form eines Newsletters LANAT, der an alle Trägerschaften zugestellt wird;
- ein Zugang zu den GELAN-Tools;
- dass der Kanton via Geoportal Hilfsmittel für die Umsetzung der Vernetzungsprojekte zur Verfügung stellt;
- eine generelle Überprüfung der Funktionen und Aufgaben der Trägerschaften beim zukünftigen Vollzug der ÖQV-Vernetzung.

5.3.1.2 Aus der Sicht von «Natur und Landschaft»

Wie sollen die Vernetzungsprojekte ausgestaltet sein?

- Das Ziel- und Leitartenkonzept zur Ableitung von Zielen und Massnahmen wird als sinnvoll erachtet. Dabei wäre eine Konzentration auf wenige Arten zielführender.
- Ein variabler Schnittzeitpunkt, der Verzicht auf den Mähauflbereiter, die Definition von Minimalflächen, das Siloverbot sowie weitere artenspezifische Förderungsmassnahmen würden als sinnvoll angesehen.
- Grosse Ökoflächen mit Strukturen wären anzustreben.
- Aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes würde es Sinn machen, 10% Rückzugstreifen als minimale Vorgabe zu definieren. Diese sollten alternierend genutzt werden.

Welche Umsetzungsziele sind wichtig?

- Die Umsetzungsziele sind so zu definieren, dass das Verständnis der Bewirtschaftenden für die Anliegen der Natur gefördert wird. Diesbezüglich übernimmt die Beratung eine zentrale Aufgabe.
- Die geforderten 12% ökologische Ausgleichsflächen (ÖAF) als Zielwert bei Vernetzungsprojekten sind sinnvoll. Diese Vorgabe sollte jedoch in der DZV verankert sein.
- Uneinigkeit herrscht bei der Frage, ob eine räumliche Flächensteuerung durch die planliche Festlegung von Vernetzungskorridoren und Massnahmengebieten besser erreicht werden kann. Eine effektive Steuerung der Vernetzungsflächen mittels Vernetzungsplan wird bezweifelt. Ein beschreibendes System könnte allenfalls die gleiche Wirkung erzielen.
- Ein Plan mit bezeichneten Massnahmengebieten macht als Beratungsinstrument durchaus Sinn.
- Unabhängig, ob der zukünftige Vollzug mit oder ohne Plangrundlagen stattfindet: Die naturräumlichen Gegebenheiten einer Region müssen in der Vernetzung unbedingt berücksichtigt werden.

5.3.1.3 Aus der Sicht der Bewirtschaftenden

Was wird vom zukünftigen Vollzug der ÖQV-Vernetzung erwartet?

- Die Bewirtschaftenden wünschen sich einen einfachen und transparenten Vollzug. Die Ziele des Kantons sollten dabei einfach dargestellt werden. Die Vernetzungsprojekte sollen nachvollziehbare Auflagen beinhalten.
- Es sollten Merkblätter vorhanden sein, die zusammenfassende, übersichtliche und vollständige Darstellungen zu den Vorschriften und den variablen Schnittzeitpunkten enthalten. Auch wird ein kurzes Infoblatt über Änderungen für die Bewirtschaftenden gewünscht.

- Die Trägerschaften und die Beratungspersonen sollten eine hohe Fachkompetenz aufweisen.
- Eine gesamtbetriebliche Beratung ist zentral. Dabei soll aufgezeigt werden, wie sich die einzelnen Massnahmen auf den ganzen Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) auswirken.
- Ein kantonales Vernetzungsprojekt wäre aus Sicht der Bewirtschaftenden erstrebenswert. Dies würde eine Vereinfachung bei der Bewirtschaftung von Vernetzungsflächen in verschiedenen Gemeinden oder Regionen bringen.
- Eine Anmeldung der Vernetzungsflächen direkt über das Internetportal würde zu einem schlankeren Vollzug führen. Analog den Erhebungsstellenleitenden könnten die Trägerschaften die von den Bewirtschaftenden eingegebenen Flächen vor der definitiven Freigabe im GELAN überprüfen.

Sind die definierten Massnahmen zur Förderung der Ziel- und Leitarten verständlich, praktikabel und sinnvoll?

- Es ist für die Bewirtschaftenden sehr motivierend zu wissen, für welche Ziel- und Leitarten sie welche Bewirtschaftungsaufgabe ausführen. Auch empirische Erfolgskontrollen fördern ihre Motivation.
- Sie sehen es als wenig sinnvoll an, auf kleinen Flächen noch einen Rückzugstreifen anzulegen.
- Die Definition eines Mindestanteils an Vernetzungsfläche wird allgemein akzeptiert.

Besteht unter den aktuellen Voraussetzungen ein finanzieller Anreiz, sich bei Vernetzungsprojekten zu beteiligen und Flächen als Vernetzungsflächen anzumelden?

- Die Kosten für die Beratung und die Kontrollen sollten durch die öffentliche Hand getragen werden. Würden die Beratungs- und Kontrollkosten von den Beiträgen für die Bewirtschaftenden abgezogen, könnte dies potenziell Neueinsteigende abhalten.
- Auf besonders bedeutenden Vernetzungsflächen sollten höhere Beträge ausbezahlt werden.

Der einzige, der einen Ozelotpelz wirklich braucht, ist der Ozelot.

Bernhard Grzimek

5.3.2 Vor- und Nachteile eines einzigen kantonalen Vernetzungsprojektes

Am Naturgipfel wurde ebenfalls die Vision eines einzigen kantonalen Vernetzungsprojektes thematisiert. Dabei sind folgende Punkte erwähnt worden:

	Positive Aspekte	Negative Aspekte
Aus der Sicht der Trägerschaften	Wegfall der Planungskosten	
	Einheitliches Konzept über den ganzen Kanton hinweg	Regionale Mitwirkung schwieriger
	Kantonale einheitliche Massnahmengebiete	Die Einflussmöglichkeiten der Trägerschaften auf die Planungs- und Umsetzungsphasen sind nur noch eingeschränkt möglich. Vereinheitlichung hiesse u.U. auch Entfernung vom konkreten Vollzug
Aus der Sicht von «Natur und Landschaft»	Kostengünstigere Planung, dadurch mehr Ressourcen für die Umsetzung und Beratung	
	Kanton kann neueste Erkenntnisse im Bereich der Biodiversitätsförderung einfacher und wirkungsvoller umsetzen	Regionale Spezifitäten sind schwieriger einzubringen: der lokale Bezug ginge verloren
	Der Kanton kann die Lebensraumansprüche der regional vorkommenden Ziel- und Leitarten grossräumig umsetzen	
Aus der Sicht der Bewirtschaftenden	Rechtsgleichheit: die Bewirtschaftenden können unabhängig von der Initiative der Gemeinde mitmachen	Regionale Spezifitäten sind schwieriger einzubringen: der lokale Bezug ginge verloren
	Durch die Kantonalisierung würden die Informationen einheitlicher vermittelt werden können	
	Eine Kantonalisierung brächte ebenfalls eine Professionalisierung im Vollzug mit sich (aktuell sind in vielen Gemeinden Laien mit dem Vollzug ÖQV-V beschäftigt)	
Allgemeines	Weniger Schnittstellen	Räumliche Differenzierung wird schwieriger
	Gleiche Massstäbe für alle	Identifikation mit dem Projekt wird schwieriger
	Bessere Berücksichtigung der grossen Zusammenhänge	Schwierigere Umsetzung der regionalen Besonderheiten (umfangreiches Mitwirkungsverfahren)

Tabelle 5: Zusammenstellung der Vor- und Nachteile eines einzigen kantonalen Vernetzungsprojektes.

5.4 Landschaftsqualität im Kanton Bern

Eine ausführliche Beschreibung des Pilotprojektes zur Einführung der Landschaftsqualität im Kanton Bern kann in MEIER (2012) nachgelesen werden.

5.4.1 Fragen zum kantonalen Programm und zur Mitwirkung in den Regionen

- Grundsätzlich findet ein kantonales Programm Anklang. Die Regionen, die Bevölkerung und die Personen aus der Landwirtschaft wünschen eine Mitwirkung und sie wünschen, dass die Regionen bei der Umsetzung einen Spielraum haben und zur Bedeutung der regionalen Landschaftsqualität mitreden können.
- Den Teilnehmenden war wichtig, dass die Zersiedelung der Landschaft gestoppt wird.

5.4.2 Fragen zum Punktesystem

Das Punktesystem in der Landschaftsqualität fand Anklang. Die Teilnehmer fänden es gut, wenn es mit der Vernetzung gekoppelt wäre.

5.4.3 Fragen zur Einteilung des Kantons nach landschaftstypologischen Grundsätzen (Landschaftstypologie vom Bundesamt für Raumentwicklung, ARE)

- Die Einteilung des Kantons Bern in die Landschaftstypen nach ARE wurde grösstenteils gutgeheissen. Jedoch müsse darauf geachtet werden, dass die regionaltypischen Gegebenheiten einer Landschaft nicht verloren gehen und dass diese Einteilung nach ARE nicht zu starr angewandt werde.
- Es wurde der Vorschlag gemacht, dass GIS-Karten zur Einteilung des Kantons Bern zu Hilfe genommen werden.
- Von allen wird ein einfacher und zielführender Vollzug gewünscht.
- Bestehende Grundlagen (z.B. Landschaftsentwicklungskonzept [LEK]) sollten für die Planung der Landschaftsqualität genutzt werden.

5.4.4 Fragen zu einzelnen Landschaftselementen

- Es sollte keine Unterteilung in die Untergruppen ästhetische, ökologische und kulturelle Landschaftselemente gemacht werden, und die Anzahl der Landschaftselemente pro Landschaftstyp dürfen nicht zu hoch sein.
- Es wurden Bedenken geäussert, dass es zu Doppelzahlungen mit der DZV und/oder der ÖQV kommen könnte.

5.4.4.1 Inputs zu den einzelnen Elementen

- Der Hangackerbau (mit Pflug oder Direktsaat) sollte nur auf kleinen Flächen gezählt werden (Erosionsgefahr).
- Bei den Hochstammobstanlagen sollten nur Erstpflanzungen mit ProSpecieRara-Sorten gezählt werden.

- Die Stufenbewirtschaftung als Landschaftselement ist wichtig für das Berner Oberland. Die Produktion von Berg- und Alpkäse sowie die Sömmerung mit ProSpecieRara-Arten könnten als Bewertungskriterium für die Stufenbewirtschaftung dienen.
- Der Name des Landschaftselements «Spezialkulturen» sollte neu gewählt werden z.B. «einzigartige Kulturen». Der Anbau von Rosenkohl, Schwarzwurzel und der Obstanbau mit alten Obstsorten sollten angerechnet werden können.
- Nur die Wässermatten, die heute noch bewässert werden, sollten angerechnet werden können.
- Tristen sind ein attraktives, landschaftsprägendes Element – aber lohnen sich finanziell nicht mehr. Deshalb finden es die Teilnehmenden gut, wenn für das Benützen der Tristen den Landwirtinnen und Landwirten eine Entschädigung ausbezahlt wird.

5.4.4.2 Fehlende Landschaftselemente

- Karpfen-, Wässer- und Mühlenteiche.
- Der «Mosaikwert» der Landschaft und der Gehölze sollte auch ein zählbares Element sein.
- Das Wildheuen in den Alpgebieten ist ein gewünschtes Element.
- Es wurde gewünscht, dass traditionelle Landwirtschaftsgebäude erhalten bleiben. Werden diese Landwirtschaftsgebäude nicht anders genutzt, sollten diese sowie der Blumenschmuck am Haus in Streusiedlungen ebenfalls als zählbares Element gelten. Das Inventar der «Erhaltenswerten und schützenswerten Gebäude» sollte übernommen und berücksichtigt werden.
- Das Erhalten von Ackerterrassen, z.B. im Rebbau, sollte auch angerechnet werden können.

Literatur

MEIER, N. (2012). Landschaftsqualität im Kanton Bern. Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, N.F. 69, 200–201.

Nina Meier, Praktikantin

Wir zerstören Millionen Blüten, um Schlösser zu errichten, dabei ist eine einzige Distelblüte wertvoller als tausend Schlösser.

Leo Tolstoi

6. Ausblick

6.1 Arbeitsprogramm 2014–2017

2010 hat sich die Abteilung Naturförderung ein erstes vierjähriges Arbeitsprogramm gegeben. In diesem wurde aufgrund der konkreten Rahmenbedingungen (Aufgaben, Ressourcen, Fristen) festgelegt, welche Aufgaben und Projekte von 2010 bis 2013 bearbeitet werden sollen. Ebenfalls ausgewiesen wurden die zurückgestellten Tätigkeiten. Das Arbeitsprogramm setzt so klare Prioritäten und schafft gegen innen und aussen Transparenz. Es wurde von den übergeordneten Stellen (Amt für Landwirtschaft und Natur, Volkswirtschaftsdirektion) zustimmend zur Kenntnis genommen.

2013 ist bereits das letzte Jahr des Arbeitsprogramms 2010–2013. Das Instrument hat sich in den ersten drei Jahren bewährt. Aufgrund externer Interventionen (Sparaufträge, Bearbeitungsprioritäten) mussten Anpassungen vorgenommen werden. Die wichtigsten Ziele sollten trotzdem erreicht werden. Aufgrund der positiven Erfahrungen wird auch für die Periode 2014–2017 ein Arbeitsprogramm erstellt. Die Startsituation fand bereits im Januar 2013 statt. Der intern konsolidierte Entwurf soll der Amtsleitung und Direktion im Herbst 2013 wiederum zur Kenntnisnahme gebracht werden. Vorgesehen ist eine Publikation im Tätigkeitsbericht 2013 (erscheint voraussichtlich im Sommer 2014).

Urs Känzig-Schoch

7. Zuständigkeiten und Fachkommissionen

7.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung (siehe Tabelle 6 und 7 am Schluss)

7.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch)

«Die Fachkommission Naturschutz nimmt aus fachlicher Sicht zuhanden der Volkswirtschaftsdirektion Stellung zu grundsätzlichen Fragen des Naturschutzes von gesamtkantonalen Bedeutung.» «Sie befasst sich mit der Früherkennung von Gefährdungen und der langfristigen Erfolgskontrolle des Naturschutzes.» (Naturschutzverordnung des Kantons Bern vom 10. November 1993, Art. 35). Sie kann der ANF diesbezüglich Konzepte und Programme vorschlagen und steht ihr bei deren Umsetzung beratend zur Seite.

Im 2012 behandelte die Kommission folgende Themen schwergewichtig:

- Nationale Biodiversitätsstrategie und Aktionsplan; Diskussion der Möglichkeiten der Umsetzung für den Kanton Bern.
- Wirkungskontrolle Trockenstandorte und Feuchtgebiete – Bewirtschaftungsbeiträge; Diskussion der Ergebnisse.

- Durchführung einer Exkursion an den Jurasüdfuss mit dem Thema Waldreservate, Vorranggebiet Trockenstandorte Bielersee, alter Rebenweg.
- Agrarpolitik 14–17; Diskussion und Vorbereitung der Stellungnahme zur Vernetzungsplanung.
- Laufende Geschäfte ANF; Diskussion.

Im Jahr 2012 waren folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

Vertretung	Fachrichtung	Personen
Präsident Fachkommission, Pro Natura, Umweltbüro WFN	Dr. phil. nat., Biologe, Gewässerökologe	ARTHUR KIRCHHOFFER, Gümmenen
Sekretariat Fachkommission, Beratungsbüro p&p evaluationen GmbH	Dr. phil. nat., Biologin, Politikevaluatorin	KATHRIN PETER, Bern
Amt für Wald des Kantons Bern, Leiterin Waldabteilung 2 Frutigen-Obersimmental/Saanen	dipl. Forstingenieurin ETH	EVELYN COLEMAN BRANTSCHEN, Spiez
Präsident Oberaargauischer Bauernverein	Landwirt	Ueli FAHRNI, Rumisberg
Universität Bern, Institute of Plant Sciences (IPS)	Prof. Dr.	MARKUS FISCHER, Bern
Berner Jura, Umweltbüro LIN'eco	Dr. phil. nat., Biologe	PHILIPPE GROSVERNIER, Reconvilier
Universität Bern, Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ)	PD Dr.	THOMAS HAMMER, Fribourg
Bärner Bio Bure	Landwirt	GERHARD HOFSTETTER, Zweisimmen
Regierungsstatthalter Verwaltungskreis Frutigen-Niedersimmental	Landwirt	CHRISTIAN RUBIN, Aeschi
Politik, Gemeinderätin der Stadt Bern	dipl. Biologin	FRANZISKA TEUSCHER, Bern
Amt für Landwirtschaft und Natur, Leiter Abteilung Strukturverbesserung und Produktion (ASP)	dipl. Ingenieur Agronom ETH	MARC ZUBER, Münsingen

Tabelle 8: Mitglieder der Fachkommission Naturschutz.

KATHRIN BALMER, Politikwissenschaftlerin, Generalsekretariat Volkswirtschaftsdirektion, und URS KÄNZIG-SCHOCH, Dr. phil. nat., Biologe, Amt für Landwirtschaft und Natur, Leiter Abteilung Naturförderung nahmen im Jahr 2012 als ständige Gäste an den Sitzungen teil.

Kathrin Peter, Sekretariat der Fachkommission Naturschutz

7.3 Fachkommission Ökologischer Ausgleich (FKöA)

Die Fachkommission Ökologischer Ausgleich ist der Volkswirtschaftsdirektion angegliedert und berät diese sowie das LANAT und die ANF seit zwei Jahren insbesondere bei Vollzugsfragen in den Bereichen der ÖQV und des ökologischen Ausgleichs nach DZV sowie dem Vertragsnaturschutz.

Im 2012 hat die Kommission folgende Themen schwergewichtig behandelt und verabschiedet:

- Erarbeitung der Mitwirkungsunterlagen für ein mögliches kantonales Vollzugsprogramm im Bereich der Landschaftsqualität.
- Mithilfe bei der Neuausrichtung des Vollzuges der ÖQV-Vernetzung im Kanton Bern ab der 3. Projektperiode.
- Verabschiedung der Mitwirkungsunterlagen zur Revision der FTV (Verordnung über die Trockenstandorte und Feuchtgebiete).
- Eingabe beim BLW zum Thema der artenreichen Grünflächen im Sömmerungsgebiet.
- Durchführung einer Exkursion für die parlamentarische Gruppe Landwirtschaft.

Im 2012 sind folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

Vertretung aus	Bereich/Institution	Personen
Politik	Grossrat, Präsident der FKöA	JÜRGEN ISELI, Zwiesselberg
Fachstellen	Abteilung Naturförderung, LANAT	ANDREAS BRÖNNIMANN, Münsingen DANIEL FASCHING, Münsingen
	Kantonales Amt für Wald	WALTER BEER, Bern
Interessensverbände	Lobag	DANIEL LEHMANN, Bern
	Bärner Bio Bure	GERHARD HOFSTETTER, Zweisimmen
	Pro Natura Bern	JAN RYSER, Bern
	Trägerschaft V-Projekte / Planer	SAMUEL KAPPELER, Bern
Bildung/ Beratung Wissenschaft	Inforama / IP-Ringe (inkl. BFO)	ERNST FLÜCKIGER, Bärau BENZ MOSER, Münsingen
	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften	HANS RAMSEIER, Zollikofen
	Lebensräume und Arten	LUC LIENHARD, Biel
Kontroll- und Erhebungsstellen	Kontrollstellen	ANDREAS ZUBER, KUL, Gegenstorf
	Erhebungsstellen	STEFAN LUDER, Oberösch

Tabelle 9: Mitglieder der Fachkommission Ökologischer Ausgleich.

Daniel Fasching

8. Wissenschaftlicher Artikel

Geotope im Kanton Bern – «Bodenschätze für die Öffentlichkeit»

CORINNE BLUM¹, CHRISTIAN SCHLÜCHTER¹, URS KÄNZIG-SCHOCH², URSULA MENKVELD-GFELLER³,
BEDA HOFMANN³

Im Rahmen der Masterarbeit von CORINNE BLUM wurde unter der Leitung von PROF. CHRISTIAN SCHLÜCHTER ein Geotop-Inventar für die Abteilung Naturförderung (ANF) des Amts für Landwirtschaft und Natur (LANAT) des Kantons Bern erstellt. Als Grundlage für Definitionen, Kriterien usw. diente der Strategiebericht der Arbeitsgruppe Geotope der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) (STRASSER ET AL. 1995): «*Geotope* sind räumlich begrenzte Teile der Geosphäre von besonderer geologischer, geomorphologischer oder geoökologischer Bedeutung. Sie beinhalten wichtige Zeugen der Erdgeschichte und geben Einblick in die Entwicklung der Landschaft und des Klimas. Je nachdem, ob die prägenden Prozesse abgeschlossen oder noch im Gang sind, handelt es sich um statische oder aktive Geotope. Geotope sind der Nachwelt zu erhalten. Sie sind vor Einflüssen zu bewahren, die ihre Substanz, Struktur, Form oder natürliche Weiterentwicklung beeinträchtigen» (STRASSER ET AL. 1995). Der Naturschutz im Kanton Bern begann in der Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Unterschutzstellung von Findlingen (ITTEN 1970: 29). Diese stellen rückblickend gesehen die ersten «Geotope» dar. Die meisten der 202 geologischen Objekte, die heute im Kanton Bern bereits durch Regierungsratsbeschlüsse geschützt sind, sind Findlinge. Auch bei den meisten der «geologischen Naturdenkmäler», die ITTEN in seiner Publikation «Naturdenkmäler im Kanton Bern» (1970) vorstellt, handelt es sich um erratische Blöcke.

Unsere Geotope erfüllen die *Kriterien* Seltenheit (1), Erhaltungszustand/Ursprünglichkeit/Ganzheit (2), wissenschaftliche und erdgeschichtliche Bedeutung (3) sowie Sichtbarkeit/Erkennbarkeit/didaktische Qualität (4) und wurden für unser Inventar nach dem «Arche-Noah-Prinzip» ausgewählt. Das bedeutet, dass von jeder Objektart jeweils nur ein bis zwei Beispiele ausgewählt werden, und zwar diejenigen, die den obgenannten Kriterien am besten gerecht werden. Ausserdem wurde darauf geachtet, dass eine *fachliche sowie räumliche Diversität* in der Auswahl gewährleistet ist. Die Objekte können einerseits in die acht Fachbereiche Strukturgeologie-Tektonik, Mineralogie-Petrographie, Paläontologie, Stratigraphie-Typuslokalitäten, Sedimentologie, Geomorphologie, Hydrogeologie und historische Geologie und andererseits in die drei Regionen Jura, Mittelland und Alpen

¹ Institut für Geologie, Universität Bern, Baltzerstrasse 1+3, 3012 Bern, Schweiz

² Abteilung Naturförderung, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Schwand, 3110 Münsingen, Schweiz

³ Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Bernastrasse 15, 3005 Bern, Schweiz

eingeteilt werden. Die ausgewählten Geotope repräsentieren in anschaulicher Weise den geologischen Aufbau des Kantons Bern.

Neben ihrem naturhistorischen und wissenschaftlichen Wert sind Geotope wichtig, weil verschiedene *Interessensgruppen* einen solchen Schutzstatus unterstützen bzw. fordern. Mit Hilfe der ausgewählten Objekte können alle ihr Wissen über die Erdgeschichte erweitern und ein tieferes Verständnis für den Ablauf von Prozessen in der Natur erlangen. Als hauptsächliche Interessensgruppen sind zu unterscheiden: Wissenschaft/Forschung, interessierte Personen, Bevölkerung im Allgemeinen, Touristikbranche.

Ins Inventar wurden 36 Geotope aufgenommen, mit je einem *Objektblatt*. Die Objektblätter beinhalten neben einer allgemeinen und einer geologischen Beschreibung Informationen zur Lokalisierung des Objekts (Karte, Koordinaten, Erschliessung) sowie ein Kapitel über Didaktik. Die zentralen Fragen, warum das Objekt als Geotop ausgeschieden werden soll und welchen Schutzstatus es allenfalls verdient, bleiben natürlich auch nicht unbeantwortet.

Bei dieser Auswahl von Geotopen handelt es sich um eine Zusammenstellung im Sinne eines *Hinweisinventars*. Ein allfällig wünschenswerter Schutz wurde in den Objektblättern vermerkt. Der Anspruch war nicht, ein vollständiges und flächendeckendes Inventar herzustellen, sondern mit einer Auswahl besonders repräsentativer und wertvoller Objekte zu arbeiten. Der Begriff «Inventar» ist hier also im Sinne einer «*Sélection*» zu verstehen. Wir sind uns auch bewusst, dass wir in den Augen von Kolleginnen und Kollegen möglicherweise einzelne Objekte übersehen haben. Die Objektblätter und der Bericht über die Geotop-Auswahl sind bei der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern einsehbar.

Literatur

ITTEN, H. (1970): Naturdenkmäler im Kanton Bern. Verlag Paul Haupt, Bern.

LABHART, T. (2005): Geologie der Schweiz. Ott Verlag, Bern.

PRIFFNER, O.A. (2010): Geologie der Alpen. Verlag Paul Haupt, Bern.

STRASSER, A.; HEITZMANN, P.; JORDAN, P.; STAPPER, A.; STÜRM, B.; VOGEL, A.; WEIDMANN, M. (1995): Geotope und der Schutz erdwissenschaftlicher Objekte in der Schweiz. Ein Strategiebericht. Download unter: www.geosciences.scnat.ch.

Man soll etwas dazu beitragen, dass man die Welt in einem besseren Zustand verlässt, als man sie vorgefunden hat.

Bertold Brecht



Abbildung 1: Die St. Beatus-Höhlen sind eines der bekanntesten Geotope im Kanton Bern.



Abbildung 2: Die Falten im Dogger bei Brienz wurden als Geotop in unser Inventar aufgenommen.

Anhang: Überblick über die ausgewählten Objekte

Insgesamt wurden 36 Geotope für das Inventar des Kantons Bern vorgeschlagen. Die Einteilung der Objekte in die drei Regionen Jura, Mittelland und Alpen bildet die Grundlage für die *Kurzbezeichnungen* der Geotope. Die Kürzel beginnen jeweils mit einem der Buchstaben J (Jura), M (Mittelland) oder A (Alpen). Auf den Buchstaben folgt eine Zahl. Die Objekte innerhalb der Region sind nach ungefährem geologischem Alter geordnet. Die Bezeichnungen erhalten anschliessend eine Farbe zugeteilt. Diese sagt aus, welchem geologischen Fachbereich das Objekt in erster Linie zugeordnet werden kann.

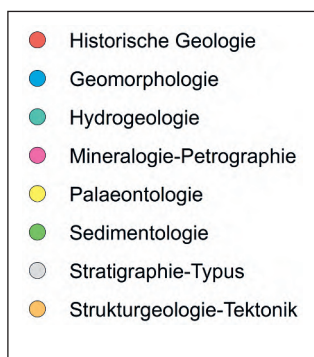


Abbildung 3: Legende der Fachbereiche mit Farbzunordnung.

Die 36 Geotope	
J1 Combe Grède	A1 Bergwerk Trachsellaunen
J2 Moutier	A2 Kristallkluft Gerstenegg
J3 Twannbachschlucht	A3 Grimsel, Helle Platten
J4 Court	A4 Ärlenalp
J5 Findlinge auf dem Montoz	A5 Gasterntal
M1 Säugetierfundstelle Wynau	A6 Falten im Dogger bei Brienz
M2 Hohlwege Oberaargau	A7 Eisenbergwerk Hasliberg
M3 Gysnaufühle Burgdorf	A8 Jungibäche im Gental
M4 Felsburgen Krauchthal	A9 St. Beatus-Höhlen
M5 Muschelsandstein Schaltenrain	A10 Aareschlucht
M6 Steinbruch Ostermundigen	A11 Balmquelle, Lenk
M7 Falte in der Molasse, Fallvorsassli	A12 Grindelwaldner Marmor
M8 Austernriff Häutligen	A13 Schieferkohle Huriffluh
M9 Bruchtektonik im Napfgebiet	A14 Luegibodenblock bei Habkern
M10 Kiesgrube Thalgut	A15 Bergsturzlandschaft Kandersteg
M11 Längenberg	A16 Kanderschlucht
M12 Grosses Moos	A17 Bütschital
M13 Lobsigensee	A18 Faulenseemoos

Abbildung 4: Liste der 36 ausgewählten Geotope mit Kurzbezeichnungen und Zuordnung zu einem der Fachbereiche.

Wir sollten jedes kleinste Stück der Artenvielfalt erhalten, während wir lernen damit umzugehen und zu verstehen, was es für die Menschheit bedeutet.

Edward O. Wilson

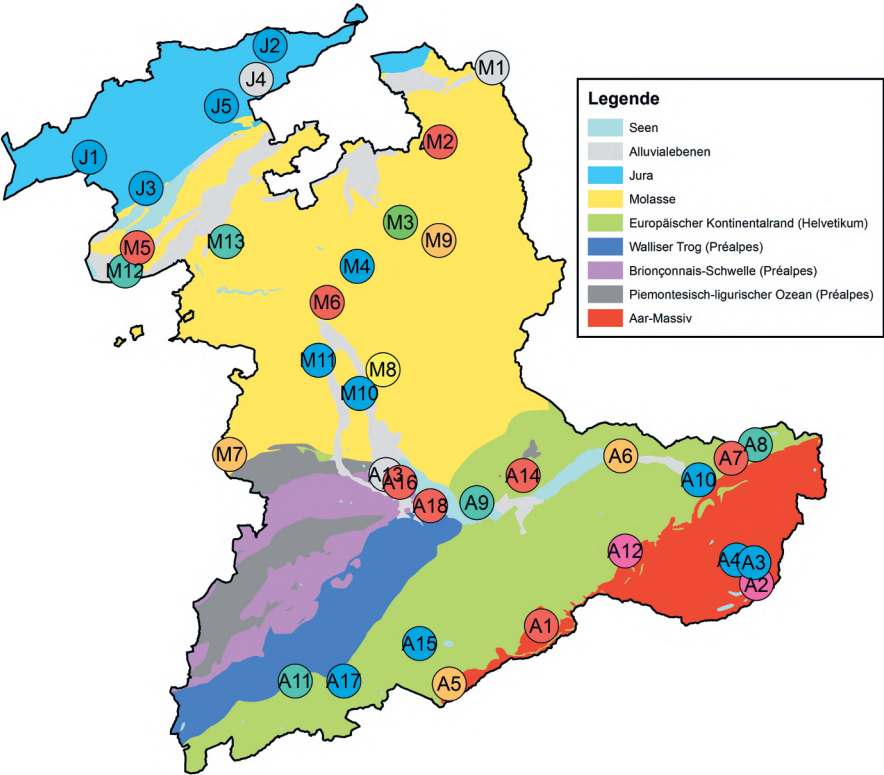


Abbildung 5: Die 36 ausgewählten Geotope auf einer tektonischen Karte des Kantons Bern. Vereinfacht nach Tektonische Karte der Schweiz 1:500 000 (2006).

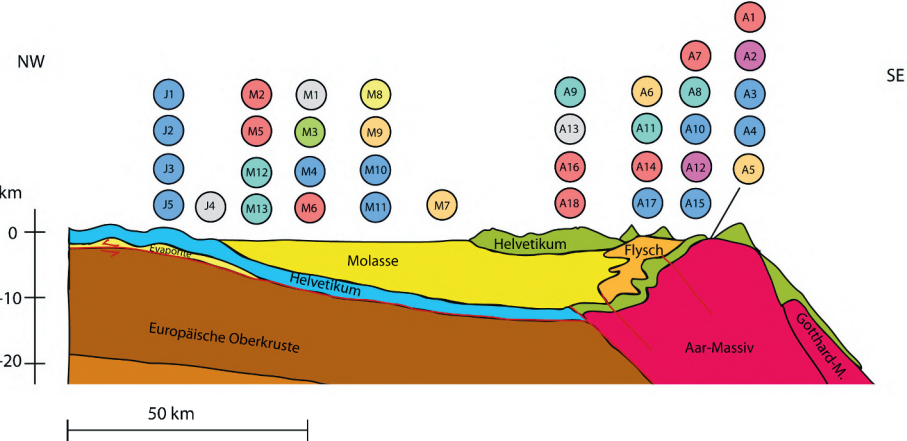


Abbildung 6: Die 36 ausgewählten Geotope in einem geologischen Längsprofil durch den Kanton Bern. Vereinfacht nach PFIFFNER 2010.

Stratigraphie

Ära	Periode	Alter (in Ma) und Schlüsselereignisse
Känozoikum	Quartär M13, A13, A14, J5, M10, M11, M12, A15, A16, A17, A18	0 von den Eiszeiten zur Gegenwart
	Neogen M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9	2.6 Auffaltung des Juragebirges Molassebildung (Abtragungsschutt der Alpen)
	Paläogen J4, M1, A12	23 vom Ozean zum Hochgebirge
Mesozoikum	Kreide A10, A11	65
	Jura J1, J2, J3, A5, A6, A7, A8, A9	145 ein Kontinent zerbricht, ein Ozean entsteht
	Trias A5	200
Paläozoikum	Perm	250
	Karbon A1, A2, A3, A4, A5	300 Erosion des Gebirges
	Devon	360
	Silur	
	Ordovizium	
	Kambrium	
Proterozoikum		542 Entwicklung des kristallinen Grundgebirges
Archaikum		2'500 Bildung der ältesten Gesteine der Schweiz
Hadeum		4'000
		4'600 Entstehung der Erde

Abbildung 7: Die 36 ausgewählten Geotope in einer stratigraphischen Tabelle. Vereinfacht nach LABHART 2005 und der internationalen stratigraphischen Tabelle.

Bereich Mitarbeitende	Aufgaben / regionale Zuständigkeit	Telefon direkt	E-Mail
Abteilungsleitung			
Dr. Urs Känzig-Schoch	Abteilungsleiter	031 720 32 27	urs.kaenzig(at)vol.be.ch
Support			
Dr. Erwin Jörg	Bereichsleiter, Informatik, Öffentlichkeitsarbeit, Koordination Erfolgskontrollen, Projektleiter Neobiota	031 720 32 24	erwin.joerg(at)vol.be.ch
Doris Baumann	Leiterin Sekretariat, Administration, Rechnungswesen, Ausnahmegewilligungen (Plizsameln, Strahlen, Tauchen)	031 720 32 20	doris.baumann(at)vol.be.ch
Lorenz Ruth	GIS-Support Standort Schwand	031 720 32 61	lorenz.ruth(at)vol.be.ch
Dr. Yvonne Stampfli	Betreuung Geographisches Informationssystem (GIS), Markierung Schutzgebiete (Koordination, Produktion, Unterhalt)	031 720 32 25	yvonne.stampfli(at)vol.be.ch
Stellungnahmen & Beratung			
Dr. Markus Graf	Bereichsleiter, Verwaltungskreise Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Frutigen-Niedersimmmental, Interlaken-Oberhasli (östlicher Teil)	031 720 32 22	markus.graf(at)vol.be.ch
Kurt Rösti	Verwaltungskreise Obersimmmental-Saanen, Interlaken-Oberhasli (westlicher Teil)	031 720 32 23	kurt.roesti-buchs(at)vol.be.ch
Dr. Fabian Meyer	Verwaltungskreise Bern-Mittelland, Emmental, Oberraargau, Thun	031 720 32 34	fabian.meyer(at)vol.be.ch
Ökologischer Ausgleich & Verträge			
Daniel Fasching	Bereichsleiter, Vollzug ÖQV-Vernetzung Teil Nord	031 720 32 29	daniel.fasching(at)vol.be.ch
Oliver Rutz	Vertragsnaturschutz (Naturschutzgebiete), Vollzug ÖQV-Vernetzung Teil Süd	031 720 32 36	oliver.rutz(at)vol.be.ch
Andreas Brännimann	Vollzug Ökologischer Ausgleich nach DZV und ÖQV-Qualität	031 720 32 33	andreas.broennimann(at)vol.be.ch
Brigitte Holzer	Verwaltung und Umsetzung Inventar Trockenstandorte (TS/TWW): Objektkontrolle, Nachkartierung, Verträge	031 720 32 32	brigitte.holzer(at)vol.be.ch

Bereich Mitarbeitende	Aufgaben / regionale Zuständigkeit	Telefon direkt	E-Mail
Res Hofmann	Verwaltung und Umsetzung Inventar Feuchtgebiete (FG/FM): Objektkontrolle, Nachkartierung, Verträge	031 720 32 37	andreas.hofmann(at)vol.be.ch
Dominique Hindermann	Geschäftsstelle Objektkontrolle Trockenstandorte und Feuchtgebiete	031 720 32 55	dominique.hindermann(at)vol.be.ch
Manuela Zbinden	Administration Vertragsnaturschutz (Naturschutzgebiete, Artenschutz, TS und FG) und ökologischer Ausgleich	031 720 32 48	manuela.zbinden(at)vol.be.ch
Arten & Lebensräume			
Teil Nord: Jura bernois, Biel, Seeland, Oberaargau, Emmental (bis Lützelflüh) und Bern-Mittelland (Linie Wahlern, Wichtlach, Oberthal)			
Franziska von Lerber	Bereichsleiterin, Schwerpunkt Verwaltungskreis Bern-Mittelland	031 720 32 31	franziska.vonlerber(at)vol.be.ch
Petra Graf	Schwerpunkt Verwaltungskreise Emmental und Oberaargau	031 720 32 39	petra.graf(at)vol.be.ch
Olivier Bessire	Schwerpunkt Verwaltungskreise Jura bernois, Biel und Seeland	031 720 32 30	olivier.bessire(at)vol.be.ch
Heinz Garo	Gebietsbetreuer Nord	079 222 40 37	heinz.garo(at)vol.be.ch
Teil Süd: Obersimmental-Saanen, Frutigen-Niedersimmental, Interlaken-Oberhasli, Thun, Emmental (bis Rüderswil) und Bern-Mittelland (Linie Guggisberg, Oberdiessbach, Bowil)			
Annelies Friedli	Schwerpunkt Teil Süd, Auengebiete	031 720 32 26	annelies.friedli(at)vol.be.ch
Ruedi Keller	Schwerpunkt Teil Süd, Moorschutz	031 720 32 28	rudolf.keller(at)vol.be.ch
Thomas Leu	Schwerpunkt Teil Süd, Naturschutzgebiete und Artenschutz. Betreuung Freiwillige Naturschutzaufsicht	031 720 32 38	thomas.leu(at)vol.be.ch
Ruedi Wyss	Gebietsbetreuer Süd	079 222 40 39	ruedi.wyss(at)vol.be.ch

Tabelle 6: Die Mitarbeitenden der Abteilung Naturförderung (Stand Dezember 2012).

Ressorts Membres du personnel	Missions / compétence régionale	Ligne directe	E-mail
Direction du service			
Dr Urs Känzig-Schoch	Chef du service	031 720 32 27	urs.kaenzig(at)vol.be.ch
Support			
Dr Erwin Jörg	Chef du ressort, informatique, relations publiques, coordination des contrôles de résultat, chef du projet Neobiota	031 720 32 24	erwin.joerg(at)vol.be.ch
Doris Baumann	Cheffe du secrétariat, administration, comptabilité, autorisations exceptionnelles (cueillette de champignons, cristaux, plongée)	031 720 32 20	doris.baumann(at)vol.be.ch
Lorenz Ruth	Support du système d'information géographique (SIG) du site Schwand	031 720 32 61	lorenz.ruth(at)vol.be.ch
Dr Yvonne Stampfli	Gestion du système d'information géographique (SIG), signalisation des sites protégés (coordination, production, entretien)	031 720 32 25	yvonne.stampfli(at)vol.be.ch
Prises de position & conseil			
Dr Markus Graf	Chef du ressort, arrondissement administratif du Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Frutigen-Niedersimmental, Interlaken-Oberhasli (partie est)	031 720 32 22	markus.graf(at)vol.be.ch
Kurt Rösti	Arrondissement administratif Obersimmental-Saanen, Interlaken-Oberhasli (partie ouest)	031 720 32 23	kurt.roesti-buchs(at)vol.be.ch
Dr Fabian Meyer	Arrondissement administratif Berne-Mittelland, Emmental, Haute-Argovie, Thoune	031 720 32 34	fabian.meyer(at)vol.be.ch
Compensation écologique & contrats			
Daniel Fasching	Chef du ressort, exécution mise en réseau OQE partie nord	031 720 32 29	daniel.fasching(at)vol.be.ch
Oliver Rutz	Protection contractuelle de la nature (réserves naturelles), exécution mise en réseau OQE partie sud	031 720 32 36	oliver.rutz(at)vol.be.ch
Andreas Brännmann	Exécution de la compensation écologique selon OPD et qualité OQE	031 720 32 33	andreas.broennmann(at)vol.be.ch

Ressorts Membres du personnel	Missions / compétence régionale	Ligne directe	E-mail
Brigitte Holzer	Administration et exécution l'inventaire des terrains secs (TS/PPS): contrôle d'objets, cartographie ultérieure, contrats	031 720 32 32	brigitte.holzer(at)vol.be.ch
Res Hofmann	Administration et exécution l'inventaire des zones humides (ZH/BM): contrôle d'objets, cartographie ultérieure, contrats	031 720 32 37	andreas.hofmann(at)vol.be.ch
Dominique Hindermann	Agence pour le contrôle des surfaces inventoriées (terrains secs, zones humides)	031 720 32 55	dominique.hindermann(at)vol.be.ch
Manuela Zbinden	Administration des contrats (réserves naturelles, protection des espèces, terrains secs et zones humides) et compensation écologique	031 720 32 48	manuela.zbinden(at)vol.be.ch
Espèces & milieux naturels			
Partie nord: Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Haute-Argovie, Emmental (jusqu'à Lützelflüh) et Berne-Mittelland (ligne Wahlern, Wichtrach, Oberthal)			
Franziska von Lerber	Cheffe du ressort, axe arrondissement administratif Berne-Mittelland	031 720 32 31	franziska.vonlerber(at)vol.be.ch
Petra Graf	Axe arrondissements administratifs Emmental et Haute-Argovie	031 720 32 39	petra.graf(at)vol.be.ch
Olivier Bessire	Axe arrondissements administratifs Jura bernois, Biel/Bienne et Seeland	031 720 32 30	olivier.bessire(at)vol.be.ch
Heinz Garo	Responsable de réserves nord	079 222 40 37	heinz.garo(at)vol.be.ch
Partie sud: Obersimmental-Saanen, Frutigen-Niedersimmental, Interlaken-Oberhasli, Thoune, Emmental (jusqu'à Rüderswil) et Berne-Mittelland (ligne Guggisberg, Oberdiessbach, Bowil)			
Annelies Friedli	Axe partie sud et coordination protection des zones alluviales	031 720 32 26	annelies.friedli(at)vol.be.ch
Ruedi Keller	Axe partie sud et coordination protection des marais	031 720 32 28	rudolf.keller(at)vol.be.ch
Thomas Leu	Axe partie sud, réserves naturelles et protection des espèces. Responsable des surveillant(e)s volontaires de la protection de la nature	031 720 32 38	thomas.leu(at)vol.be.ch
Ruedi Wyss	Responsable de réserves sud	079 222 40 39	ruedi.wyss(at)vol.be.ch

Tableau 7: Les membres du personnel du service de la promotion de la nature (situation en décembre 2012).



Bernische Botanische Gesellschaft

Jahresbericht 2012

1. Vorstand

Im Vorstand amtierten während des Jahres 2012:

Präsidentin:	BRIGITTA AMMANN
Vize-Präsident:	STEFAN EGGENBERG
Kassiererin:	REGINE BLÄNKNER
Sekretärin:	RITA GERBER
Exkursionen:	ADRIAN MÖHL
Redaktor:	ANDREAS GYGAX
Webmasterin:	MURIEL BENDEL
Beisitzer:	STEFFEN BOCH
	BEAT FISCHER
	CHRISTINE HEINIGER
	URS KÄNZIG
	DANIEL MOSER
	BEATRICE SENN-IRLET
	ANDREAS STAMPFLI
Mitgliederbetreuung:	RITA GERBER
Rechnungsrevisoren:	FRITZ GRÄNICHER
	URS KALBERMATTEN

2. Vorträge:

9. Januar 2012

DR. COLIN HUGHES (Institute of Systematic Botany, University of Zürich)

Breathless in the Andes – why are there so many species of lupins (Lupinus; Fabaceae) in the mountains of South America?

My talk will describe and illustrate the startling diversity of species, life forms and ecologies in the legume genus *Lupinus*, and especially the 85 species found in the Andes. I will describe current field and herbarium research to document species diversity in the Andes and assemble a new taxonomic account of the genus for that region. In addition, recent research to investigate the evolutionary dynamics of species diversification for the genus as a whole will be presented, and I will attempt to address the question – Why are there so many species of *Lupinus* in the Andes?

16. Januar 2012

DR. DANIEL MOSER (Gymnasium Neufeld, Bern)

Gebirgsflora der Pyrenäen und der Alpen

Es werden die arealgeographischen und evolutionsbiologischen Aspekte der Gebirgsflora beleuchtet. Die verwandtschaftlichen Ähnlichkeiten der Arten sind bei den Endemiten und den Vertretern der allgemeinen Flora hoch. Bemerkenswert sind aber auch die ähnlichen pflanzensoziologischen Beziehungen.

23. Januar 2012

FRANÇOIS MEIENBERG (Erklärung von Bern)

Schluss mit der Biopiraterie! – Die Erhaltung der biologischen Vielfalt braucht Gerechtigkeit

Zur Sicherung seines Überlebens und zur Erhöhung des Wohlstandes nutzt der Mensch seit Jahrtausenden Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen. Diese Ressourcen kommen oft aus Ländern des Südens. Doch sind es Konzerne aus Industriestaaten, die damit gute Geschäfte machen. Die Menschen aber, welche die Vielfalt erschaffen und/oder erhalten haben, gehen meist leer aus. Mit der Biodiversitätskonvention von 1992 wollte man diese Situation ändern. Die Konvention sollte nicht nur den Schutz und die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt sicherstellen, sondern auch den aus Pflanzen und Tieren gewonnenen Nutzen mit den Ländern des Südens gerecht teilen. Leider ist die Umsetzung bis heute mangelhaft. Biopiraterie – die Nutzung der Natur im Widerspruch zur Konvention – ist bis heute eher die Regel als die Ausnahme. Das neu verhandelte Nagoya-Protokoll sollte diesen Missstand nun beseitigen.

6. Februar 2012

DR. MED. RUDOLF LEUENBERGER (Bern)

Heilpflanzenbouquet

Braucht es in der modernen chemisch-pharmazeutisch geprägten Medizin überhaupt noch Heilpflanzen? Was bewegt einen zeitgenössisch-universitär ausgebildeten Arzt additiv, komplementär oder auch ausschliesslich auf die Heilpflanzenkunde zurückzugreifen? Auf diese Fragen soll mit der Vorstellung einiger weniger Arzneipflanzen eingetreten werden: Ihre Gewinnung, mögliche Kultivierung und deren Anwendung anhand eigener langjähriger Erfahrungen.

13. Februar 2012

ALAIN PERRENOUD (Bureau d'études en environnement Le Foyard, Bienne)

Suivi botanique et entomologique de la remise en état d'anciens pâturages maigres secs

Le secteur dit «Les Lavettes», au Nord-Ouest du village d'Orvin, a été pâturé par un troupeau de moutons jusque dans les années 1950. Suite à la recolonisation forestière, diverses espèces floristiques et faunistiques de milieux ouverts thermophiles ont diminué, voire disparu. Une remise en état a été effectuée dès l'année 1996, en débroussaillant la jeune forêt et un y faisant pâturer un troupeau de chèvres bottées. 19 placettes permanentes d'observation de la végétation ont été mises en place progressivement depuis 2000, tout comme des relevés de papillons et d'orthoptères. Des relevés ont été effectués en 2011, qui permettront une comparaison avec les données des années 2000 et les anciennes données des années 1970–1990.

20. Februar 2012

ADRIAN MÖHL (Botanikreisen, Bern)

Farbiges aus den bleichen Bergen – die Dolomitenflora

Die Dolomiten gelten als El Dorado für Wanderer, KlettererInnen und botanisch Interessierte. Seit langer Zeit beliebtes Reiseziel, sind die Dolomiten seit 2009 in der Liste der UNESCO-Weltnaturerben aufgenommen. Auf einem Rundgang durch den östlichen Teil der «bleichen Berge» versuchen wir zu ergründen, warum dieser Teil der Südalpen so ausserordentlich artenreich ist und lernen dabei die wichtigsten und schönsten Arten und Vegetationstypen der Dolomiten kennen.

27. Februar 2012

DR. ANDRÉ MICHEL (Bern)

Sizilien und seine Schätze – Ein Nicht-nur-Blumen-Strauss in Stereo-Projektion



Abbildung 1: Die Botanische Gesellschaft ist parat für den Vortrag von André Michel.
(Foto: Brigitta Ammann)

5. März 2012

Hauptversammlung der BBG, Jahresbericht, Jahresrechnung und «Die Farbe Blau»:
– alle sind eingeladen, ihre schönsten Blumenbilder zu zeigen!

15. Oktober 2012

PROF. DR. INGO KOWARIK (TU Berlin)

Bereicherung oder Gefährdung der Natur durch Neophyten?

Biologische Invasionen gelten als ein weltweit bedeutender Gefährdungsfaktor für die biologische Vielfalt. Neue Pflanzen können Ökosysteme erheblich verändern und andere Arten zurückdrängen. Doch ist in einer Welt des Wandels Veränderung an sich immer schlecht? Biologische Invasionen berühren unser Selbstverständnis vom Bild der Natur, die uns am Herzen liegt. Es kommt beim Invasionsthema daher darauf an, die damit verbundenen ökologischen Effekte genau zu kennen. Zum Schaden oder auch zum Nutzen werden sie erst, wenn wir sie mit Werten verbinden.

22. Oktober 2012

DR. CHRISTOPH KÜFFER (ETH Zürich)

Neophyten in Gebirgen

In Gebirgen findet man oft kaum Neophyten. Wieso dies so ist, untersucht das Forschungs-Netzwerk MIREN (www.miren.ethz.ch) seit 2005 in 11 Untersuchungsgebieten auf allen Kontinenten und verschiedenen Inseln. Ich werde in meinem Vortrag unser momentanes Verständnis von Invasionen in Bergen erläutern und Konsequenzen für die erfolgreiche Prävention von zukünftigen Invasionsrisiken in den Schweizer Bergen diskutieren. Der Vortrag erzählt von Schweizer Pflanzen, welche den Weg in entfernte Gebirge im Himalaya, den Anden oder sogar bis in die Antarktis fanden, von den Eiszeiten als Training für Pflanzen, um in Gebirgen invasiv zu werden, und vom Klimawandel, welcher erfordert, dass wir unsere Definition einer invasiven Art hinterfragen und anpassen.

29. Oktober 2012

DR. ERWIN JÖRG (Abteilung Naturförderung ANF, Münsingen)

Neophyten im Kanton Bern – Probleme, Erkennung, Bekämpfung

Die weltweit gestiegene Mobilität und ein globalisierter Warenaustausch sind Gründe für eingeführte oder eingeschleppte Arten. Diese Pflanzen werden als Neophyten bezeichnet, wenn sie seit der Entdeckung Amerikas (1492) bei uns vorkommen. Es sind in der Schweiz rund 300 Arten, die vor allem als Nutz- und Zierpflanzen eingeführt wurden. Leider gibt es unter diesen Pflanzen einige wenige Vertreter, die sich invasiv verhalten, d.h. sie verwildern und breiten sich stark aus. Zudem verdrängen sie einheimische Pflanzen und können teilweise sogar gefährlich für unsere Gesundheit sein. Andere Arten können Bachufer destabilisieren oder Bauten schädigen. Diese Problempflanzen bezeichnet man als invasive Neophyten.

5. November 2012

DR. OLIVER BOSSDORF (Institut für Pflanzenwissenschaften, Bern)

Erfolgsrezepte invasiver Neophyten – Invasionsforschung am Institut für Pflanzenwissenschaften

Warum breiten sich manche exotischen Pflanzenarten rapide aus und verursachen grosse Probleme, während die meisten anderen unauffällig bleiben? Warum sind manche Habitate viel anfälliger für biologische Invasionen als andere? Diese Schlüsselfragen der Invasionsbiologie können nur durch ökologische Grundlagenforschung – vergleichende Literatur- oder Feldstudien, oder kontrollierte Experimente – beantwortet werden. Die Arbeitsgruppe Pflanzenökologie am Institut für Pflanzenwissenschaften ist eine der führenden Gruppen auf diesem Forschungsgebiet. In meinem Vortrag werde ich einen Überblick über unsere Forschung geben und von den wichtigsten und spannendsten aktuellen Forschungsergebnissen berichten.

12. November 2012

SIBYL ROMETSCH (Info Flora Bern)

Schwarze Liste und Watch-Liste – Konzept und Einteilung der Arten anhand von Beispielen

Weltweit werden nationale Listen mit gebietsfremden, invasiven Pflanzen und Tieren aufgestellt. In der Schweiz wurden die ersten Listen invasiver Neophyten 2001 erarbeitet. Inzwischen kamen neue Arten dazu und andere stehen vor der Türe. Auf Grund von verschiedenen, genau definierten Kriterien sollen nun die Neophyten neu eingeteilt werden. Die Listen sind ein wichtiges Instrument für Bund und Kantone, sie sollen aber in erster Linie der Prävention und Umsetzung von Bekämpfungsmassnahmen dienen.

3. Dezember 2012

DR. FELIX GUGERLI (WSL Birmensdorf)

Von Arten und Genen – Aspekte alpiner Pflanzenvielfalt im Vergleich

Biodiversität wird oft mit Artenvielfalt gleichgesetzt, obwohl mit dem Begriff auch Habitatvielfalt und genetische Variation gemeint ist. Im EU-Projekt IntraBioDiv untersuchten wir den Zusammenhang zwischen Artenreichtum und genetischer Vielfalt bei Alpenpflanzen sowie die zugrunde liegenden räumlichen Muster. Eine wichtige Frage war, ob Artenvielfalt als Indikator für genetische Variation dienen kann und wie weit die bestehenden Schutzgebiete in den Alpen diese beiden Komponenten der Biodiversität abdecken.

10. Dezember 2012

JACQUELINE VAN LEEUWEN und PIM VAN DER KNAAP (IPS, Uni Bern)

Ein Blumenstrauß invasiver Arten von einsamen Inseln

Auf Inselgruppen fernab von Kontinenten wie den Galápagos, Hawai'i oder den Azoren sind die auffälligsten und schönsten Blüten meist die von Arten, welche nicht einheimisch sind, sondern nach der Entdeckung der Inseln eingeführt wurden. Dies macht es für die Botaniker recht einfach, zwischen Einheimischen und Eingeschleppten zu unterscheiden: Wenn eine fragliche Art grosse, bunte Blüten zeigt und längs der Wege und Strassen vorkommt, ist sie wahrscheinlich vom Menschen eingeführt worden. Wir werden einen Blumenstrauß solcher Arten zeigen, aber zudem auch Einheimische, von denen manche ebenfalls spektakulär sind.

3. Exkursionen:

12. Mai 2012

Flora Bernensis Kick-off-Veranstaltung

Leitung: SABINE TSCHÄPPELER

23. Juni 2012

Malerisches wiederfinden

Leitung: URS KÄNZIG

1. Juli 2012

Pilatusflora

Leitung: MICHAEL JUTZI

Die Exkursion ins Lengtal am 28. Juli 2012 mit Dunja al Jabaji konnte leider wegen sehr schlechten Wetters nicht durchgeführt werden.

4. August 2012

Glarner Spezialitäten

Leitung: PETER ZIMMERMANN

25. August 2012

Hanfpalmen und Götterbäume am Lago Maggiore

Leitung: STEFFEN BOCH, BEAT FISCHER

4. Mitgliederstand:

406 Mitglieder per 31. Dezember 2012

5. Sitzungsberichte

Die Sitzungsberichte 2011 sind erschienen und wurden den Mitgliedern zusammen mit dem Winterprogramm zugestellt.

6. Exkursionsberichte

1. Exkursion: 12. Mai 2012

FLIB – das Floreninventar der Stadt Bern: Kick-off-Veranstaltung

Leitung: SABINE TSCHÄPPELER

Es war schon immer wieder mal das Thema, wie schade es sei, dass Bern, als Hauptstadt, noch nie ihre Flora kartiert hat. Andere Städte wie Zürich, Basel, Genf, Luzern, Lausanne und Freiburg haben schon vor zehn bis zwanzig Jahren erste Floreninventare durchgeführt. Im frühen Frühling 2012 kam dann der Anstoss: Ein grosser Teil der ehrenamtlichen, durch botanisch versierte Laien und engagierte Fachleute durchgeführten Erhebungen zur Aktualisierung der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen waren im Kanton Bern abgeschlossen. Und die in diesem Rahmen ausgebildeten Leute wollten ihr Know-how gerne weiter ausbauen und anwenden. So hat sich die Bernische Botanische Gesellschaft im März 2012 mit dem Anliegen an die Fachstelle Natur und Ökologie von Stadtgrün Bern gewandt, gemeinsam eine Flora der Stadt Bern in Angriff zu nehmen.

Als aktives Projektteam schlossen sich Vertreter des Instituts für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern, des nationalen Daten- und Informationszentrums der Schweizer Flora «Info Flora», der

Floristischen Beratungsstelle des Kantons Bern und weitere Fachspezialisten zusammen und bereiteten die wichtigsten Eckpunkte der Kartierung vor:

- Bern wurde nach dem schweizerischen Koordinatennetz in 83 Kilometerquadrate unterteilt. Viele davon liegen teilweise ausserhalb der Gemeinde Bern. Es werden alle 83 Kilometerquadrate vollständig untersucht.
- Jedes Quadrat wird selbstständig von einem Team von 1–3 Personen während 2 Jahren bearbeitet. In jedem Quadrat sollen möglichst alle wildwachsenden Pflanzenarten notiert werden. Private Grundstücke werden in der Regel nicht untersucht.
- Die trivialen Arten werden als «Quadratarten» mit einer groben Häufigkeitsangabe in der vorbereiteten Artenliste vermerkt.
- Von gefährdeten oder anderweitig besonderen Arten werden zudem die genauen Koordinaten festgehalten.
- Erhoben werden alle einheimischen Wildpflanzenarten, aber auch Gartenflüchtlinge und verwilderte Kulturpflanzen.

Als Basis konnte freundlicherweise auf die bereits ausgearbeitete Kartiermethode der Zürcher Florenkartierung FLOZ zurückgegriffen werden.

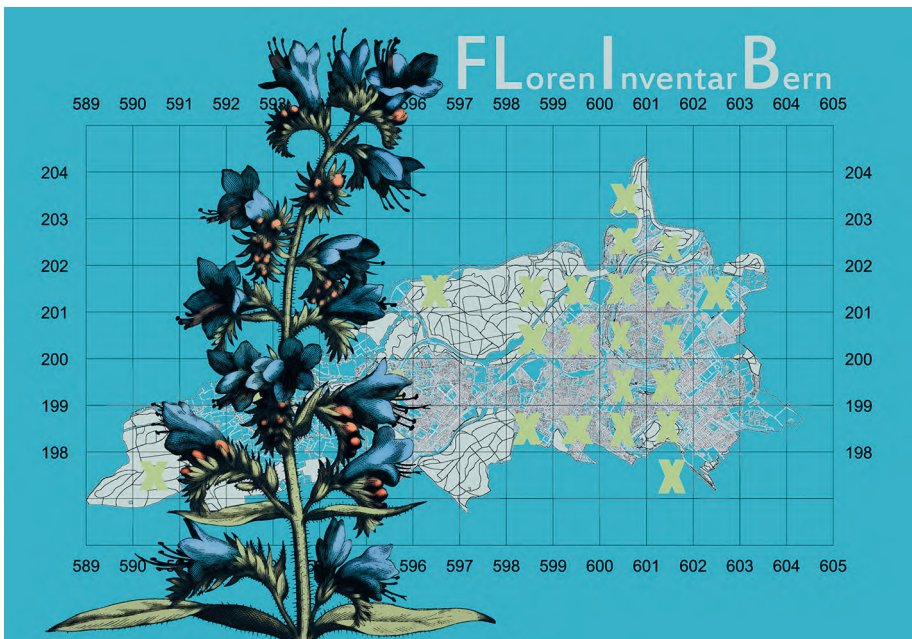


Abbildung 2: Floreninventar der Stadt Bern, Stand der Bearbeitung Ende 2012.

Die Auswertung der Pilotphase 2012 zeigte bereits deutlich, wie viele Wissenslücken zur Flora von Bern noch bestehen und wie spannend eine solche Kartierung auch im Siedlungsgebiet ist:

In 13 bearbeiteten Quadraten wurden total 952 Arten gefunden (Stand 15. November 2012), davon rund 60% (579) «einheimische» und 40% (373) «fremde» Arten. Von den 579 einheimischen Arten sind 16% (95) in der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen mit einem

Gefährdungsgrad verzeichnet, beispielsweise das vom Aussterben bedrohte Bunte Vergissmeinnicht *Myosotis discolor*. 29 der «Einheimischen» sind National Prioritäre Arten. Dazu gehört die Zimtrose *Rosa majalis*, eine Art mit hoher Prioritätskategorie, die am Berner Aareufer offenbar recht verbreitet ist. Unter den «Einheimischen» waren aber auch 32 Erstfunde, die bisher in Bern nicht beobachtet worden waren. Darunter das vom Aussterben bedrohte Pariser Labkraut *Galium parisiense*, das sogar an zwei Orten, im Neufeld und im Gaswerkareal gefunden wurde, der gefährdete Sumpfwasserstern *Callitriche palustris* und das im Tessin weitverbreitete Niederliegende Glaskraut *Parietaria judaica*, das hier von der städtischen Wärmeinsel profitiert. Dass auch eine städtische Fläche einen grossen Artenreichtum aufweisen kann, zeigte eindrücklich Willy Müller, der allein im Kilometerquadrat Marzili/Gaswerkareal 651 Arten feststellte.

Aus den gewonnenen Erfahrungen der Pilotphase wurde im Winter die Methode angepasst und geschärft. Neu besteht nun auch die Möglichkeit, dass die Projektmitarbeiter ihre erhobenen Daten direkt über eine spezielle Maske in die Info Flora Datenbank eingeben können. Und als Highlight können dort alle am FLIB Beteiligten jederzeit alle FLIB-Daten des ganzen Stadtgebiets einsehen.

Die Frage war nun, wie man noch mehr ehrenamtliche KartiererInnen für das spannende Projekt gewinnen kann. Ein Medienaufruf für eine Infoveranstaltung im Februar 2013 war dann ein voller Erfolg: BotanikerInnen, StudentInnen aber auch botanisch versierte Laien und Pflanzenliebhaber, die mehr Artenkenntnis erwerben möchten, wurden auf das Projekt aufmerksam. Heute sind fast 100 Interessenten für die Kartierung angemeldet. Es wird nun die Herausforderung des Projektteams sein, auch die botanisch weniger versierten InteressentInnen sinnvoll in die Kartierung einzubinden. Unterstützung bieten dabei die Kornhausbibliotheken, die einen dauernden Arbeitsplatz mit Bino-kular, Computer und Bestimmungsliteratur einrichten sowie BotanikerInnen, welche zu bestimmten Zeiten im Botanischen Garten bei der Bestimmung helfen.

Am 1. März 2013 wurde offiziell mit dem Projekt «Floreninventar Bern FLIB» begonnen. Damit kann während der nächsten drei bis vier Jahre die Flora der Gemeinde Bern erfasst werden. Mit der Weiterbildung von Laien sowie der Zusammenarbeit mit Fachleuten im Kanton Bern schafft das Projekt ein Netzwerk botanisch interessierter Personen. Weiter wird eine solide Datengrundlage zur Förderung der Biodiversität in der Stadt geschaffen. Anschliessend an die Kartierphase sollen die Daten ausgewertet, in einen weiteren Kontext gestellt und publikumswirksam in Buchform veröffentlicht werden.

Kontakt:

Sabine Tschäppeler, Fachstelle Natur- und Ökologie der Stadt Bern, natur@bern.ch, 031 321 75 28

2. Exkursion: 23. Juni 2012

Leubringen: Malerisches wiederfinden

Leitung: Urs KÄNZIG

Von der Leubringen-Bahn-Bergstation marschieren wir los. Urs Känzig trägt eine grosse Rolle Papier mit Gemälden auf dem Rucksack – es geht für einmal nicht nur darum, einzelne Pflanzen zu finden. Gespannt machen wir uns auf, um Landschaften wieder zu finden, die die Maler der Familie Robert vor 50 bis 100 Jahren auf die Leinwand gebannt hatten. Was ist von dem übrig geblieben, was das Künstler-Auge damals als schön betrachtete?

Nachdem wir ein Waldstück durchschritten haben, eröffnet sich erstmals der Blick über das Tälchen von Orvin (Ilfingen). Die Zeitreise beginnt. Anhand von alten Karten und Fotos können wir feststellen, dass die Kulisse vor uns (Orvin mit dem Hügelzug dahinter) sowohl um 1880 als auch um 1940 viel weniger dicht bewaldet war, als dies heute der Fall ist. Das Gebiet war in den 1940er/50er-Jahren weit herum bekannt für den Reichtum an Pflanzen und Schmetterlingen. Vor gut 10 Jahren wurden im Naturschutzgebiet «Les Lavettes» grössere Flächen wieder geöffnet.



Abbildung 3: Blick nach Orvin, im Hintergrund in der Bildmitte das Naturschutzgebiet «Les Lavettes».

Die Familie Robert ist 1907 wegen dieser Landschaft in den «Jorat» gezogen. Der Familie war es ein grosses Anliegen, dass diese Landschaft erhalten bleiben soll. Damals gab es weder Raumplanung noch Naturschutzgebiete. Nach und nach wurden in der Schweiz Naturschutzgebiete ausgeschieden, teilweise auch sehr grosse. Da es noch kein Raumplanungsgesetz gab, wurde auf diese Weise Landschaftsschutz betrieben. Es ging vor allem darum, Überbauungen, bessere Erschliessungen oder den Bau von Stauseen oder Seilbahnen zu verhindern. Daher gelten bis heute vielerorts alte, sehr allgemein abgefasste Schutzbestimmungen. Dies kann bedeuten, dass zum Beispiel die Alp- und Forstwirtschaft nur im «bisherigen» Umfang weiterzuführen sei. Weitere Präzisierungen fehlten oft. Es versteht sich von selbst, dass beispielsweise 20 Kühe früher einen anderen Nährstoffumsatz hatten, als dies heute die gleiche Anzahl schwerer Tiere hat.

Bald stossen wir auf eine Weide, die Sumpf-Signatur auf der 25 000er-Karte weckt gewisse Erwartungen. Die «Pâturage du Jorat» wurde 1965 als kantonales Naturschutzgebiet ausgeschieden. Da offenbar keine herausragend seltenen Arten gefunden wurden, sind an dieser Stelle heute im GIS des Kantons (<http://www.apps.be.ch/geo/de>) keine Inventareinträge oder Potenzialflächen verzeichnet. Einige ältere Einzelbäume (Eichen, Föhren) stehen in der Weide, jüngere fehlen. Offenbar wurde die Fläche über längere Zeit stark genutzt, denn das Nährstoffniveau ist hoch. Bei genauerem Hinsehen stellten wir aber fest, dass sich nun ein interessantes Mosaik aus Kleinstrukturen bildet. An den leicht erhöhten Standorten beginnen sich dornige Sträucher zu etablieren, darin könnten sich beispielsweise Eichen, vor Frass geschützt, wieder verjüngen. Offenbar ist im Moment die Weideintensität nicht zu hoch, sodass die Tiere neben den erhöhten Stellen genug Futter finden. Interessant wäre es, wenn man solche Flächen intensiver begleiten könnte. Da die Fläche den Qualitätsanforderungen der nationalen Inventare nicht gerecht wird, fehlen aber die Ressourcen dazu.



Abbildung 4: Weidefläche mit Kleinstrukturen – ein möglicher Beginn für die Verjüngung des Baumbestandes.

Nun begeben wir uns in eine wahrhaft malerische Landschaft, besonders charaktervoll sind die alten Föhren, bei denen wir Rast halten (Hügel Sechelet). Tatsächlich sind diese Bäume auf zahlreichen Gemälden wiederzufinden.



Abbildung 5: Rast bei «Sechelet», resp. bei den «Les pins du Jorat».

Auf Bildern, welche zwischen 1870 und 1928 gemalt wurden, stellen wir fest, dass diese Landschaft früher stärker genutzt war. Es gab auch Ackerbau. Auf einem Gemälde von 1915 sind viele Blumenfarbtupfer zu finden. 1928 zeigt sich wiederum eine relativ strukturarme Landschaft. Die braune Farbe lässt vermuten, dass es viel offener Boden gehabt haben könnte. Vermutlich war die Fläche übernutzt und der Boden vielleicht auch magerer.

Unsere Wanderung geht weiter am Gehöft «Jorat» vorbei zum Waldrand der «Les Rochelles», wo wir typische Jura-Arten kennenlernen oder repetieren. Anschliessend besichtigen wir die vor gut zehn Jahren gerodeten Flächen bei «Les Lavettes», die im Nationalen Trockenwiesen- und weideninventar eingetragen sind. Die Flächen haben sich erfreulich entwickelt. Obwohl nichts eingesät wurde, hat sich ein vielfältiger Pflanzenbestand etabliert. Beispielsweise vier Bienenorchis und eine Spitzorchis präsentieren sich uns in voller Blüte. Allerdings bekommen wir keine der ca. 30 Stiefelziegen zu Gesicht, die hier leben, um eine aufkommende Verbuschung zu bekämpfen. Doch weit weg können sie nicht sein, wie die Eine und der Andere am zwickenden Zaun feststellt. Auch die Vipern und Schlingnattern, die hier leben, bleiben im Verborgenen.

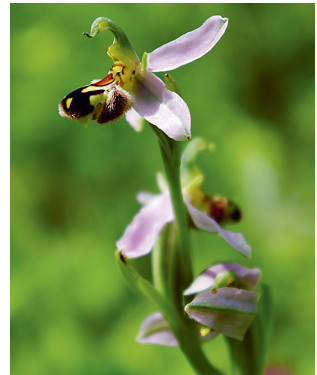


Abbildung 6: «Les Lavettes» mit Bienen-Ragwurz (*Ophrys apifera*).

Genauer zum Projekt «Les Lavettes» ist in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern (Neue Folge Band 69, 2012, S. 155–175) nachzulesen.

Liste einiger Pflanzen:

- | | |
|---|--|
| * <i>Aceras anthropophorum</i> | <i>Digitalis lutea</i> |
| <i>Ajuga genevensis</i> | <i>Euphorbia amygdaloides</i> |
| * <i>Anacamptis pyramidalis</i> | <i>Galium pumilum</i> |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>carpatica</i> | <i>Galium uliginosum</i> |
| <i>Asperula cynanchica</i> | <i>Galium verum</i> |
| <i>Astragalus glycyphyllos</i> | * <i>Genista sagittalis</i> |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> | <i>Geranium columbinum</i> |
| <i>Bromus erectus</i> | <i>Geranium pyrenaicum</i> |
| <i>Campanula glomerata</i> | <i>Helianthemum nummularium</i> subsp. |
| <i>Carduus nutans</i> s.str. | <i>grandiflorum</i> |
| <i>Chaerophyllum temulum</i> | <i>Helianthemum nummularium</i> ssp. |
| <i>Cirsium palustre</i> | <i>obscurum</i> |
| <i>Clinopodium vulgare</i> | <i>Helleborus foetidus</i> |
| <i>Colchicum autumnale</i> | <i>Hippocrepis comosa</i> |
| <i>Cruciata laevipes</i> | <i>Hordelymus europaeus</i> |

Hypericum perforatum
Hypericum tetrapterum
Juncus inflexus
Koeleria pyramidata
Lathyrus sylvestris
Lathyrus vernus
Lilium martagon
Linum catharticum
Listera ovata
Lithospermum officinale
Medicago lupulina
Melittis melissophyllum
Molinia caerulea
Myosotis scorpioides
Ononis repens
 * *Ophrys apifera*
Origanum vulgare
 * *Orobanche teucrii*
Picris hieracioides
Prunella grandiflora
Quercus petraea
Ranunculus flammula
Rhinanthus minor

Rosa arvensis
Rosa canina
Rosa corymbifera
Salvia glutinosa
Sambucus ebulus
Sambucus nigra
Sambucus racemosa
Saponaria ocymoides
Scrophularia nodosa
Securigera varia
Stachys alpina
Stellaria graminea
Teucrium chamaedrys
Teucrium montanum
Teucrium scorodonia
Thymus polytrichus
Trifolium medium
Trifolium montanum
 * *Valeriana wallrothii*
Verbascum nigrum
Veronica teucrium
Vincetoxicum hirundinaria

Bericht: Sonja Rindlisbacher

3. Exkursion: 1. Juli 2012

Pilatusflora

Leitung: MICHAEL JUTZI

Seit drei Jahren ist auf dem Gipfel des Pilatus ein botanischer Lehrpfad eingerichtet, der die wild vorkommenden Pflanzen einem grösseren Publikum bekannt machen will.

Wir überlassen den Weg allerdings vorerst den wenigen Touristen, die bei dichtem Nebel und schlechter Wetterprognose auf den Pilatus gereist sind und machen einen ersten botanischen Halt beim Oberhaupt – Weg Richtung Chriesiloch. Wir botanisieren dort in einer typischen Blaugrashalde mit wunderschön farbigem Aspekt, was uns das trübe Wetter und die nicht vorhandene Aussicht vergessen lässt. Im Abstieg dann eine leider noch nicht blühende Besonderheit: das Graue Felsenblümchen (*Draba incana*) steht, gut versteckt, am Wegrand mit seiner ausgeprägten Blattrosette.



Abbildung 7:
 Sendtner's Alpen-Mohn
 (*Papaver sendtneri*).

Einen nächsten Halt machen wir in der Kalkschuttflur bei Chilchsteine. An diesem Südhang des Pilatus-Gipfels wächst eine ganz besondere Pflanze, die nicht nur wegen ihrer Schönheit, sondern auch wegen ihres speziellen Standorts die botanisch interessierten Besucher von weit her anzieht. Mitten im Kalkgeröll wächst Sendtners Alpen-Mohn (*Papaver sendtneri*), der in der Schweiz nur an wenigen Orten vorkommt. Die sehr disjunkte Verbreitung und die grosse Ähnlichkeit zum westlich des Pilatus vorkommenden Westlichen Alpen-Mohn (*Papaver occidentale*) lassen vermuten, dass es sich bei den nah verwandten Arten um Eiszeit-Relikte handelt, die sich aufgrund der speziellen Lebensraumansprüche nicht weiter verbreiten konnten. Zum speziellen Mohn gesellen sich die Grossköpfige Gämswurz (*Doronicum grandiflorum*) und der Kahle Alpendost (*Adenostyles alpina*) und weitere Kalkschutt-Arten, die für Farbe in den grauen Kalksteinen sorgen.

Am Schluss der Exkursion, neben dichtem Nebel nun auch noch in strömendem Regen, gehen wir dem botanischen Lehrpfad entlang Richtung Tomlishorn. Hier wächst mit dem Steinschmücker (*Petrocallis pyrenaica*) eine in der Schweiz wenig verbreitete Art der trockenen Kalkfelsfluren der Voralpen, die sehr sehenswert ist. Auch das Gelbe Alpen-Stiefmütterchen (*Viola lutea*) hat als reine Kalk-Art ein begrenztes Verbreitungsgebiet. Am Pilatus kommt die östlichste Population vor. Die Hauptverbreitungsgebiete in der Schweiz liegen im Gantrisch und im Simmental.

Der botanische Lehrpfad ist gut gemacht und zeigt diverse der typischen Kalkfelsflur-Arten, die normalerweise nicht immer so einfach zugänglich sind. Arten wie der Leberbalsam (*Erinus alpinus*), das Filzige Felsenblümchen (*Draba tomentosa*) oder die Zwergorchis (*Chamorchis alpina*) lassen sich so einfach kennenlernen und beobachten.

Pflanzen am Weg:

Adenostyles alliariae (Gouan) A. Kern.
Adenostyles alpina (L.) Bluff & Fingerh.
Alchemilla conjuncta aggr.
Alchemilla vulgaris aggr.
Androsace chamaejasme Wulfen
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*
Arabis alpina L. s.str.
Arabis bellidifolia Crantz s.str.
Arabis ciliata Clairv.
Arenaria multicaulis L.
Asplenium ruta-muraria L.
Asplenium viride Huds.
Aster alpinus L.
Aster bellidiastrium (L.) Scop.
Athamanta cretensis L.
 * *Barbarea intermedia* Boreau
Bartsia alpina L.



Abbildung 8:
Steinschmücker (*Petrocallis pyrenaica*).

Biscutella laevigata L.
Botrychium lunaria (L.) Sw.
Bupleurum ranunculoides L. s.str.
Campanula cochleariifolia Lam.
Campanula scheuchzeri Vill.
Carduus defloratus L. s.str.
Carex firma Host
Carex rostrata Stokes
Carex sempervirens Vill.
Centaurea montana L.
Chenopodium bonus-henricus L.
 * *Chamorchis alpina* (L.) Rich.
Cirsium spinosissimum (L.) Scop.
Cystopteris fragilis (L.) Bernh.
Daphne mezereum L.
Doronicum grandiflorum Lam.
Draba aizoides L.

- ** *Draba incana* L.
Draba tomentosa Clairv.
Dryas octopetala L.
Epilobium alpestre (Jacq.) Krock.
Erinus alpinus L.
Festuca rubra aggr.
Galium anisophyllum Vill. cf.
Galium megalospermum All.
Gentiana verna L.
Geranium sylvaticum L.
Globularia cordifolia L.
Globularia nudicaulis L.
Gymnadenia conopsea (L.) R. Br.
Gypsophila repens L.
Hedysarum hedysaroides (L.) Schinz & Thell.
Helianthemum alpestre (Jacq.) DC.
Helianthemum nummularium subsp. *grandiflorum*
Hieracium villosum Jacq.
Hippocrepis comosa L.
Juniperus communis subsp. *nana* Syme
Kerneria saxatilis (L.) Sweet
Ligusticum mutellina (L.) Crantz
Linaria alpina (L.) Mill. s.str.
Lotus alpinus (DC.) Ramond
Minuartia verna (L.) Hiern
Moehringia ciliata (Scop.) Dalla Torre
Myosotis alpestris F. W. Schmidt
Myosotis sylvatica Hoffm.
Oxytropis jacquinii Bunge
 * *Papaver sendtneri* Hayek
Pedicularis oederi Hornem.
Pedicularis verticillata L.
Petasites paradoxus (Retz.) Baumg.
 * *Petrocallis pyrenaica* (L.) R. Br.
Phyteuma orbiculare L.
Plantago alpina L.
Poa alpina L.
Polygala chamaebuxus L.
Polygonum viviparum L.
Primula auricula L.
Primula elatior (L.) L. s.str.
Pritzelago alpina (L.) Kuntze s.str.
Pulsatilla alpina (L.) Delarbre s.str.
Ranunculus alpestris L.
Ranunculus montanus Willd.
Rhamnus pumila Turra
Salix retusa L.
Saxifraga aizoides L.
Saxifraga aspera L.
Saxifraga paniculata Mill.
Scabiosa lucida Vill.
Senecio doronicum (L.) L.
Sesleria varia (Jacq.) Wettst.
Silene acaulis (L.) Jacq.
Silene dioica (L.) Clairv.
Silene vulgaris (Moench) Garcke s.l.
Soldanella alpina L.
Thalictrum aquilegifolium L.
Thesium alpinum L.
Thlaspi rotundifolium (L.) Gaudin s.l.
Thymus serpyllum aggr.
Trisetum distichophyllum (Vill.) Roem. & Schult.
Trollius europaeus L.
Urtica dioica L.
Valeriana montana L.
Veronica aphylla L.
Veronica fruticans Jacq.
Veronica serpyllifolia L. s.str.
Viola biflora L.
Viola lutea Huds.

Zu einem so speziellen Berg wie dem Pilatus gehören natürlich auch Geschichten. Nicht umsonst war bis ins 16. Jahrhundert das Besteigen des Pilatus verboten. Man befürchtete, damit Unwetter zu verursachen. Der ursprüngliche Name des Bergs lautete: Fractus montus, was im Wort Fräkmüntegg noch enthalten ist. Die Felslandschaft machte der Bevölkerung Angst. Dazu kommt die Pilatus-Sage, der nach Pontius Pilatus beim Pilatus-Seeli gestrandet sein soll und dort, da er keine Ruhe findet, als Geist sein Unwesen treibt.

Bericht: Barbara Studer

5. Exkursion: 4. August 2012
Glarner Spezialitäten im Klöntal
 Leitung: PETER ZIMMERMANN

Der Weg führt durch einen Hirschzungen-Bergahorn-Schluchtwald. Neben einer recht reichhaltigen Flora mit verschiedenen Farnen sind speziell zu erwähnen: die Breitblättrige Glockenblume (*Campanula latifolia*) mit einer Höhe von 150 cm und 6 cm langen Blüten, Rittersporn (*Delphinium elatum*), die Mondviole (*Lunaria rediviva*), meistens verblüht mit den markanten Früchten und das Vielstenglige Fingerkraut (*Potentilla caulescens*). Mit etwas Glück finden wir auch mehrere herabgeschwemmte Alpenpflanzen, dies auf ca. 850 m ü.M. Route: Sechs flache Kilometer entlang dem Klöntalersee vom Plätz über den Bärentritt bis zum Rhodannenberg.

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | * <i>Delphinium elatum</i> |
| <i>Actaea spicata</i> | <i>Deschampsia cespitosa</i> |
| <i>Achillea millefolium</i> | <i>Dryopteris filix-mas</i> |
| <i>Aconitum napellus</i> | <i>Epilobium angustifolium</i> |
| <i>Aconitum paniculatum</i> | <i>Epipactis helleborine</i> |
| <i>Aconitum vulpura</i> | <i>Eupatorium cannabinum</i> |
| <i>Adenostyles alpina</i> | <i>Euphorbia dulcis</i> |
| <i>Alchemilla alpina</i> | <i>Euphrasia rostkoviana</i> |
| <i>Alchemilla xanthochlora</i> | <i>Fagus sylvatica</i> |
| <i>Allium victorialis</i> | <i>Filipendula ulmaria</i> |
| <i>Angelica sylvestris</i> | <i>Galeopsis tetrahit</i> |
| <i>Anthericum ramosum</i> | <i>Geranium robertianum</i> |
| <i>Aquilegia atrata</i> | <i>Geranium sylvaticum</i> |
| <i>Arabis alpina</i> | <i>Geum rivale</i> |
| <i>Aruncus dioicus</i> | <i>Geum urbanum</i> |
| * <i>Asperula taurina</i> | <i>Gypsophila repens</i> |
| <i>Asplenium viride</i> | <i>Heracleum sphondylium</i> |
| <i>Astrantia major</i> | <i>Hieracium murorum</i> |
| <i>Athyrium filix-femina</i> | <i>Huperzia selago</i> |
| <i>Buphthalmum salicifolium</i> | <i>Impatiens noli-tangere</i> |
| <i>Campanula cochleariifolia</i> | <i>Impatiens parviflora</i> |
| * <i>Campanula latifolia</i> | <i>Knautia arvensis</i> |
| <i>Campanula rotundifolia</i> | * <i>Lathyrus occidentalis</i> |
| <i>Campanula trachelium</i> | <i>Leucanthemum vulgare</i> |
| <i>Carduus nutans</i> | <i>Lonicera xylosteum</i> |
| <i>Carduus personata</i> | <i>Lotus corniculatus</i> |
| <i>Centaurea jacea</i> | * <i>Lunaria rediviva</i> |
| <i>Centaurea montana</i> | <i>Maianthemum bifolium</i> |
| <i>Chaerophyllum hirsutum</i> | <i>Melampyrum sylvaticum</i> |
| * <i>Circaea alpina</i> | <i>Melica nutans</i> |
| <i>Circaea lutetiana</i> | <i>Mercurialis perennis</i> |
| <i>Cirsium oleraceum</i> | <i>Moehringia muscosa</i> |
| <i>Clinopodium vulgare</i> | <i>Molinia arundinacea</i> |
| <i>Convallaria majalis</i> | <i>Mycelis muralis</i> |
| <i>Crepis pyrenaica</i> | <i>Oxalis acetosella</i> |
| <i>Cystopteris fragilis</i> | <i>Paris quadrifolia</i> |
| * <i>Cystopteris montana</i> | <i>Parnassia palustris</i> |
| <i>Dactylis glomerata</i> | <i>Peucedanum ostruthium</i> |
| <i>Daphne mezereum</i> | <i>Phyllitis scolopendrium</i> |

<i>Phyteuma spicatum</i>	<i>Saxifraga rotundifolia</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Poa alpina</i>	<i>Senecio alpinus</i>
<i>Poa annua</i>	<i>Senecio ovatus</i>
<i>Poa nemoralis</i>	<i>Silene dioica</i>
<i>Polygonatum verticillatum</i>	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Potentilla erecta</i>	<i>Solidago virgaurea subsp. minuta</i>
<i>Potentilla caulescens</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Prenanthes purpurea</i>	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>
<i>Primula elatior</i>	<i>Thesium alpinum</i>
<i>Pritzelago alpina</i>	<i>Tofieldia calyculata</i>
<i>Prunella vulgaris</i>	* <i>Tozzia alpina</i>
<i>Pyrola rotundifolia</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Ranunculus acris</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
<i>Rubus caesius</i>	<i>Valeriana tripteris</i>
<i>Rubus idaeus</i>	<i>Veratrum album</i>
<i>Rubus saxatilis</i>	<i>Veronica urticifolia</i>
<i>Sambucus ebulus</i>	<i>Viola biflora</i>
<i>Saxifraga aizoides</i>	

Bericht: Peter Zimmermann

6. Exkursion: 25. August 2012

Hanfpalmen und Götterbäume am Lago Maggiore bei Stresa (I)

Leitung: STEFFEN BOCH und BEAT FISCHER

Die aussergewöhnliche Exkursion führt uns nach zwei Stunden Zugfahrt von Bern an den Lago Maggiore. Dort herrscht das sogenannte insubrische Klima, welches durch den See und die Lage im Süden des Alpenbogens geprägt wird und sich über die gesamte Zone der oberitalienischen Seen, vom Lago Maggiore bis zum Lago di Como erstreckt. Das Gebiet wurde ursprünglich vom keltischen Volk der Insubrer besiedelt, später dann von den Römern erobert. Die Bezeichnung insubrisch für das spezielle Klima wurde von Albrecht von Haller geprägt. Die hohen Berge in diesem Teil des Alpenbogens stauen die aus dem Süden herangetragenen Wolken, wodurch es dort sehr regenreich ist. Typisch für das insubrische Klima sind Wärme, viele Sonnenstunden, teilweise heftige Niederschläge und vor allem viele Niederschläge während der Vegetationsperiode, verbunden mit einer hohen Luftfeuchtigkeit. Dies führt zu einem Klima, das dem subtropischen schon recht ähnlich ist. Der einzige Unterschied ist die im Winter doch deutlich kühlere Temperatur. Dieses Klima führt, ähnlich wie im Tessin, zu einer sehr speziellen Pflanzenwelt. Nicht wenige, ursprünglich aus subtropischen Gebieten stammende Pflanzen, fühlen sich im insubrischen Klima wohl. Es handelt sich dabei oft um immergrüne, grossblättrige Pflanzen. Zusätzlich begünstigt werden die subtropischen Pflanzen durch die Klimaerwärmung, die sich unter anderem als fehlende Minustemperaturen auswirkt.

Ein paar Klimadaten zum Vergleich:

Bern: Temperatur im Durchschnitt 7,7 °C, 1005 mm Niederschlag, hauptsächlich im Sommer

Visp: Temperatur im Durchschnitt 8,2 °C, 553 mm Niederschlag, nur wenig im Sommer

Locarno: Temperatur im Durchschnitt 11,4 °C, 1806 mm Niederschlag, ausgeprägt im Sommer



Abbildung 9: Neophytenreiche Ruderalflur am Bahnhof Stresa.

Interessant ist, dass das Gebiet vor den Eiszeiten ebenfalls von mehrheitlich subtropischen Pflanzenarten besiedelt war. Diese sind aber während den Eiszeiten grösstenteils ausgestorben. Aktuell befindet sich der subtropische Lorbeerwald-Gürtel auf dem gleichen Breitengrad, ist aber in Asien und Mittel-/Nordamerika viel ausgeprägter.

Grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetation haben auch die vielen, aus ausser-europäischen Gebieten in die Gegend gebrachten Gartenpflanzen, wie die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) oder der Drüsige Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*). Seit einigen Jahrzehnten haben sich verwilderte Gartenpflanzen in der insubrischen Flora etabliert, insbesondere in den Wäldern.

Die Exkursion soll uns Bernern aus den Nordalpen auch die Unterschiede in der Flora und die viel häufiger vorkommenden Neophyten vor Augen führen. Die Definition der Neophyten richtet sich nach der Entdeckung der Neuen Welt durch Kolumbus: Alle Arten, die nach 1492 absichtlich oder unabsichtlich den Kontinent wechselten, werden als Neophyten bezeichnet. Ein sehr guter Ort dafür ist gleich das Bahnhofsgelände von Stresa, das wir als Erstes näher betrachten, natürlich nicht, ohne uns vorher einen echt italienischen Capuccino gegönnt zu haben. Spannend in der Bahnhofsflorea sind die vielen Wolfsmilch-Arten, davon sehr kleine, wie die Gefleckte Wolfsmilch (*Euphorbia maculata*) oder als grössere Art David's Wolfsmilch (*Euphorbia davidii*). Auch Gräser sind diverse zu finden, so z.B. das Kleine Liebesgras (*Eragrostis minor*) oder die Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*). Die Familie der Asteraceen ist ebenfalls reichlich vertreten durch Arten wie den Verlot'schen Beifuss

(*Artemisia verlotiorum*), den Fiederblättrigen Zweizahn (*Bidens bipinnata*), das Aufrechte Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) oder das Südafrikanische Greiskraut (*Senecio inaequidens*). Eine typisch subtropische Art, die auf der Alpennordseite nicht überleben würde, ist die Kommeline (*Commelina communis*) mit ihren hübschen blauen Blüten. Auf den ohne Chemie-Einsatz gepflegten Gleisanlagen können sich sogar Sträucher und Bäume wie der Schmetterlingsstrauch (*Buddleja davidii*) oder die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) ansiedeln.

Pflanzen am Bahnhof Stresa und Wegränder:

Name lateinisch	Name deutsch	Familie	Ursprung (E = einheimisch)
<i>Clematis vitalba</i>	Gemeine Waldrebe	<i>Ranunculaceae</i>	E
<i>Parietaria officinalis</i>	Aufrechtes Glaskraut	<i>Urticaceae</i>	Südeuropäisch
<i>Parietaria judaica</i>	Niederliegendes Glaskraut	<i>Urticaceae</i>	Südeuropäisch
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie	<i>Fabaceae</i>	Nordamerika
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	<i>Fabaceae</i>	E
<i>Trifolium arvense</i>	Hasen-Klee	<i>Fabaceae</i>	Mediterran
<i>Trifolium pratense</i>	Rot-Klee	<i>Fabaceae</i>	E
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewöhnlicher Hornklee	<i>Fabaceae</i>	E
<i>Euphorbia maculata</i>	Gefleckte Wolfsmilch	<i>Euphorbiaceae</i>	Nordamerika
<i>Euphorbia davidii</i>	David's Wolfsmilch	<i>Euphorbiaceae</i>	Argentinien
<i>Oxalis dillenii</i>	Dillenius' Sauerklee	<i>Oxalidaceae</i>	Nordamerika
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Schmalblättriger Doppelsame	<i>Brassicaceae</i>	Mediterran
<i>Ailanthus altissima</i>	Götterbaum	<i>Simaroubaceae</i>	China
<i>Oenothera biennis</i>	Zweijährige Nachtkerze	<i>Onagraceae</i>	Nordamerika
<i>Geranium rotundifolium</i>	Weicher Storchenschnabel	<i>Geraniaceae</i>	E
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Fünffingerige Jungfernebe	<i>Vitaceae</i>	Nordamerika
<i>Phytolacca americana</i>	Amerikanische Kermesbeere	<i>Phytolaccaceae</i>	Nordamerika
<i>Portulaca oleracea</i>	Gemüse-Portulak	<i>Portulacaceae</i>	Asiatisch
<i>Herniaria hirsuta</i>	Behaartes Bruchkraut	<i>Caryophyllaceae</i>	Mediterran
<i>Saponaria officinalis</i>	Echtes Seifenkraut	<i>Caryophyllaceae</i>	E
<i>Fallopia dumetorum</i>	Hecken-Windenknöterich	<i>Polygonaceae</i>	E
<i>Polygonum arenastrum</i>	Gleichblättriger Vogelknöterich	<i>Polygonaceae</i>	E
<i>Solanum nigrum</i> ssp. <i>nigrum</i>	Schwarzer Nachtschatten	<i>Solanaceae</i>	E
<i>Solanum nigrum</i> ssp. <i>schultesii</i>	Schwarzer Nachtschatten	<i>Solanaceae</i>	E
<i>Solanum chenopodioides</i>	Zierlicher Nachtschatten	<i>Solanaceae</i>	Südamerika

<i>Solanum villosum</i> ssp. <i>miniatum</i>	Gelber Nachtschatten	<i>Solanaceae</i>	E
<i>Convolvulus arvensis</i>	Acker-Winde	<i>Convolvulaceae</i>	Südeuropäisch-westasiatisch
<i>Verbena officinalis</i>	Eisenkraut	<i>Verbenaceae</i>	E
<i>Plantago major</i>	Breit-Wegerich	<i>Plantaginaceae</i>	E
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitz-Wegerich	<i>Plantaginaceae</i>	E
<i>Cymbalaria muralis</i>	Zimbelkraut	<i>Plantaginaceae</i>	Südeuropäisch
<i>Linaria vulgaris</i>	Gemeines Leinkraut	<i>Plantaginaceae</i>	E
<i>Buddleja davidii</i>	Schmetterlingsstrauch	<i>Scrophulariaceae</i>	China
<i>Verbascum phlomoides</i>	Filzige Königskerze	<i>Scrophulariaceae</i>	E
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre	<i>Apiaceae</i>	E
<i>Solidago gigantea</i>	Spätblühende Goldrute	<i>Asteraceae</i>	Nordamerika
<i>Conyza canadensis</i>	Kanadisches Berufkraut	<i>Asteraceae</i>	Nordamerika
<i>Conyza sumatrensis</i>	Sumatra-Berufkraut	<i>Asteraceae</i>	Südamerika
<i>Erigeron annuus</i>	Einjähriges Berufkraut	<i>Asteraceae</i>	Nordamerika
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Aufrechtes Traubenkraut	<i>Asteraceae</i>	Nordamerika
<i>Bidens bipinnata</i>	Fiederblättriger Zweizahn	<i>Asteraceae</i>	Nordamerika
<i>Galinsoga parviflora</i>	Kleinblütiges Knopf- kraut	<i>Asteraceae</i>	Südamerika
<i>Artemisia verlotiorum</i>	Ostasiatischer Beifuss	<i>Asteraceae</i>	Ostasien
<i>Senecio inaequidens</i>	Südafrikanisches Greiskraut	<i>Asteraceae</i>	Südafrika
<i>Leontodon autumnalis</i>	Herbst-Milchkraut	<i>Asteraceae</i>	E
<i>Lactuca serriola</i>	Wilder Lattich	<i>Asteraceae</i>	E
<i>Taraxacum</i> sp.	Gewöhnlicher Löwen- zahn	<i>Asteraceae</i>	E
<i>Crepis foetida</i>	Stinkender Pippau	<i>Asteraceae</i>	Südeuropäisch-westasiatisch
<i>Crepis tectorum</i>	Dach-Pippau	<i>Asteraceae</i>	E
<i>Trachycarpus fortunei</i>	Chinesische Hanf- palme	<i>Arecaceae</i>	Ostasien
<i>Commelina communis</i>	Kommeline	<i>Commelinaceae</i>	Ostasien
<i>Eragrostis minor</i>	Kleines Liebesgras	<i>Poaceae</i>	Mediterran
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Bluthirse	<i>Poaceae</i>	Weltweit
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hühnerhirse	<i>Poaceae</i>	Weltweit
<i>Setaria viridis</i>	Grüne Borstenhirse	<i>Poaceae</i>	Weltweit
<i>Setaria pumila</i>	Graugrüne Borstenhirse	<i>Poaceae</i>	Weltweit
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kirschlorbeer	<i>Rosaceae</i>	Kaukasus
<i>Mollugo verticillata</i>	Quirliges Teppichkraut	<i>Molluginaceae</i>	Mittelamerika

Zu Fuss machen wir uns danach auf den Weg Richtung Villa Pallavicini, deren Park wir ebenfalls nach gepflanzten und verwilderten Neophyten absuchen wollen. Das an diesem Tag typische, warme und feuchte Klima bringt uns trotz kurzem Fussweg arg ins Schwitzen. Auf dem Weg zum Park treffen wir ebenfalls verschiedenste Neophyten an, so die Essbare Kermesbeere (*Phytolacca esculenta*) und die Fünffingerige Jungferne (Parthenocissus *quinquefolia*), die sich mit Haftscheiben an den Ranken fast überall festklammern und so beliebige Objekte überklettern kann. Interessant auch die Besiedlung einer alten Steinmauer bei einer Unterführung mit Cyanobakterien (Blualgen) der Gattung Nostoc, welche zusammen mit einem Pilz Flechten bilden können.

Der Parco della Villa Pallavicino (www.parcozoopallavicino.it) beherbergt einen prächtigen, gepflegten Park und einen zoologischen Garten. Der Park wurde vor ca. 150 Jahren angelegt und enthält einen wunderschönen Bestand an Bäumen aus dieser Zeit. Darunter prächtige Exemplare des Tulpenbaums (*Liriodendron tulipifera*), der aus Amerika stammt, des Götterbaums (*Ailanthus altissima*) und des Kakibaums (*Diospyros kaki*). Die bunt bepflanzten Rabatten zeigen deutlich, dass im subtropischen Klima fast alle Pflanzen prächtig gedeihen. Das Indische Blumenrohr (*Canna indica*), die Spinnenblume (*Cleome* sp.), das Wandelröschen (*Lantana camara*) und die Rizinus-Pflanze (*Ricinus communis*) sorgen für einen wunderschönen Aspekt. Das gute Gedeihen verdeutlicht aber auch, dass das Verwildern und die Neophyten-Problematik bei mehreren dieser Arten nicht zu unterschätzen ist. So bereitet das Wandelröschen, als Giftpflanze, in verschiedenen subtropischen und tropischen Gebieten weltweit Probleme und ist fast nicht zu bekämpfen. Auch der hochgiftige Rizinus ist eine Art, die sich neue Gebiete erobert hat. Ursprünglich aus dem nordöstlichen Afrika und dem Nahen Osten stammend, ist er heute weit verbreitet. Einen speziellen Lebensraum erobert sich Karvinskis Berufkraut (*Erigeron karvinskianus*). Die Art besiedelt häufig Mauern oder Felswände, macht aber andernorts keine Probleme.



Abbildung 10:
Kommeline (*Commelina communis*).

Pflanzen im Parco della Villa Pallavicino:

<i>Prunus laurocerasus</i>	Kirschlorbeer	Rosaceae	Kaukasus
<i>Hypericum androsaemum</i>	Blut-Johanniskraut	Hypericaceae	Mediterran
<i>Impatiens balfourii</i>	Balfours Springkraut	Balsaminaceae	Himalaya
<i>Erigeron karvinskianus</i>	Karvinskis Berufkraut	Asteraceae	Mittelamerika
<i>Muhlenbergia schreberi</i>	Tropfensame	Poaceae	Mediterran-westasiatisch
Gartenpflanzen:			
<i>Canna indica</i>	Indisches Blumenrohr	Cannaceae	Südamerika, Hybrid
<i>Cleome spinosa</i>	Spinnenblume	Cleomaceae	Südamerika
<i>Ricinus communis</i>	Rizinus	Euphorbiaceae	Nordostafrika, Naher Osten



Abbildung 11:
David's Wolfsmilch (*Euphorbia davidii*).

<i>Erythrina</i> sp.	Korallenbaum	Fabaceae	Tropen
<i>Senna</i> sp.	Senna	Fabaceae	Tropen
<i>Lagerstroemia indica</i>	Lagerströmie	Lythraceae	Asien
<i>Abutilon</i> sp.	Schönmalve	Malvaceae	Südamerika, Nordamerika, Australien
<i>Plumbago auriculata</i>	Kap-Bleiwurz	Plumbaginaceae	Südafrika
<i>Lantana camara</i>	Wandelröschen	Verbenaceae	Tropisches Amerika

Am Ufer des Lago Maggiore dann unser letzter botanischer Halt vor dem Rückweg an den Bahnhof. Eindrücklich zeigt dort die Kopoubohne (*Pueraria lobata*) wozu sie fähig ist. Eine Fläche von 50 m² kann sie problemlos so dicht überwachsen, dass nichts anderes mehr einen Lebensraum findet. Diese ostasiatische Art breitet sich zurzeit stark aus und ist auf der Alpensüdseite vor allem an Bahndämmen und Böschungen häufig zu sehen. Die an sich sehr schönen Blüten sind meist unter den Blättern versteckt.

Pflanzen am Ufer des Lago Maggiore:

<i>Pueraria lobata</i>	Kopoubohne	Fabaceae	Ostasien
<i>Fallopia japonica</i>	Japanischer Staudenknöterich	Polygonaceae	Ostasien
<i>Eleusine indica</i>	Eleusine	Poaceae	Tropisch-subtropisch
<i>Eleusine indica</i>	Eleusine	Poaceae	Tropisch-subtropisch

7. Buchrezension:

LAUBER, WAGNER, GYGAX (2012) *Flora Helvetica*. 5. Auflage.

Rezension: STEFFEN BOCH

Ein Standard-Nachschlagewerk

Die *Flora Helvetica* hat sich seit der ersten Auflage 1996 zum Standardwerk entwickelt, auch ausserhalb der Schweiz. Sie ist nicht nur in den Bücherregalen von Berufsbotanikern zu finden, sondern gehört mittlerweile zur Grundausrüstung von botanisch Interessierten und Naturliebhabern, die Freude am Durchforsten der Pflanzenartenvielfalt haben oder einfach schöne Fotos bestaunen wollen. Zusammen mit der gängigen Bestimmungsliteratur dient die *Flora Helvetica* als Nachschlagewerk zum Verifizieren der eigenen Bestimmungsergebnisse. Sie umfasst 3000 Taxa in Text und Bild, erwähnt 121 weitere Taxa im Text und deckt somit den Grossteil der in der Schweiz wild wachsenden Farn- und Blütenpflanzen ab.

Was ist neu?

Wie bei jeder Neuauflage wurde auch bei der 5. Auflage aus dem Jahr 2012 nicht nur das Erscheinungsbild durch neue Umschlagsfotos aufgefrischt, sondern auch Texte verbessert, Fehler korrigiert und Verbreitungskarten auf den neusten Stand gebracht. Dabei wurden alle bis Sommer 2011 bei Info Flora (Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora; damals noch ZDSF) erfassten Fundmeldungen berücksichtigt. Im Vergleich zur vorigen Auflage hat die neue *Flora Helvetica* 25 Seiten mehr (1656 Seiten gesamt), ist aber dennoch ca. 3 mm dünner und ca. 200 g leichter. Dies ist auf die Verwendung eines etwas dünneren Papiers zurückzuführen, was beim ersten Durchblättern ein zunächst ungewohntes Fingergefühl auslöst. Ob sich bei häufigem Gebrauch dadurch die Halbwertszeit des Buches verringert, bleibt abzuwarten. Des Weiteren bleibt offen, ob die im Vergleich zur vorigen Auflage minimal schlechtere Druckqualität, welche je nach Exemplar unterschiedlich und besonders an den etwas unsauberen Farben einiger Fotos zu erkennen ist, auf das neue Papier zurückzuführen ist.

Bereits am Umschlag fällt auf, dass neben den neuen Pflanzenfotos und den beiden altbekannten Autoren (Konrad Lauber & Gerhart Wagner) ein etwas kleiner geschriebener, dritter Autorenname auftaucht: Andreas Gygax. Er hat bereits bei der 4. Auflage mitgearbeitet, nun aber substantielle Veränderungen am Aufbau des Buches und des Bestimmungsschlüssels vorgenommen, wodurch er als Ko-Autor gewürdigt wurde.

Besonders auffällig und damit eine der wichtigsten und wertvollsten Änderungen ist in der 5. Auflage die geänderte Reihenfolge einiger Pflanzenfamilien (z.B. *Caryophyllaceae* vorher Nr. 313–436, jetzt Nr. 1140–1265), sowie die neue Zuordnung einiger Gattungen zu anderen Familien (z.B. frühere *Liliaceae*, *Scrophulariaceae*). Dies ist auf die dem neuen Standard der Pflanzensystematik nach APGIII (Angiosperm Phylogeny Group) zurückzuführen. Bei diesem neuen System der Pflanzentaxonomie wurden molekulargenetische Verwandtschaftsverhältnisse berücksichtigt und somit Ordnung in das bislang verwendete künstliche System gebracht, welches auf einer Ein-



Abbildung 12:
Viola calcarata: Das Titelbild der neuen *Flora Helvetica*.

ordnung nach rein morphologischen Merkmalen beruhte. Erstaunlich ist jedoch, dass ein relativ grosser Anteil des traditionellen Systems der neuen Herangehensweise Stand gehalten hat: Von den 3122 in der fünften Auflage präsentierten Taxa aus 827 Gattungen und 148 Familien wechselten nur 352 Taxa (11,3%) und 112 Gattungen (13,5%) ihren Familiennamen.

Diese neue Systematik wurde ebenfalls in den immer noch sehr groben, weil wenig detaillierten Bestimmungsschlüssel aufgenommen. Die Einarbeitung der oftmals anhand von morphologischen Merkmalen nur schwer nachvollziehbaren Änderungen nach APGIII erfolgte dabei auf elegantem Wege, durch teilweise Mehrfachverschlüsselung von besonders polymorphen Familien und durch die Aufnahme einzelner Gattungen in den vorher reinen Familienschlüssel. Ein sicher lohnendes und wünschenswertes Zukunftsprojekt bleibt dennoch die Aktualisierung eines ausführlichen Bestimmungsschlüssels, um mehr Nutzer wieder zum «richtigen» Bestimmen zu animieren.

Eine gute Nachricht für Freunde der Stetigkeit ist jedoch, dass sich keine Gattungsnamen und nur fünf Namen von Taxa geändert haben (0,16%), was allerdings nicht auf das neue System zurückzuführen ist: *Adenostyles alpina* (= *A. glabra*), *Carex leersii* (= *C. guestphalica*), *Epipactis purpurata* (= *E. viridiflora*), *Potentilla verna* (= *P. neumanniana*) und *Scirpoides holoschoenus* subsp. *australis* (= *Scirpoides holoschoenus* subsp. *romanus*). Darüber hinaus wurden 73 Taxa ausgetauscht, darunter adventive, synonymisierte oder kultivierte Taxa, die vorwiegend durch etablierte Neophyten oder Gartenflüchtlinge ersetzt wurden. Aus gleichen Gründen erfuhren 43 bislang nur im Text erwähnte Taxa ein Upgrade und sind nun mit Foto vertreten. Andersherum wurden 13 vorher abgebildete Taxa aufgrund ihrer geringen Bedeutung herabgestuft und sind nun nur noch im Text erwähnt. Insgesamt mussten nur neun Fotos ausgetauscht werden, da sie vorher die falsche Art (*Arenaria gothica*, *Mimulus guttatus*, *Panicum capillare*, *Potentilla cinerea*, *Setaria verticilliformis*, *Viola canina*) oder untypische Exemplare der jeweiligen Art zeigten (*Eragrostis pilosa*, *Juncus stygius*, *Solanum chenopodioides*).

Zusammenfassend ist die neue Auflage (wie die früheren Auflagen) ein gelungenes Standardwerk, das in keinem gut sortierten Bücherregal fehlen sollte. Nicht nur für Freunde der aktuellen Smartphone-Technik, sondern auch für jene, die bislang wegen des Gewichts darauf verzichteten das Buch auf Wanderungen und Exkursionen mitzunehmen, gibt es nun die neu entwickelte Flora Helvetica App, wodurch der gesamte Inhalt auch auf Smartphones oder auf Tablets verfügbar ist (Kosten: 100 CHF).

† Nachruf Klara M. Röthlisberger 1918–2012

Am 31. Januar 2012 erfüllte sich ein reiches Botanikerinnen-Leben, das für die Bernische Botanische Gesellschaft sehr wichtig war – Klara Marie Röthlisberger verliess uns in aller Stille.

Über lange Jahre war Klara Röthlisberger ein begeistertes, engagiertes und kenntnisreiches Mitglied der Bernischen Botanischen Gesellschaft. Sie wurde am 13. Juni 1918 in eine Lehrerfamilie in Langnau geboren und hatte zwei jüngere Geschwister, Verena und Hans. Der Vater stirbt im November 1924 an Lungentuberkulose. Er war ein vielseitig interessierter Mann, las, schrieb, dichtete und war der Botanik zugetan; er war wohl viel unterwegs mit seiner Ältesten. Man erzählte von Klärlä (4-jährig): «Gäll Vati, das isch es Milzchrütli!». Es folgten Primar- und Sekundarschule 1925–1934 in Langnau. Sie war eine gute, unauffällige Schülerin, ging immer schon eigene Wege. Sie fühlte sich getroffen und bestürzt, als die Mutter beim Aufräumen das Herbar des Vaters (von Schädlingen befallen) der Kehrriechtabfuhr übergab.



5. September 2009

Arlet Belletti

Ausbildung 1934–1938

1934–1935 Welschlandjahr und Haushaltungsschule in Lucens

1935–1938 Gärtnerinnenschule Hünibach bei Thun; auf biologisch-dynamischer Grundlage – Pionierschule, Klara war im ersten Jahrgang

Berufsjahre 1938–1945

1938 Staudengärtnerei Däpp in Münsingen. Es war schwierig für eine Gärtnerin, sich in dieser, von Männern dominierten Welt zurechtzufinden.

1939 Privatgartenassistentin in Basel

1940–1945 Gärtnerin im Volksbildungsheim Neukirch an der Thur, ein sehr intensiver Sommerjob. Klara hat nebenbei im Heim auch spinnen und weben gelernt. Erschöpft und ausgelaugt kam Klara heim zur Mutter, fand aber für den Winter Arbeit als engagierte Verkäuferin im Blumenladen.

Wanderjahre 1945–1950

Holland: Als Gärtnerin in verschiedenen Volksbildungsheimen in Holland, u.a. «Sandhufe». Klara vervollkommnete ihre Spinn- und Webkunst und erlernte die holländische Sprache.

Dänemark: In Dänemark machte Klara bei einer Weberin eine gründliche Ausbildung.

England: In einem von einem deutschen Ehepaar geführten Erziehungsheim für schwererziehbare Jungen, auf anthroposophischer Grundlage, arbeitet Klara wieder als Gärtnerin und Mitarbeiterin für den ganzen Betrieb; sie lernte auch Englisch.

Aufbau der eigenen Existenz 1950–1983

Klara kam heim nach Langnau und übernahm ein Quartierlädeli, drei Häuser entfernt vom Elternhaus, mit Laden – Keller – Lager – Wohnung und hauchte dem allem Leben ein. Wie hat sie das genossen «settled down» zu sein! Sie verkaufte vorerst die Waren, die noch vorhanden waren, hatte aber ein neues Ziel vor Augen: gesunde Lebensmittel. Die Buchhaltung, An- und Verkauf

brachte sie sich selbst bei und hatte bald eine interessierte, treue Kundschaft. Für die flauen Stunden im Laden erwarb sie einen grossen Webstuhl mit Zubehör, webte sich die Vorhänge fürs Stübli und bald wunderhübsche Stoffe mit besonderen Mustern und Farben. In ihrer Freizeit sammelte sie Kräuter, mehrte ihre botanischen Kenntnisse, wanderte und reiste. Sie lernte auch Neugriechisch und engagierte sich beim Theaterspiel als Souffleuse. Nebenbei bildete sie sich in einem Kurs in Deutschland zur Reformhausverkäuferin aus.

1962 trat sie dem schweizerischen Reformhausverband bei und führte von da an ihr Reformhaus an der Alleestrasse in Langnau. Berühmt waren ihre Dörrobstschteln zur Weihnachtszeit.

Am 13. August 1983 schloss sie den Laden. Die Mutter war unterdessen im hohen Alter gestorben. Die Waren wurden von einem Drogisten übernommen, Wohnung und Garten konnte sie behalten.

Endlich frei für ihre eigentliche Bestimmung: Botanik-Studium an der Uni Bern! Zuerst wandte Klara sich der systematischen und ökologischen Botanik zu. Hierbei wurde sie – unfreiwillig – zur Assistentin, denn sie kannte alle Pflanzen mit deutschem und lateinischem Namen, sowie ihre ökologischen Ansprüche. Mit ihrer Begeisterung half sie manchen Studierenden, deren Motivation unter dem Arbeitsdruck gelitten hatte – viele Studierende wurden von Klara's Enthusiasmus angesteckt! Später schloss Klara auch die Paläoökologie ein und begleitete uns auf zahlreichen internationalen «Moorexkursionen»: Portugal 1991, Isle of Skye 1992, Schweiz 1994, 1997 und 2003, Deutschland 1996, Holland 1999, Polen 2001, Estland 2004 und Italien in 2006. Auch private und familiär motivierte Exkursionen führten Klara in die weite Welt, so nach Taiwan, Tasmanien, Madagaskar und Galapagos.

Klaras besonderes Auge war stets gefragt auf Exkursionen der Bernischen-, der Basler- und der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft. Mit ihrer Beobachtungsgabe und ihrem profunden Wissen leistete Klara auch bleibende Beiträge beim Aufbau des Atlas der Farne und Blütenpflanzen (Welten, M. und Sutter, R. 1984, heute verfügbar und erweitert auf <http://www.infoflora.ch>) und der Flora Helvetica (Lauber und Wagner 1996, 1998 und mit Andreas Gygax 2012).

Ein weiter Kreis von Botanikerinnen und Botanikern wird Klara Röthlisberger stets ein ehrendes und freundschaftliches Andenken bewahren.

Text: Verena Badertscher-Röthlisberger, Jacqueline F.N. van Leeuwen, Brigitta Ammann



