

Mitteilungen der
**Naturforschenden
Gesellschaft in Bern**

2015

Neue Folge Band 72



Thema: Emil August Göldi (1859–1917)
A life between Switzerland and Brazil

Jahresbericht der Abteilung Naturförderung des LANAT
Jahresbericht der Bernischen Botanischen Gesellschaft

Mitteilungen der

Naturforschenden Gesellschaft in Bern

2015

Neue Folge Band 72

Thema: Emil August Göldi (1859–1917)
A life between Switzerland and Brazil

Jahresbericht der Abteilung Naturförderung des LANAT
Jahresbericht der Bernischen Botanischen Gesellschaft

Redaktion

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

www.ngbe.ch

Zitierweise:

Mitt. Natforsch. Ges. Bern NF 72, Bd., Seiten 1–224, Bern Juni 2015

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:

**Ausschnitt aus einem Aquarell der Göldi-Publikation «Álbum de Aves
Amazônicas» von 1906, umgesetzt vom deutschen Maler Ernst Lohse.**

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 9300.– unterstützt.

Inhaltsverzeichnis

Editorial	5
Marco Herwegh <i>Jahresbericht des Präsidenten</i>	7
Matthias Haupt <i>Rechnungsabschluss 2014</i>	15
Die Autoren der diesjährigen Ausgabe	18
 Leitthema dieses Bandes	
Nelson Sanjad, Marcel Güntert <i>Emil August Göldi (1859–1917) – a life between Switzerland and Brazil</i>	21
 Vorträge: 2014 Jahresthema: Abenteuer Erde	
Rudolf von Steiger <i>Vom Urknall bis heute – die Entstehung der Erde</i>	73
Ursula Menkveld-Gfeller <i>Radioaktives Erbe</i>	85
Wolfgang Wilcke <i>Abenteuer Erde – Fruchtbare Erde</i>	91
Philipp Häuselmann, Rolf Siegenthaler <i>Erde von unten – Karsteinblicke</i>	99
Gaston Adamek <i>100 Jahre Schweizerischer Nationalpark</i>	111
Christian Körner <i>Der Kohlenstoffhaushalt der Biosphäre in einer CO₂-reichen Welt</i>	135
<i>Buchvorstellung: Das Multitalent Philipp Gosset 1838–1911</i>	141
Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern Abteilung Naturförderung <i>Bericht 2014</i>	143
Bernische Botanische Gesellschaft <i>Jahresbericht 2014</i>	205

Editorial

Geits no?

Jetzt sind auch die «Mitteilungen» der Naturforschenden Gesellschaft in Bern (NGB) Englisch?



Tatsächlich ist der Hauptbeitrag dieses Themenbandes in Englisch gehalten, bloss was soll das? Die Erklärung ist simpel: Nelson Sanjad, einer unserer Autoren des Hauptbeitrages, arbeitet am Museu Paraense Emilio Goeldi in Belém (Brasilien) und ist portugiesischer Muttersprache. Als er 2013–14 als Gastforscher am Naturhistorischen Museum Bern weilte, haben wir ihn gebeten, einen Beitrag zu Göldi zu schreiben – für einmal nicht aus Schweizer Sicht, sondern aus der Sicht eines Mitarbeiters desjenigen Museums, welches Göldis Namen trägt. Wir haben uns sehr über seine Zusage gefreut und wie Sie lesen werden, ist die Sichtweise, die Nelson Sanjad uns vermittelt, eine etwas andere als die uns bekannte.

Um Nelson Sanjad eine Verbreitung seines Beitrages ausserhalb des deutschen Sprachraums zu ermöglichen, war es fair, ihn seinen Beitrag in Englisch verfassen zu lassen. Als Ausgleich wurde eine längere deutschsprachige Zusammenfassung verfasst.

Während englischsprachige Beiträge nicht zur Tradition werden sollen, endet mit dieser Ausgabe leider eine tatsächlich langjährige Tradition: Die Abteilung Naturförderung des Amts für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern (LANAT), welche seit Langem ihren Jahresbericht in den «Mitteilungen» publiziert, hat sich entschieden künftig eigene Wege zu gehen. Hauptgründe sind Kosteneinsparungen, mehr Flexibilität beim Layout und die Notwendigkeit eines früheren jährlichen Erscheinungstermins. Wir bedauern den Abgang ausserordentlich, wünschen der Abteilung Naturförderung viel Erfolg und Durchhaltewillen in Ihrer anspruchsvollen Arbeit und bedanken uns für die jahrelange gute und partnerschaftliche Zusammenarbeit.

Für die NGB bedeutet dies, sich Gedanken über die jährliche Publikation der «Mitteilungen» machen zu müssen. Da die Abteilung Naturförderung mit ihrem Beitrag auch das Layout der Mitteilungen mitfinanziert hat, sind unsere bescheidenen Ressourcen noch etwas bescheidener geworden. Anlässlich der NGB-Jahresversammlung 2015 wurde diese Problematik ausgiebig diskutiert. Das Redaktionskomitee und der Vorstand der NGB werden Ihnen anlässlich der Jahresversammlung 2016 vorschlagen, wie die Zukunft der Mitteilungen aussehen könnte.

Mit dem nun vorliegenden Band schwenkt die Naturforschende Gesellschaft von heterogen zusammengesetzten Mitteilungsbänden zu erweiterten Themenbänden um. Das bedeutet, dass zukünftige Bände jeweils einen Hauptbeitrag oder ein Hauptthema beinhalten werden. Daneben werden auch weiterhin die geschäftlichen Beiträge der NGB, wie auch die Zusammenfassungen der Vorträge enthalten sein. Ordentliche Beiträge im engeren Sinn, welche erfahrungsgemäss fast nicht mehr eingereicht werden, dürften künftig eher die Ausnahme darstellen.

Viel Spass bei der Lektüre!

Thomas Burri im Mai 2015

Naturforschende Gesellschaft in Bern

Jahresbericht 2014



1. Wissenschaftliche Tätigkeit

Mit dem Jahresleitmotiv «Abenteuer Erde» konnten wir im Jahr 2014 aus dem Vollen schöpfen. Die tollen Teilnehmerzahlen bei Vorträgen und Exkursionen zu Themen aus der Astrophysik, Geologie, Hydrologie, Umweltwissenschaft und der Biologie (siehe Tabelle) zeigen eindrücklich, dass unsere hochqualifizierten Redner/Exkursionsleitenden und die von ihnen durchwegs spannend und packend präsentierten Fachbereiche bei den NGB-Mitgliedern ausgezeichnet angekommen sind. Mit Teilnehmerzahlen von bis zu 122 Personen haben umgerechnet gar ein Drittel bis ein Viertel der NGB-Mitglieder bei einzelnen Veranstaltungen teilgenommen! Natürlich ist diese nicht ganz seriös zu nehmende «Milchbuechli-Rechnung» mit Vorsicht zu geniessen, durften doch einige der prominenten Redner auch auf kräftige Unterstützung aus dem eigenen Fachumfeld bauen. Alle Vorträge fanden zum zweiten Mal nach 2013 im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern (NMBE) statt.

Als Kontrast dazu stand das NGB-Exkursionsprogramm, welches geografisch gesehen fast schweizumfassend war, reichte es doch vom Nordwestende der Schweiz (Jura) bis an die Ostgrenze im Engadin. Hierzu gehörte die Exkursion ins swisstopo-Felslabor am Mont Terri bei St. Ursanne (Jura) mit integrierter NGB-Jahresversammlung. Durch ein Impulsreferat des Leiters des Labors, Dr. Paul Bossart, wurde ein spannender Einblick in den Auftrag und die Aufgaben des Felslabors gegeben. Nach einer Verköstigung mit jurassischen Spezialitäten wurden in mehreren durch das swisstopo-Team geleiteten Führungen die Experimente im Labor vorgestellt.

In Anlehnung an das sehr positive Echo der letztjährigen Kaiserstuhlexkursion wurde auch dieses Jahr wiederum eine mehrtägige Exkursion angeboten. Aus aktuellem Anlass – 100-Jahre Schweizer Nationalpark – führten Prof. em. Christian Schlüchter (Institut für Geologie, Universität Bern) und unser Vorstandsmitglied Christine Keller (Gymnasium Hofwil) die Exkursionsteilnehmer über Stock und Stein durch den Nationalpark. Unterstützt wurden sie hierbei durch Britta Allgöwer (Natur-Museum Luzern) und Dora Negri als Lokalmatadorinnen. Wettermässig hatte sich der Nationalpark leider von seiner übleren Seite gezeigt, war doch vor allem der grosse Wandertag vom Dauerregen überschattet. Dies hat aber der tollen Stimmung keinen Abbruch getan, und die eindrückliche Exkursion wird noch lange in der Erinnerung der Teilnehmenden bleiben.

Die dritte und letzte Exkursion hat uns unter der Leitung von Dr. Urs Eggenberger (Institut für Geologie, Universität Bern) und Markus Kuhnert (Eberhard Recycling AG) in die Anlagen zur Wiederaufarbeitung von Abfall und verseuchten Böden der Eberhard Recycling AG bei Kloten geführt. Mit einer spannenden Kombination von Impulsreferaten und Führungen durch die topmodernen Aufbereitungsanlagen/Deponien haben die Teilnehmer gesehen, was mit den durch Menschen verursachten Umweltschäden geschieht, und wie aufwendig diese behandelt werden müssen, um wieder einen unbelasteten Zustand zu erreichen.

Im 2014 hatte die NGB auch ein engeres Engagement mit der SAC-Sektion Bern. Zum einen durften wir rund 5000 Flyer des Jahresprogramms an die SAC-Mitglieder versenden, zum anderen war der Präsident im Namen der NGB als geologischer Führer bei einer SAC-Tour ins wilde Val Grande beteiligt. Tourenberichte können unter folgenden Links eingesehen werden:

Tourenbericht:

www.sac-bern.ch/uploadedFiles/tourenberichte/mehrtagestour_valgrande.pdf

Geologischer Bericht:

www.sac-bern.ch/uploadedFiles/tourenberichte/val%20grande%20geologisch%20tourenbericht%20-%20herwegh.pdf

Nebst eigenen Veranstaltungen hat die NGB auch im vergangenen Jahr wiederum mit dem Veranstaltungskalender auf weitere 65 Vorträge aus dem naturwissenschaftlichen Umfeld auf dem Platz Bern aufmerksam gemacht.

Zusammenfassend dürfen wir auf ein sehr erfolgreiches «Abenteuer-Erde-Jahr» 2014 zurückblicken. Der Erfolg basiert im Wesentlichen auf dem grossem Engagement unserer Redner/Exkursionsleitenden aber auch der Mitglieder des NGB-Vorstandes, welche im Hintergrund einen grossen Beitrag geleistet haben. Ihnen allen möchte ich an dieser Stelle meinen grossen Dank aussprechen.

Im Rahmen des Jahresprogramms 2014 wurden folgende 9 Veranstaltungen angeboten:

<i>Datum</i>	<i>Titel – ReferentIn/FührerIn</i>	<i>Teilnehmende</i>
11.2.2014	<i>Vom Urknall bis heute – die Entstehung der Erde</i> PROF. DR. RUDOLF E. VON STEIGER, Director International Space Science Institute (ISSI), Bern and Associate Professor, Universität Bern (Organisator G. Baars)	122
27.3.2014	<i>Suche nach einer zweiten Erde</i> PROF. DR. WILLY BENZ, Physikalisches Institut&Center for space and habitability, Universität Bern (Organisator E. Flückiger)	90

29.4. 2014	<i>Rohstoff seltene Erden – Vom Abbau zur Wiederverwertung</i> MSc MARK SIMONI, ETH Zürich, Schweizerische Geotechnische Kommission (SGTK) (Organisator T. Burri)	85
24.5.2014	<i>Radioaktives Erbe: Exkursion Felslabor Mont Terri</i> Dr. PAUL BOSSART, Direktor des Mont Terri Projektes, Swisstopo (Organisatorin U. Menkveld-Gfeller)	31
8.-10.8.2014	<i>Wir feiern auch ...</i> <i>100 Jahre Schweizerischer Nationalpark</i> Prof. Dr. CHRISTIAN SCHLÜCHTER, Institut für Geologie, Uni Bern; Christine Keller, Biologin, Gymnasium Hofwil, Münchenbuchsee (Organisatorin Ch. Keller)	20
16.9.2014	<i>Fruchtbare Erde</i> Prof. Dr. WOLFGANG WILKE, Geografisches Institut, Universität Bern (Organisator W. Tinner)	26
14.10.2014	<i>Erde von unten – Karsteinblicke</i> Pd Dr. PHILIPP HÄUSELMANN, Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie, La Chaux-de-Fonds; Rolf Siegenthaler, Höhlenforscher-Gemeinschaft Region Hohgant (Organisator T. Burri)	77
31.10.2014	<i>Verseuchte Erde: Sanierung belasteter Böden</i> Dr. URS EGGENBERGER, Institut für Geologie, Universität Bern; Maurus Alig, Betriebsleiter Bazo Eberhard Recycling (Organisator M. Herwegh)	18
9.11.2014	<i>Der Kohlenstoffhaushalt der Biosphäre in einer CO₂-reichen Welt</i> Prof. Dr. H.C. CHRISTIAN KÖRNER, Botanisches Institut, Uni Basel (Organisator R. Brügger)	30

2. Publikationen

Im 2014 hat die NGB unter der Leitung unseres Redaktors Thomas Burri den Band 71 der Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern veröffentlicht. Der Band beinhaltet folgende Beiträge:

- Jahresbericht des Präsidenten
MARCO HERWEGH
- Jahresrechnung
MATTHIAS HAUPT
- Die Autoren der diesjährigen Ausgabe

– Zusammenfassungen der Vorträge:

- Griechenland im Feuer – von Prometheus zum Feuerteufel
VOLKER JÖRG DIETRICH
- Meteoriten und Impaktkrater – Zeugen von Kollisionen im All
BEDA A. HOFMANN
- Feuer aus dem Erdinnern: Vulkanismus und Fluide am Kaiserstuhl
IVAN MERCOLLI, ALFONS BERGER, THOMAS BURRI
- Der Umgang mit dem Feuer im Mittelalter: Kochen, Heizen, Hausbau und Brandschutz im Blickfeld von Archäologie und Geschichte
ARMAND BAERISWYL
- Viel Neues unter der Sonne
PETER BOCHSLER
- Wiederbesiedlung der Waldbrandfläche Leuk durch Insekten
BEAT WERMELINGER
- Kohleflözbrände im internationalen Kontext: Ursachen, Auswirkungen und geowissenschaftliche Methoden der Detektion und nachhaltigen Überwachung
CLAUDIA KUENZER, CORINNE FREY, JIANZHONG ZHANG
- International Fire Academy ifa
ROLF WITSCHI
- Die Schweiz in Flammen? – Klimawandel und zukünftige Entwicklungen der Waldbrände
MARCO CONEDERA
- Wird aus Bern Bibern?
MADLEINA CADUFF
- Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück – Charakterisierung von Tageslagern im Sommereinstandsgebiet
SARAH HUMMEL, ANDREAS BOLDT, KATRIN BIERI WILLISCH, CHRISTIAN WILLISCH
- Neuer Amphibienweiher in der unteren Aaregg
SABINE TSCHÄPELER
- Mittelmoränen – Rezension zum neuen Buch von Gerhart Wagner
THOMAS BURRI
- Bericht 2013
Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Abteilung Naturförderung
- Jahresbericht 2013
Bernische Botanische Gesellschaft

Wir danken allen Autoren und Autorinnen für ihre Beiträge, wie auch ganz besonders unserem Redaktor Thomas Burri für sein grosses und nicht immer ganz einfaches Engagement beim Zusammenstellen und Redigieren des Mitteilungsbandes.

3. Mitgliedschaft

Mitgliederbestand per 31.12.2014: 358 (Vorjahr 345)

Mitgliederbeiträge:

Fr. 40.– (Normalmitglieder), Fr. 15.– (Jungmitglieder),

Fr 80.– (Korporationsmitglieder). Alle unverändert.

Alle Mitglieder erhielten das NGB-Jahresprogramm 2014 in doppelter Ausführung, den Veranstaltungskalender für die drei Publikationsperioden sowie den Mitteilungsband 71 zugestellt.

4. Subventionen/Unterstützungen

Die SCNAT hat für die NGB einen Unterstützungsbeitrag von CHF 9 300.– in Aussicht gestellt. Wir bedanken uns ganz herzlich bei der SCNAT für diesen für die NGB sehr wichtigen finanziellen Beitrag.

5. Vorstandstätigkeiten

Im Jahr 2014 fanden mit Terminen am 17.03.2014 und 27.10.2014 zwei ordentliche Sitzungen des NGB-Vorstandes statt. Dabei wurden vor allem das aktuelle und zukünftige Jahresprogramm, der Stand der NGB-Mitteilungen und des Veranstaltungskalenders als auch die finanzielle Lage der Gesellschaft thematisiert.

Eine grosse Baustelle bildete im vergangenen Jahr unsere NGB-Homepage: Diese war im Jahr 2003 durch Roland Baumberger erstellt und dann auf einem Server des Instituts für Physiologie installiert worden. Seither wurde sie in verdankenswerter Art und Weise über all die Jahre verantwortungsvoll durch den Systemadministrator des Instituts für Physiologie Stefan von Känel technisch betreut. Mit dem 2013 erfolgten Rücktritt von Robert Weingart als Verantwortlicher für die NGB-Homepage war klar, dass sein Nachfolger Robert Brügger eine neue Lösung verfolgen musste. Ein Anbinden unserer Homepage an diejenige der SCNAT war angedacht, doch wegen wiederholter Verzögerungen bei der Fertigstellung der SCNAT-Homepage «www.naturwissenschaften.ch» war über lange Zeit unklar, wie und vor allem wann sich eine Aufschaltung umsetzen lässt. Mitte Jahr haben sich die Ereignisse dann überschlagen. Infolge technischer Inkompatibilitäten unserer veralteten Homepage musste kurzfristig ein rascher und effizienter Wechsel organisiert werden. Wir hatten das grosse Glück, dass unser NGB-Mitglied Michael Moser mit seinen profunden Kenntnissen innert kürzester Zeit und grossem persönlichen Einsatz eine Übergangslösung auf die Beine stellen konnte, die sich

sehen lassen kann (www.ngbe.ch). Aufgrund der sehr positiven Erfahrung und der grösseren Flexibilität mit einer eigenen Homepage hat sich der NGB-Vorstand deshalb entschlossen, die provisorische Lösung im 2015 in eine definite eigene Homepage Lösung umzusetzen. Die mittlerweile ebenfalls in Betrieb genommene SCNAT Plattform (www.naturwissenschaften.ch) wird jedoch verwendet, um ein Verlinken der NGB-Homepage mit «www.naturwissenschaften.ch» zu gewährleisten. Robert Brügger und Michael Moser seien an dieser Stelle ganz herzlich für ihr rasches und unkompliziertes Handeln in dieser Krisensituation gedankt. Wir freuen uns bereits jetzt auf unsere neue Homepage und die damit verbundenen vielfältigen Möglichkeiten.

Wie bereits erwähnt, fand die NGB-Jahresversammlung im Felslabor Mont Terri statt. Der Präsident hat mit einem Jahresrückblick über die Vorstandstätigkeiten und Aktivitäten der Gesellschaft informiert. In der anschliessenden Wahl wurde Prof. Dr. Marcel Egger vom Institut für Physiologie, als Nachfolger von Prof. Dr. Robert Weingart im Vorstand, durch die anwesenden NGB-Mitglieder gewählt. Ich danke Marcel Egger für seine Bereitschaft im Vorstand mitzuwirken und wünsche ihm viel Freude und Befriedigung bei den anstehenden Aufgaben.

Die Gesellschaft wurde im vergangenen Jahr an verschiedenen Anlässen durch Vorstandsmitglieder vertreten (SCNAT: NWR-Präsidentenkonferenz und Delegierten Versammlungen (Marco Herwegh)); Vernissage der durch die Bürgerbibliothek und den Boga organisierten Ausstellung «Ein 400-jähriger Schatz; Herbarium Felix Platter» (Marco Herwegh), Swiss Geoscience Meeting in Fribourg (Marco Herwegh, Ursula Menkveld-Gfeller); Vortrag über Science et Cité von Peter Finke vom Netzwerk der Naturforschenden Vereinigungen Mitteleuropas bei der Berner Botanischen Gesellschaft (Erwin Flückiger).

Mit dem Einführen eines jeweiligen Dachthemas in unserem Jahresprogramm haben wir in den letzten Jahren ein weit sichtbares Zeichen gesetzt, welches sehr gut ankommt. Spannende Veranstaltungen mit renommierten Rednern und Rednerinnen, gut organisierte und breite abgestützte Exkursionen als auch das Ankündigen mittels eines attraktiven Flyers oder die Nachbearbeitung des Programms in unseren Mitteilungen bilden hier den Grundstein unseres Erfolges. Dieser Erfolg stellt sich nicht von alleine ein, sondern verlangt uns allen viel Arbeit ab. Aus diesem Grund möchte ich als Präsident der NGB, aber sicherlich auch im Namen unsere Mitglieder, den Kolleginnen und Kollegen des NGB-Vorstandes für ihren unermüdlichen Einsatz und Irène Herwegh für die tolle grafische Gestaltung des Programmflyers danken.

6. Zusammensetzung des Vorstandes

Präsident	Prof. Marco Herwegh, Erdwissenschaften
Vizepräsident	Prof. Günter Baars, Chemie, Gymnasium/Bildungsmedien
1. Sekretär	Dr. Ursula Menkveld-Gfeller, Naturhistorisches Museum Bern
2. Sekretär	PD Dr. Eva Knop, Biologie
Kassier	Matthias Haupt, Haupt Verlag
Redaktor	Dr. Thomas Burri, Naturhistorisches Museum Bern
Archivar	Michael Helfer, Universitätsbibliothek Bern
Beisitzer/in	Christine Keller, Gymnasium Hofwil
	Prof. Erwin Flückiger, Physik
	Prof. Willy Tinner, Biologie
	Dr. Robert Brügger, Geographie
	Prof. Dr. Marcel Egger, Physiologie
Vertreter	Charles Huber, Naturhistorisches Museum Bern, ProNatura

7. Kontrollstelle

Frau Marianne Del Vesco
Frau Franziska Nyffenegger

Naturforschende Gesellschaft in Bern

Rechnungsabschluss 31. Dezember 2014

1. Betriebsrechnung

Einnahmen	Einnahmen		Ausgaben	
	2014	2013	2014	2013
1. Beiträge und Zuwendungen				
1.1. Mitgliederbeiträge	13 235.00			
1.2. Freiwillige Beiträge	840.00			
1.3. Spenden	<u>0.00</u>	14 075.00	14 664.44	
2. Erlös aus Verkäufen				
2.1. Mitteilungen	250.18			
2.2. Veranstaltungskalender	<u>240.00</u>	490.18	94.64	
3. Mitteilungen der NGB				
3.1. Beitrag der SCNAT	9 300.00			
3.2. Weitere Beiträge	<u>11 198.00</u>	20 498.00	20 083.00	
4. Verschiedene Einnahmen		80.00	100.00	
5. Einnahmen Exkursionen		7 060.00	4 310.00	
6. Zinsen		6.20	9.80	
7. Entnahme aus Fonds (Mitteilungsband 71)		9 500.00	0.00	
Ausgaben				
1. Mitteilungen der NGB				
1.1. Herstellungskosten			29 064.40	27 890.25
2. Vorträge, Tagungen, Exkursionen			10 792.60	8 720.17
3. Beiträge				
3.1. SCNAT	690.00			
3.2. Andere Gesellschaften	<u>70.00</u>		760.00	748.00
4. Informationen				
4.1. Veranstaltungskalender			3 326.40	3 436.60
5. Administration				
5.1. Gebühren	100.65			
5.2. Büromaterial, Tel., Porti,	3 729.10			
5.3. Drucksachen	<u>2 588.75</u>		6 418.50	5 559.00
6. Werbung			0.00	0.00
7. Verschiedenes			249.30	377.45
8. Vorstandskosten			251.50	542.50
9. Einlage in Fonds			0.00	0.00
Gewinn / Verlust			801.68	-7 512.09
	51 709.38	39 761.88	51 709.38	39 761.88

2. Bilanz

	Aktiven		Passiven	
	2014	2013	2014	2013
1. Postcheck 30-1546-4	5 366.18	1 757.62		
2. Postcheck E-Deposito 92-331142-7	1 122.20	4 329.40		
3. Aktive Rechnungsabgrenzung	10 116.27	9 240.00		
4. Debitoren	40.00	80.00		
5. Kreditoren			0.00	0.00
6. Passive Rechnungsabgrenzung			1 206.05	770.10
7. Eigenkapital			15 438.60	14 636.92
	16 644.65	15 407.02	16 644.65	15 407.02

3. Fondsrechnungen

	Aktiven 2014	Passiven 2014
1. Wertschriften	160 000.00	
2. Valiant Bank Bern Universalkonto	20 703.65	
3. Postcheck 30-1546-4	5 500.00	
4. Verrechnungssteuerguthaben	911.00	
5. Publikationsfonds		
Bestand 1.1.2014	59 736.71	
Entnahme Mitteilungsband 71	-9 500.00	
Buch «Das Multitalent Philipp Gosset»	-1 000.00	
Buch «Klima und Mensch»	-3 000.00	
Überschuss 2014	595.10	46 831.81
6. Vortragsfonds		
Bestand 1.1.2014	23 143.36	
Neuanlagen / Entnahme	0.00	
Überschuss 2014	297.85	23 441.21
7. La Nicca-Naturschutzfonds		
Bestand 1.1.2014	42 269.71	
Neuanlagen / Entnahme	0.00	
Überschuss 2014	544.00	42 813.71
8. De Giacomi-Fonds		
Bestand 1.1.2014	30 578.66	
Neuanlagen / Entnahme	0.00	
Überschuss 2014	393.55	30 972.21
9. Wyss-Fonds		
Bestand 1.1.2014	42 508.61	
Neuanlagen / Entnahme	0.00	
Überschuss 2014	547.10	43 055.71
	187 114.65	187 114.65

4. Bericht der Rechnungsrevisorinnen

Die unterzeichnenden Rechnungsrevisorinnen haben die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Bern für die Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 2014, bestehend aus

- der Betriebsrechnung 2014
- der Bilanz per 31. Dezember 2014
- den Fondsrechnungen 2014
(Publikationsfonds, Vortragsfonds, La Nicca-Naturschutzfonds, De Giacomi-Fonds, Wyss-Fonds)

geprüft und für richtig befunden.

Die Betriebsrechnung schliesst mit einem Einnahmenüberschuss von Fr. 801.68 ab.

Die Bilanz weist ein Eigenkapital von Fr. 15438.60 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. 46831.81
– Vortragsfonds	Fr. 23441.21
– La Nicca-Naturschutzfonds	Fr. 42813.71
– De Giacomi-Fonds	Fr. 30972.21
– Wyss-Fonds	Fr. 43055.71

Das Rechnungswesen ist sauber und übersichtlich geführt.

Die Rechnungsrevisorinnen beantragen der Hauptversammlung

- die Rechnung für das Geschäftsjahr 2014 zu genehmigen
- dem Kassier für seine Arbeit herzlich zu danken
- Kassier und Vorstand zu entlasten

Bern, 2. April 2015

Die Rechnungsrevisorinnen

Marianne Del Vesco

Franziska Nyffenegger

Die Autoren der diesjährigen Ausgabe



NELSON SANJAD studied History of Sciences and Health at the Oswaldo Cruz Foundation, Brazil. Researcher at the Goeldi Museum (Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation) since 2002 and Professor in the Graduate Program of Social History of the Amazon (Federal University of Pará) since 2012. He developed Postdoctoral studies at the Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Switzerland (2013–2014), on Swiss scientists who worked in the Amazon in the 19th and early 20th century. His main research topics are devoted to the relationship between science and society, including the history of natural history museums and botanic gardens, scientific collections, travelling naturalists, and exhibitions of science and technology.



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.



RUDOLF VON STEIGER studierte Physik, Mathematik und Astronomie an der Universität Bern, wo er 1988 mit einem Doktorat in Sonnenphysik abschloss. Anschliessend arbeitete er als Forschungsassistent an der Universität Bern, University of Maryland in College Park und University of Michigan in Ann Arbor. Dabei befasste er sich hauptsächlich mit der Analyse und Interpretation der Resultate von Weltraum-Massenspektrometern auf den Missionen Ampte, Ulysses und Ace. 1995 habilitierte er sich an der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern und erhielt die *venia docendi* in Weltraumphysik. Im gleichen Jahr wechselte er ans neu gegründete International Space Science Institute, wo er zuerst als Senior Scientist und seit 1999 als Direktor wirkt. Ebenfalls seit 1999 ist er Extraordinarius an der Universität Bern, wo er Vorlesungen über Kosmologie, Nukleosynthese und Quantenmechanik hält.



WOLFGANG WILCKE studierte Geoökologie an der Universität Bayreuth, wo er 1995 auch promovierte und 1999 habilitierte. Im Jahr 2002 ging er mit einem Heisenberg-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft an die Technische Universität Berlin, von wo er 2005 dem Ruf auf eine Professur für Bodengeographie/Bodenkunde an die Johannes Gutenberg-Universität Mainz folgte. Von 2009 bis 2014 war W.W. dann Ordentlicher Professor für Bodenkunde an der Universität Bern, bevor er 2014 an das Karlsruher Institut für Technologie auf die Professur für Geomorphologie und Bodenkunde wechselte. Die Forschungsschwerpunkte von W.W. liegen auf der Aufklärung der Steuerungsmechanismen biogeochemischer Stoffkreisläufe in Ökosystemen. Wichtige aktuelle Fragen betreffen die Auswirkungen von Umweltveränderungen (Klimawandel, Stoffeinträge, Artenschwund) auf das Funktionieren von Ökosystemen.



PHILIPP HÄUSELMANN studierte Mineralogie an der Universität Bern. Als aktiver Höhlenforscher wechselte er aber danach die Disziplin und promovierte danach am Geographischen Institut der Uni Fribourg über Hydrogeologie, Höhlenentstehung und Landschaftsentwicklung. PostDoc-Aufenthalte in den USA und in Wien dienten dem Erlernen und Verfeinern der Datierungsmethode mit kosmogenen Isotopen. Seit 2006 ist er einerseits am Schweiz. Institut für Speläologie und Karstforschung tätig, betreut aber andererseits das Labor in Wien weiter und hält dort auch Vorlesungen. Daneben arbeitet er in mehreren internationalen Forschungsprojekten mit.



ROLF SIEGENTHALER studierte Betriebswirtschaft an der Universität Bern. Sein Interesse an der Speläologie entfachte sich bereits 1990 im Gymnasium und seither ist er in der aktiven Höhlenforscherszene der Schweiz (hauptsächlich in der Region Siebenhengste-Hohgant, HRH) und auch darüber hinaus tätig. In der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung (SGH) war er z.B. als Zentralsekretär und Vizepräsident tätig, sowie mehrere Jahre als Präsident der Berner Sektion (SGH-Bern). Ebenfalls ist er leitend tätig in der «Spéléo-Secours», der Schweizerischen Höhlenrettungsorganisation. Beruflich seit 2007 selbständig als Inhaber und Geschäftsführer der Scurion GmbH in Burgdorf.



CHRISTIAN KÖRNER wurde 1989 als Professor für Botanik an die Universität Basel berufen. Er graduierte und habilitierte an der Universität Innsbruck. Die Doktor- und Postdoc-Arbeit war alpinen Pflanzen gewidmet, ein Thema dem er auch in Basel treu blieb, das zum Lehrbuch «Alpine Plant Life» bei Springer führte, und an dem er heute als eben emeritierter Professor an der Alpenen Forschungs- und Ausbildungstation auf dem Furkapass weiter forscht (ALPFOR → www.alpfor.ch). Christian Körner hat sich auch intensiv mit der Wirkung von erhöhtem CO₂ auf diverse natürliche Ökosysteme beschäftigt. Besonders bekannt sind die Experimente mit erwachsenen Waldbäumen nahe Basel unter Verwendung eines Forschungskranes. Eine seiner provokanten Thesen ist, dass in freier Natur, Wachstumsprozesse (also der Bedarf an Kohlenstoff) die Photosynthese steuern und nicht umgekehrt. Christian Körner ist einer der 4 Autoren des Standardlehrbuches der Pflanzenwissenschaften für Hochschulen, «Strasburger». → <http://plantecology.unibas.ch/koerner/index.shtml>.



3^a

5

NELSON SANJAD¹, MARCEL GÜNTERT²

Emil August Göldi (1859–1917) – a life between Switzerland and Brazil

Deutsche Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag soll die berufliche Laufbahn und das wissenschaftliche Werk des Schweizer Naturforschers Emil August Göldi beleuchtet und gewürdigt werden. Göldi war einer der Pioniere in der biologischen Erforschung des Amazonasgebiets – eines Hotspots der Biodiversität. Auch über die Biologie hinaus spielte er eine bedeutende Rolle für die politischen Beziehungen zwischen Brasilien und der Schweiz.

Bezug zu Bern

Für das naturwissenschaftliche Umfeld in Bern ist Göldi in vielfacher Hinsicht von Bedeutung: Er lehrte ab 1907 erst als Privatdozent, dann als Extraordinarius für Tiergeografie und Tierbiologie an der Universität. Seine private Sammlung und eine viel umfangreichere Parallelsammlung von Insekten und Wirbeltieren des Staatsmuseums von Pará werden im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern aufbewahrt, in dessen Aufsichtskommission er 1911 Einsitz nahm. Er war seit 1906 Mitglied der Naturforschenden Gesellschaft und ab 1910 bis zu seinem frühen Tod im Juli 1917 deren Präsident. Auch dem Entomologischen Verein Bern stand er ab 1910 als Präsident vor.

Biografie

Emil August Göldi kam 1859 in Schlatt bei Nesslau (SG) zur Welt. Er stammte aus einfachen Verhältnissen; sein Vater Johannes Göldi (1833–1901) hatte in seiner Jugend noch als «Schwabengänger» jenseits des Bodensees das Sommerhalbjahr hindurch Vieh gehütet, dann aber eine Ausbildung zum Lehrer erhalten. Im Jahr von Emils Geburt wirkte er an der Oberschule in Nesslau, später leitete er als Reallehrer ein Knabeninstitut in Neuhausen (SH).

Nach dem Abitur am Gymnasium Schaffhausen 1879 weilte Emil Göldi in Neapel, u.a. an der marinbiologischen Station, bevor er das Studium der Zoologie und Vergleichenden Anatomie in Leipzig und Jena begann. Seine Dissertation schloss er 1884 ab.

¹ Dr. Nelson Sanjad, Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, Brazil

² Prof. em. Dr. Marcel Güntert, Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern. Bern, Switzerland

1884 nahm er ein Stellenangebot als Vizedirektor der zoologischen Abteilung am brasilianischen Nationalmuseum in Rio de Janeiro an. Nach dem Sturz der Monarchie 1889 verlor er seine Stelle, worauf er sich auf das Landgut seines Schwiegervaters im Orgelgebirge (bei Teresópolis, nördlich von Rio de Janeiro) zurückzog. Dort beteiligte er sich an der Gründung einer neuen landwirtschaftlichen Kolonie (*Colônia Alpina*) mit Schweizer Auswanderern; das Projekt scheiterte allerdings aus verschiedenen Gründen. Der als Leiter vorgesehene Ingenieuragronom Karl Paganini (1868–1890) verunfallte kurz vor seiner Abreise aus der Schweiz tödlich auf einer Bergtour am Säntis. So musste sich Göldi selber dieser Aufgabe annehmen (was ihm seitens der Siedler den Namen «Colonistentyrann» einbrachte). Daneben beschäftigte er sich in dieser Zeit als Privatgelehrter, sammelte Vögel und andere Tiere und schrieb zwei umfassende Monografien über die Säugetiere bzw. die Vögel Brasiliens – beide in Portugiesisch abgefasst.

Durch das Werk über die Säugetiere wurden die brasilianischen Behörden wieder auf ihn aufmerksam. Der Gouverneur des Staates Pará, am Amazonas gelegen, berief Göldi an das dortige Staatsmuseum, welches sich seit längerer Zeit in einem desolaten Zustand befand. Mit seiner Familie zog Goeldi 1894 nach Pará (heute Belém) und engagierte sich mit seiner ganzen Energie für den Wiederaufbau der einst angesehenen Institution. Für die verschiedenen Fachgebiete – Botanik, Geologie, Präparationstechnik, den Zoologischen Garten – holte er junge Wissenschaftler und Fachkräfte aus der Schweiz, Deutschland und Österreich ans Museum. Schon nach wenigen Jahren genossen das Museum und seine Forschungsabteilung wieder hohes Ansehen in der ganzen wissenschaftlichen Welt.

In diese Zeit fällt eine Episode, die Göldi nochmals von einer ganz anderen Seite zeigt. Brasilien lag mit Frankreich seit Jahren in einem Grenzstreit um die nördlich des Amazonas gelegene Provinz Amapá. Im Friedensvertrag von Utrecht (1713) war der Fluss Oiapoque als Grenze zwischen dem damals noch portugiesischen und dem französischen Kolonialgebiet festgelegt worden. 180 Jahre danach stritt man sich darum, welcher der verschiedenen in den Atlantik mündenden Flüsse der richtige Oiapoque sei. Um 1890 gaben Goldfunde im Gebiet dem Konflikt neue Aktualität, die in einem blutig endenden Angriff französischer Milizen auf eine brasilianische Siedlung gipfelte. In dieser Situation empfahl Göldi dem Gouverneur von Pará, den Schweizerischen Bundesrat als Schiedsgericht im Territorialstreit anzurufen und schrieb darauf den Bundespräsidenten in dieser Sache gleich selber an. Was ihn dazu veranlasste, ist bis heute nicht klar. Jedenfalls hielt sich Göldi in der Folge längere Zeit in der Schweiz auf, um die Experten des bundesrätlichen Schiedsgerichts zu kontaktieren. In Bern lernte er damals Theophil Studer (1845–1922) kennen, der den Lehrstuhl für Zoologie an der Universität inne hatte und gleichzeitig die zoologische Abteilung am Naturhistorischen Museum leitete. Diese Begegnung war wohl entscheidend dafür, dass Göldi später seine Sammlungen dem Naturhistorischen Museum anvertraute und 1907 selber mit der Familie nach Bern zog. – Der Bundesrat entschied den Territorialstreit im Jahr 1900 zugunsten Brasiliens. Darauf benannten die Behörden von Pará ihr Staatsmuseum um in «Museu Paraense Emílio Goeldi», als Dank für Göldis Beitrag zum Erfolg im Streit um Amapá und in Anerkennung seiner Leistung beim Wiederaufbau der Institution.

Würdigung seiner Arbeit

Als Zoologe zeigte sich Göldi als äusserst vielseitig, sowohl bezüglich der Forschungsrichtungen wie der Organismengruppen. Allerdings war dies in seiner Zeit nicht aussergewöhnlich, denn die frühe Spezialisierung, wie wir sie heute im Biologiestudium kennen, wurde erst in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts üblich. Seine über 200 Publikationen befassen sich denn auch mit fast allen Wirbeltiergruppen sowie einer Vielfalt von Insekten und anderen Wirbellosen. Die Entdeckung und Beschreibung neuer Arten war immer wieder ein Thema, aber die Mehrheit der für ihn neuen Formen überliess er andern Spezialisten zur Beschreibung. Durch diesen Austausch von neuen Informationen und Exemplaren war Göldi mit vielen andern Wissenschaftlern an den führenden Museen der Welt vernetzt.

Da zum Aufgabengebiet des Museums in Pará auch die Ethnografie gehörte, arbeitete sich Göldi selber in diese Disziplin ein und schrieb Berichte über indigene Stämme, mit denen er im amazonischen Urwald in Berührung kam. Mit der Untersuchung «altindianischer» Gräber und der darin enthaltenen Begräbnisurnen begab er sich sogar in das Gebiet der Archäologie.

Bei aller Vielseitigkeit sind drei Schwerpunkte in seiner wissenschaftlichen Arbeit zu erkennen. Taxonomie und Biogeografie – die Beschreibung neuer Arten und die Erforschung ihrer Verbreitung – war eine der Hauptaufgaben des Staatsmuseums in Pará, dem er von 1894–1907 vorstand. Nach der Rückkehr in die Schweiz – mit einer weitgehend bekannten Artenvielfalt – trat dieses Forschungsgebiet in den Hintergrund. Allerdings widmete er der heimischen Wirbeltierfauna mit «Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit» ein über 600 Seiten umfassendes Werk und stellte diese in einem historisch-biogeografischen Rahmen dar.

Die Frage nach der Homologie von Organen und deren Abwandlung in verwandten Tiergruppen hat Göldi Zeit seines Lebens beschäftigt. Als Student in Leipzig und Jena, hier zeitweise als Assistent Ernst Haeckels, war er mit der Evolutionstheorie aufgewachsen und deshalb gewohnt, in evolutiven Zusammenhängen zu denken. In seiner Dissertation ging es um die Homologie von Skelettelementen des Kopfes und des Schultergürtels verschiedener Fischarten. In Bern lehrte und publizierte er über die Homologie der Mundteile der Insekten und anderer Gliederfüssler – ein Thema, das auch heute noch hohe Aktualität hat, liegt darin doch einer der Schlüssel für das Verständnis der Verwandtschaft zwischen den verschiedenen Arthropodengruppen.

Der dritte Arbeitsbereich war die angewandte Zoologie – die Erforschung und Bekämpfung schädlicher Organismen. Hier sind Göldis gesellschaftlich bedeutendste Beiträge zu suchen. Als frischgebackener Universitätsabgänger untersuchte er im Auftrag des Kantons Schaffhausen die Blutlaus, die um 1870 aus Nordamerika eingeschleppt worden war und nun die Obstbäume der Region massiv schädigte. Kurz darauf beschäftigte er sich mit dem Erreger der berüchtigten Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel. In Brasilien erforschte er im Rahmen eines staatlichen Auftrags eine verbreitete Krankheit der Kaffeestauden und beschrieb eine neue Nematoden-Art (Fadenwurm) als deren Erreger. In Pará erforschte er

die Mücken und damit die Überträger des Gelbfiebers – einer Tropenkrankheit, die nicht zuletzt auch unter Göldis Mitarbeitern zahlreiche Todesopfer gefordert hatte. Die «sanitarisch-pathologische Bedeutung der Insekten» bildete denn auch ein Thema seiner Vorlesungen in Bern.

Über die Tätigkeit als Forscher und Lehrer hinaus erwies sich Göldi als versierter Wissenschaftsmanager. Er entwickelte Forschungsprogramme und gab Anstoss zu Expeditionen ins unerforschte amazonische Hinterland. Mit dem Aufbau des Staatsmuseums in Pará – das Museu Paraense Emílio Goeldi ist heute das zweitgrösste Naturmuseum Brasiliens – hat er eine weltweit renommierte Institution geschaffen, die eine führende Rolle in der Erforschung Amazoniens einnimmt. Durch den Beizug von Wissenschaftlern aus Europa und den wissenschaftlichen Austausch mit Institutionen in der westlichen Welt stellte er früh die internationale Vernetzung seines Museums auf professionellem Niveau sicher. Immer legte er auch Wert darauf, wissenschaftliche Erkenntnisse und den Naturschutzgedanken unters Volk zu bringen, durch Ausstellungen, die Errichtung eines zoologischen Gartens sowie mit Aufrufen und Petitionen zum Schutz von Schildkröten oder der weissen Reiher.

Für Göldi war die Wissenschaft nie blosser Selbstzweck. Zwar faszinierten ihn grundsätzliche biologische Fragen wie etwa die Geschlechtsbestimmung bei Bienen oder die Funktion von Insektenstaaten. Die Nutzenanwendung naturkundlicher Erkenntnisse sollte aber der Allgemeinheit zu gut kommen. Als Forscher sah er sich im Dienst der Institution und der ihr übergeordneten Gemeinschaft, in deren Auftrag er tätig war. So lässt sich auch sein Engagement im Territorialstreit um Amapá verstehen: Dem Naturforscher ermöglichte es die Expedition in unbekanntes Neuland, aber die dabei gewonnenen Erkenntnisse nutzte er dazu, dem Staat Pará zum Gewinn des umstrittenen Territoriums zu verhelfen.

Introduction

Brazil and Switzerland share a long history of cultural relations. Among the better known instances of this relationship are the farming colonies, established in various places of the vast Brazilian territory since the 19th century. They welcomed many thousands of Swiss migrants. Less familiar are the activities of Swiss painters and photographers, who travelled around Brazil or followed the migration waves to that country. Among them, we find Abraham-Louis Buvelot (1814–1888, a famous landscape painter), William Michaud (1829–1902, known for his paintings of the Brazilian Atlantic Forest) or Wilhelm Gaensly (1843–1928, who created magnificent photographs and postcards of the Brazilian landscape and cities), most of them not yet duly recognised. This lack of recognition also applies to naturalists and scientists who elected the tropical country as the focus of their professional interests, as e.g. Johann von Tschudi (1818–1889), Carl Hieronymus Euler (1834–1901), Leo Zehntner (1864–1961), Jacques (or Jakob) Huber (1867–1914) or Gottfried Hagmann (1874–1946). The better known and studied among them are certainly Adolf Lutz (1855–1940) and Emil August Göldi (1859–1917) (Figure 1). Son of Swiss immigrants established in Rio de Janeiro, Lutz is the subject of a major recent documentation project with a twelve-volume publication of his entire work, complemented by analytic articles (BENCHIMOL 2003; BENCHIMOL ET AL. 2003; SANJAD 2010a). Born in the canton of St. Gallen and graduated from Jena, Göldi (also spelt Goeldi) was a researcher at the two foremost natural history museums in Brazil – the National Museum (Museu Nacional) in Rio de Janeiro and the Emilio Goeldi Museum of Pará (Museu Paraense Emílio Goeldi) in Belém, State of Pará, named after him since 1900 in his honour (GÜNTERT ET AL. 1993, MORGENTHALER 1993; SANJAD 2009, 2010b).



In this paper we analyse Göldi's professional career and oeuvre – as one of the foremost biologists involved in the study of the Amazonian forest and considered by many as one of the pioneers of South American tropical research. Göldi's bio-

Figure 1: Emil August Göldi (1859–1917) around 1895. Unknown photographer. Glass plate negative. Photographic Collection, Goeldi Museum, Belém, Brazil.

graphy can be studied not only in the context of Brazilian-Swiss relations but also within the wider framework of intellectual exchanges. He was certainly one of the passeurs culturels so well described in the volume edited by BÉNAT-TACHOT & GRUZINSKI (2001), namely as a historically active subject who contributed to the genesis of a global scientific culture by means of a transnational trajectory from the Swiss-German to the Latin American scientific world – and back. Particularly interesting for the reader of this journal, he was a member (since 1906), vice-president (1909) and president (1910) of the Society of Natural History of Bern (Naturforschende Gesellschaft in Bern).

Our purpose is not new, for since ROSENBERG's classic 1988 essay on the relationship of context and content in the history of sciences, many science historians have dedicated themselves to biographies of scientists as connectors towards the analysis of wider processes, such as the circulation of ideas, the transmission and adaptation of institutional models and the creation of scientific networks at local and international levels (PORTER 2006; NYE 2006). What we propose as novel here is the emphasis given to Brazilian-Swiss relations in the field of science in the transition between the 19th and the 20th centuries. This allows for the examination of interesting themes such as the leading role of the Swiss in the construction of scientific knowledge with regards to the Amazonian region.

This article comprises three sections. First we present a biographical sketch of Göldi with emphasis on the period in which he directed the museum that today bears his name, then we offer an overview of his scientific oeuvre, particularly of his work in Brazil, and finally we make some comments on his political, scientific and museological legacy, including his contribution in making Amazonia a hot spot that is active to this day – that is a geographic space that demands the attention of governments and scientists by reason of its biodiversity assets, its planet-wide ecological function and the environmental services it provides.

Göldi's Life – Science beyond frontiers

The formative years

Emil August Göldi was born on 28 August 1859 in Schlatt near Nesslau as a citizen of Sennwald (St. Gallen), a son of Johannes Göldi and Anna Margretha Kunz. Soon after his birth, his father worked as a teacher of natural history in various towns in northeastern Switzerland, ending up as the director of a boys' school in Neuhausen (Schaffhausen). Göldi completed his secondary schooling in the city of Schaffhausen and passed the high school leaving exam (Matura) in 1879 (Figure 2). By that time, at his father's encouragement, he published his first relevant work: a catalogue of the birds of the canton of Schaffhausen in the «Journal für Ornithologie» (GÖLDI 1879). At the tender age of 20, Göldi preten-

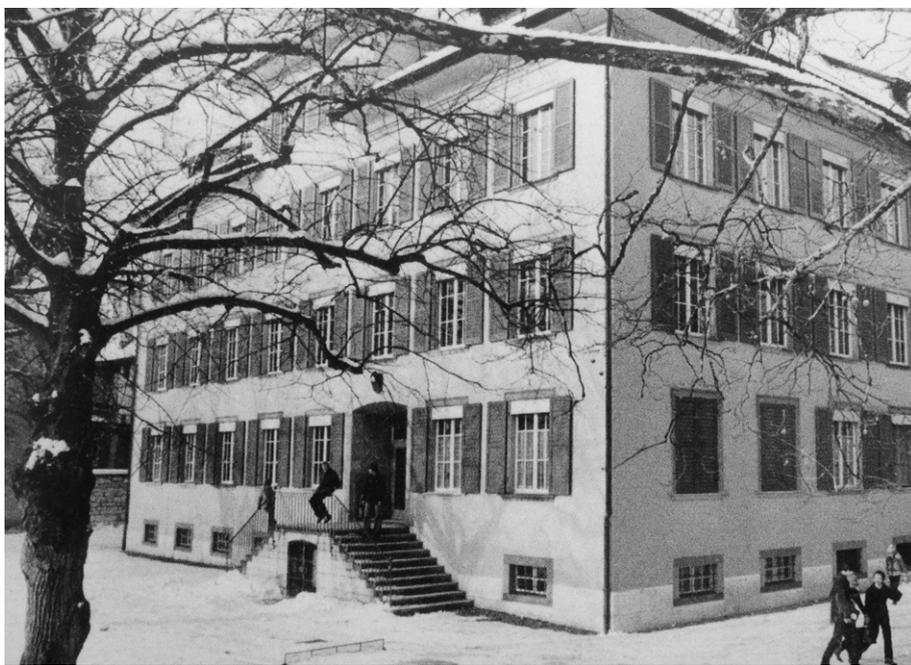


Figure 2: The old High School (Kantonsschule) in Schaffhausen, where Emil Göldi attended classes between 1877 and 1879 (WANNER 2001:11).

tiously signed his articles as «Professor» and showed a keen interest for taxonomy and museological techniques.

After his Matura, Göldi went out looking for work and educational improvement. He entered the Society of Natural Science of St. Gallen (St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft) and the Society of Natural Science of Schaffhausen (Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen), with which he would keep ties for the rest of his life. In the cantons of Neuchâtel and Bern, he studied French and worked as a supply teacher. He wrote for popular scientific journals on common beliefs related to plants and animals, history of science and accounts of travels to Lake Biel and the Gulf of Naples (GÖLDI 1880a, 1880b, 1880c, 1880d, 1881a). Göldi arrived in this latter city in September 1880 to study Italian, and in April of the following year he joined the Zoological Station of Naples, today the «Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli». Anton Dohrn (1840–1909) had established and turned this scientific institution into a renowned centre for marine biology, modern techniques of microscopy and experimental research. Göldi remained three months at the Station and conducted ornithological and ichthyological studies. In his second paper for the «Journal für Ornithologie» he comments on the collections held in Naples and on the distribution of birds along the Gulf (GÖLDI 1881b).

By late 1881, Göldi attended classes at the universities of Leipzig and Jena, in Germany, in the course of Zoology and Comparative Anatomy. Both cities were important centres for evolutionary studies. In Leipzig, Göldi gave lectures and wrote on animals of the Tertiary, on the migration of European birds and on the cultivation of marine sponges. In Jena, he became an assistant of the Institute of Zoology (Zoologisches Institut), directed by Ernst Haeckel (1834–1919) at that time, and he defended his dissertation in 1883, with Wilhelm August Oskar Hertwig (1849–1922) as his supervisor. Broadly, it concerned the homology¹ of some bones of the skull and the pectoral girdle of three species of «armoured» fish (GÖLDI 1884).

Back in Switzerland in 1884, Göldi began research in applied zoology, a field in which he would later become prominent. That area was developing fast in Germany, in France and in the United States, sponsored by governments and associations of agricultural producers. Greater closeness between science and economy allowed a better control over pests and diseases, the development of management techniques, the improvement of industrial processes and the expansion of farming activities. With that goal in mind, Göldi was commissioned by the Schaffhausen government to investigate a small insect that was causing enormous losses to apple farmers, the woolly aphid (Blutlaus). After a few months of work, he identified the most common species of the insect as *Schizoneura lanigera*, nowadays *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), described the damage it caused and proposed measures to protect the crops. He presented his results to the Agricultural Society of Schaffhausen and had them published the following year by the local government (GÖLDI 1885). Shortly afterwards, he came out with a new paper, now on the genus *Phytophthora*, a group of water moulds (Oomycetes, Ei- oder Scheinpilze) of great agricultural interest: these single-cell creatures were responsible for many plant diseases such as crown and root rot of potatoes (Kraut- und Knollenfäule). Their control was difficult, as their reproduction can be asexual, a matter specifically addressed by GÖLDI (1887).

The tropics as an academic choice

Göldi was busy with those issues, when he received an invitation from the director of the Brazilian National Museum of Natural History, Ladislau de Souza Mello Neto (1838–1894), to work at that institution. In November 1884, at the age of 25, he disembarked at Rio de Janeiro, lured by the opportunity to study the sumptuous nature in the tropics. In February of the following year, he was tenured as the deputy director of the Department of Zoology. He remained there for six years and published over thirty papers, including articles, research notes, reports and chronicles. He wrote about many animal groups – reptiles, birds, mammals, insects,

¹ Homology is the similarity of biological structures of different organisms, which is interpreted as an evidence of common ancestry.

spiders and crustaceans, sometimes on their evolutionary aspects. Thus, he kept a diversified interest in taxonomy, life history and applied zoology, as he had done previously in Europe. Göldi also devoted himself to recording weather data, to translating scientific texts and to doing historical research, particularly on authors he considered important for the knowledge of the Brazilian fauna.

These publications reveal a scientist well aware of the local society and interested in domains tangential to his own discipline, such as economics and anthropology. They also show a certain attitude of leadership that Göldi would later assume in scientific matters, including those related to the conservation of natural resources. Especially interesting in that aspect are the two articles he published on the turtles of the Amazonian basin in collaboration with João Martins da Silva Coutinho (1830–1889), the main Brazilian partner of Louis Agassiz (1807–1873). In the first text, Göldi describes the most common species, their feeding and reproductive habits, the methods adopted by indigenous and riparian communities for their hunt, the gear employed, cooking procedures, etc. He concludes with an appeal against overhunting and the unchecked picking of their eggs, which he classifies as an act of «unacceptable savagery», that only a governmental incentive for the farm-breeding of turtles could stop (GÖLDI 1886a)². In the second paper, he describes the species *Podocnemis coutinhii* (Figure 3), popularly known in

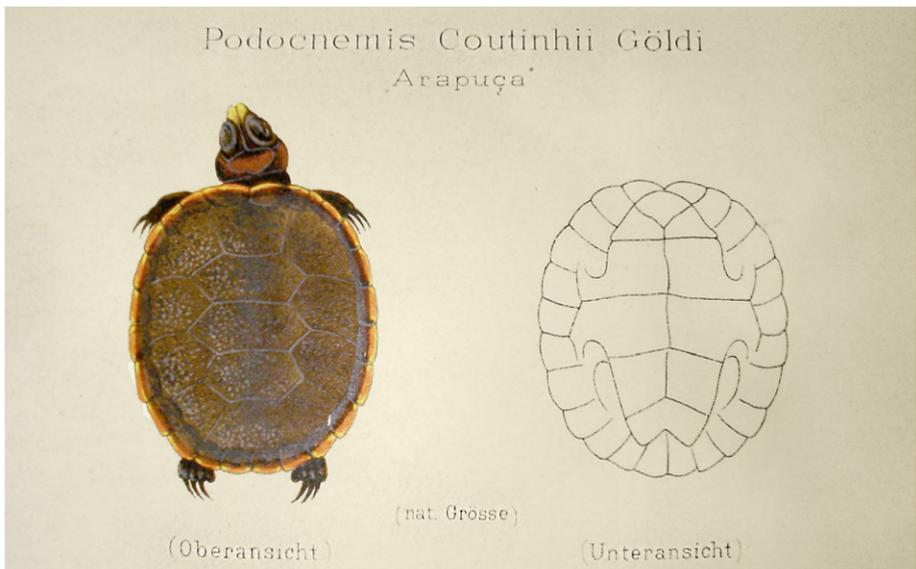


Figure 3: *Podocnemis coutinhii* Göldi, 1886, currently known as *Podocnemis erythrocephala* (Spix 1824).

² The visionary suggestion of Göldi was adopted by the Brazilian government many decades later (in the 1960s) with the protection of spawning areas, the hunting ban of endangered species and fostering farm-breeding.

Brazil as «arapuçá» and nowadays synonym of *Podocnemis erythrocephala* (Spix 1824, GÖLDI 1886b).

Göldi's experience in the study of plant-animal relationships, with six works published by 1886, was duly exploited by Brazilian periodicals and agricultural institutions. He became a regular contributor to the «Jornal do Agricultor» and the «Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura», in which he published articles and annotated translations on harmful insects, pests and new cultivars. He also received a major task from the Imperial government: to study a disease that had been destroying coffee plantations in Rio for twenty years and to suggest ways of countering it. Göldi spent over a year on that study and drafted a detailed report, in which he described the disease, the more heavily infested places and its causal agent, a nematode (Fadenwurm) he named *Meloidogyne exigua* (Figure 4). This can be regarded as Göldi's most important research at the National Museum, as coffee was Brazil's top export product and also because of its international impact in the academic and agricultural milieu (GÖLDI 1888, 1889a, 1892, 1894a). Part of this impact was due to his description of the various stages of infestation and his

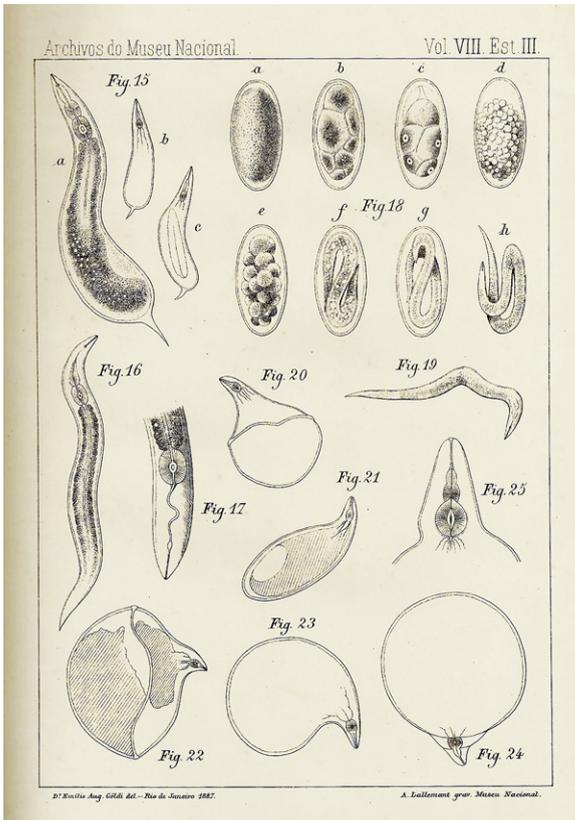


Figure 4: Third plate of Göldi's classic report (1892) on the coffee rootknot nematode *Meloidogyne exigua*, described by him in Rio de Janeiro.

suggestions for pest eradication. The worm discovered by Göldi would later be recognised as widely distributed in South and Central America and parasitic upon many other species. It came to be considered one of the main agricultural pests in the countries of that region.

In 1888 he was given a new task by the government, this time in São Paulo, where vineyards had been attacked by the grape phylloxera (Reblaus). After a few field trips, a report and a book entitled «Videiras americanas» («American grapevines») were published (GÖLDI 1889b, 1890). There he condensed the results of his research, gathered translations on the subject, described the natural history of the insect and also the international conventions for its control. The United States were identified as the place of origin of the grape phylloxera: there, the grapevines were shown to be more resistant to the pest, so one of the solutions proposed by Göldi was to graft (aufpfropfen) the plants recently coming from Europe on rootstock of native North American vines. This method – grafting onto rootstock of resistant American vines (Unterlagsreben) – was developed around 1880 by Charles Valentine Riley (1843–1895) and introduced by Göldi in Brazil.

Despite the good resonance of his work, Göldi faced some serious disputes in the National Museum after the November 1889 *coup d'état* that ousted Emperor Pedro II and installed a federative republican system in Brazil. Internal strife in the museum for resources and space for collections, allied with the Jacobinism and xenophobia of the political groups that took power, seem to be at the root of Göldi's dismissal in 1890. It also happened to the other four foreign scientists working in the institution, including famed Darwinist Fritz Müller (1821–1897) (LOPES 1997).

Göldi's dismissal from the National Museum must have had a devastating effect on his life. On 21 May 1889, he had married Adeline Meyer (1869–1953), the daughter of a Swiss trader settled in Rio, Carl Eugen Meyer, and a Brazilian, Marcelina Pereira. On 22 March 1890, at the peak of the conflict and just before his dismissal, his first son Walther Eugen (1890–1960) was born. Now, with the responsibilities of a husband and father, the zoologist suddenly found himself unemployed and supported by his father-in-law.

Göldi coloniser

Meyer owned a 6 000-hectare property in Serra dos Órgãos, near Rio de Janeiro. In partnership with Göldi, he started a colonisation project that foresaw the settling of some hundreds of Swiss immigrants to work in fruit production, viticulture and farming. They both went back to Switzerland in July 1890 in order to purchase seeds and implements, to engage the first group of settlers and to promote the project in the local press.

The enterprise started under unlucky preconditions: Karl Paganini (1868–1890), a Swiss engineer in agronomy hired to manage the project, died shortly before his departure in an accident during a mountain hike (AERNI 1992). In consequence,

Göldi himself had to take the lead. By March 1891, over a hundred persons had already arrived at the so-called «Colônia Alpina». However, that same year saw a series of conflicts within the Colônia, culminating in a revolt of the immigrants in mid-1892. The reasons for the riot were manifold. First the immigrants found awful housing conditions and a poor quality of food, furthermore the land tracts offered for planting were of minor quality and considered unsuitable because they were covered by forest. The Swiss Federal Government (Bundesrat) accepted the reported complaints and revoked the license Meyer had obtained to recruit settlers. The Bundesrat's decision took into account the fact that the settlers were poorly qualified and at odds with Göldi. The zoologist's conduct was regarded as inappropriate for keeping or renewing the confidence of dozens of families who suffered every kind of deprivation (*Figures 5 and 6*).

Göldi apparently did not spend much time in the administration of the Colônia or in listening to the complaints of the settlers. Instead, in the period he lived in Serra dos Órgãos, he carried out several research projects, increased his private collection (then with over 500 preserved animals) and installed a botanical garden and a weather station next to his home. The tension caused by the material deprivations gave Göldi the appearance of a «lunatic» to the settlers, like someone «mentally sick» with bizarre habits, such as taking long walks into the forest at



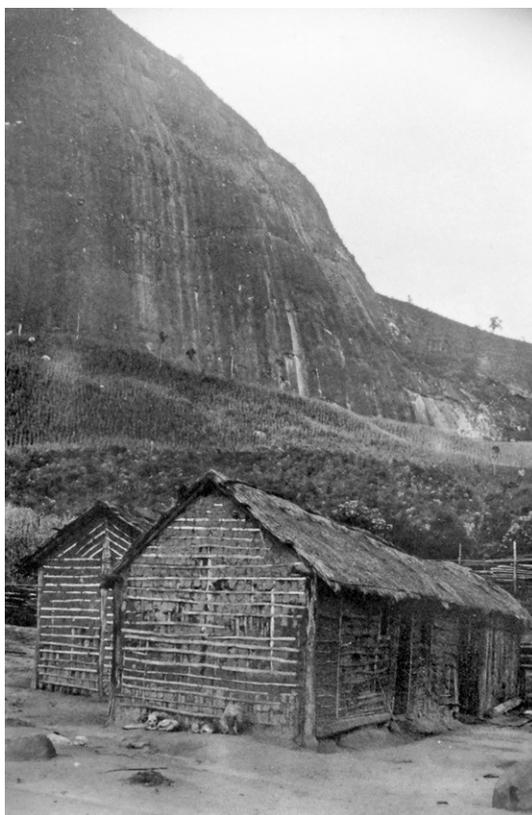
Figure 5: Eugen Meyer's house at the Colônia Alpina, Teresópolis, Brazil, in 1890. Unknown photographer. Photographic reproduction on paper. Stadtarchiv Schaffhausen, Switzerland, G 02.11.06/09.

Figure 6: Settlers homes at the Colônia Alpina, Teresópolis, Brazil, in 1890. Unknown photographer. Photographic reproduction on paper. Stadtarchiv Schaffhausen, Switzerland, G 02.11.06/09.

night in search of birds and rodents (Nagetiere) (SCHÄR 1892: 17–19).

For Göldi those birds, rodents and other animals certainly represented a link to his former scientific life and were the best remembrance of his stay in those mountains. They allowed him to keep in touch with many European scientists as well as to write some papers on the Mata Atlântica fauna³, still thriving there by the late 19th century. Thanks to his exchanges with Eugen von Keyserling (1833–1889) for instance, no less than 165 new species of spiders were described for the Tropics. Specimens were sent to St. Gallen, Schaffhausen, Zürich and London – the latter destination for the first time in Göldi's career. From Colônia Alpina, the zoologist began a productive exchange with the Zoological Society of London and the British Ornithologists' Union.

It was also at Colônia Alpina that Göldi concluded two books that would later open new pathways in his life: «Os Mammíferos do Brasil» («The Mammals of Brazil»), published in 1893, and «As Aves do Brasil» («The Birds of Brazil»), published in 1894. Despite being written in non-academic language, they are both regarded as classics of South American zoological literature for their compilation of an unprecedented synthesis of the species that occur in Brazilian territory, of their geographical distribution and of their biology.



³ Mata Atlântica (Atlantic Forest) is one of the existing biomes in Brazil, like the Amazonian Forest. It extended from the south to the northeast along the coast. This biome is best known for its biodiversity and the therein endemic species. It currently holds only 8% of the area it occupied 300 years ago, in small fragments threatened by urbanization, agricultural and lumber exploitation.

In October 1893, as he became acquainted with his book on mammals, Lauro Sodré (1858–1944), governor of the State of Pará, began negotiations in order to hire Göldi as the director of the Museu Paraense (Pará State Museum), founded in 1866 but almost neglected since. In January of the following year, a deal was signed and announced by SODRÉ (1894: 26) in his message to the State Congress in April, where he refers to Göldi as a «naturalist well respected for his works and his services to our country».

For Göldi the proposal from the governor of Pará came in good time, as it could well mean the restoration of his financial autonomy, the opening of a new institutional venue for his work and the strengthening of his scientific ties with Europe. These overall conditions seemed indeed advantageous because of his keen interest in the Amazonian forest.

The Amazonian adventure

Göldi arrived in the state capital Belém in June 1894. For over three decades, the city had been enjoying a period of prosperity, due to the exports of natural rubber (Kautschuk), extracted from a tree native to Brazilian Amazonia, *Hevea brasiliensis* (Figures 7 and 8). Rubber was at that time one of the primary raw materials for European and North American industries. Its uses were steadily increasing, e.g. in clothing, instruments and equipment making, automobiles, bicycles, etc.

Amazonia had become its largest world producer and Belém, as the main port in the region, benefitted from the construction of urban infrastructure and the installation of public services (Figure 9). One of the institutions considered a priority for the republican government of Pará was the Museu Paraense, now part of a project for the modernisation of the city (Figure 10). Thus Göldi's mission was to provide a new organisation for the museum and to develop it as an instrument for education and civilisation of the inhabitants as well as for the state propaganda. For these purposes, he could count on the unflinching endorsement of local authorities.

Four departments were created in the museum: Zoology with Comparative Anatomy and Embryology; Botany; Geology, Palaeontology and Mineralogy; Ethnology, Archaeology and Anthropology. All of these are still active today. Each of the departments would maintain scientifically classified collections and have its own body of researchers and technicians. A library, a photographic laboratory, taxidermy and herborisation workshops and a printing office were installed to support the scientific activities. Special attention was given to exhibitions, public lectures and publications – particularly to the «Boletim do Museu Paraense de História

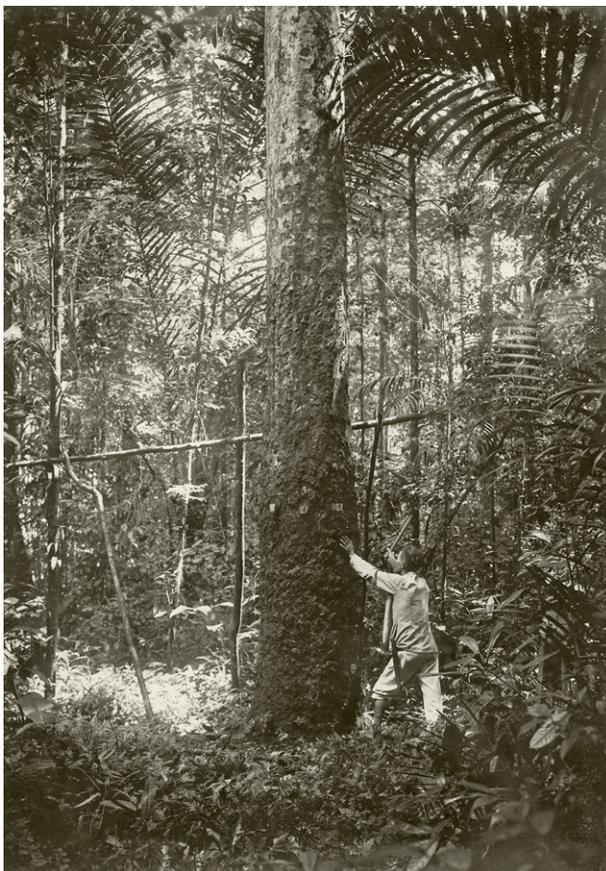


Figure 7: Rubber tapping in Purus River, Brazil, around 1903. Unknown photographer. Photographic reproduction on paper. Photographic Collection, Goeldi Museum, Belém, Brazil.



Figure 8: Rubber «balls» ready for export in Cobija, Upper Acre River, Bolivia, January 11, 1912. Photograph by Ernst Ule. Photographic reproduction on paper. Photographic Collection, Goeldi Museum, Belém, Brazil.



Figure 9: The port of Belém, capital of the State of Pará, around 1900. Post card. Private collection.



Figure 10: The Goeldi Museum main building in 1899. Unknown photographer. Photographic reproduction on paper. Staatsarchiv Basel-Stadt, Switzerland, PA 694c A 4–3 (1) 2.

Natural e Ethnographia» (Bulletin of the Pará State Museum of Natural History and Ethnography), whose first issue came out still in 1894. A small zoo and a botanical garden were also built and soon became the main tourist attraction and leisure area of Belém (*Figures 11 and 12*). In 1895 about 40 000 visitors were recorded. By 1900 they had surpassed 90 000 and in 1907 they reached 124 000, a number that represents over 80% of the city population at the time.

Figure 11: The Goeldi Museum zoo around 1900. The three daughters of Göldi, Cornelia (1891–1975), Leonie (1892–1965) and Mathilde (1894–1983), are pictured in this photo. Unknown photographer. Glass plate negative. Photographic Collection, Goeldi Museum, Belém, Brazil.

Figure 12: The Goeldi Museum botanic garden around 1902. The Austrian zoologist (and later botanist) Adolph Ducke (1876–1959) is pictured in this photo. Unknown photographer. Glass plate negative. Photographic Collection, Goeldi Museum, Belém, Brazil.



From the scientific standpoint, a regional research agenda was structured, concentrating on faunal and floral inventories, combining the compilation and revision of literature data with specimen collection, observation and experimentation. This Amazonian regional agenda would in fact distinguish the new Museu Paraense from other large museums and give it a special place in the international scientific arena. The implementation of this agenda included a program of collecting expeditions to several points in Amazonia, from the Atlantic coast to the Upper Amazon. Procedures for collecting, preparation, packaging and shipping animal, plant and geological samples were published and widely publicised. The result was an exponential increase of the collection holdings in the museum, from a few paltry dozen specimens in 1893 to many thousands a few years later. The best example of this growth in numbers is the bird collection, which held only 53 specimens when Göldi took office and expanded to over five thousand by the time he left the museum in 1907. By 1914 the ornithological collection of the Museu Paraense contained over 10 000 specimens and was the largest in the world in terms of Amazonian birds and among the richest in Neotropical avifauna (*Figure 13*).

This work pattern was maintained thanks to Göldi's exchanges with other institutions in Europe and North America and also thanks to a team of qualified and productive scientists. Göldi selected this team from his own circle of personal and academic acquaintances in Switzerland, Germany and Austria, demanding from the candidates a postgraduate degree in natural sciences and full-time dedication to the museum. For over thirty years, these requirements made the Museu Paraense a research centre with strong ties to universities, museums and botanical gardens of Central Europe. Some examples of researchers appointed by Göldi are: Austrian geologist Friedrich Katzer (1861–1925), Swiss botanist Jacques Huber (1867–1914), German zoologist Hermann Meerwarth (1870–1943), Swiss zoologist Gottfried Hagmann (1874–1946), Austrian zoologist Adolph Ducke (1876–1959) – who would also distinguish himself as a botanist – and German zoologist Emilie Snethlage (1868–1929), the first female scientist hired by a Brazilian institution in 1905.

Göldi diplomat

Besides his obvious scientific leadership, Göldi's political skills made him an important collaborator of the Brazilian government in the so-called Franco-Brazilian Territorial Dispute or the «Amapá Affair» (1895–1900). A large area located between the rivers Oyapock and Araguari, in the mouth of the Amazon and extending westwards over the plateau onto the banks of the Rio Branco, had been a stage for armed clashes and diplomatic incidents since the 17th century. France and Portugal and later Brazil continuously claimed their rights on this lesser known region in Amazonia, which was inhabited by several belligerent peoples. While the rough terrain and thick forest discouraged explorers, it inspired many fantastic

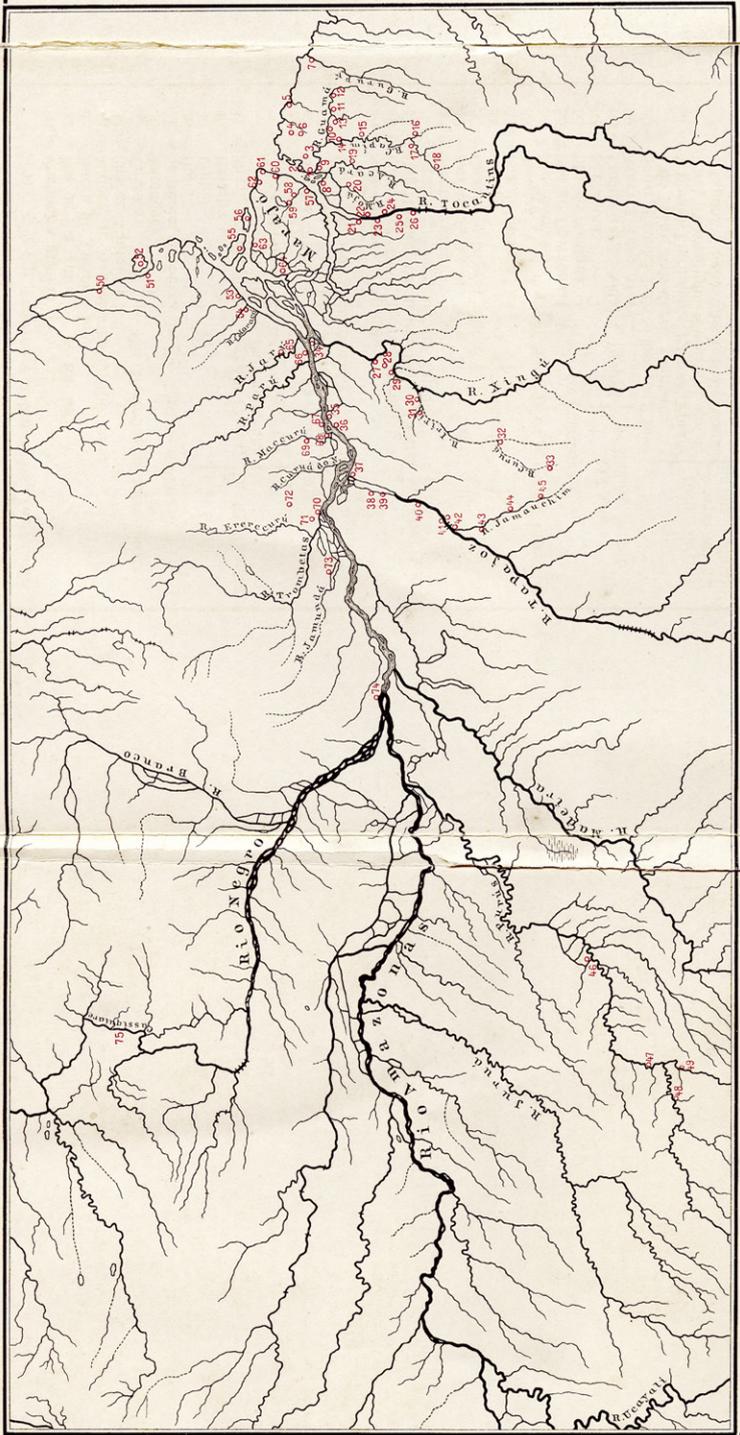


Figure 13: Map of the Amazon Basin with the provenance of the birds gathered in the Goeldi Museum ornithological collection. Organized by the German zoologist Emilie Snelthage (1868–1929) and published in her classic 1914 volume «Catálogo de Aves Amazônicas» (SNETHLAGE 1914).

stories like those written by Walter Raleigh (ca. 1554–1618) and Jules Verne (1828–1905). In the 1890s, tensions in the region increased after the finding of a gold vein in the Tumucumaque mountain range and the intensification of illegal trade through the shifting borders between Brazil and French Guiana. In May 1895, the massacre of dozens of Brazilians by French soldiers outraged Europe and forced both involved countries to sign a Treaty of Arbitration. The President of the Swiss Confederation acted as the arbitrator for this territorial dispute – according to Göldi's suggestion to the Brazilian government (*Figure 14*) (TRATADO DE ARBITRAMENTO 1897).

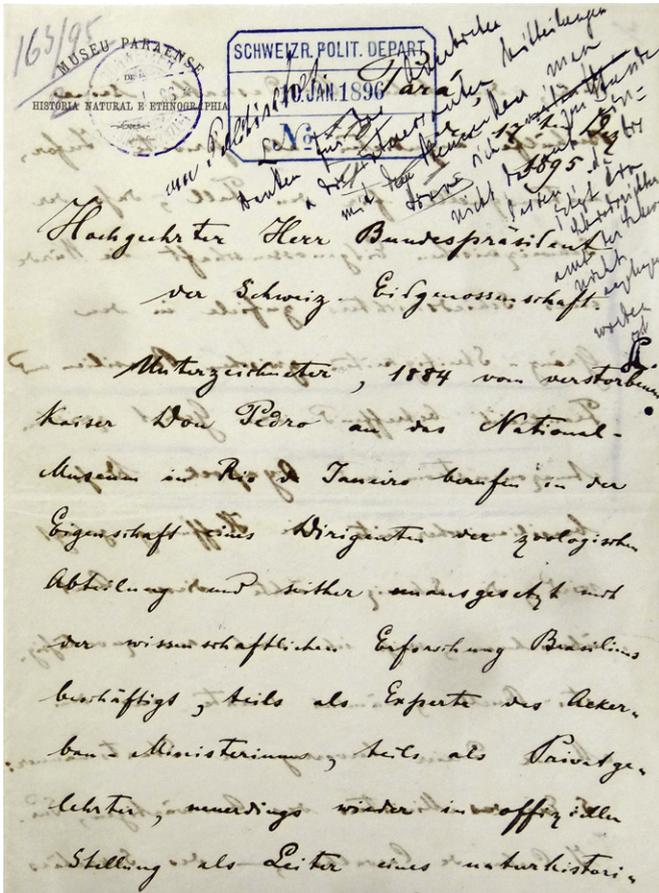


Figure 14: First page of Göldi's letter to the President of the Swiss Confederation (Bundespräsident der Schweizerischen Eidgenossenschaft) reporting his work at the Museu Paraense and the conflict between Brazil and France, Belém, December 17, 1895. In this letter Göldi asks the President if he is interested in arbitrating the conflict and states that this idea would be well accepted by the Brazilian government. Schweizerisches Bundesarchiv, Bern, Switzerland, E 2001 A 1000/45 BD:60.

Göldi took an active role in the efforts made by Brazilian diplomats, led by José Maria da Silva Paranhos, Baron of Rio Branco (1845–1912), to gather documentation and information that could prove the Portuguese – and later Brazilian – possession of the territory in question. In October and November 1895, Göldi himself went to the area of conflict, together with other Museu Paraense staff (*Figure 15*). He contoured the north Amapá coastline and entered the main rivers, where he collected specimens and archaeological objects. Furthermore he interviewed the survivors of the massacre, mapped the region and made a photographic survey of its inhabitants, villages and landscape. Göldi wrote two classified reports with strategic information for the Brazilian diplomatic corps. These reports included data such as the number of inhabitants, information on trade, the currency used, the language spoken, the sanitary condition of the villages and the

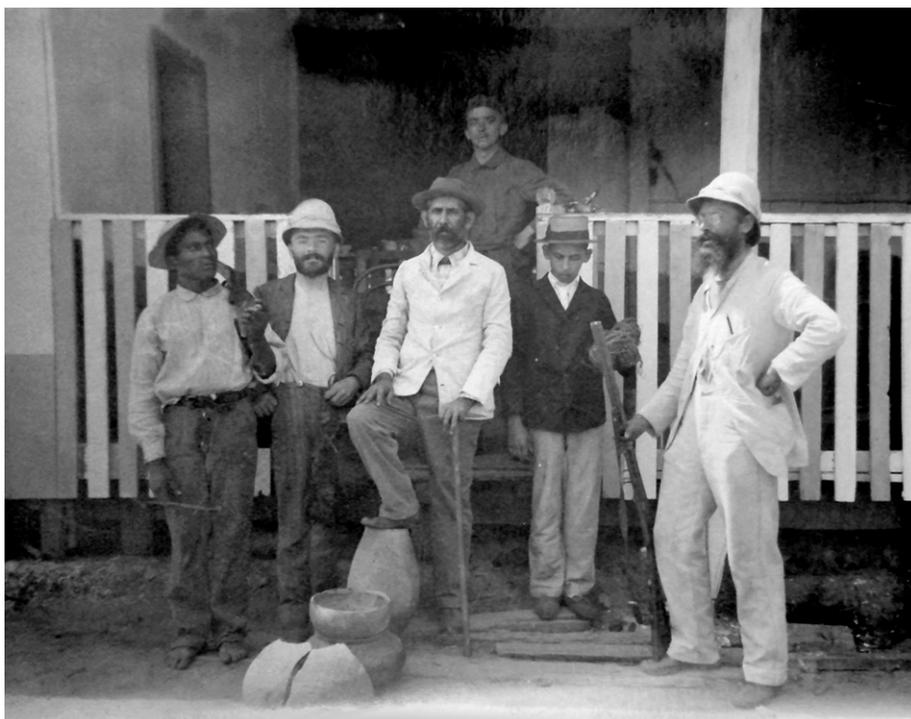


Figure 15: The members of the Museu Paraense expedition to the Amapá coast in 1895, after the massacre of Brazilians by French soldiers: from left to right, not identified employee, Swiss botanist Jacques Huber, Brazilian explorer and lieutenant colonel Aureliano Pinto de Lima Guedes, Manuel de Lima Guedes (Aureliano's son and apprentice in botany), Emil Göldi and Swiss taxidermist Max Tanner (standing behind). Note some archaeological urns on the floor, excavated in Cunani River and nowadays the main reference for the Cunani extinct indigenous people. Unknown photographer. Photographic reproduction on paper. Arquivo Histórico do Itamaraty, Private Papers of Baron of Rio Branco (Amapá Affair), Rio de Janeiro, Brazil.

main diseases in the region. In addition they contained suggestions for the political administration of the area.

Between 1896 and 1900, twelve articles on the disputed territory were published by Museu Paraense researchers, six of them written by Göldi himself. In all of them French documents and sources were discredited and their territorial intentions derided as imperialistic and unfair. This large corpus of knowledge put together in travel reports and in botanical, zoological, geological, archaeological and ethnographic studies, allowed the Brazilian government to challenge the French claims on «scientific» grounds. This political strategy designed the Brazilian territorial demands as «objective» and «neutral», in contrast to the French «imperialistic» position.

The dispute also motivated Göldi to make a long trip to Switzerland just before the President of the Swiss Confederation would render his decision. There he visited universities and museums, delivered lectures in scientific societies and published popular articles on the territory under dispute. The officially announced purpose of the trip was to promote the activities of the Museu Paraense, but in fact Göldi was in the service of the Baron of Rio Branco and had a very specific task to fulfil: to try to influence in Brazil's favour the four main expert advisors of the President of the Swiss Confederation on the territorial issue. Göldi not only socialised with all four but also became something of an *ad hoc* consultant for the Swiss government and a credible witness on the matter. That is how his name is mentioned in the decision of the Swiss arbitrator, published in December 1900 and favourable to Brazil.

In recognition of Göldi's «valuable contribution for the study and enlightening of our rights in the issue of our border with French Guiana», the government renamed the Museu Paraense as Museu Goeldi (Decree n. 933, 31 December 1900). In the early years of the 20th century, after a *tour de force* that took two years of his life, Göldi could finally accelerate the expansion of the museum, making plans for the construction of a great building for exhibitions and collections.

However, by 1904 a reorganisation of the political forces in the government and first signs of an approaching economic crisis postponed those plans and generated friction between Göldi and the governor. Reasons for this discord are not clear but certainly led to Göldi's demission, made official in March 1907. Since 1905 he was in fact trying to ensure the continuity of governmental support for the museum, whilst at the same time, he had sent away his family to Bern, anticipating the possibility of returning to Switzerland. In his letter of resignation, Göldi claimed to be in poor health and in need of personally supervising the education of his seven children, one of them with a serious cerebral condition.

Back to Bern

On 22 March 1907, Göldi left definitively for Europe, having spent just over 22 years in Brazil. As he arrived in Bern, he asked for the *venia legendi* (as private lecturer) in order to teach biogeography at the local university. Although he was approved with very high praise, Göldi's insertion in the Bernese scientific milieu was not easy in the first few years. Only in November 1908 did the university grant him the title of an «Extraordinary Professor», however without a salary. He faced the same kind of difficulty at the Natural History Museum Bern, where his friend and head of the Zoology Department, Theophil Studer (1845–1922), proposed his nomination as honorary member of the Board of Directors, a motion denied in the same year (MORGENTHALER 1993).

Göldi's luck began to change in May 1909 when he was chosen for the vice-presidency of the Society of Natural Science of Bern. In April 1910, he was elected president of the same society; only a few months before the Bernese Entomological Society (Bernische Entomologische Gesellschaft) had conferred their presidency on him (HUBER 2008). In November, when asking once again for a salary at the University of Bern, the Department of Education finally approved his request. By late 1911, following the vacancy of a chair, he was elected to the Board of Directors of the Natural History Museum Bern. His nomination was in recognition for the collections he had sent there since 1898 from Amazonia, first as «duplicates» of the Museu Paraense holdings, and later his personal collection from Rio de Janeiro as a donation (MORGENTHALER 1993; GÜNTERT ET AL. 1993; GÜNTERT ET AL. 2005; OBRECHT AND HUBER 1993).

In Bern Göldi was also strongly involved with Freemasonry, conservationism, and political activism in favour of human rights. In 1910 he was accepted as a «Brother» in the Masonic Lodge «Zur Hoffnung», where he began as a «Visiting Brother» and progressed towards higher echelons. In the following year, he gave two lectures at the Lodge, respectively entitled «A view on Monism» and «Natural Sciences – Cosmovision – Freemasonry». They both reveal a mystical scientist, as many of his generation were, and allow a glimpse into holistic philosophies that possibly have influenced his scientific oeuvre. Monism regards reality or the universe as a single domain – that of the substance formed by the indissolubility of matter and energy. It fits well with some scientific ideas discussed at the time, such as the claim for a single origin for all beings, like a permanent and infinitely fertile primordial entity (McCORMICK 1991).

In the case of conservationism, Göldi had shown his sensibility towards such concerns (very close to monism) since his days in Rio de Janeiro, when he had defended the ban on turtle hunting. In «As Aves do Brazil» he had protested against the catching of hummingbirds in Bahia for export (GÖLDI 1894b). In Belém he had proposed a total ban on hunting herons and scarlet ibises between June and January, the nesting period of those birds. Furthermore he had voted for public protection of bird flocks and for increasing taxes on exports of their feathers

(GÖLDI 1897a, 1902a, 1905a). According to Göldi, herons had their «natural rights» as they inhabited the Amazonian region since «time immemorial»; for this reason it was unfair that «hundreds of thousands of herons» died every year «so they could adorn the hats of ladies in the United States and in France» (GÖLDI 1897a: 29). That «execrable destruction» was for him «an unwarranted intrusion into, and an injury of, the cosmic order» (GÖLDI 1897a: 37).

In Switzerland Göldi resumed more actively his campaign for the protection of birds. In 1909 he was one of the founding members of the Swiss Society for Ornithology and Bird Protection (Schweizerische Gesellschaft für Vogelkunde und Vogelschutz, today named «Ala»), where he continued the fight against feather trade (HESS 1917). In 1913 he took part in the International Conference for the Protection of Nature in Bern; in the following year, during the Swiss National Exhibition of 1914, he published in «Der Bund» (the main newspaper of Bern) an impassionate protest entitled «Fort mit der Reiherfeder vom Damenhut!» («Down with the heron feathers on ladies' hats!») (GÖLDI 1914a). Finally, in the preface of his tome on the Swiss fauna «Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit» («The fauna of Switzerland in the present and in the past»), he stated that the book was also aimed at «awakening the feeling that it is about time we look for effective measures in defense of the preservation of the national fauna, so threatened from all sides» (GÖLDI 1914b:5).

By 1915 Göldi raised another political flag. In the midst of the First World War, he signed a petition that was sent to the Federal Council, so that Switzerland would take the initiative to create a neutral international league for the defense of human rights. According to MORGENTHAUER (1993:193), this text «shows the author's moral and religious inclinations, but also his scientific and critical attitude». It seems to confirm, therefore, that his scientific oeuvre, his political activism for the conservation of fauna and for human rights, as well as his involvement in Freemasonry share interrelationships that often intertwine along Göldi's life. Those different aspects of his personality are part of a single array that, the more one studies it, the richer and more fertile it reveals itself to be.

Göldi's intellectual commitments

Göldi's oeuvre is unique above all because he overcame geographical, theoretical and chronological boundaries. Boundaries between Europe and Brazil, between «pure» and «applied» sciences, between science and popularisation of science and between 19th century and 20th century scientific traditions. This is not a feature exclusive to Göldi but it seems to be characteristic for him since his early studies. In Schaffhausen for instance, Göldi produced a consistent oeuvre in the field of agricultural zoology, by associating traditional practices, such as taxonomic research, with more recent biological and ecological knowledge. To a certain extent he replicated that approach in Rio de Janeiro, even though motivated by other



Figure 16: Plate 27 of the «Album de Aves Amazônicas» (GÖLDI 1906c), where the German painter and lithographer Ernst Lohse (1873–1930) pictured two species described by Göldi: *Pipra caelesti-pileata* (bird with the blue head in the centre of the plate) and *Galbalcyrhynchus purusianus* (brownish birds on top right of the plate). Scanning from the original watercolour preserved in the Naturhistorisches Museum der Burggemeinde Bern, Switzerland.

socioeconomic problems and within a different physical environment. Both experiences reflect the changes that happened in the framework of scientific investigation, related to the dissolution of boundaries between science and technological development and between disciplines that apparently had little to do with one another. This «new science» that switched between practical local problems and theoretical questions of universal scope began to emerge by the mid-19th century, mainly in Germany (NYHART 1996, 1998).

In the Museu Paraense we find other examples of Göldi's ability of connecting knowledge. When Göldi began publishing faunal and floral inventories in the «Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia», written by in-house and foreign researchers such as Alfred Wallace (1823–1913), Erich Wasmann (1859–1931), August Forel (1848–1931), Michael Oldfield Thomas (1858–1929) and Theophil Studer (1845–1922), he maintained at the same time an extensive contact-network for the identification of animals collected in Amazonia. This demanded the continuous remittance of specimens to several institutions in different countries, resulting in the description of 86 new species between 1894 and 1904, excluding those described by the museum's own staff. The scientists who described Amazonian species without ever having stepped into the region themselves, were among the most illustrious at the time, such as George Boulenger (1858–1937), Frederic Theobald (1868–1930), Édouard Trouessart (1842–1927) and Theodore Cockerell (1866–1948). If we added to the Amazonian remittances those of animals and plants from the Mata Atlântica that Göldi collected, bought or received as donation, we would have additional 233 new Brazilian species (GÖLDI, 1899a, 1899b, 1900a, 1901a, 1901b, 1902c, 1902d, 1904a).

Therefore, Göldi became a great supplier of tropical animals for scientists who could efficiently identify them, in contrast to the small number of species described by himself. In Rio de Janeiro the latter were only eight: in addition to the turtle and nematode already mentioned, two crustaceans (*Sylviocarcinus petropolitanus* and *Leptopodia lineata*), one lacebug (*Tingis formosa*) and three species of whiteflies (*Aleurodes goyabae*, *A. aepim* and *A. filicium*). In Belém he described thirteen species overall: two fishes (*Piratinga piraiba* and *Phreatobius cisternarum*), one weasel (*Putorius paraensis*), two birds (*Pipra caelesti-pileata* and *Galbalcyrrhynchus purusianus*) (Figure 16), three tamarin monkeys (*Midas imperator*, *M. thomasi* and *M. griseovortex*) (Figure 17), one frog (*Hyla resinifictrix*) and four midges (*Chironomus holoprasinus*, *C. calligraphus*, *Haematomyidium paraense* and *Simulium amazonicum*) (Figure 18). However, Göldi was clever in reversing for his own benefit a limitation imposed by the only incipient scientific collections and library of the Museu Paraense. As he was unable to describe each animal himself, he attached significance to his own position as the director of a museum located in Amazonia, by regularly supplying specimens for overseas museums and so obtaining credibility and prestige in the international scientific milieu.



Figure 17: Plate «Macacos novos e pouco conhecidos da região alto-amazonica (Rio Purús)» (New and poorly known monkeys from Upper Amazon region (Purus River)). Two of the three ape species described by Göldi are pictured (*Midas griseovertex* on top left and *M. imperator* on bottom right). The plate was designed by E. Lohse and was never published by Göldi. The original lithograph is preserved in the Goeldi Museum, Brazil.



Fig. 142. — Larva já crescida de *Chironomus calligraphus*, vista com fraco augmento. Pelo lado anal, face abdominal, apercebem-se uns saccos finos, transparentes, que têm a mesma função respiratoria, como os foliolos branquiais da região anal das larvas dos Mosquitos typicos. A larva de *Chironomus*, n'esta phase de vida, já habita n'uma galeria protectora, por ella fabricada com fragmentos de algas, etc., e por isto de cor verde.

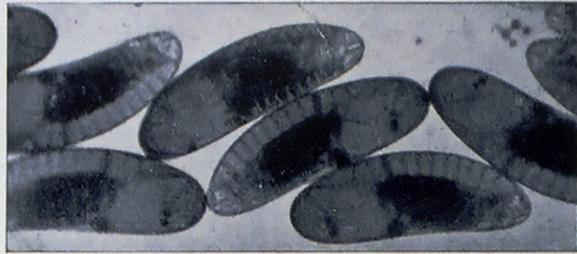


Fig. 139. — Certa porção de um d'estes cordões de *Chironomus*, vista com augmento microscopico mais forte. Os ovos no seu agrupamento natural mostram um colorido esverdeado devido ao seu conteúdo e acham-se já em adiantada phase de desenvolvimento, transparendo distinctamente a segmentação das larvas. Os ovos são acamados na massa gelatinosa e viscosa dos cordões, semelhantes em tudo aos que fabricam as fêmeas dos sapos (*Bufo*nides).

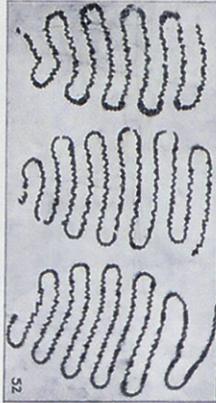


Fig. 138. — Trez cordões de ovos, na liberdade frescamente postos na superficie d'agua de um tanque por *Chironomus calligraphus*, mosquito não chupador de sangue e desprovido de proboscidea propria para furar a pelle de outros animais. Vê-se o arranjo exquisto em linhas de zig-zag. Fraco augmento, vista photographica.



Fig. 144. — Vista photographica de uma aza do mesmo "*merum*", com ampliação ainda mais consideravel, para auxiliar o reconhecimento dos pormenores systematicos.



Fig. 141. — Cabeça da mesma larva, photographada com augmento mais forte. Vista ventral.



Fig. 140. — Joven larva, apenas sahida do ovo, de *Chironomus calligraphus*, photographada com augmento microscopico moderado. Nota-se na frente um par de pés, com ganchos curvos em roda; outro par encontra-se no ultimo segmento abdominal.

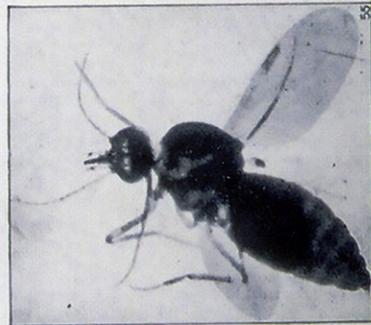


Fig. 143. — Vista photographica de um "*merum*", (*Haematomyidium paraense* G.) diminutissimo Diptero haematophago, assaz incomodativo na região amazonica, especialmente no littoral e na zona sujeita ás marés. Não é mosquito (*Culicido*) propriamente dito, mas uma pequena mosca. Augmento microscopico assaz forte.

This procedure should be understood by taking into consideration the difficulties posed by Belém and Göldi's own agenda. For him it was important to involve the highest possible number of experts in animal identification and classification, but the description of a new species was only the first step of a zoologist's task. It would be more important to know the biological aspects of each animal, its geographical distribution and its habits – the kind of research only possible for someone in permanent contact with local nature. Göldi expressed that idea in numerous works, always mentioning that «the systematic denomination and diagnosis of a species is merely [sic] the gateway for entering the essential core knowledge of its life sphere – only a small fraction of the sum total of the natural history of the species» (GÖLDI 1905b: 169). So Göldi and his assistants dedicated themselves to writing up faunal inventories of almost all the great taxonomic groups of Amazonia. Furthermore they carried out and published biological studies of birds, mammals, reptiles, amphibians and arthropods. These articles had as their goal a compilation of reliable data for the organisation of a compendium on the fauna of Brazil, a sort of encyclopaedia that would be unprecedented in the zoological literature of that country – which Göldi, however, would never publish.

Across theoretical boundaries

Among the two hundred texts published by Göldi there are four sets that stand out because they testify the boundaries he crossed in his career: evolutionary studies, papers on medical entomology, anthropological articles and popular science publications. In the first group are the thesis he defended in Jena and the researches on two peculiar animals of the Amazonian region, the bird hoatzin (*Opisthocomus hoazin* Müller, 1776) and the South American lungfish (*Lepidosiren paradoxa* Fitzinger, 1837). The hoatzin possesses some unique anatomical characters that warrant its placement in the monotypical order Opisthocomiformes. In 1894 Göldi observed that young hoatzins have a pair of claws at the leading edge of their wings, which later become atrophied and disappear in adults. GÖLDI (1895a, 1895b, 1897b) regarded these claws as irrefutable evidence of «a very ancient inheritance of the early times of the independence, the individualisation of the class Aves from the common stem uniting birds and reptiles» (Figure 19). The claws would be, according to him, «a most interesting phylogenetic authentication, a new and unexpected touchstone for the truth of evolution and transformation» (GÖLDI 1895a: 173)⁴.

⁴ Göldi's insights were confirmed by recent researchers. Although the taxonomic and phylogenetic position of the hoatzin is not a consensus among ornithologists and paleontologists, the evolution of this bird is considered as an old and very special case. Hoatzin is currently well known from the anatomical, biological and behavioral standpoint. These studies reveal unique osteological and digestive systems in the class Aves (MARCELIANO 1996).



Opisthocomus cristatus.
(juv. et ova.)

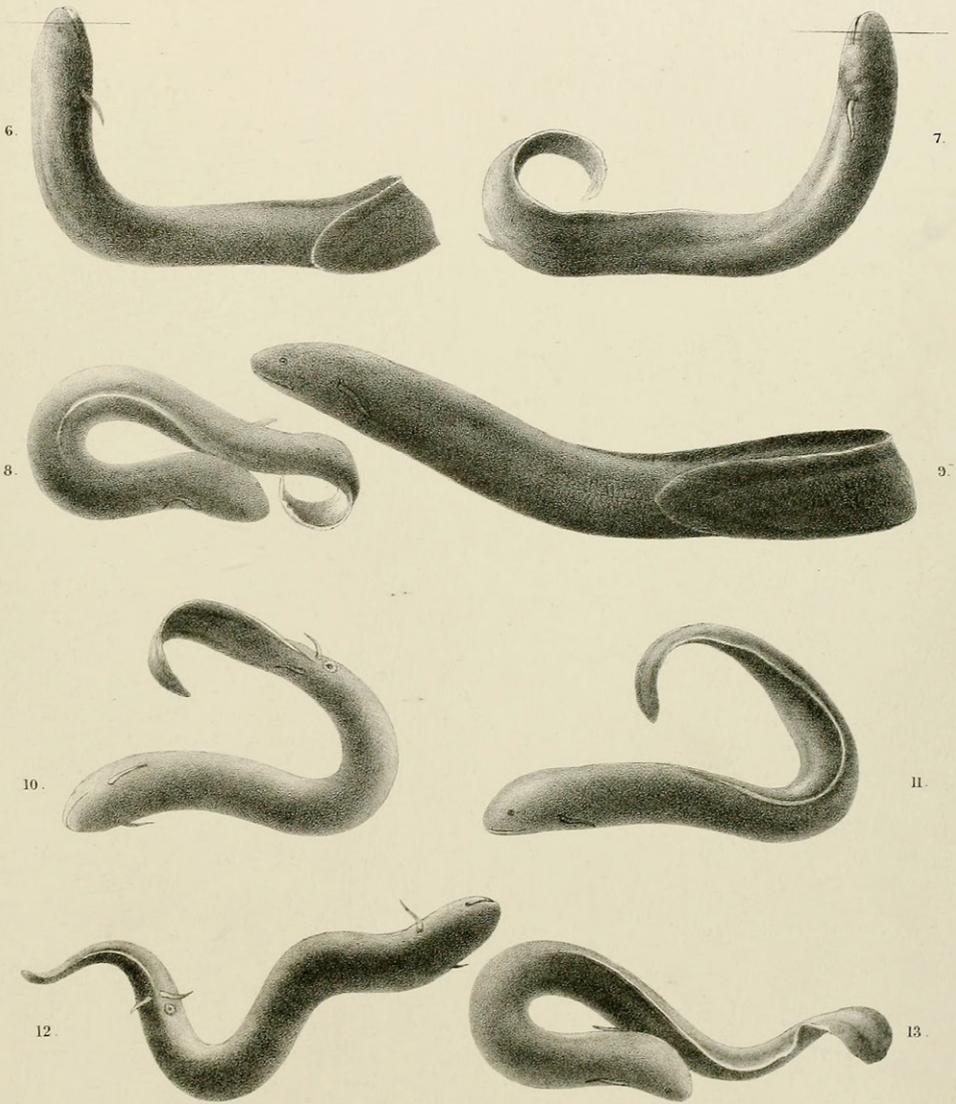
Figure 19: Illustration of hoatzin eggs and the pair of claws at the leading edge of the wings, published by GOLDI (1895a). Lithograph by Carl Wiegand, Belém, Brazil.

Göldi's Haeckelian background is evident in his attempt to relate individual development (ontogenesis) to the evolution of the species (phylogenesis), following the research agenda of the late 19th century in which phylogenetic reconstruction was a «passionate pursuit» (COLEMAN 1977: 85)⁵. In Belém Göldi remained active in that pursuit, observing the development of crocodile claws, the dispersal and distribution of the genus *Cervus* in South America and the reproduction among species of the genus *Cavia* (guinea pigs and cavies). The latter problem had been addressed by HAECKEL (1877: 131), in order to criticise the concept of species based on reproductive ability. However, among the animals he studied, the one that should have inspired Göldi the most from an evolutionary standpoint was the South American lungfish, obviously for the same reason the hoatzin had fascinated him: that fish species occupies an isolated position in the ichthyological classification by reason of its uncommon anatomy, which places it at the boundary between fishes and amphibians. Its skeleton is closer to that of a fish, but its circulatory and respiratory systems resemble those of an amphibian and include a pair of lungs (Figure 20).

Besides matters related to geographical distribution – as the one species occur in the Amazon, Paraguay and Paraná river basins – GÖLDI (1896, 1897c) pointed out *L. paradoxa* as one of the three extant lungfish species in the world (in Australia, Africa and South America) that are representatives of the group Dipnoi. The survival of those species in the Southern Hemisphere would constitute «unshakeable evidence and biological and zoogeographical authentication of an ancient distribution of seas and lands, different from the current one, and of a link between those continents in past geological periods» (GÖLDI 1897c: 250)⁶. Next he suggested that the explanation for the existence of lungs in the South American lungfish should be caused by the relationship between habitat and physiological function, especially regarding the aestivation period of the fish, which coincides with the drought in the rivers it inhabits (GÖLDI 1898a, 1898b). He points out that the lungfish is only able to survive such dry periods – when the floodplains give

⁵ The German biologist Ernst Haeckel (1834–1919) was one of the main promoters of the recapitulation theory, named by him as the Fundamental Biogenetic Law. This natural law was described for the first time in his 1866 «Prinzipien der Generellen Morphologie der Organismen». According to this law, the ontogenesis (or individual evolution during his life-time) is a short and quick recapitulation of phylogenesis (or group/species evolution during geological time) and this ontogenesis is carried out according to the laws of heredity and adaptation. Göldi studied with and assisted Haeckel at the University of Jena in 1881–1883. Other historians of science have appointed the influence of Haeckel upon Göldi's works, such as GLICK (2002) and GUALTIERI (2008). Both analyse Göldi's Amazonian works as important cases of reception and diffusion of evolutionary ideas in Latin America.

⁶ These thoughts put Göldi among the researchers who defended the existence of «links» or «bridges» between the continents such as Eduard Süess (1831–1914) and Hermann von Ihering (1850–1930). These theories of drifting continents would later be refined by Alfred Wegener (1880–1930), the founder of plate tectonics. Regarding the South American lungfish, Göldi's insights on its evolution and description of its life cycle are currently accepted (ARRATIA 2003).



P.J. Smit. lith.

Mintern. Bros. amp

EVOLUTIONS OF THE LIVING LEPIDOSIREN PARADOXA.

Figure 20: Plate «Evolutions of the living *Lepidosiren paradoxa* in a small aquarium (from instantaneous photographs taken by myself). Figs. 6 and 7 show the Dipnoan in the act of respiration on the surface», published in GÖLDI (1898a).

way to pastures – thanks to the pair of lungs it developed and to its ability to bury itself in the mud to keep its skin wet.

In Switzerland after 1907, Göldi dedicated himself to three major studies on the theme of descent (MORGENTHAUER 1993). The first one focused on social insects under two aspects: a) the «regulating law» that structures and organises life in society, above all among the ants; b) the definition of sex among honey bees, especially the way the Hymenoptera recognise and select fertilised eggs (which develop into queens and workers) from non-fertilised ones (which generate drones). On this subject Göldi developed a new theory, according to which this labour is performed by the worker bees, which separate the eggs and place them in their proper comb cells. By now it is known, however, that this issue is much more complex and not yet entirely clear, i.e., that the «sex ratio of bees is a subject that spans ecology and genetics, including kin selection, the mechanisms of sex determination, genetic load, and investment in reproductives» (ROUBIK 1992: 306; see also WINSTON 1987: 199–203).

The second study was about the phylogenetic development of insect heads and their mouth apparatus from crustaceans, an important concern at the time and still controversial today with respect to systematics. Here GÖLDI (1912b, 1913c) also suggested his own ideas, based on the homology of the mouth parts and taking into account physiological and biological factors to explain the morphological and anatomical differentiation between aquatic crustaceans and land insects (it should be noted that he had offered the same kind of argument to explain the uniqueness of the hoatzin and of the South American lungfish). So the mouth apparatus of insects would correspond to certain organs of crustaceans, which lost and changed their function when some of the latter group left behind their aquatic life (*Figure 21*)⁷.

Finally, his third study, developed in partnership with botanist Eduard Fischer (1861–1939), compares the evolutionary processes of sexual reproduction in the plant and animal kingdoms. It was initiated at the time of the 100th Meeting of the Swiss Society of Natural Science (Schweizerische Naturforschende Gesellschaft) in 1915, when Göldi presented a lecture on the theme. His goal was to establish, in the light of genetics, a theory and a nomenclature that could unify the studies on descent and transformation in the plant and animal kingdoms. He would certainly have proceeded on this theme, if he had not suffered a heart attack in the early morning of 5 July 1917 – at the young age of 57.

The second set of studies is geared towards a field that consolidated quickly in the late 19th century: medical entomology or the study of classification, biology

⁷ The derivation of the mouth apparatus of insects from legs of their crustacean relatives has been a hot issue for evolutionary researchers since the end of 19th century. Göldi's «new theory» is based on theoretical considerations on the transition from an aquatic to a terrestrial mode of life; however, it is not supported by current knowledge. Despite Willi Hennig's (1913–1976) extensive studies on this subject, the homology of insect mouthparts remains a matter of debate.

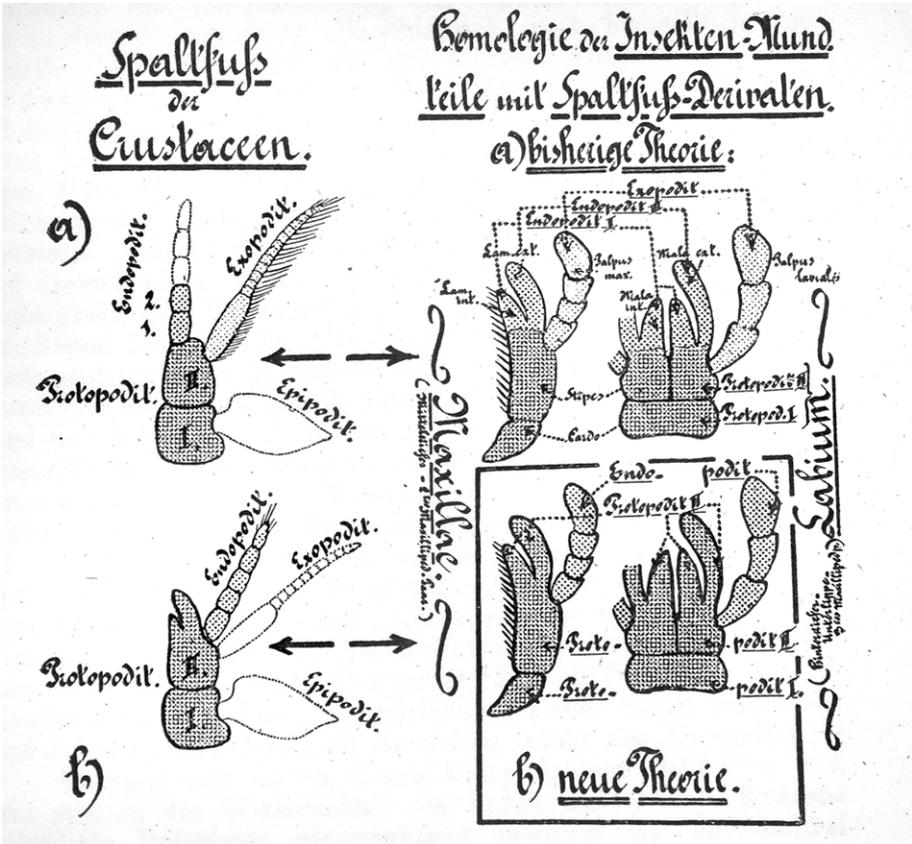


Figure 21: Göldi's drawing for his work on the homology of the mouth apparatus of crustaceans and insects. The «new theory» proposed by GÖLDI (1913c) is on the bottom right.

and ecology of insects that are harmful to humans and their role in the etiology of diseases such as malaria, filariasis and yellow fever (CHRISTOPHERS 1960; MATTINGLY 1969; HARRISON 1978; BENCHIMOL 1999). Göldi dedicated himself to little-known aspects of the classification, geographical distribution and biology of bloodsucking Amazonian mosquitoes, above all the Culicidae (Figure 22). His work was in the forefront of the concerns of medical doctors and zoologists after the confirmation of *Anopheles* in 1898 and *Aedes aegypti* in 1901 as the vectors for malaria and yellow fever, respectively (SANJAD 2003).

After inventorying the main Amazonian species of mosquitoes and describing their life cycles, Göldi made a number of suggestions to the health authorities; from the mandatory use of mosquito nets in private households to the organisa-

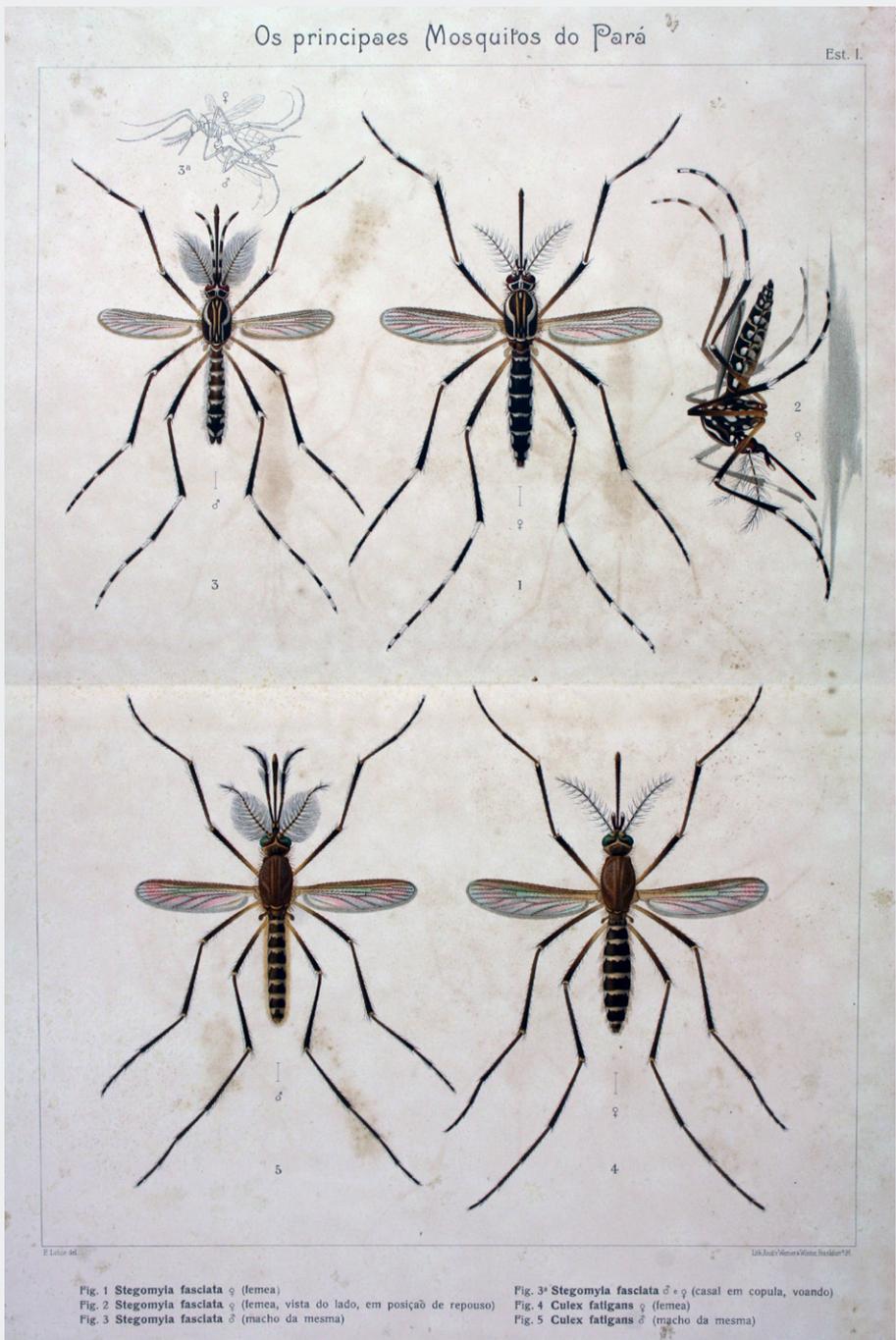


Fig. 1 *Stegomyia fasciata* ♀ (femea)

Fig. 2 *Stegomyia fasciata* ♀ (femea, vista do lado, em posição de repouso)

Fig. 3 *Stegomyia fasciata* ♂ (macho da mesma)

Fig. 3^a *Stegomyia fasciata* ♂ e ♀ (casal em copula, voando)

Fig. 4 *Culex fatigans* ♀ (femea)

Fig. 5 *Culex fatigans* ♂ (macho da mesma)

Figure 22: First plate of Göldi's work on the Amazonian mosquitoes, where the two main species from the health standpoint were painted by Ernst Lohse: *Stegomyia fasciata* (later renamed *Aedes aegypti*) and *Culex fatigans* (GÖLDI 1905c).

tion of «mosquito-brigades»⁸ (GÖLDI 1902b, 1902–1903). He performed a series of experiments with both species, manipulating hundreds of live specimens, and investigated the relationship between copulation and «haematophilia» in females and that between «haematophilia»⁹ and laying of fertile eggs. According to GÖLDI (1904b: 172), the first relationship could not be proven, but the second one was «essential». Those experiments were later expanded to other fourteen species of Diptera, with a detailed account of egg laying, the development of the larvae and the formation of pupae. Four new already mentioned species were described by Göldi, including the first description of a species of Simuliidae (black flies) in Brazil and a new genus of Ceratopogonidae (biting midges), both of great importance for public and animal health in Amazonia as vectors of filariasis and viral diseases (GÖLDI 1905c). The results were presented by Göldi at the International Congress of Zoology, in August 1904 in Bern, with his own theory on the controversial question of the infectious process of yellow fever: he proposed that the disease was not caused by a microorganism, as it would later be confirmed, but by an organic venom that would be inoculated by the mosquitoes (GÖLDI 1905d). Göldi would return to this subject, getting even closer to biomedicine, when he joined the University of Bern (GÖLDI 1913a, 1914c, 1918).

A third set of texts, less developed than the previous ones, deals with anthropological questions. Since his education in Switzerland, Göldi was attentive to the way different social groups relate to natural resources. Early examples are his publications on popular beliefs about animals and plants and on the history of flower cultivation. In Brazil the theme of the relationship between human culture and nature permeates many of his papers, as one can see in his writings on turtle hunting or on the Amazonian fish and bird fauna. Among the latter, he often stated that local myths and superstitions stimulated him to elucidate scientific issues and that he was often surprised by the knowledge of the local fauna shown by indigenous and riparian peoples, which allowed them to correctly identify animals and easily sorting them out by sex or age (GÖLDI 1897d, 1898c, 1901c, 1903). On the other hand, some few explicitly ethnological articles showed that Göldi was also keen on the study of material culture and on a compilation of data for a better arrangement of the linguistic stems of indigenous peoples, in a view akin to that of German ethnography (*Figure 23*) (GÖLDI 1898d, 1900b, 1906a, 1906b).

⁸ Among the prophylactic means against mosquitoes, Göldi endorsed the ideas of English, German and North-American scientists who worked in India, Africa and Cuba, respectively. Assisted by these scientists, the local governments organized several small groups of workers trained to eliminate larvae and adult mosquitoes in private households. These groups were known as «mosquito-brigades» or «mosquito-hunters».

⁹ The term means blood-feeding mosquitoes. Göldi compares these mosquitoes to vampires because the females must drink fresh blood before laying eggs. That is why he uses the term «haematophilia», usually associated to sexual fetishism for blood, «vampirism» or «vampire fetish». See SANJAD (2003).



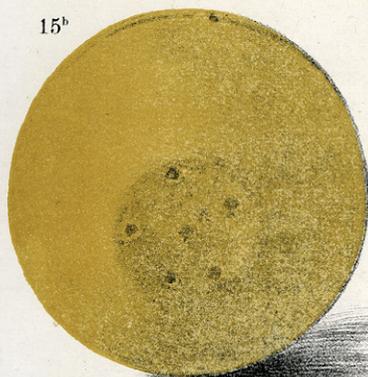
9



17

15^a

10

15^b18^b

lith. Museu Paraense
(E. Lohse)

phot. et dir. Dr. E. A. Goeldi

Cerâmica de Índios extintos no Counany (Guyana brasileira)

Figure 23: Second plate of Göldi's work on the material culture of Cunani Indians from the coast of Amapá, mouth of the Amazon River (GÖLDI 1900b). The urns were excavated by the Museu Paraense staff in 1895, photographed by Göldi and lithographed by Ernst Lohse.

His notes are sympathetic to the peoples who inhabited Amazonia before the arrival of the Europeans, saying that they are probably doomed to vanish, but from whom there was still much to be learned. For instance, after spending a week among the Temb  Indians, in the Capim River, G ldi wrote: «I will never forget this week among the Indians. It was a very instructive period for us regarding natural history and also ethnography and linguistics» (G LDI 1903: 486).

The last set of scientific texts was destined for a wider public, with an obvious didactic concern. In this way, G ldi joined a rationalist movement typical of the 19th century, in which scientists, teachers, journalists and commentators of diversified backgrounds had the goal to educate the population's views and thoughts, thus providing value to a field that was advancing prodigiously, that of science and technology. It was no coincidence that G ldi's earliest texts were published in popular periodicals and presented the vision of a scientist on common, non-scientific traditions. The same effort and desire to communicate with a wider audience would appear time and again in G ldi's life. So he had indeed two complementary and inseparable lines of activity in the scientific field, that of a researcher and that of an educator. His directorship at the Museu Paraense offered him many possibilities in this double field. For instance, his personal involvement in the construction of the zoological garden and in the setting up of exhibitions and public lectures, in addition to his many richly illustrated publications on the local fauna.

The same can be said of his activities in Switzerland after 1907, notably as a public speaker and a lecturer. At the University of Bern, G ldi lectured on animal biology and biology and selected for publishing the subjects he found «especially resonant among student circles» (G LDI 1913a: 5). Between 1911 and 1912, he gave in many towns of the canton of Bern the lecture «Aus der Heimat des Kautschuk und des Par gummi» («From the home of the caoutchouk and natural rubber»), by request of the alumni association (G LDI 1912a). According to MORGENTHALER (1993: 186), G ldi's concern in those lectures was above all «to present complex facts in the clearest way possible to his students, with unambiguous concepts and illustrative material» (*Figure 24*). The slides he used in his lectures were donated to the Natural History Museum Bern after his death. There are still over 450 of those slides (glass plates of 9 x 12cm), which show G ldi's particular care on being didactic. This concern is also reflected in the texts he wrote on the teaching of Zoology in Switzerland and in his intense activity in that country's scientific societies, particularly in the Society of Natural Science of Bern and Swiss Entomological Society (Schweizerische Entomologische Gesellschaft).

G ldi's oeuvre in Switzerland includes a smaller number of published works, in comparison to that in Brazil. However, those are denser texts, revealing the scientist's intellectual maturity. The subjects that most interested G ldi in that

period were evolutionary biology and medical zoology, but he addressed other areas that were important in his career, such as faunal studies. Examples of the latter include his paper on deer (GÖLDI 1913b), in which he described a new species from Argentina (*Odocoileus dickii*, currently synonym of *Ozotoceros bezoarticus* (Linnaeus, 1758)) and his catalogue of Swiss fauna (GÖLDI 1914b). According to LAENG (1973), Göldi's main contribution in the writings of this later period was in the field of biogeography, especially in passages where he discussed the origin and endemism of local species.

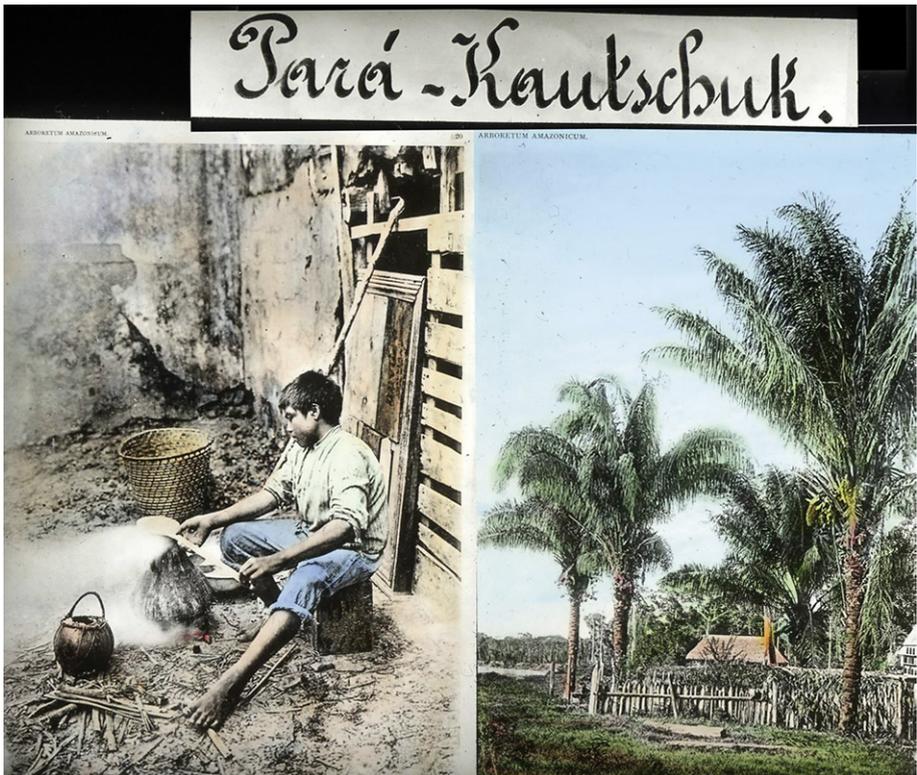


Figure 24: Hand-coloured glass plate negative used by Göldi in his lectures on the Amazon region, preserved in the Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Switzerland. Both photos were taken by Jacques Huber and published in the second (left) and fourth (right) issue of his «Arboretum Amazonicum» (HUBER 1900, 1906). These photos illustrate the fumigation (curing) process of natural rubber, in which the seeds of Urucuri palm tree (*Attalea excelsa* Mart. ex Spreng., right) are used for coagulation of the *Hevea* sap.

The Göldi collection at the Natural History Museum Bern (NMBE)

When the Natural History Museum Bern celebrated its 175th anniversary in 1982, Emil August Göldi was briefly mentioned in the «Festschrift» as a committee member from 1911–1917 and as donator of a scientifically important collection of Brazilian vertebrates (HUBER ET AL. 1982). Hardly any staff member knew more than this about Göldi's ties to the museum, and to the broad public, his name was at best known from a stuffed specimen of Goeldi's Marmoset (*Callimico goeldii* Thomas, 1904), which had formerly lived in the local zoo and was put on display in the gallery of mammals after its death.

Only in the course of compiling a digital inventory, started in 1988, the importance of Göldi's contribution to the collections at the NMBE became evident. The invertebrate part, mostly insects, exceeds the vertebrates by far – both by the number of individuals (*Figure 25*) and of type specimens. Of 118 new species names 102 refer to insect taxa (OBRECHT & HUBER 1993)¹⁰. These, however, had been described by the entomologist Adolph Ducke (1876–1959), and 80 years after their accession to the Bernese museum, the interrelation between Ducke's types and Emil Göldi had fallen into oblivion.

By pure coincidence, in 1989 three lines of evidence for Göldi's activities in Bern converged independently at the NMBE: Hans Ulrich Morgenthaler, a retired high school teacher, submitted a manuscript on Göldi's years in Bern and on his con-

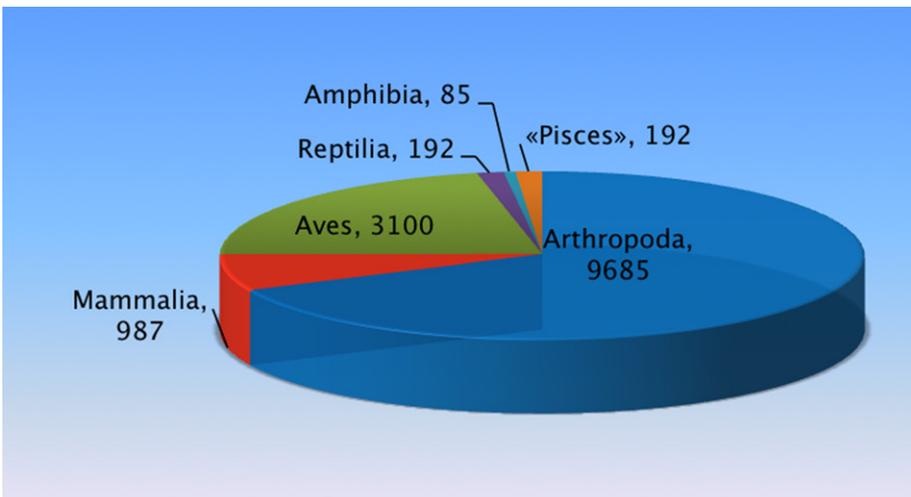


Figure 25: E.A. Göldi collection from Brazil, kept today at the NMBE: Number of specimens in different animal groups. Together with four mussel shells and 17 fossils the total number of specimens is 14 125.

¹⁰ http://www.nmbe.ch/sites/default/files/uploads/pubinv/ducke_types_specimens.pdf

Mollusca				4
Arachnida (spiders)				37
Insecta				9645
Lepidoptera		3855		
Coleoptera		3416		
Hymenoptera		1436		
Heteroptera		315		
Diptera		311		
Homoptera		144		
Saltatoria		104		
Odonata		45		
Blattodea		12		
Phasmodea		5		
Mantodea		2		
other insect groups		74		
Vertebrata				4420
	Private collection	MPEG deposit	Total	
Chondrichthyes	1	0	1	
Osteichthyes	97	94	191	
Amphibia	67	28	85	
Reptilia	96	96	192	
Aves	716	2248	2964	
Mammalia	196	791	987	

Table 1: Holdings of the NMBE Göldi collection from Brazil. All insect specimens seem to belong to the depository of the Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG). Göldi's private collection contains 1173 specimens, mostly from Colonia Alpina (Teresópolis) and few from Rio de Janeiro. Not included are 237 non-Brazilian bird skins that came from the Natural History Museum London (see GÜNTERT ET AL. 2005).

tributions to insect biology, for publication in the «Jahrbuch», then the triennial report of NMBE (MORGENTHALER 1993). His father, Otto Morgenthaler (1886–1973), had been a student of Göldi during his time at the University of Bern, and through him a number of notes and drawings relating to Göldi's lectures and publications had come into the son's possession.

At this time, an elderly couple, Werner Ruch-Beck and his wife, from Bienne, offered a large amount of documents (some 450 glass transparencies, letters and postcards) to the museum, because they planned to move to a smaller apartment. As stated by them, these documents had passed through Göldi's secretary to a relative of Mrs. Ruch-Beck. According to her, Göldi preferred to work at his sec-

retary's apartment during hot summer days – a cooler place than the university office. It can be assumed that these documents were left behind when the family returned to Brazil after their father's death. A special treasure among the glass transparencies is a series of pictures on rubber production in Brazil, together with the manuscript of Göldi's talk on this topic. The majority of the slides were obviously used during the university lectures; for the production of these slides he had repeatedly received payment from the department of education.

Driven by a keen interest in the fates of Swiss emigrants in South America and Eastern Europe Agathon Aerni (1929–2006), a retired banker, Consul General of Trinidad and Tobago and amateur historian contacted the NMBE with a request on collection items and documents related to Jacques Huber and Emil August Göldi. Aerni was investigating the biography and work of Jacques Huber, chief botanist at the Museu Goeldi and its director after 1907. After the publication of a short biography, he started – with unchanged zeal – digging into Göldi's past, unraveling the path of Göldi's life with his detours into agriculture and diplomacy.

Pointing out the importance of Göldi and Huber in the exploration of the Amazonian tropics, he suggested presenting an exhibition on their biographies and their lifework. For such a project the museum focused on the taxonomic and biogeographic aspects of the specimens. In this context an overview of the collection was published by the curators of the vertebrate and arthropod collections (GÜNTERT ET AL. 1993)¹¹. The biographic and historical background was worked up by Agathon Aerni. Very painstakingly he enquired into the biographies of persons in Göldi's surroundings – relatives, friends, scientists, employees and even the experts in the Amapá arbitration. His summarized notes, unfortunately without indication of the sources used, are kept in the NMBE archive.

The exhibition was shown to the public from October 1992 to 1993, together with an important part of the collection, which had never been on display before (Figure 26). Later in 1993, the exhibition was shown at the «Museum zu Allerheiligen» in Schaffhausen, though without the Bernese collection items.

Transfer and contents of the collection

Since his early times in South America, Göldi had sent specimens to his former teachers in Switzerland, intended for the natural history collections in St. Gallen and Schaffhausen. The motivation was to maintain good relations and to let people in his home country participate in his discoveries. Later he extended the circle of recipients to scientist friends or to experts on given taxonomic groups at other museums, among them the natural history museums in São Paulo, London and Vienna.

After having met Theophil Studer in Bern, Göldi dispatched a first shipment of mammal skins and turtles that arrived in Bern already in December 1898; others

¹¹ http://www.nmbe.ch/sites/default/files/uploads/vert/goeldi_collection.pdf



Figure 26: A part of the Göldi collection on display at the NMBE, during the exhibition «Emil August Göldi und Jacques Huber. Schweizer Naturforscher und Sammler in Brasilien». The weapons were loans from the Bernisches Historisches Museum (History Museum of Bern). Photograph: K. Grossenbacher, NMBE.

followed in 1899 and 1901. But things took another dimension when Göldi, in a letter of 20 June 1901 to Studer, proposed to deposit part of the Museu Goeldi collection in Bern, to keep it in a safe place away from the risks of the tropical climate. This was by no means just a courtesy to Studer, for Göldi still intended – and explicitly stated it in his letter of 15 April 1902 – to donate his private collection to the museum of his native canton St. Gallen (GÜNTERT ET AL. 1993: 150). Impatient as ever, Göldi did not wait for an answer: In the summer of the same year a first shipment of some 1500 lepidopterans – specimens particularly damageable by moisture or mould – was sent as a depository to Bern.

In November 1901 the Board of Directors (Museumskommission) discussed the idea of a depository and agreed to accept it, yet only under the condition that the loan had to be permanent and irrevocable. A contract based on this condition was set up, signed in 1903 by Göldi and by the Board. It was then referred for ratification to the Executive Council of the Burghers of Bern (Kleiner Burgerrat). The contract copy in Bern is signed from the Brazilian side only by Göldi, whereas the counterpart in Belém also bears seal and signature of the Governor of Pará (W. L. Overall, pers. comm.).

Details of the following shipments can be reconstructed from the notifying letters to Studer and the minutes of the Board of Directors (see list in GÜNTERT ET AL. 1993). In 1906 birds and deer antlers from the Organ Mountains, i.e. Göldi's

private collection, reached their destination at the NMBE; Göldi formally donated it to the museum in 1908. The depository in Bern was further enlarged after Göldi's return to Bern. These shipments contained mainly hymenopteran insects, among them numerous Ducke's type specimens, and were dispatched either by Göldi's successor Jacques Huber or the entomologist Adolf Ducke. The last shipments recorded in the NMBE archives arrived between 1909 and 1911.

All specimens of the Göldi collection at the NMBE have been digitally inventoried. The NMBE data register is not freely accessible via the internet; however, Excel lists of specified groups are available on request from the responsible departments.

Beyond Boundaries: Emil Göldi's legacy

Göldi skilfully managed to identify and join the debates around issues that were at the cutting edge of knowledge between the late 19th and early 20th centuries. Such issues were generally open to the participation of scientists of various backgrounds and different origins; they were at the boundary of science and technology or of various traditional scientific fields such as zoology and agronomy or zoology and medicine (interdisciplinary work in its best sense). They were also controversial and dynamic in the sense that ideas would quickly shift or new knowledge would be produced and disseminated.

Göldi's involvement in agricultural zoology or in medical entomology, exactly at the moment when studies within the framework of public health switched from the search for pathogens to that of disease vectors, is the most visible evidence of his awareness towards research opportunities. But it is not the only one. Even in a traditional scientific field such as taxonomy, regarded by many historians of science as outdated or secondary after the advent of the theory of evolution and of ecology by the late 19th century, Göldi managed to find some obscure spots and bring attention on them. As a result he established himself as an authority to occupy a prominent place in the international scientific milieu. It was precisely due to his taxonomic and biological work in Colônia Alpina and in the Museu Paraense that Göldi was admitted to the Zoological Society of London as a Corresponding Member in 1895 and to the select group of the Honorary Members of the British Ornithologists' Union in 1898 (SANJAD 2010b).

Göldi's international recognition was certainly due to his new position, the directorship of the first natural history museum located in Amazonia and of what he could represent for European institutions as a supplier of collections. However, the logic of the colonial relationships between «metropolis» and «periphery» does not explain everything. Since the 19th century, scientists established in the main European museums conceded they did not master all subjects in their respective fields, so they had to keep a set of correspondents in «peripheral» institutions and eventually involved them in research projects. That was the case of the Amazon-

ian bird fauna, the knowledge of which was regularly pointed out in scientific journals as being fragmented and inadequate at that time. Besides the fact that the taxonomic knowledge then available was a bone of contention, few scientists worked on the theme and even fewer did in loco research, which was a requirement for building up collections and obtaining biological and environmental data. To that situation, one should add the enormous scope of the work still to be done, already well discernible by the end of the 19th century, when all predictions on Neotropical biodiversity surpassed the wildest calculations.

Göldi had a clear perception of those aspects, that is of the advantages and disadvantages of being located on the sidelines of the European scientific circles. In order to accentuate the advantages, he gave priority to the collection of birds and mammals, thus starting the Museu Paraense collections, and to the exchange with foreign institutions. He filled his writings with criticisms towards travellers, with remarks on the colossal task of zoologists in Brazil and with descriptions of places hitherto unexplored by naturalists, of animals that were poorly described, rare, bizarre or little known. This editorial strategy lured the attention of both the lay public and the specialist in scientific matters. Göldi often studied the work of great scientists of that time, looking for doubts, flaws and gaps that could lead to new investigations, from which he would begin a dialogue with his overseas counterparts.

When he returned to Switzerland, he took along enough material to continue his research on the Amazonian fauna but did not devote much time on the subject: he merely gave some lectures on his stay in the «land of the rubber». Instead, he expanded his evolutionary and biological studies according to the more recent theories and techniques developed in the early 20th century in the fields of physiology and genetics. An overall view of Göldi's oeuvre demonstrates how it followed the course of the natural sciences in that period and how, at the same time, it oscillated according to the opportunities and circumstances that appeared throughout his life.

With respect to Brazil, the zoologist had the merit of initiating the research in several scientific areas and taxonomic groups. Furthermore, he also brought up to an unprecedented high level the workings of the institutional framework of science. These are planning institutional activities, formulating projects and agendas, encouraging exchanges, professionalising research by means of hiring post-graduate scientists, cultivating scientific culture through publications and exhibitions and promoting the popularisation of science as a necessary step towards scientific and social development. Those principles, that today form the unequivocal basis of scientific activity, were introduced in Brazil through great effort and some personal sacrifice by pioneers such as Göldi and became a fact in the institutions they created and worked at, such as the museum that today bears the zoologist's name – the second largest in the country. Those institutions are simultaneously the most significant legacy of these men and women and the living memory of their achievements.

Acknowledgments

The authors are in debt to Agathon Aerni (1929–2006), who gathered many data regarding Emil Göldi's life. Unfortunately his sparse notes were not published but could be consulted by the authors at the Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern (NMBE), Switzerland. The authors thank the Goeldi Museum (Belém), Naturhistorisches Museum Bern (Bern), Stadtarchiv Schaffhausen (Schaffhausen), Staatsarchiv Basel-Stadt (Basel), Schweizerisches Bundesarchiv (Bern) and Arquivo Histórico do Itamaraty (Rio de Janeiro) for the authorization to reproduce photographs, lithographs and paintings preserved in these institutions, and also its libraries and archives staff for their kind support; the Naturforschende Gesellschaft in Bern for its support; the editor, Dr. Thomas Burri, as well as Dr. Charles Huber and Elsa Obrecht (NMBE) for their review and comments on this article; and Dr. Horácio Higuchi (Goeldi Museum) for his comments and the translation of this article to English. NS was a Post-Doctoral Fellow of the Capes Foundation, from Brazil, at the NMBE (2013–2014). This article is part of a broader research on Swiss scientists who worked in the Amazon region in the 19th and early 20th centuries, also supported by the Emilie-Guggenheim-Schnurr Foundation, from Basel, Switzerland.

References

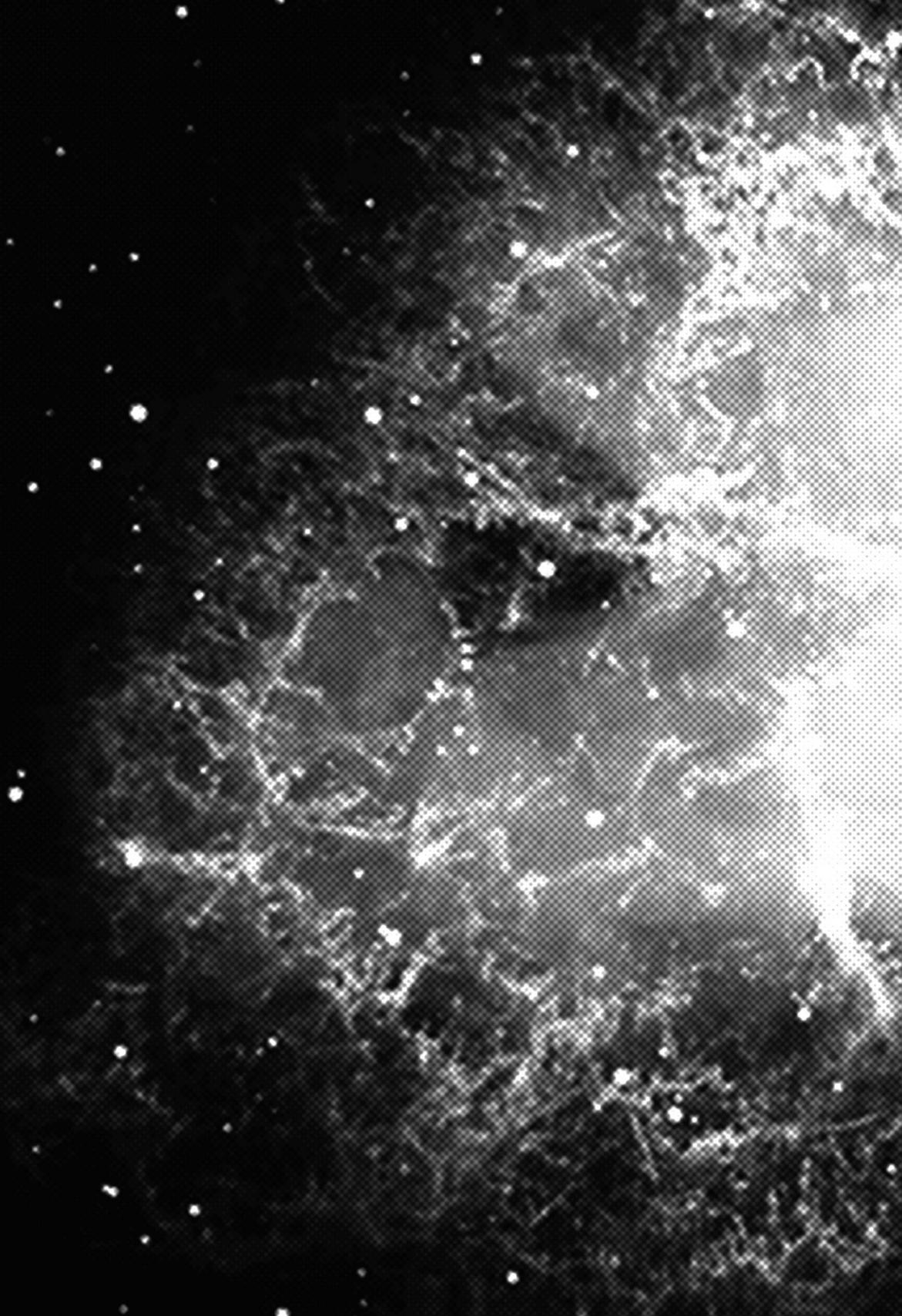
- AERNI, A. (1992). Der Naturforscher Prof. Emil August Göldi, 1859–1917. Teil 1–3. Werdenberger & Obertoggenburger. Der Alvier (Buchs SG). Nr. 202:7, Nr. 212: 7, Nr. 216:7.
- ARRATIA, G. (2003). Lepidosirenidae (Aestivating lungfishes). In: REIS, R.E. (Eds.). Checklist of the Fresh-water Fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDI-PUCRS: 671–672.
- BÉNAT-TACHOT, L. & GRUZINSKI, S. (Eds.). (2001). Passeurs culturels. Mécanismes de métissage. Paris, FMSH Editions.
- BENCHIMOL, J.L. (1999). Dos micróbios aos mosquitos. Febre amarela e a revolução pasteuriana no Brasil. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz/Editora UFRJ.
- BENCHIMOL, J.L. (2003). Adolpho Lutz: um estudo biográfico. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, 10: 13–83.
- BENCHIMOL, J.L., SÁ, M.R., BECKER, J., GROSS, T., ANDRADE, M.M., FERREIRA JUNIOR, P.C.G., CRUZ, M.S.A., BULHÕES, T.S. & GOMES, V.L.C. (2003). Adolpho Lutz e a história da medicina tropical no Brasil. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, 10: 287–409.
- COLEMAN, W. (1977). Biology in the Nineteenth Century: problems of form, function and transformation. Cambridge, Cambridge University Press.
- CHRISTOPHERS, S.R. (1960). *Aedes aegypti* (L.), the Yellow Fever Mosquito. Its Life History, Bionomics and Structure. Cambridge, Cambridge University Press.
- GLICK, T.F. (2002). On the Theory of Recapitulation in Brazil: Emilio Goeldi and Hoatzin Fledglings (*Filhotes da Cigana*). In: PUIG-SAMPER, M.A. et al. (Eds.). Evolucionismo y Cultura: Darwinismo en Europa e Iberoamérica. Madrid, Doce Calles: 391–395.
- GÖLDI, E.A. (1879). Verzeichniss der im Kanton Schaffhausen vorkommenden Vögel. Journal für Ornithologie, 27, 7: 357–385.
- GÖLDI, E.A. (1880a). Die Elster in Mythologie und Volksglauben. Vortrag, gehalten in der St. Gallischen Naturforschenden Gesellschaft, 31. August 1880. Neue Alpenpost, Zürich, v. 11.
- GÖLDI, E.A. (1880b). Rabe und Krähe in Mythologie und Volksglauben. Eine kulturhistorisch-naturwissenschaftliche Studie. Neue Alpenpost, Zürich, 12, 1: 5.
- GÖLDI, E.A. (1880c). Galileo Galilei. Neue Alpenpost, Zürich, 12, 2: 15–16; 3: 22–23; 4: 30; 5: 37–38; 6: 46; 7: 54; 8: 61–62; 9: 70; 10: 78.
- GÖLDI, E.A. (1880d). Ornithologische Beobachtungen am Bielersee während des Winters 1879–1880. Nach meinem naturwissenschaftlichen Tagebucke. Der Zoologische Garten, Frankfurt, Jahr 21: 213–217, 249–253.
- GÖLDI, E.A. (1881a). Ein zoologischer Streifzug im Golfe von Neapel. Daheim, Leipzig, 17, 25: 395–396.
- GÖLDI, E.A. (1881b). Ornithologisches aus Neapel. Journal für Ornithologie, 29, 9: 188–196.
- GÖLDI, E.A. (1884). Kopfskelett und Schultergürtel von *Loricaria cataphracta*, *Balistes capriscus* und *Accipenser ruthenus*. Vergleichend anatomisch und entwicklungsgeschichtliche Studien zur Deckknochenfrage. Inaugural-Dissertation. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 17: 1–46.
- GÖLDI, E.A. (1885). Studien über die Blutlaus (*Schizoneura lanigera* Hausmann). Mit 3 lithographischen Farbentafeln (Subventioniert durch Beschluss vom Regierungsrat des Kantons Schaffhausen am 31. Juli 1884). Schaffhausen, Verlag von Fr. Rothärmel.
- GÖLDI, E.A. (1886a). Bedeutung, Fang und Verwertung der Schildkröten am Amazonas (Portugiesisches Manuskript von Senhor João Martins da Silva Coutinho, frei übersetzt und mit Anmerkungen und Zusätzen versehen von Dr. Emil Göldi, Prof. der Zoologie in Rio de Janeiro). Der Zoologische Garten, 27: 329–335, 366–372.
- GÖLDI, E.A. (1886b). Über eine vermutlich neue Schildkröte der Gattung *Podocnemis* vom Rio Negro und über die Chelonier des Amazonas-Gebietes im Allgemeinen. Referat über ein portugiesisches Manuscript des Senhor João Martins da Silva Coutinho, betitelt «Sobre as Tartarugas do Amazonas», nebst Anmerkungen und Zusätzen. Bericht über Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1884/85: 273–280.

- GÖLDI, E.A. (1887). Aphorismen, neue Resultate und Conjecturen zur Frage nach den Fortpflanzungs-Verhältnissen der Phytophtiren enthaltend. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 7: 158–166.
- GÖLDI, E.A. (1888). Resumo do Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na Província do Rio de Janeiro. Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, 19: 1–64.
- GÖLDI, E.A. (1889a). Der Kaffeenematode Brasiliens (*Meloidogyne exigua* G.). (Biologische Miscellen aus Brasilien VII). Zoologische Jahrbücher, 4: 262–267.
- GÖLDI, E.A. (1889b). Relatório provisório sobre a comissão relativa às moléstias da parreira na Província de São Paulo, principalmente quanto à questão phylloxerica. Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, 20: 59–76.
- GÖLDI, E.A. (1890). Videiras Americanas; collecção de trabalhos relativos à descripção e cultura das videiras norte-americanas, à história natural e distribuição do Phylloxera e às convenções internacionais anti-phylloxericas. 2 v. Rio de Janeiro, Typ. Universal Laemmert & Cia.
- GÖLDI, E.A. (1892). Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na Província do Rio de Janeiro. Archivos do Museu Nacional, 8: 7–123.
- GÖLDI, E.A. (1893). Os Mammiferos do Brazil (Monographias Brasileiras I). Rio de Janeiro, Alves & Cia.
- GÖLDI, E.A. (1894a). Memoria sobre una enfermedad del Cafeto en la Provincia de Rio de Janeiro; por el Doctor Emilio A. Goeldi, traducido del portuguez y anotada por Gabriel Gomes, Ingeniero agrônomo. México, Offic. Tip. de la Secretaria de Fomento.
- GÖLDI, E.A. (1894b). As Aves do Brazil (Monographias Brasileiras II). Primeira Parte. Rio de Janeiro, Alves & Cia.
- GÖLDI, E.A. (1895a). *Opisthocomus cristatus*. A «Cigana»; resenha ornithologica. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 1: 167–184.
- GÖLDI, E.A. (1895b). *Opisthocomus cristatus* besitzt in seiner Jugend (und bloss dann) ein Krallenpaar an jedem Flügel. Ornithologische Monatsberichte, 3: 69–71.
- GÖLDI, E.A. (1896). *A Lepidosiren paradoxa*; descoberta na Ilha de Marajó. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 1: 438–443.
- GÖLDI, E.A. (1897a). Destruição das garças e guarás. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 2: 27–42.
- GÖLDI, E.A. (1897b). Das Schopfhuhn (*Opisthocomus cristatus*) «Cigana». Eine ornithologische Studie. Schweizerische Blätter für Ornithologie, 21.
- GÖLDI, E.A. (1897c). *Lepidosiren paradoxa*. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 2: 247–250.
- GÖLDI, E.A. (1897d). *Mesomys ecaudatus*; um roedor esquecido durante meio século. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 2: 253–255.
- GÖLDI, E.A. (1898a). On the *Lepidosiren* of the Amazons; being notes on five specimens obtained between 1895–97, and remarks upon an example living in the Pará Museum. Transactions of the Zoological Society of London, 14: 413–420.
- GÖLDI, E.A. (1898b). Further notes on the Amazonian *Lepidosiren*. Proceedings of the Zoological Society of London for the Year 1898: 852–857.
- GÖLDI, E.A. (1898c). A Lenda Amazônica do «Cauré»; considerada à luz da sciencia, e considerações comparativas sobre o ninho da *Panyptila cayanensis* Cab. e de outros Cypselideos (Andorinhões). Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 2: 430–442.
- GÖLDI, E.A. (1898d). O estado actual dos conhecimentos sobre os índios do Brasil, especialmente sobre os índios da foz do Amazonas no passado e no presente. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 2: 397–417.
- GÖLDI, E.A. (1899a). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. Supplement (Herbst 1899). Bern, Buchdruckerei Jent.

- GÖLDI, E.A. (1899b). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1900a). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 2tes. Supplement (Frühjahr 1900). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1900b). Excavações archeológicas em 1895. Executadas pelo Museu Paraense no Littoral da Guyana Brasileira entre Oyapock e Amazonas. 1a. Parte: As cavernas funerárias artificiaes dos Índios hoje extinctos no Rio Cunany (Goanany) e sua cerâmica. Belém, Museu Paraense de História Natural e Ethnographia.
- GÖLDI, E.A. (1901a). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 4tes. Supplement (October 1901). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1901b). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 3tes. Supplement (Januar 1901). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1901c). A piraiba: gigantesco siluroideo do Amazonas. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 3: 181–194.
- GÖLDI, E.A. (1902a). Against the destruction of white Herons and Red Ibises on the Lower Amazon; especially on the Island of Marajó. English translation by Wm. H. Clifford. Belém, Museu Goeldi.
- GÖLDI, E.A. (1902b). Os Mosquitos no Pará, encarados como uma calamidade pública. Belém, Diário Official.
- GÖLDI, E.A. (1902c). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 6tes. Supplement (September 1902). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1902d). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 5tes. Supplement (Juli 1902). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1902–1903). Os mosquitos no Pará encarados como uma calamidade pública. Brazil-Médico, 16: 480–482, 22 Dec. 1902; 17: 5–8, 1st Jan. 1903; 17: 14–19, 8 Jan. 1903; 17: 25–28, 15 Jan. 1903; 17: 35–38, 22 Jan. 1903; 17: 43–45, 1st Feb. 1903.
- GÖLDI, E.A. (1903). Ornithological results of an Expedition up the Capim River, State of Pará, with critical remarks on the Cracidae of Lower Amazonia. The Ibis, ser. VIII, 3: 472–500.
- GÖLDI, E.A. (1904a). Verzeichnis der bisher wissenschaftlich beschriebenen Neuen Tier- und Pflanzenformen welche während der Jahre 1884–1899 in Brasilien (Staaten Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia und Pará) gesammelt und entdeckt worden sind. 7tes. Supplement (Februar 1904). Bern, Buchdruckerei Jent.
- GÖLDI, E.A. (1904b). Os Mosquitos no Pará; resumo provisório dos resultados da campanha de experiências executadas em 1903, especialmente em relação às espécies *Stegomyia fasciata* e *Culex fatigans* sob o ponto de vista sanitário. 2ª Contribuição. Boletim do Museu Goeldi (Museu Paraense) de Historia Natural e Ethnographia, 4: 129–197.
- GÖLDI, E.A. (1905a). Gegen die Vernichtung der weissen Reiher und roten Ibisse auf dem untern Amazonenstrom, besonders auf der Insel Marajó. Nerthus, 1(3), 15 Feb.
- GÖLDI, E.A. (1905b). On *Myiopatis semifusca*, a small Neotropical Tyrantbird, harmful to Treeculture as a Disseminator of the parasitic Loranthaceae. The Ibis, ser. 8th, 5: 169–179.

- GÖLDI, E.A. (1905c). Os Mosquitos do Pará; reunião de quatro trabalhos sobre os mosquitos indígenas, principalmente as especies que molestam o homem. Belém, Museu Goeldi.
- GÖLDI, E.A. (1905d). *Stegomyia fasciata*, der das Gelbfieber übertragende Mosquito und der gegenwärtige Stand der Kenntnisse über die Ursache dieser Krankheit. In: Comptes-Rendus des Séances du Sixième Congrès International de Zoologie tenu à Berne du 14 au 19 Aout 1904. Geneva, Imprimerie W. Kündig & Fils: 193–203.
- GÖLDI, E.A. (1906a). Altindianische Begräbnisurnen und merkwürdig Ton- und Steinidole aus der Amazonas-Region. In: Internationaler Amerikanisten-Kongress, Vierzehnte Tagung, Stuttgart 1904. Berlin, W. Kohlhammer: v. II, 445–453.
- GÖLDI, E.A. (1906b). Über den Gebrauch der Steinaxt bei jetzt lebenden Indianern Südamerikas, speziell Amazoniens. In: Internationaler Amerikanisten-Kongress, Vierzehnte Tagung, Stuttgart 1904. Berlin, W. Kohlhammer: v. II, 441–444.
- GÖLDI, E.A. (1906c). Álbum de Aves Amazônicas. Fascículo 3. Belém, Museu Paraense de História Natural e Ethnographia.
- GÖLDI, E.A. (1912a). Aus der Heimat des Kautschuk und des Parágummi. Der Bund, 16 Apr.
- GÖLDI, E.A. (1912b). Zur vergleichenden Morphologie der Mundgliedmassen bei Crustaceen und Insekten. Zoologischer Anzeiger, Leipzig, 39: 482–487.
- GÖLDI, E.A. (1913a). Die sanitär-pathologische Bedeutung der Insekten und verwandten Gliedertiere, namentlich als Krankheits-Erreger und Krankheits-Überträger. Berlin, R. Friedländer & Sohn.
- GÖLDI, E.A. (1913b). Über ein interessantes, neues Hirsch-Geweih aus Süd-Amerika und über die geographische Verbreitung der Familie der Hirsche (Cerviden) in Süd-Amerika im Allgemeinen. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1912: 284–300.
- GÖLDI, E.A. (1913c). Die bisherige Anschauung bezüglich der Homologie der Insekten-Mundteile mit den Derivaten des Spaltfusses der Crustaceen und eine notwendig gewordene Modifikation. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Bern, 12, 4: 146–151.
- GÖLDI, E.A. (1914a). Fort mit der Reiherfeder vom Damenhut! Ein Appell an die Frauenwelt gelegentlich der Schweiz. Landesausstellung. Der Bund, Juni.
- GÖLDI, E.A. (1914b). Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit. V. I, Wirbeltiere. Bern, A. Francke.
- GÖLDI, E.A. (1914c). Insekten und Gliedertiere als Krankheitsursache. Hyg. Monatschrift zur Verbreitung des Wissens vom menschlichen Körper, 1, 15 Jan.; 2, 15 Feb.
- GÖLDI, E.A. (1918). Darmkanal und Rüssel der Stubenfliege vom sanitären Standpunkt aus. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 12: 1–14.
- GRIMALDI, D. & ENGEL, M.S. (2005). Evolution of the Insects. Cambridge (MA), Cambridge University Press.
- GUALTIERI, R.C.E. (2008). Evolucionismo no Brasil: Ciência e Educação nos Museus (1870–1915). São Paulo, LF Editorial.
- GÜNTERT, M., GROSSENBACHER, K., HUBER, C., AERNI, A. & MORGENTHALER, H.U. (1993). The E. A. Goeldi zoological collection in the Natural History Museum Bern: comments on an inventory. Jahrbuch des Naturhistorischen Museums Bern, 1990–1992, 11: 147–161.
- GÜNTERT, M., STEINHEIMER, F. & GESSNER, S. (2005). The mystery of the Gouldian birds: An ornithological detective story. Zoologische Mededelingen Leiden 79–3 (7): 79–84.
- HAECKEL, E. (1877). Histoire de la création des êtres organisés d'après lois naturelles. 2. Ed. Paris, Reinwald.
- HARRISON, G. (1978). Mosquitoes, Malaria and Man: a history of the hostilities since 1880. New York, E. P. Dutton.
- HESS, A. (1917). Prof. Dr. E. A. Göldi. Der ornithologische Beobachter, 14: 196–198.
- HUBER, C. (2008). Die Ringe des Apollo. 150 Jahre Entomologischer Verein Bern 1858–2008. Entomologischer Verein Bern und Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern. Bern, Stämpfli AG.
- HUBER, J. (1900). Arboretum Amazonicum. Iconographia dos mais importantes vegetaes espontaneos e cultivados da região amazonica. 2ª. Decada. Belém, Museu Paraense de Historia Natural e Ethnographia.

- HUBER, J. (1906). Arboretum Amazonicum. Iconographia dos mais importantes vegetaes espontaneos e cultivados da região amazonica. 4ª. Decada. Belém, Museu Paraense de Historia Natural e Ethnographia.
- LAENG, R.H. (1973). Geschichte der Säugetierforschung in Bern. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern, 30: 27–29.
- LOPES, M.M. (1997). O Brasil descobre a pesquisa científica. Os museus e as Ciências Naturais no século XIX. São Paulo, Hucitec.
- MARCELIANO, M.L.V. (1996). Estudo osteológico e miológico do crânio de *Opisthocomus hoazin* (Müller, 1776) (Aves: Opisthocomidae), comparado com algumas espécies de Cracidae, Musophagidae e Cuculidae. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia, 12, 2: 95–246.
- MATTINGLY, P.F. (1969). The Biology of Mosquito-Borne Disease. London, George Allen and Unwin Ltd.
- McCORMICK, J. (1991). Reclaiming Paradise: the global environmental movement. Bloomington, Indiana University Press.
- MORGENTHAUER, H.U. (1993). Emil August Göldi als Forscher und Lehrer in Bern, 1907–1917. Jahrbuch des Naturhistorischen Museums Bern, 1990–1992, 11: 185–195.
- NYE, M.J. (2006). Scientific biography: history of science by another means? *Isis*, 97: 322–329.
- NYHART, L.K. (1996). Natural history and the «new» biology. In: JARDINE, N.; SECORD, J.A.; SPARY, E.C. (Eds.). *Cultures of natural history*. Cambridge, Cambridge University Press: 426–443.
- NYHART, L.K. (1998). Civic and economic zoology in Nineteenth-Century Germany. *Isis*, 89: 605–630.
- OBRECHT, E. & HUBER, C. (1993). Ducke type specimens and other Brazilian insect types in the Emil A. Goeldi collection in the Natural History Museum Bern (Switzerland). An annotated catalogue. *Jahrbuch des Naturhistorischen Museum Bern*, 11: 163–184.
- PORTER, T.M. (2006). Is the life of the scientist a scientific unit? *Isis*, 97: 314–321.
- ROSENBERG, C.E. (1988). Woods or trees? Ideas and actors in the History of Science. *Isis*, 79: 565–570.
- ROUBIK, D.W. (1992). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge, Cambridge University Press.
- SANJAD, N. (2003). Da abominável profissão de vampiros: Emílio Goeldi e «Os Mosquitos no Pará» (1905). *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 10: 85–111.
- SANJAD, N. (2009). *Emílio Goeldi (1859–1917). A ventura de um naturalista entre a Europa e o Brasil*. Rio de Janeiro, EMC Edições.
- SANJAD, N. (2010a). *História natural e medicina na obra de Adolpho Lutz (1855–1940)*. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 17: 215–218.
- SANJAD, N. (2010b). *A Coruja de Minerva: o Museu Paraense entre o Império e a República, 1866–1907*. Brasília, Instituto Brasileiro de Museus; Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi; Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz.
- SCHÄR, L. (1892). *Reise und Abenteuer eines Schweizer-Colonisten in Brasilien*. Arbon, Druck und Verlag von G. Rüdlinger.
- SNETHLAGE, Emilie (1914). *Catálogo de Aves Amazônicas*. Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia, 8: 1–530.
- SODRÉ, L. (1894). *Mensagem dirigida pelo Sr. Governador Dr. Lauro Sodré ao Congresso do Estado do Pará em 7 de abril de 1894*. Belém, Typ. do Diário Official.
- TRATADO de Arbitramento concluído no Rio de Janeiro aos 10 de abril de 1897 entre a República dos Estados Unidos do Brasil e a República Francesa (1897). Paris, Imprimerie Lahure.
- WANNER, Alex (Ed.) (2001). *Augen-Blicke. 150 Jahre Kantonsschule Schaffhausen*. Schaffhausen, Kantonsschule Schaffhausen.
- WINSTON, M. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Cambridge (MA), Harvard University Press.



RUDOLF VON STEIGER¹

Vom Urknall bis heute – die Entstehung der Erde

Zusammenfassung des Vortrags vom 11. Februar 2014

Das Universum ist vor knapp 14 Milliarden Jahren in einem singulären Ereignis entstanden: dem Urknall. Diese Zeit in einen Vortrag von weniger als einer Stunde zusammenzufassen ist eine beträchtliche Herausforderung: Pro Minute wären etwa 250 Millionen Jahre, die Rotationsdauer unserer Galaxie abzudecken. In einer Tour d'Horizon durch das sichtbare Universum sollen zuerst die Beobachtungen vorgestellt werden, auf welchen die Urknalltheorie basiert: das Hubble-Gesetz, die Hintergrundstrahlung, und die Häufigkeiten der fünf leichtesten Isotope. Mit diesen lässt sich aber noch kein Sonnensystem bauen, deshalb beschreiben wir in einem zweiten Schritt die Entstehung der Elemente in Sternen. Erst danach können sich aus Gas- und Staubscheiben um neu entstehende Sterne auch Planetensysteme bilden, wie z.B. vor 4.6 Milliarden Jahren um unsere Sonne. Dass auf einem dieser Planeten Leben entstehen konnte hängt nochmals von vielen Faktoren ab, die wir aufzeigen wollen, um schliesslich die Frage zu diskutieren, ob dies auch anderswo möglich wäre.

Der Urknall

Wir wissen heute, dass unser Universum vor knapp 14 Milliarden Jahren in einem unvorstellbar heissen und dichten, singulären Ereignis entstanden ist: dem Urknall oder «Big Bang». Das Ereignis selber oder sogar dessen Ursache, Sinn und Zweck lassen sich mit den Methoden der Physik zwar nicht erfassen, doch über seine Folgen schon nach kürzester Zeit – ca. 10^{-43} Sekunden – bis heute haben wir ein ziemlich klares Bild, das in den letzten Jahrzehnten unter anderem dank dem Hubble-Teleskop noch deutlich an Schärfe gewonnen hat. Es beruht im Wesentlichen auf drei fundamentalen Beobachtungen:

- Das Universum expandiert (Hubble-Gesetz)
- Das Universum ist erfüllt vom einer isotropen Hintergrundstrahlung
- Die Häufigkeiten der leichtesten Isotope (H, He, Li) entsprechen den Voraussetzungen

¹ Prof. Dr. Rudolf von Steiger, International Space Science Institute, Bern, und Physikalisches Institut, Universität Bern

Die Expansion des Universums wurde im Jahr 1929 durch Edwin Hubble entdeckt. Er hatte beobachtet, dass sich alle anderen Galaxien von unserer Milchstrasse zu entfernen scheinen, und zwar umso schneller, je weiter weg sie sich bereits befinden. Man könnte also denken, wir wären im Zentrum einer gigantischen Explosion. Dem ist aber nicht so: Wegen der direkten Proportionalität von Distanz und Geschwindigkeit sehen dies die Beobachter auf jeder anderen Galaxie ebenso. Das Universum expandiert also ähnlich wie ein Hefeteig in *Abbildung 1*.



Abbildung 1: Das Universum expandiert ähnlich wie ein Hefeteig aufgeht: Jede Galaxie (bzw. Rosine) entfernt sich von jeder anderen umso mehr, je weiter sie bereits auseinanderliegen. Das Bild ist aber insofern inkorrekt als dass das Universum nicht wie der Kuchen in einem bereits existierenden Raum aufgeht und auch Puderzucker hat es keinen darüber (Bild: G.A. Tammann).

Das Hubble-Gesetz lässt sich aus Albert Einsteins Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie von 1915 herleiten, wenn man davon ausgeht, dass das Universum auf grossen Skalen homogen und isotrop ist. Dies hatte Alexander Friedmann bereits wenige Jahre später erkannt, doch seine Lösung hatte einen Haken: Sie beschreibt ein dynamisches, expandierendes (oder kontrahierendes) Universum, während das damalige Weltbild von einem statischen, ewig gleichen Universum ausging (steady state). Dies hatte Einstein veranlasst, seine Feldgleichung um einen Term zu erweitern, der eine statische Lösung erlauben sollte: die kosmologische Konstante. Nachdem dann Hubble die Expansion des Universums beobachtet hatte strich Einstein diesen Term wieder durch und bezeichnete ihn als die «grösste Eselei» in seiner Arbeit. Dies jedoch nicht weil er inkorrekt gewesen wäre (er war es nicht), sondern vermutlich eher, weil er die Arbeit Friedmanns nicht zum Anlass genommen hatte, die Expansion des Universums vorauszusagen. Heute ist jedoch Einsteins kosmologische Konstante quasi durch die Hintertür wieder ins Standardmodell der Kosmologie aufgenommen worden: Sie beschreibt die Dunkle Energie, welche erklärt, dass sich die Expansion des Universums heute beschleunigt.

Wenn man ein expandierendes Universum gedanklich in die Vergangenheit zurückverfolgt, führt dies sofort zur Erkenntnis, dass es früher kleiner gewesen sein muss. Diese scheinbar triviale Folgerung bedeutet aber sogleich, dass es auch wärmer gewesen sein muss, denn wenn alle Bestandteile weniger Platz zur Verfügung hatten bewegten sie sich dafür umso schneller. Dies führt zu einer höhe-

ren Temperatur, genau wie bei der Luft in einer Velopumpe, die heiss wird wenn man sie komprimiert. Konsequenterweise zu Ende (bzw. Anfang) gedacht führt dies unweigerlich zum Big Bang-Modell und führte 1948 George Gamov dazu, eine isotrope, auf einige wenige Grad Kelvin abgekühlte Hintergrundstrahlung als Überrest dieses heissen Anfangszustands zu postulieren (der Name «Big Bang» wurde zwar erst später durch Fred Hoyle geprägt, einem lebenslangen Anhänger des Steady State-Modells, und war durchaus despektierlich gemeint). Diese Strahlung wurde 1964 tatsächlich durch Penzias und Wilson bei einer Temperatur von ungefähr 3 K gefunden. Als sie mit einer riesigen Mikrowellenantenne experimentierten, empfingen sie ein ständiges Störgeräusch, das zu jeder Tages- und Nachtzeit und aus allen Richtungen zu kommen schien und das sie auch durch sorgfältigste Kühlung des Detektors und Entfernung von Taubendreck in der Antenne einfach nicht loswerden konnten. Schliesslich reifte in Diskussionen mit Kollegen in Princeton die Erkenntnis, dass das Signal real und das postulierte Echo des Urknalls sein musste. Heute ist diese Strahlung von mehreren Weltraummissionen exakt vermessen: Ihr Spektrum entspricht mit hoher Präzision dem eines Schwarzen Körpers einer Temperatur von 2.7260 K. Zudem ist sie fast isotrop, mit nur winzigen Fluktuationen von einigen Tausendstel Prozent (*Abbildung 2*). Diese sind der Fingerabdruck von Quantenfluktuationen im frühesten Universum, welche durch stetiges Anwachsen Strukturen bildeten, von riesigen Materiewolken zu Galaxien bis hin zu einzelnen Sternen und Planeten. Handkehrum verrät uns eine genaue Analyse dieser Temperaturfluktuationen, in Kombination mit aufwendigen Modellrechnungen der Strukturbildung im expandierenden Universum, vieles über seinen heutigen Zustand, darunter alle kosmologischen Parameter wie die Hubble-Konstante, die Dichte, das Alter usw.

Das dritte Standbein des heutigen Standardmodells der Kosmologie ist etwas weniger anschaulich. Es handelt sich um die Häufigkeiten der fünf leichtesten Isotope im Universum: Wasserstoff, Deuterium (d.h. schwerer Wasserstoff), Helium-3, Helium-4 und Lithium-7. Diese sind in den ersten Minuten nach dem Big Bang in der primordialen Nukleosynthese entstanden. Ganz kurz nach dem Big Bang ist es zwar viel zu heiss, als dass zusammengesetzte Atomkerne existieren könnten, denn sie würden durch die Strahlung sofort wieder zerstört. Schon etwa 10 Millisekunden nach dem Big Bang ist es aber kühl genug ($< 10^{11}$ K), dass alle schweren, exotischen Teilchen mit ihren Antiteilchen paarweise vernichtet werden. Übrig bleibt nebst der Strahlung nur noch ein kleiner Überschuss aus Protonen und Neutronen (dazu viele Elektronen und Positronen, die hier aber keine Rolle spielen). Diese beginnen nun, in Fusionsreaktionen zusammengesetzte Kerne aufzubauen, wobei die dabei anfallende Bindungsenergie frei wird. Man könnte deshalb erwarten, dass dieser Prozess hauptsächlich Eisen-56 (26 Protonen und 30 Neutronen) erzeugt, weil dies der am stärksten gebundene Kern ist, d.h. auf diese Weise am meisten Bindungsenergie freigesetzt wird. Dem ist aber nicht so, denn die Dichte der Protonen und Neutronen ist dann schon zu gering, als dass

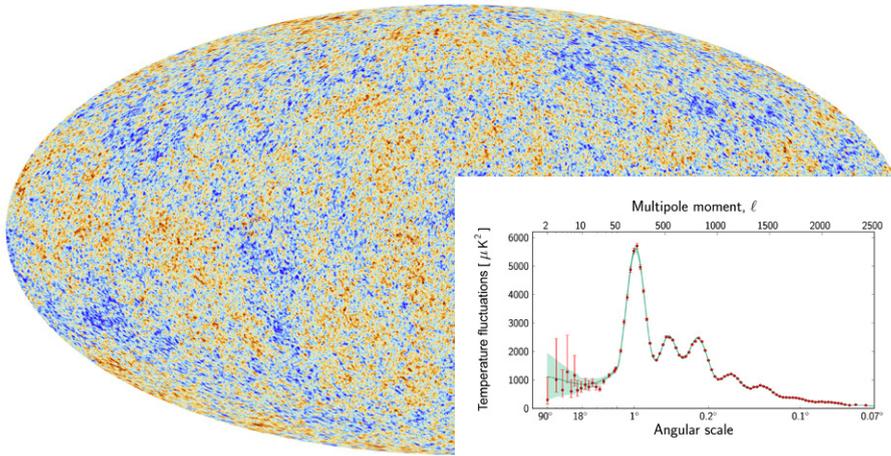


Abbildung 2: Himmelskarte der Hintergrundstrahlung, gemessen 2013 von der Weltraummission Planck der ESA. Sie hat eine Temperatur von 2.7260 Grad K über dem absoluten Nullpunkt und ist fast exakt isotrop. Die genaue Analyse der winzigen Schwankungen von einigen tausendstel Prozent (Einschub) liefert zusammen mit aufwendigen Modellrechnungen sämtliche kosmologischen Parameter (Bild: ESA, Planck Collaboration).

schwere Kerne wie Fe-56 aufgebaut werden könnten. Die Nukleosynthese findet vielmehr in einer Kette von Zweikörperreaktionen statt, und deren erste ist die Fusion von einem Proton und einem Neutron zu einem Deuteriumkern. Weil D aber einer der am schwächsten gebundenen aller Kerne ist, stellt diese Reaktion einen eigentlichen Flaschenhals dar. Es bleibt nämlich nicht viel Zeit, denn die Neutronen zerfallen mit einer Halbwertszeit von einer Viertelstunde und wären schon bald alle verschwunden. Sobald aber D in genügender Menge vorliegt reagiert es durch Fusion mit je einem weiteren Proton und Neutron via Helium-3 oder Tritium weiter zu Helium-4 (*Abbildung 3*). Dieser Kern ist schon wesentlich besser gebunden, so dass nach etwa drei Minuten praktisch alle freien Neutronen dort enden. Nun kommt aber die Nukleosynthese wegen eines zweiten Flaschenhalses plötzlich wieder zum Erliegen: Aus Helium-4 und freien Nukleonen (p oder n) lassen sich Kerne mit Massenzahlen von 5 (He+p oder He+n) oder 8 (He+He) fusionieren. Dies sind aber gerade die einzigen Massenzahlen, von denen es keine stabilen Isotope gibt, weshalb im Big Bang keine schwereren Elemente gebildet werden können. So kann höchstens noch ein bisschen Lithium-7 entstehen; die beobachteten Häufigkeiten dieser fünf leichten Isotope stimmen mit den Berechnungen gut überein (*Abbildung 3*). Das junge Universum expandiert nun mit etwa $\frac{3}{4}$ Protonen (d.h. Wasserstoffkernen), $\frac{1}{4}$ Helium-4 und kleinen Spuren von D, He-3 und Li-7 einfach weiter, es kühlt sich ab und wird dunkel.

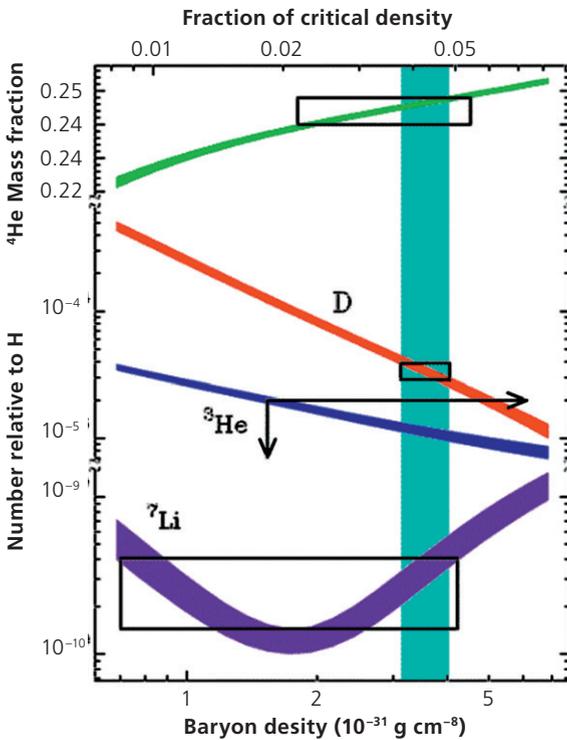
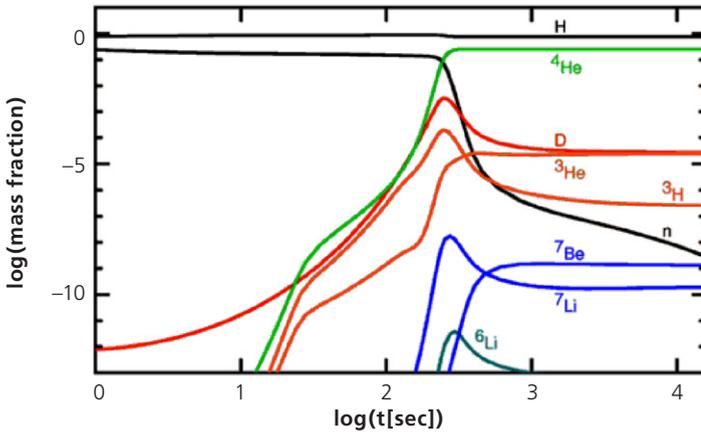


Abbildung 3: Produktion der leichten Kerne in den ersten Minuten nach dem Big Bang (oben) sowie deren produzierte Menge in Abhängigkeit von der Dichte der gewöhnlichen Materie (Baryonen) des Universums (unten). Die Tatsache, dass sich alle beobachteten Häufigkeiten mit einer Dichte von $3\text{--}4 \times 10^{-31} \text{ g/cm}^3$ erklären lassen (hellblauer Bereich) ist ein starkes Indiz für das Big Bang-Modell (Grafik: E. L. White).

Die Entstehung der Elemente

Mit den Produkten der primordialen Nukleosynthese lässt sich natürlich noch keine Erde bauen, es bedarf dazu schwererer Elemente mit komplexen chemischen Eigenschaften. Diese entstehen aber erst viel später in mehreren Schritten in den Sternen. Doch auch Sterne gab es noch keine; die ersten entstanden erst eine knappe Milliarde Jahre nach dem Urknall, nachdem die ursprünglich winzigen Quantenfluktuationen genügend Zeit zum Wachsen hatten und daraus die ersten Galaxien entstanden. Diese fragmentierten in einzelne Protosterne, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft immer weiter kontrahierten und damit aufheizten, bis in deren Zentrum eine thermonukleare Fusion einsetzte und sie dadurch zu Sternen wurden. Ganz ähnlich der primordialen Nukleosynthese wurde darin Wasserstoff zu Helium verbrannt – die ersten Sterne brachten also nichts Neues. Die massivsten unter ihnen brannten aber sehr hell und hatten ihren Wasserstoffvorrat schon nach etwa 50 Millionen Jahren verbraucht; und dann beginnt es interessant zu werden.

Wenn im Inneren eines Sterns der Wasserstoff zur Neige geht wird das thermonukleare Feuer schwächer und er kann dem steten Druck der Schwerkraft immer weniger standhalten. Er kontrahiert deshalb weiter, wodurch die Temperatur in seinem Inneren weiter ansteigt, bis plötzlich mit einem Blitz eine neue Reaktion zündet: das Heliumbrennen. Der Stern bläht sich dabei zu gigantischen Dimensionen auf, wobei seine Oberfläche kühler wird – er wird zum Roten Riesen (*Abbildung 4*). Nun haben wir zwar im vorigen Abschnitt gesehen, dass Helium im frühen Universum eben gerade nicht weiter reagieren konnte, dies wegen der Lücken in der Nuklidkarte bei den Massenzahlen 5 und 8. Im Sterninneren ist aber die Dichte sehr viel höher als im Universum zur Zeit der Nukleosynthese, weshalb dort die Dreikörperreaktion von drei Helium-4-Kernen zu einem Kohlenstoff-12-Kern möglich wird. Zwei weitere Umstände begünstigen diese Dreikörperreaktion zusätzlich: Zum einen ist das Zwischenprodukt von zwei He-4, Beryllium-8, nicht völlig instabil, sondern hat eine Lebensdauer von immerhin 10^{-16} s. Während dieser Zeit ist es dank der hohen Dichte nicht unwahrscheinlich, dass ein drittes He-4 hinzukommt und damit zu C-12 reagiert. (Die Situation gleicht der einer wild durcheinander laufenden Menschenmenge, wo es doch sehr unwahrscheinlich ist, dass drei genau gleichzeitig zusammentreffen. Wenn aber zwei eine Zeitlang miteinander gehen um zu schwatzen erhöht das die Wahrscheinlichkeit ganz erheblich, dass in dieser Zeit ein Dritter dazukommt.) Zum anderen ist es wesentlich, dass der Kohlenstoffkern einen angeregten Zustand besitzt, dessen Energie fast genau derjenigen von drei He-4 entspricht. Sie können daher in diesen Zustand übergehen, der erst danach unter Abgabe der Bindungsenergie in den Grundzustand übergeht. (Man kann sich vorstellen, dass C-12 genau auf der richtigen Höhe ein Trittbrett anbietet.) Dieser Zustand wurde von Fred Hoyle auf Grund des Anthropischen Prinzips vorausgesagt, lange bevor er im Labor gemessen werden konnte: Weil wir existieren und unsere Existenz ohne Kohlenstoff

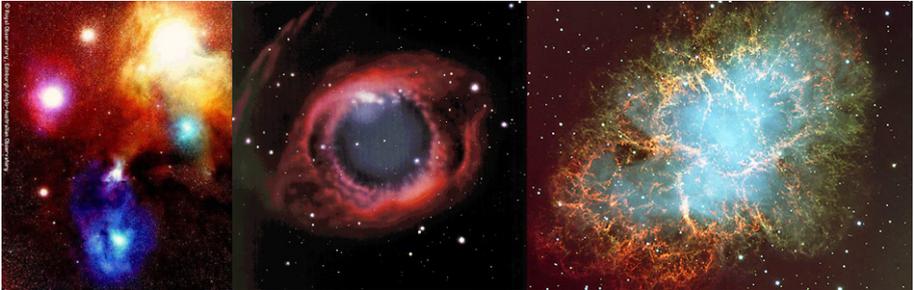


Abbildung 4: Antares (links, gelbe Wolke) ist ein Roter Überriese, worin u.a. Helium zu Kohlenstoff fusioniert wird. Der Helixnebel (Mitte) ist die abgestossene Hülle eines Roten Riesen, wodurch die Produkte des s-Prozesses wieder ins Weltall gelangen. Der Krebsnebel (rechts) ist der Überrest einer Supernova, womit die Produkte des r-Prozesses verteilt werden (Bilder: Anglo-Australian Observatory (a, b), NASA/ESA Hubble Space Telescope (c)).

undenkbar wäre, muss es eine Möglichkeit geben diesen zu erzeugen, und diese Möglichkeit existiert nur wenn er eben diesen angeregten Zustand besitzt. So kann also in einem zweiten Schritt (nach der primordialen Nukleosynthese) aus Helium Kohlenstoff entstehen. Daraus kann durch Fusion mit einem weiteren He-4 Sauerstoff-16 (und mit noch einem mehr sogar Neon-20) entstehen, aber dieser hat eben gerade keinen geeigneten angeregten Zustand, und somit bleibt C-12 das Hauptprodukt des Heliumbrennens.

Doch auch das Helium ist als Brennstoff nicht unerschöpflich und geht im Inneren eines Roten Riesen zur Neige, dies bereits nach etwa einem Zehntel der Zeit des vorangehenden Wasserstoffbrennens. Das Schicksal des Sterns hängt nun stark von seiner ursprünglichen Masse ab. Waren es weniger als etwa vier Sonnenmassen (von denen ein guter Teil durch Sternwinde verloren gegangen ist) kontrahiert er zwar unter dem Einfluss der Schwerkraft, aber bevor eine weitere Reaktion zünden kann wird die Kontraktion plötzlich durch den sogenannten Entartungsdruck der Elektronen aufgehalten. Der Stern endet dann nach Abstoßen seiner Hülle als Weisszer Zwerg von etwa einer Sonnenmasse, der ohne inneres Feuer einfach still und leise verglüht. Bei massiveren Sternen steigt die Temperatur im Zentrum nach dem Heliumbrennen soweit an, dass sich der Kohlenstoff entzündet und zwei C-12 zu Magnesium-24 fusionieren können. Dieses Kohlenstoffbrennen dauert wiederum viel kürzer als das vorangehende Heliumbrennen, vielleicht ein paar hundert Jahre, und nun wiederholt sich dasselbe Spiel in immer rascherer Folge, weil es bei jedem Schritt immer weniger Bindungsenergie zu gewinnen gibt. Wenn der aktuelle Brennstoff zur Neige geht kontrahiert der Stern weiter, die Zentrumstemperatur steigt und es wird die nächste Reaktion gezündet: Sauerstoff-, Neon-, und weitere -brennen, und schliesslich setzt, ausgehend von der Gruppe um Silizium-28, ein Strom von Gleichgewichtsreaktionen ein, der die Elemente bis hin zur Gruppe um Eisen-56 erzeugt. Dieser letzte Schritt dauert

nur noch Tage oder gar Stunden, und dann gibt es kein Halten mehr. Weil Eisen der Kern mit der höchsten Bindungsenergie pro Nukleon darstellt lässt sich daraus auf keine Art und Weise mehr Energie gewinnen. Das thermonukleare Feuer erlischt im Zentrum des Sterns und er implodiert vollständig. Durch den Rückschlag wird der grösste Teil der Materie in die Umgebung geschleudert und leuchtet hell auf: eine Supernova, wie sie z.B. im Jahr 1054 stattfand und während Wochen sogar am Taghimmel sichtbar war. Heute sehen wir dort ihren expandierenden Überrest, den Krebsnebel (*Abbildung 4*), in dessen Zentrum als Rest des Roten Riesen ein Neutronenstern sitzt. Wenn der Ursprungstern noch massiver war kann er auf diese Weise sogar zum Schwarzen Loch werden. Insgesamt entstehen in diesem dritten Schritt der Nukleosynthese alle Elemente von Kohlenstoff bis Eisen, dies auch weil anders als in der primordialen Nukleosynthese keine Maslücken den Aufbau behindern.

Nun existieren aber im Periodensystem (und auf der Erde) viele schwerere Elemente als Eisen. Insgesamt gibt es 80 stabile Elemente (plus Bismut–83, Thorium–90 und Uran–92 mit sehr langen Zerfallszeiten), wovon durch die bisher diskutierten Prozesse erst die etwa 26 leichtesten entstanden sind. Das Problem ist, dass für die Erzeugung der schwereren Elemente Energie aufgewendet werden muss. Allein schon deshalb sind sie viel seltener als die leichten von Wasserstoff bis Eisen. Es gibt aber nun in Sternen zwei Möglichkeiten die dort vorhandene Energie zu nutzen, um schwerere Elemente zu erzeugen. In beiden Fällen spielen Neutronen die entscheidende Rolle, denn sie haben den Vorteil, dass sie von den positiv geladenen Kernen nicht abgestossen werden. Reaktionen von Kernen aus 14 Protonen (Silizium) oder mehr mit einem Proton oder gar untereinander sind demgegenüber wegen der gegenseitigen Abstossung fast unmöglich. Doch woher kommen freie Neutronen, die ja mit ihrer Halbwertszeit von nur 15 Minuten sehr zerbrechlich sind? Sie stammen zum einen aus Nebenreaktionen in Roten Riesen und können dort rechtzeitig von leichteren Elementen absorbiert werden. Der Prozess ist sehr langsam (s-Prozess für «slow»), ein Kern erhält etwa alle tausend Jahre ein Neutron dazu. Wenn dadurch ein radioaktives Isotop entsteht wird daraus nach dessen Zerfall ein Kern der nächst höheren Ordnungszahl. So füllt der s-Prozess, ausgehend von Eisen, langsam das Periodensystem bis hinauf zum Blei und Bismut. Diese Produkte gelangen wieder in den Weltraum, weil ein Roter Riese gelegentlich seine Hülle abstösst, was dann als planetarischer Nebel beobachtet werden kann (*Abbildung 4*). Zum anderen werden in einer Supernova sehr viele Neutronen erzeugt, die dann vom herausgeschleuderten Material absorbiert werden können. Dieser Prozess geht sehr schnell (r-Prozess für «rapid»), die vorhandenen Elemente erhalten so viele Neutronen wie sie überhaupt halten können und werden dadurch hoch radioaktiv. Danach haben sie alle Zeit, um zuerst schnell und dann langsamer zu zerfallen, bis sie schliesslich zu stabilen Isotopen werden. Für die ganz schweren Elemente wie Thorium und Uran ist dies der einzige mögliche Produktionsprozess (ebenso für einige Isotope von leichteren

Elementen) weil sie vom s-Prozess nicht erreicht werden können (*Abbildung 4*). Schliesslich bleiben noch ein paar leichte Isotope, die weder vom r- noch vom s-Prozess erzeugt werden können. Diese müssen durch die Reaktion mit einem Proton entstehen (p-Prozess), der ja wegen der gegenseitigen Abstossung sehr unwahrscheinlich ist, und sind daher sehr selten. Insgesamt erzeugt also dieser vierte Schritt der Nukleosynthese via p-, s- und r-Prozess sämtliche bekannten Elemente und Isotope.

Die Entstehung der Erde

Da nun alle Elemente aus Sternen gekocht zur Verfügung stehen und durch weitere Sternenerationen noch angereichert werden, können wir uns der Entstehung der Erde zuwenden. Bis dahin ist es aber noch ein weiter Weg (der sich zudem immer weiter vom Wissensgebiet des Autors entfernt).

Zwar besteht unsere Erde aus nichts als den gut 80 Elementen, deren Entstehung wir nun verstehen. Entscheidend für uns sind aber Verbindungen dieser Elemente zu Staub, Mineralien und Molekülen bis hin zur DNA und Proteinen. Solche Verbindungen können aber nicht in Sternen entstehen, weil sie dort wegen der hohen Temperatur sofort wieder aufgelöst würden, aber auch nicht zu weit weg davon, weil dort wegen der Kälte die Reaktionsraten viel zu langsam wären. Nachdem aber in einer ersten Generation von Sternen genügend schwere Elemente entstanden sind, bleibt bei der Bildung von neuen Sternen der zweiten Generation immer etwas Material übrig, das in einer Scheibe um den jungen Stern rotiert. Dieses Material kann dank der vorhandenen Elemente wie Sauerstoff und Silizium Moleküle und Staubkörner bilden, die dann resublimieren, kondensieren oder durch Kollisionen wachsen können. So entstehen erste Aggregate, die weiter wachsen und sich bei genügender Grösse unter der eigenen Schwerkraft zu Planeten formen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Schneelinie, welche den Abstand vom Stern markiert ausserhalb welchem das Wasser zu Eis gefriert. Planeten ausserhalb der Schneelinie bestehen hauptsächlich aus flüchtigem Material, während innerhalb die sesshaften Materialien dominieren. Unser Sonnensystem, das sich vor 4.6 Milliarden Jahren gebildet hat (*Abbildung 5*), liefert ein gutes Beispiel: Die vier inneren Planeten samt der Erde bestehen zur Hauptsache aus Silikaten und Metallen, während die vier äusseren Gasriesen sind.

Die Erde befindet sich zu unserem Vorteil in der habitablen Zone um die Sonne, d.h. innerhalb der Schnee-, aber ausserhalb der Dampflinie, wo also Wasser in flüssiger Form existieren kann. Doch auf der jungen Erde gibt es kein Wasser; praktisch alles liegt in gefrorener Form auf Kleinplaneten und Kometen ausserhalb der Schneelinie. Die Bedingungen im jungen Sonnensystem sind aber noch ziemlich chaotisch und so kommt es häufig zu Kollisionen, wodurch immer wieder solche Kleinkörper auf die Erde gelangen und Wasser anliefern. In einer gewaltigen Kollision nach etwa 200 Millionen Jahren zwischen der Erde und einem Ob-



Abbildung 5: Die noch junge Sonne war von einer rotierenden Scheibe aus Gas und Staub umgeben, aus welcher die Planeten entstanden sind (Bild: W. K. Hartmann).

jekt der Grösse des Mars ist ferner der Mond entstanden. Dann aber beruhigte sich unser Planetensystem nach etwa einer Milliarde Jahre in seiner heutigen Form.

Die Erde war zu dieser Zeit zwar immer noch ziemlich unwirtlich: Vulkanismus, gelegentliche Asteroideneinschläge, wohl auch globale Eiszeiten bewirkten Klima- veränderungen von ungeheuren Ausmassen. Trotzdem entwickelten sich schon damals erste Lebewesen, wovon sogenannte Stromatolithe zeugen (*Abbildung 6*). Dies sind Sedimentgesteine, welche wahrscheinlich in warmen Lagunen an den Rändern der Ozeane von Mikrobenteppichen schichtweise aufgebaut wurden; die ältesten von ihnen sind 3.5 Milliarden Jahre alt. Aus den Mikroben wurden durch die Evolution zuerst sehr langsam, seit dem Kambrium vor etwa 500 Millionen Jahren dann immer schneller immer komplexere Lebewesen. Wichtig für unsere Existenz ist wohl auch die Tatsache, dass vor 65 Millionen Jahren ein grosser Asteroideneinschlag bei der Halbinsel von Yucatan mithalf, die Dinosaurier auszurotten, welche damals die Welt beherrschten. Dies ermöglichte erst den Aufstieg der Säugetiere einschliesslich der Menschen, deren erste Exemplare, wie z.B. Lucy, vor ein paar Millionen Jahren die afrikanischen Steppen durchwanderten. Seither hat sich unsere Kultur durch die Erfindung der Schrift vor ein paar tausend Jahren stetig beschleunigt, und das gesamte hier zusammengefasste Wissen ist kaum mehr als 100 Jahre alt.

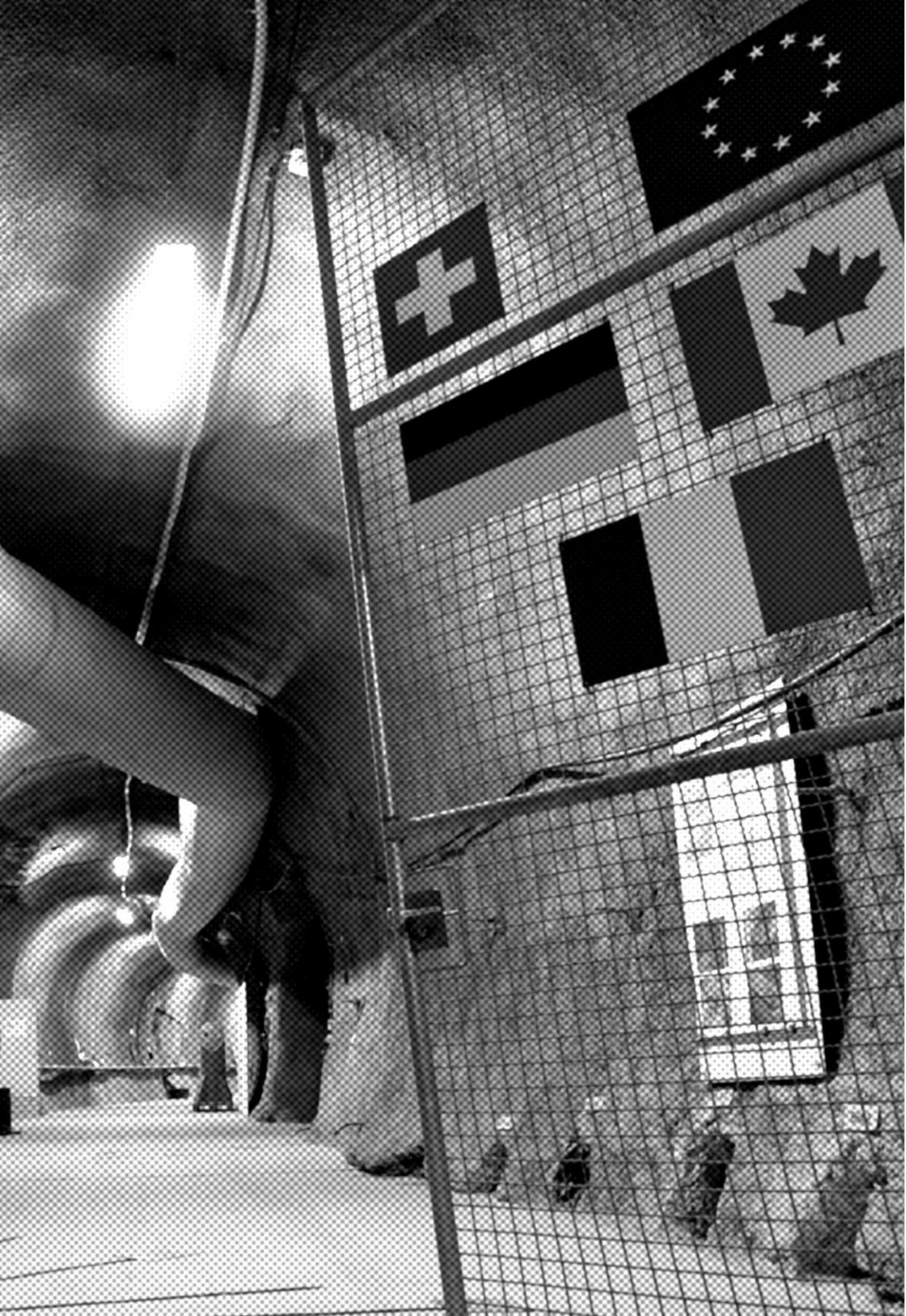
Zum Schluss bleibt die Frage, ob sich die Geschichte der Entstehung der Erde und des Lebens vielleicht auch anderswo im Universum so oder ähnlich abgespielt haben könnte. Diese wird oft mit der Drake-Formel beantwortet, die nichts anderes ist als das Produkt aller Wahrscheinlichkeiten der dafür notwendigen Bedingungen. Diese sind aber grösstenteils völlig unbekannt, was die Formel eigentlich unbrauchbar macht. Immerhin wissen wir seit 20 Jahren, seit der Entdeckung des ersten Planeten bei einem anderen Stern durch die Genfer Astronomen Didier Queloz und Michel Mayor, dass Planetensysteme wohl eher die Regel als die Ausnahme darstellen, denn seither sind fast 2000 weitere gefolgt. Ausgehend

von der ungeheuren Anzahl Sterne in unserer Galaxie und der etwa gleich grossen Anzahl von Galaxien im sichtbaren Universum (je etwa 100 Milliarden), scheint es mir vermessen zu denken, die Erde sei etwas Besonderes. Offensichtlich sind wir allein in unserem Sonnensystem, aber über weiter Entferntes wissen wir eigentlich noch sehr wenig. Immerhin ist dies gegenwärtig eines der am intensivsten bewirtschafteten Forschungsgebiete, und ich denke, dass es in den nächsten Jahrzehnten gelingen könnte, einen erdähnlichen Planeten mit biogenen Spuren wie z.B. Sauerstoff in der Atmosphäre spektroskopisch zu identifizieren. Doch wird es sich dort mit grösster Wahrscheinlichkeit um Mikroben handeln, mit denen zu kommunizieren schwierig sein dürfte. Ohnehin wäre die für eine Kommunikation benötigte Zeit viel zu lange, denn die universelle Beschränkung auf Lichtgeschwindigkeit ist prohibitiv. Somit komme ich zum (persönlichen) Fazit: Die Erde, das Leben, vielleicht sogar die menschliche oder noch höhere Intelligenz, sind nichts Besonderes und könnten im Universum vielfach vorkommen. Es scheint mir aber unsinnig damit in Kommunikation treten zu wollen, weil das Licht auf kosmische Distanzen so unglaublich langsam unterwegs ist.



Abbildung 6: Stromatolithen werden von Mikrobenteppichen in warmen Lagunen gebildet. Ihre Sedimente versteinern und können bis zu einem Alter von 3.5 Milliarden Jahren nachgewiesen werden. Die ältesten Lebewesen haben sich also schon eine Milliarde Jahre nach Entstehung des Sonnensystems gebildet (Bild: D. E. Buchert).

Lesetipp: Wer sich eingehender mit dem Thema befassen möchte, findet gut aufbereitete und spannende Artikel dazu in der Zeitschrift SPATIUM, welche auch kostenlos heruntergeladen werden kann (<http://www.issibern.ch/publications/spatium.html>). Insbesondere die Nummern 1, 3, 6, 7, 13, 16, 20, 26, 30 betreffen das Thema des Vortrags.



URSULA MENKVELD-GFELLER¹

Radioaktives Erbe

Bericht zur Jahresversammlung der NGB vom 24. Mai 2014

Im Besucherzentrum Mont Terri fand am 24. Mai 2014 die Jahresversammlung der Naturforschenden Gesellschaft Bern NGB statt. Im zweiten Teil stellte Dr. Paul Bossart, Direktor des Mont Terri Projekts (swisstopo), das Felslabor und das Projekt vor und informierte über den Stand der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. Anschliessend wurden die Teilnehmenden in den Versuchsstollen gefahren. Dank den kompetenten Führungen lernten sie das Versuchslabor und einige Experimente in unterschiedlichen Massstäben kennen.



Abbildung 1: Spannende, gut erklärte Experimente – andächtige Exkursionsteilnehmende. (Foto Walter Leutwyler, Spiez)

¹ Dr. Ursula Menkveld-Gfeller, Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern

Das Felslabor Mont Terri – Forschung für die geologische Tiefenlagerung

Auszug aus: «Mont Terri Projekt: Forschung für die geologische Tiefenlagerung» (swisstopo 2012)

In 300 Meter Tiefe

Das Felslabor Mont Terri liegt nördlich von St-Ursanne im Kanton Jura (*Abb. 3*). Es befindet sich rund 300 Meter tief unter der Erdoberfläche und ist über den Sicherheitsstollen des MontTerriAutobahntunnels der Transjurane erreichbar. Die Laborstollen in der Opalinustonschicht sind insgesamt zirka 500 Meter lang.



Abbildung 2: Eingang ins Felslabor Mont Terri (Foto swisstopo, 2012).

Nachdem die ersten Experimente im Jahr 1996 in acht kleinen Nischen entlang des Sicherheitsstollens durchgeführt worden waren, wurde 1998 ein separater Forschungsstollen ausgebrochen, der 2004 und 2008 erweitert wurde.

Das Felslabor dient ausschliesslich Forschungszwecken; die Lagerung von radioaktiven Abfällen kommt hier nicht in Frage.

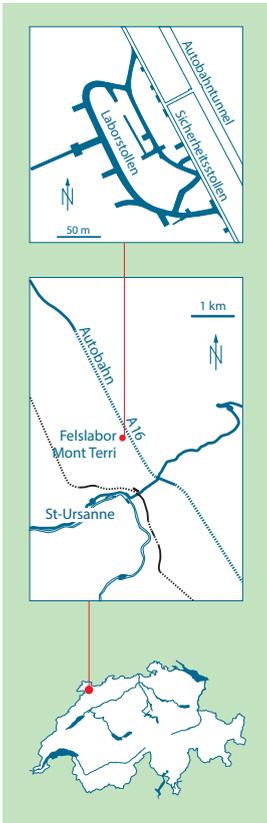


Abbildung 3: Lage und schematischer Stollenplan des Felslabors Mont Terri (Grafik swisstopo, 2012).

Geologie – Gestein aus dem Meer

In der Jurazeit, vor rund 175 Millionen Jahren, entstand der Opalinuston durch Ablagerung von feinen Schlammpartikeln auf dem Grund des Meeres. Vor etwa zehn Millionen Jahren entstand während der Bildung des Juragebirges eine Grossfalte (Antiklinale), die gegen Nordwesten über den Tafeljura der Ajoie aufgeschoben wurde (Abb. 4).

Im Bereich des Felslabors sind deshalb die Schichten etwa 45 Grad nach Südosten geneigt und durch kleinere Störungen versetzt.

Die Schichtmächtigkeit des Opalinustons beträgt am Mont Terri rund 150 Meter. Der Opalinuston ist zu 40 bis 80 Prozent aus Tonmineralen zusammengesetzt. Davon sind zehn Prozent quellfähig. Bei Wasserzutritt führt dies zu einer Volumenzunahme des Gesteins. Weitere Bestandteile sind Quarz, Kalzit, Feldspat, Siderit und Pyrit sowie organische Partikel.

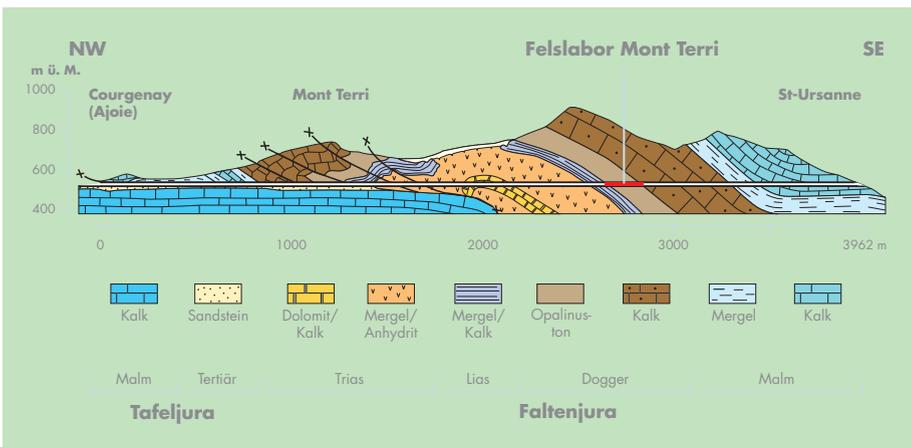


Abbildung 4: Geologisches Profil entlang dem 4 km langen Autobahntunnel Mont Terri (Grafik swisstopo, 2012).

Wasser aus dem Meer

Der Opalinuston ist sehr gering durchlässig und das Porenwasser bewegt sich praktisch nicht. Untersuchungen zeigen, dass in jedem Liter Porenwasser bis zu 20 Gramm Salze gelöst sind. Das Wasser in den feinen Poren enthält noch immer Anteile von Meerwasser, das viele Millionen Jahre alt ist. Heutiges Meerwasser enthält zum Vergleich 37 Gramm Salze pro Liter.

Bautechnik

Weil Tongesteine beim Stollenbau oft nicht genügend standfest sind, werden die Stollenwände mit Felsankern und Spritzbeton gesichert.

Projekte im Felslabor Mont Terri

Internationale Forschungsplattform

Im Felslabor Mont Terri wird seit 1996 international geforscht. Das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) ist Betreiber des Felslabors und leitet das Mont Terri Projekt. An den unterirdischen Forschungsvorhaben beteiligen sich fünfzehn Organisationen aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Spanien, der Schweiz und den USA. Verschiedene weitere Länder ziehen Tongesteine ebenfalls als mögliche Wirtgesteine für geologische Tiefenlager in Betracht. Ein Wirtgestein ist das geologische Medium, in welchem die Lagerstollen für radioaktive Abfälle gebaut werden. Bei regelmässigen Treffen diskutieren die Projektpartner die Resultate laufender Experimente und beraten über die Durchführung und Finanzierung neuer Experimente. Jedes Jahr kann jeder Partner von neuem entscheiden, an welchen Experimenten er sich beteiligt.

Know-how für alle

Das Know-how aus dem Felslabor Mont Terri kann in Zukunft auch mit anderen Forschungszweigen ausgetauscht werden, zum Beispiel im Zusammenhang mit der Entsorgung von chemischen Abfällen oder in der Erdölindustrie, für die CO₂ Speicherung und die Tiefengeothermie.

Forschung und Entwicklung

Die Experimente im Felslabor Mont Terri konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte und Zielsetzungen:

1) Entwicklung von Methoden

Weil in Tongestein so gut wie kein Wasser fliesst, müssen spezielle hydrogeologische Testmethoden und Programme zur Auswertung der Messdaten entwickelt werden.

Dies betrifft zum Beispiel die Messung von Porenwasserdrücken, die Ermittlung der Durchlässigkeit und die Entnahme von Wasserproben. Damit in Tongesteinen stabile Bohrungen ausgeführt und ungestörte Bohrkern entnommen werden können, müssen die Bohr- und Kernentnahmetechniken angepasst und verbessert werden. Die heute in Kristallingestein gängigen Methoden zur Ermittlung des Spannungsfeldes im Gestein und rund um die Stollen funktionieren in Tongestein nur bedingt und müssen deshalb weiter entwickelt werden. Die gekoppelten Prozesse (gegenseitige Beeinflussung von z.B. Temperatur, Wassergehalt und Druckverhältnissen) stellen neuartige Anforderungen an die Methoden zur Untersuchung von Prozessen, die im Felslabor studiert werden.

2) Charakterisierung des Opalinustons

Das Einschlussvermögen des Opalinustons wird durch seine physikalischen und chemischen Eigenschaften charakterisiert. Dabei gilt das Hauptinteresse der Durchlässigkeit und der Fähigkeit zur Selbstabdichtung, sowie dem Diffusionsverhalten von Radionukliden.

Wenn Feuchtigkeit in offene Entlastungsklüfte eindringt, schwillt der Opalinuston; offene Risse, die während des Stollenbaus entstanden sind, werden dabei geschlossen. Durch diese Selbstabdichtung vermindert sich die Durchlässigkeit, die wieder Werte des ungestörten Gesteins erreichen kann. In verschiedenen Experimenten werden diese Zusammenhänge untersucht.

Das Diffusionsverhalten von Radionukliden und das Rückhaltevermögen werden zum Beispiel im Experiment DR/DR-A untersucht. In einem kleinen Bohrloch wird ein abgetrenntes Testintervall mit Wasser aufgesättigt und anschliessend eine kontrollierte Menge Markierstoffe (z.B. Tritium) zugegeben. Nach frühestens einem Jahr wird das kleine Loch überbohrt. Am neuen und grösseren Bohrkern wird nun untersucht, wie weit der Markierstoff ins Gestein eingedrungen ist. Dabei breiten sich «nichthaftende» Radionuklide (z.B. Tritium) schneller aus als stark «haftende» Radionuklide (z.B. Cäsium, Kobalt), wie sie in einem Tiefenlager für hochaktive Abfälle vorhanden sein werden. Die Aktivität der eingesetzten Radionuklide liegt dabei weit unter der Freigabegrenze.

3) Demonstrationsexperimente

Mit Demonstrationsexperimenten werden Verfahren zur Einlagerung von Abfallbehältern erprobt. Diese Experimente dienen dem Nachweis der Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers. Im Massstab 1:1 wird das Einlagerungskonzept für verbrauchte Brennelemente überprüft (*Abb. 5*).

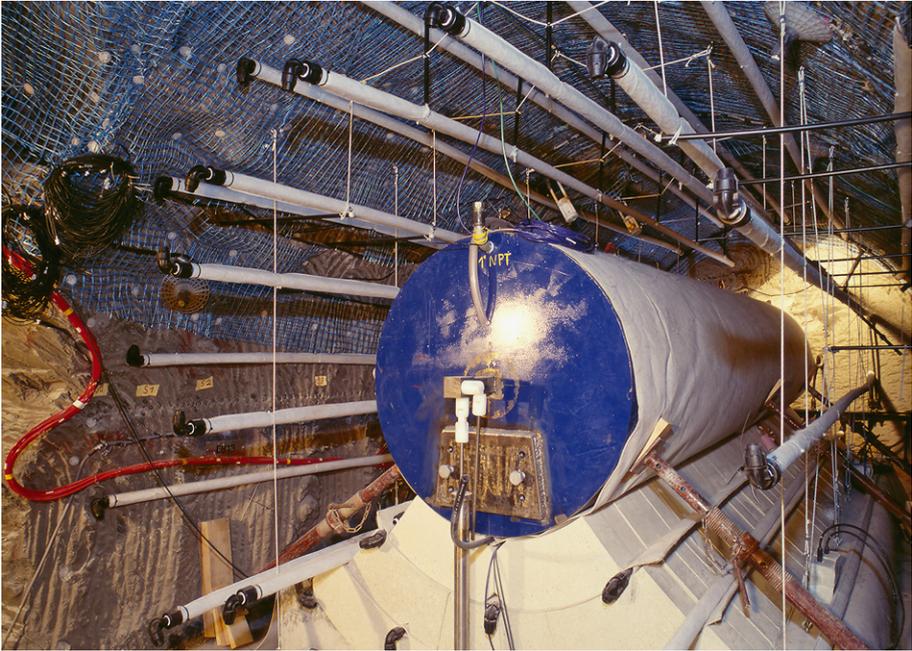


Abbildung 5: Demonstrationsexperiment «Technische Barrieren»: Über Jahre hinweg wird nach dem Auffüllen des Hohlraums mit Bentonitgranulat nun beobachtet wie sich die Verfüllmaterialien und das Gestein durch Wasserzutritt verändern (Foto swisstopo, 2012).

Dabei werden die durch radioaktiven Zerfall entstehende Abwärme und das Gewicht der Abfallbehälter mit Heizelementen simuliert. Über mehrere Jahre wird beobachtet, wie sich die Verfüllmaterialien und das Gestein unter Temperatureinwirkung verhalten. Solche Demonstrationsexperimente sind zudem geeignet, den Besuchern das Konzept der Tiefenlagerung anschaulich zu erklären.

Zusätzliche Informationen sowie eine Darstellung der aktuellen Untersuchungen im Felslabor Mont Terri finden sich auf www.mont-terri.ch.

Referenz

swisstopo, 2012: Mont Terri Projekt: Forschung für die geologische Tiefenlagerung. Prospekt swisstopo, Landesgeologie (2012), Seftigenstrasse 264, 3084 Wabern

WOLFGANG WILCKE¹

Abenteuer Erde – Fruchtbare Erde

Zusammenfassung des Vortrages vom 16. September 2014

Der Boden ist die dünne Haut der Kontinente. Er entsteht dort, wo die Erdkruste mit Luft und Wasser zusammentrifft. Das ist die Zone der Erde, in der sich ein grosser Teil des Lebens konzentriert: Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen und wir Menschen. Und der Boden sorgt dafür, dass dieses Leben möglich ist. Der Boden bietet festen Grund und Halt für Wurzeln. Er speichert Wasser und Nährstoffe. Er sorgt für sauberes Grundwasser und damit Trinkwasser, indem er das Regenwasser filtert und organische Schadstoffe abbaut. Schliesslich trägt die Speicherung von abgestorbener organischer Substanz im Boden, dem Humus, dazu bei, dass in der Atmosphäre ein Überschuss an Sauerstoff verbleibt, der ja bekanntlich bei der Fotosynthese entsteht und den die allermeisten Lebewesen einschliesslich wir Menschen zum Atmen brauchen. Der Boden erfüllt also viele wichtige Funktionen. Im Vordergrund dieses Beitrages steht vor allem die Bodenfruchtbarkeit, die wir dazu nutzen, den grössten Teil unserer Lebensmittel zu produzieren. Sehr schön illustriert wurde diese wichtige Bodenfunktion im Kalender «Faszination Boden», der 2013 als gemeinsames Projekt verschiedener Fachstellen² herausgegeben wurde (Abb. 1).

Das Ziel des Beitrags ist, Sie mitzunehmen auf eine Reise von den Anfängen unserer heutigen Böden zu dem, was wir heute in der Landschaft finden und für den Anbau von Lebensmitteln nutzen. Dabei wollen wir verstehen, warum Böden fruchtbar sind und wie ausgeprägt die Fruchtbarkeit in verschiedenen Bodentypen ist.

Unsere heutigen Böden haben sich aus den Gesteinen («Ausgangssubstraten») entwickelt, die nach dem Ende der letzten Eiszeit vor ca. 12 000 Jahren an der Oberfläche vorhanden waren. Wenn wir auf den Raum Bern fokussieren, dann handelt es sich bei diesen Ausgangssubstraten vor allem um Sedimente, die von den Gletschern der Eiszeit hinterlassen wurden. Die Landschaft im Schweizer

¹ Prof. Dr. Wolfgang Wilcke, Geographisches Institut, Universität Bern und Institut für Geographie und Geoökologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

² Forschungsanstalt Agroscope, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern (LANAT), Fachstelle Bodenschutz, Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)



Abb. 1: Links - Karotten, die in einem entwässerten Moorboden im Seeland bei Witzwil (BE) angebaut werden. Rechts – Kartoffeln, die in einer Braunerde – dem in Mitteleuropa häufigsten Bodentyp – auf einer würmeiszeitlichen Moräne bei der Sternwarte in Zimmerwald (BE) wachsen. ©Agroscope (Gabriela Brändle, Urs Zihlmann) und LANAT (Andreas Chervet), 2012.

Mittelland ist geprägt durch eine Reihe charakteristischer Elemente. Wenn wir «von oben» anfangen, so sehen wir die Mittellandberge, häufig zwischen 700 und 900 m hoch (etwa der Gurten oder der Bantiger mit seinem auffälligen Telekommunikationsturm). Diese Berge sind aus Molasse-Sandsteinen aufgebaut, die älter sind als die Eiszeiten, denn sie entstanden vor ca. 20 Millionen Jahren, bereits im Tertiär (Neogen), aus dem Abtragungsschutt der Alpen. Der Sandstein, der z.B. in Ostermundigen abgebaut wurde, ist der Baustein der Stadt Bern. In der letzten Hoch-Eiszeit waren diese Mittellandberge (bis auf die ganz hohen > 1000 m) gerade noch mit Gletschereis bedeckt, der Bantiger und der Ulmizberg schauten ganz knapp oben heraus. So finden wir heute dort meist geringmächtiges Moränenmaterial – den von Gletscher transportierten und abgelagerten Schutt, v.a. aus den Alpen. Moränen spielen auch im nächsttieferen «Stockwerk» eine wichtige Rolle. Sie bauen als Überreste von Moränenwällen oder anderen glazigenen Sedimenten die oft bewaldeten «Hubel» in unserer Landschaft auf und prägen Ortsnamen die vielfach auf «-bühl» enden. Noch tiefer schliesslich finden wir durch Gletscherflüsse aufgeschüttete Schotterflächen, deren Präsenz häufig durch auf «-feld» endende Ortsnamen markiert wird. Weil diese Schotterflächen eben gelagert sind, stellten sie günstige Standorte für Stadtgründungen wie etwa von Bern dar. Bern liegt auf einer Schotterterrasse,

in die sich die Aare nacheiszeitlich tief eingegraben und einen Sporn herauspräpariert hat, auf dem sich die Berner Altstadt befindet. Jenseits der Nydegg-Brücke – dem früheren Hauptzugang zur Stadt – erhebt sich zum Rosengarten hin eine mächtige Moräne. Wie die Landschaft unmittelbar nach der Eiszeit ausgesehen hat, kann man heute z.B. in Grönland sehen und welche Böden sich bis heute darauf entwickelt haben, kann man entlang des von der Burgergemeinde Bern eingerichteten, vom World Wildlife Fund (WWF, Sektion Bern), getragen und von der Universität Bern bearbeiteten Bodenlehrpfad auf der Engehalbinsel (www.bodenlehrpfad.ch) besichtigen (Abb. 2).

Die Entwicklung von Böden wird durch das Gestein, das Relief, das Klima, Organismen (Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere) und den Menschen – als aufgrund seines besonders starken Einflusses herausgehobenen Organismus – gesteuert und der Fortschritt der Bodenentwicklung hängt von der Zeit ab. Dieses Grundgesetz der Bodenkunde wurde bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von Wassili Wassiljewitsch Dokutschajew, einem russischen Geologen, der als der Begründer der modernen Bodenkunde gilt, erkannt. Die bodenbildenden Faktoren kontrollieren insgesamt fünf bodenbildende Prozesse, die dafür sorgen, dass der Boden die Eigenschaften erhält, die wir heute erkennen können. Es handelt sich dabei um:

1. Die **Verwitterung**, die das Ausgangssubstrat auflockert und chemisch auflöst.
2. Die **Mineralneubildung**, die dazu führt, dass unsere Böden ihre in unseren Breiten charakteristische ockerbraune Farbe erhalten und dass sich feinkörnige Tonminerale anreichern. Die ockerbraune Farbe wird durch ein Eisenoxyhydroxid (FeOOH) hervorgerufen, das nach dem Klassiker der deutschsprachigen Literatur Johann Wolfgang von Goethe – auch international – als «Goethit» bezeichnet wird.
3. Die **Humusbildung** aus abgestorbenen Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren.
4. Die **Gefügebildung**, die dazu führt, dass die primären Körner, aus denen der Boden besteht, zu sekundären Aggregaten zusammengeballt werden. Ein wesentlicher Treiber der Gefügebildung ist die Quellung und Schrumpfung von Tonmineralen.
5. Die **vertikale Stoffumlagerung**, die alle in die Bodenlösung freigesetzten gelösten und kolloidalen Bestandteile umfasst. Prominente Beispiele für ausgeprägte vertikale Verlagerungsprozesse sind die Tonverlagerung, die Parabraunerden mit einem Tonanreicherungs-Horizont hervorbringen sowie die Podsolierung, bei der Humus und Oxide verlagert und im Unterboden angereichert werden, teilweise so stark, dass abbauwürdige Eisenerze daraus resultieren. Parabraunerden sind im Schweizer Mittelland vor allem auf Moränen weit verbreitet während Podsole in den höheren Lagen der Alpen auf sauren Gesteinen wie Graniten und Gneisen vorkommen.

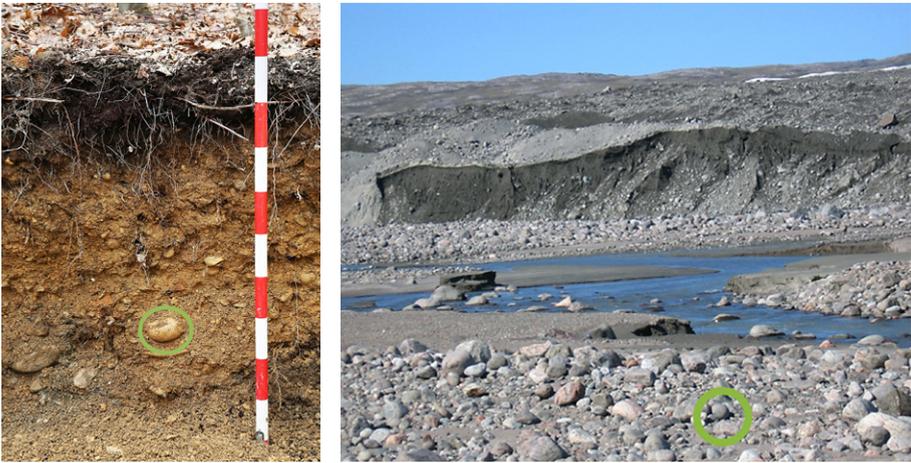


Abbildung 2: Links – Schotterkörper des Ørkendalen-Gletschers, Grönland © Daniel Knoch, 2009. Rechts – saure Braunerde auf der Engehalbinsel, Stadt Bern © Guy Jost, 2013. Man beachte den grün markierten, gerundeten Stein – einen Schotter – in der rohen Schotterfläche links und im Unterboden rechts.

Nun, da wir wissen wie aus den rohen Substraten unsere heutigen Böden geworden sind, wohlgermerkt über einen Zeitraum von Jahrtausenden (!), kommen wir zurück auf die Frage der Fruchtbarkeit. Wann ist ein Boden besonders fruchtbar? Dann, wenn er die Bedürfnisse der Pflanzen, die wir auf ihm anbauen wollen, am besten befriedigt. Und was brauchen Pflanzen? Nun, wichtig sind neben dem Halt, den der Boden den Wurzeln gibt sowie neben Sonnenlicht und Kohlendioxid (CO_2), das aus der Atmosphäre kommt, Wasser und mineralische Nährelemente.

Gehen wir zunächst auf die Wasserspeicherung im Boden ein. Hier ist eine vielleicht überraschende Erkenntnis, dass der Boden zur Hälfte hohl ist und nur zur anderen Hälfte aus fester, zum grössten Teil mineralischer und zum kleineren Teil organischer Substanz besteht. Der Hohlraum im Boden ist mit Wasser oder mit Luft gefüllt, meist in variablen Anteilen mit beidem. Der Boden fungiert nun wie eine Art Schwamm. Er kann bis zu einem Maximum, das wir als «Feldkapazität» bezeichnen, Wasser zurückhalten, eben genau wie ein Schwamm, der nach dem Überschreiten des Maximums zu tropfen anfängt. Das Wasser jenseits der Feldkapazität (das gleichsam aus dem Schwamm tropft), kann von den Pflanzen nicht mehr genutzt werden – es fliesst an den Wurzeln vorbei. Umgekehrt wird Wasser in ganz feinen Poren so stark festgehalten, dass die Pflanzen, die immerhin mit einem 10-fachen Atmosphärendruck saugen können, es nicht mehr zu extrahieren vermögen. Dieses Wasser ist jenseits des «Permanenter Welkepunkt» gebunden, der eine Saugkraft des Bodens beschreibt, die grösser ist als diejenige der Pflanzen. Das Wasser, das zwischen diesen Extremen «Permanenter Welkepunkt» und «Feldkapazität» gebunden ist, ist pflanzenverfügbar und wird

als nutzbare Feldkapazität bezeichnet. Im Hinblick auf die Wasserversorgung ist derjenige Boden am fruchtbarsten, der die höchste nutzbare Feldkapazität aufweist. Dabei handelt sich um solche Böden, die eine mittlere Korngrösse haben (im Schluffbereich) und damit viele Mittelporen. Besonders günstig sind in dieser Hinsicht Böden aus Löss. Löss ist ein äolisches (luftgetragenes) Sediment, das in den trockenen Phasen der Hoch-Eiszeiten entstanden ist, als das meiste Wasser gefroren war. Es hat darum eine mittlere Korngrösse und viele Mittelporen, weil in der Luft genau diese Korngrösse gut transportiert werden kann. Größere Körner sind zu schwer und feinere Körner aggregieren, bilden also wiederum zu schwere Partikel für den Lufttransport oder sie verbleiben als feine Schwebstoffe in der Atmosphäre. Lössböden finden wir im Vorfeld der Gletscher in der Schweiz eher im Nordwesten oder in den wenigen, während der letzten Eiszeit nicht vergletscherten Bereichen wie etwa der Gegend um Krauchthal (BE) mit dem Lindental. Teilweise mächtige Lössvorkommen findet man weiter nördlich im Oberrheingraben, z.B. in der Gegend um den Kaiserstuhl bei Freiburg im Breisgau.

Nun zu den mineralischen Nährelementen, die von der Pflanze grundsätzlich nur aus der Bodenlösung (also dem Bodenwasser mit seinen Inhaltsstoffen, v.a. Ionen, kleinen elektrisch geladenen Molekülen) aufgenommen werden können. Man muss zwischen dem Stickstoff (dem am meisten benötigten Element) und allen übrigen Elementen (die wichtigsten sind Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium, neben Schwefel und einer Reihe Mikronährelemente) unterscheiden. Der Stickstoff ist das einzige Element, das nicht aus dem Gestein, sondern aus der Atmosphäre stammt. Der Stickstoff kommt – unter natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Bedingungen ganz überwiegend durch den biologischen Prozess der Stickstofffixierung in den Boden. Über die Fähigkeit der Stickstofffixierung verfügen einige Mikroorganismen, z.B. die Rhizobien, die mit Leguminosen (Schmetterlingsblütlern) Symbiosen bilden. Als Folge der biologischen Fixierung tritt der Stickstoff im Boden zu >95 % im Humus auf und wird durch die Humus-Mineralisierung, die am besten bei neutralen bis leicht sauren Bedingungen (pH 6–7) abläuft, für die Pflanzen verfügbar gemacht (also in die Bodenlösung freigesetzt). In Bezug auf Stickstoff sind daher Böden mit viel Humus und hohen pH-Werten am fruchtbarsten. Heute wird die Stickstoffversorgung der Böden stark durch die Düngung und durch Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre geprägt. Die Einträge aus der Atmosphäre werden über Emissionen aus Verbrennungsprozessen (etwa zur Stromgewinnung oder für das Autofahren) sowie durch die intensive Tierhaltung verursacht.

Die übrigen mineralischen Nährelemente stammen aus dem Gestein und kommen durch deren Verwitterung in die Bodenlösung. Dabei ist die Löslichkeit von Phosphor im schwach sauren Bereich (pH 5,5–6,5) am besten, weil sie durch die Ausfällung von Ca-Mineralen (Apatit) bei höheren pH-Werten und von Fe- und Al-Mineralen (Strengit und Variscit) bei niedrigen pH-Werten limitiert wird. Im Hinblick auf Phosphor sind also v.a. schwach saure Bedingungen optimal für die Bodenfruchtbarkeit.

Die drei Elemente Kalium, Magnesium und Kalzium werden in der Bodenkunde (streng chemisch gesehen fälschlich) als Basen bezeichnet. Ihr Verhalten ist ähnlich. Alle drei Elemente stammen aus dem Gestein und werden gleichfalls durch die Verwitterung freigesetzt. Für sie gibt es einen Zwischenspeicher zwischen Gestein und Bodenlösung – den die Pflanzen leicht anzapfen können –, die Kationenaustauschkapazität (alle drei Metalle treten als positiv geladene Ionen in der Bodenlösung auf, den Kationen). Die Kationenaustauschkapazität wird v.a. durch die Tonminerale, die negative Oberflächenladungen aufweisen, aufgebaut. Bei hohen pH-Werten (6–7) trägt auch der Humus noch wesentlich zur Kationenaustauschkapazität bei. Wenn der Boden saurer wird, können ab einem pH-Wert von ca. 5 Aluminium-Ionen auftreten, die für Pflanzen giftig sind und die die Basen vom Austauscher verdrängen können. Daher nimmt die Basensättigung (die den Anteil der Kationenaustauschkapazität bezeichnet, der von Basen belegt ist und vielleicht das wichtigste Mass für die chemische Bodenfruchtbarkeit ist) mit sinkendem pH-Wert ab. Am fruchtbarsten sind also Böden mit einer hohen Kationenaustauschkapazität und einem neutralen bis schwach sauren pH-Wert (6–7) und damit verbunden einer hohen Basensättigung.

Wo finden wir nun besonders fruchtbare Böden? Sie sollten eine mittlere Korngrösse haben (also z.B. aus Löss entstanden sein), viel Humus und ausreichend Tonminerale enthalten und einen schwach sauren pH-Wert aufweisen. Solche Böden finden wir vor allem in den grossen, feuchten Steppenzonen der Welt (Ukraine/Südrussland, Mongolei, Prärie und Pampa), in denen tiefgründig humose Böden aus Löss auftreten, die so genannten Schwarzerden (*Abb. 3*).



Abbildung 3: Links – Büffel auf Langgras-Prärie in den nordamerikanischen Great Plains ©Michael Richter, 2001. Rechts – Schwarzerde-Profil in der Prärie © Nyle Brady und Ray Weil, 2002.

Trotz ihrer enormen Bedeutung für unsere Ernährung, sind die Böden heute weltweit massiv durch das menschliche Wirtschaften bedroht. Zu den grössten Bedrohungen zählt die Bodenerosion durch Wasser und Wind, die durch vegetationsfreie Brachen sowie Bodenverdichtung und Verschlammung (die Versiegelung von Poren, die für die Infiltration von Regenwasser wichtig sind) gefördert wird. Des Weiteren schreitet die Desertifikation weltweit als Folge von lokaler Übernutzung und globalem Klimawandel voran. Daneben kommt es in trockeneren Gebieten aufgrund unsachgemässer Bewässerung (nämlich ohne gleichzeitiger ausreichender Entwässerung) zu hohen Bodenverlusten. Hinzu kommen Bodenversiegelung und Schadstoffbelastung infolge der weltweit schnell fortschreitenden Urbanisierung und industriellen Entwicklung. Die Umweltinstitution der Vereinten Nationen (UNEP) schätzte bereits Ende des 20. Jahrhunderts, dass etwa ein Viertel der Böden der Welt in ihrer Funktionsfähigkeit oder sogar Existenz bedroht ist.

Da der Bodenverlust nur in Jahrtausenden wett zu machen ist, sollte es zu unseren wichtigsten Umweltschutzziele gehören, den Boden zu erhalten und zu schützen. Es hängt nichts Weniger als unsere Existenz von seinem Funktionieren ab.

Quellen und weiterführende Literatur

- BRADY, N.C. & R.R. WEIL (2008): *The Nature and Properties of Soils*. Pearson International Edition, Upper Saddle River, New Jersey, U.S.A.
- GISI, U., R. SCHENKER, R. SCHULIN, F.X. STADELMANN & H. STICHER (1997): *Bodenökologie*. 2. Auflage. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart, Deutschland
- SCHAEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 16. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Deutschland
- VEIT, H. (2003): *Exkursionsführer «Bern im Quartär»*. Exkursion anlässlich des 54. Deutschen Geographentages am 03.10.2003, Geographisches Institut, Universität Bern.



PHILIPP HÄUSELMANN¹ UND ROLF SIEGENTHALER¹

Erde von unten – Karsteinblicke

Zusammenfassung des Vortrages vom 14. Oktober 2014

Fast alle wissen, dass es Höhlen gibt – die St. Beatus-Höhlen sind vor allem im Kanton Bern gut bekannt. Schon weniger Leute wissen, dass Höhlen vor allem in kalkigen, verkarsteten Regionen entstehen und dass deshalb die Schweiz (mit ca. 20% Kalkgesteinen der Landoberfläche) ein recht höhlenreiches Land ist. Dass aber Höhlen auch für verschiedene Richtungen der Wissenschaft eine Fundgrube darstellen, ist den wenigsten bekannt. Höhlen und Karstregionen liefern wissenschaftliche Informationen, wie und wann unsere Täler entstanden sind, sie enthalten auch Tropfsteine, welche für die Rekonstruktion des Paläoklimas herangezogen werden können, und sie sind letztendlich wertvolle Archive, die verborgen im Untergrund die Zeit überdauerten, während ähnliche Informationen an der Oberfläche von den Eiszeiten abgetragen und verwischt wurden. Der folgende Text ist eine Zusammenfassung von bereits publizierten Forschungsergebnissen.

Was ist Karst?

Regenwasser nimmt aus der Luft und aus dem Boden Kohlensäure auf. Diese vermag in kleinsten Anteilen Kalk zu lösen. Kleine Fugen und Klüfte werden so im Laufe der Jahrtausende zu tiefen Schächten und langen Gängen ausgewaschen.

Doch auch wenn der Kalk an der Oberfläche liegt, wird er gelöst. Dies führt zu bizarr-schönen Steinwüsten, die interessante Lösungsformen zeigen und Karrenfelder genannt werden. In den Berner Alpen bilden die Sieben Hengste das beste Beispiel hierzu (*Abb. 1*). Die Gesamtheit der Formen und der unterirdisch erfolgten Entwässerung wird «Karst» genannt, nach der gleichnamigen Region in Slowenien, wo das Phänomen erstmals detailliert beschrieben wurde.

¹ PD Dr. Philipp Häuselmann & Rolf Siegenthaler; Schweiz. Gesellschaft für Höhlenforschung Sektion Bern und Höhlenforschergemeinschaft Region Hohgant



Abbildung 1: Das Karrenfeld der Siebenhengste ist karg und steinig, aber doch spannend und schön.

Kalklösung an der Oberfläche

Das Innerbergli ist mit 0.5 km² eines der kleineren Karrenfelder am Hohgant. Durch den grossen Kontrast des nackten Karrenfeldes mit dem umgebenden, grünbewachsenen Sandstein ist es optisch sehr auffällig, aber die spezielle Schönheit der Karrenformen machen es zu einem ganz besonderen Bijou. Die starke Korrosion ist auch Grund für eine grosse Höhlendichte. Deshalb musste das Karrenfeld in Sektoren eingeteilt werden, denn erst so war eine systematische Höhlenforschung möglich. Um die Sektorgrenzen wiederzufinden, wurden sie 1977 mit gelber Farbe direkt auf das Karrenfeld gepinselt. Diese Farbe verhinderte in der Folge die Korrosion des darunterliegenden Kalkes, und heutzutage ragen die durch Farbe geschützten Stellen über die umgebenden Bereiche hervor. Die Höhe des überstehenden Reliefs konnte mit einem Mikrometer gemessen und so die jährliche Abtragung ermittelt werden (HÄUSELMANN 2008).

Messungen an verschiedenen Teilen des Karrenfeldes ergaben einen durchschnittlichen Korrosionsabtrag von 0.014 ± 0.007 mm. Ein Vergleich mit der Literatur ergab, dass diese Werte durchaus vergleichbar sind mit anderen Messwerten rund um den Globus.

Wann entstehen Höhlen?

Da CO_2 in kaltem Wasser besser löslich ist, gab es früher Theorien, wonach Höhlen vor allem rund um die Eiszeiten entstehen. Heutzutage weiss man, dass die Bodenaktivität, die Bakterien und die Wurzelatmung ein Vielfaches mehr an CO_2 erzeugen als tiefere Temperaturen (AUDRA ET AL. 2006). Zudem zeigten Sedimentanalysen sowie Datierungen, dass die Mehrzahl an Höhlen während der Interglaziale (oder vor den Eiszeiten) entstanden ist und dass die Anhebung des Wasserspiegels durch Dämmung der Höhlenquellen durch den Gletscher viel eher ein Absaufen des Hohlraumes und dessen Verfüllung mit Silten (Gletschermilch) zur Folge hat (BINI ET AL. 1998).

Gletscher helfen allerdings der Höhlenbildung auf eine andere Weise: Da sie oftmals das Tal, wo sich die Quelle befindet, tieferlegen (Entwässerungsbasis des Systems), ändern sie die hydrogeologischen Bedingungen. Als Folge davon passen sich die Höhlen diesen neuen Bedingungen an und erschaffen ein tieferliegendes Höhlensystem:

Wo entstehen Höhlen?

Alle Karsthöhlen haben eine Quelle. Diese liegt in der Regel am tiefsten Punkt, den die Wässer erreichen können. Dies ist entweder (wie im Beispiel der St. Beatus-Höhlen) eine undurchlässige Schicht (mergliche Drusbergschichten), entlang der das Wasser an die Oberfläche tritt, oder aber es ist in aller Regel der Talboden. So befinden sich die zwei Quellen der Region Siebenhengste-Hohgant-Schratzenfluh am resp. 9 m unterhalb des Thunerseespiegels zwischen Unterseen und Sundlauenen. Auch wenn die Quelle im Talboden liegt, so kann sich die Höhle dahinter doch unter diesem Spiegel entwickeln. Der Normalfall ist sogar, dass sich die Höhlen zwischen Hochwasserspiegel und in der Regel bis zu 100 m unter dem Niederwasserspiegel bilden. Alle diese Höhlen haben eine «phreatische», das heisst «Unterwasser»-Morphologie: es sind runde bis elliptische Röhren, die zeigen,

dass die Korrosion auf Boden, Wand und Decke gleichermaßen einwirkte: eben unter Wasser (Abb. 2).



Abbildung 2: Das Labyrinth des Bärenschachtes ist eine typische phreatische Höhle; eine Ellipse, bei deren Entstehung das Wasser den Felsen überall lösen konnte. Photo D. Burkhalter

Höhlen oberhalb dieses Spiegels zeigen eine vadose Morphologie, es sind dies Schächte und enge, gewundene, aber hohe Schluchten, wie sie entstehen, wenn der Bach sich frei fließend eintieft (*Abb. 3*).



Abbildung 3: Der Mäander der St. Beatus-Höhlen ist eine enge, hohe Schlucht, in der sich ein frei fließender Bach eintiefen konnte. Der Bach fließt auch heute noch. Photo D. Burkhalter

Wenn sich nun ein Tal durch Flusserosion langsam und stetig eintieft, so hat die Quelle mitsamt ihrer dahinterliegenden Höhle Zeit, sich auf die Änderung einzustellen: wir erwarten eine schluchtartige Höhle, in der das Wasser frei nach unten fließt. Wird das Tal aber vor allem durch Eiszeiten eingetieft, so induziert diese rasche Änderung eine komplette Neuausrichtung der Entwässerung im Berg, und es entsteht ein neues Höhlenniveau. Die Zeitdauer des Wachsens einer Kleinst- röhre bis hin zu begehbaren Gängen geschieht geologisch gesehen rasch, innerhalb einiger 10 000 Jahre (PALMER 2000).

Wenn wir also Höhlen sehen, deren Morphologien auf unterschiedliche Entstehungsniveaus hindeuten, dann können wir daraus auf die Höhe früherer Talböden schliessen. Selbstverständlich muss vor verfrühten Schlüssen die Plausibilität abgeklärt werden, um sicher zu sein, dass nicht geologische Faktoren die Morphologie beeinflussten und den Eindruck von Höhlenniveaus erwecken, die es aber in Wahrheit gar nicht gibt.

Bald fünfzig Jahre intensiver Erforschung der Höhlensysteme in der Region zwischen Thunersee und Hohgant führten zur Erkenntnis, dass dieses riesige System durch 14 einzelne Entstehungsphasen gebildet wurde, jede wiederum mit ihrer eigenen Quelle, ihrem eigenen Talboden (HÄUSELMANN ET AL. 2002). Die obersten, ältesten Phasen hatten ihre Quelle gar nicht im Aaretal, sondern im Eriz! Zu dieser Zeit existierte das Aaretal also noch gar nicht!

Kann denn das sein? Sind diese Höhlen so uralte, dass sie noch vor der Haupt-Taleintiefung entstanden sind? Nun denn, heute können wir diese Frage mit einem klaren Ja beantworten:

Seltsame Gerölle

Wer auf den Sieben Hengsten wandern geht, kann rund um das Wagenmoos ab und zu seltsame Gerölle finden, die nicht zu den hier vorkommenden Gesteinen passen (Abb. 4). Eine Doktorarbeit (GNÄGI & SCHLÜCHTER 2012) hat diese und auch weitere Gerölle, die in die Höhlen geschwemmt wurden, untersucht und Erstaunliches festgestellt: Diese Gerölle stammen aus dem südlichen Wallis und wurden durch Süd-Nord verlaufende Gletscher hierher verfrachtet, als es weder das Aaretal noch das querverlaufende Rhonetal gab! Ähnliche Sedimente aus dem mittleren Südwallis fand Christian Gnägi auch noch am Stockhorn. Es handelt sich hier also nicht um einen Zufallsfund – und nur dank des Karstes (kaum Oberflächenerosion) waren die Gerölle erhalten geblieben! In beiden Fällen deutet die Art der Ablagerung (chaotisch, nur kantengerundete Gerölle, siltig-sandige Matrix) auf einen Gletschertransport und nicht auf eine präglaziale fluviale Ablagerung hin.



Abbildung 4: Seltsame Gerölle am Wagenmoos, Herkunft: Südliches Wallis!

Die Frage des Alters stellt sich nun natürlich sofort. Diese Gerölle sind an der Oberfläche aber schwierig zu datieren. Einige von

ihnen wurden aber in eine Höhle eingeschwemmt – und dann kann die Methode der kosmogenen Isotope (GRANGER & MUZIKAR 2001) angewandt werden. Diese Gerölle wurden vor 1.87 ± 0.21 Mio. Jahren in die Höhlen verfrachtet; dementsprechend sind sie seit mindestens dieser Zeit auf den Siebenhengsten. Der Beginn der Vergletscherungen lässt sich nun mit 2.5 Ma angeben, somit muss die Ablagerung zwischen 1.87 und 2.5 Ma erfolgt sein.

Von diversen Datierungen ...

Altersbestimmungen an Höhlen sind grundsätzlich zum Scheitern verurteilt: eine Höhle ist wie der Name sagt, hohl, und wie soll man etwas «Abwesendes» chronologisch einordnen? Zum Glück gibt es die Sedimente, die sich **nach** der Höhlenentstehung im Hohlraum ablagern. Diese geben aber immer nur ein Mindestalter des sie umgebenden Hohlraums an. Will man aber alles, Sedimente UND Hohlraum, datieren, so kommt man nicht darum herum, eine relative Chronologie zu erstellen.

Die relative Chronologie

Die relative Chronologie setzt die einzelnen Ereignisse in einen zeitlichen Zusammenhang. Beispielsweise entsteht eine phreatische Röhre unter Wasser, Sinterablagerungen in solchen Röhren aber ganz generell über Wasser. Sehen wir also Sinter in einer Röhre, so haben wir zwei klar unterscheidbare Bildungszeiten. Ist dieser Sinter wieder korrodiert und haben wir eine Flusseintiefung am Boden des Ganges, so ist diese später als der Sinter entstanden. Wenn wir diesen Sinter datieren können, haben wir also gleichzeitig ein Minimalalter für die phreatische Röhre sowie ein Maximalalter für die Mäandereintiefung. Geht dieser Mäander talwärts in eine phreatische Röhre über, so heisst das, dass an dieser Stelle einmal ein alter Wasserspiegel (ein altes Talniveau?) war – und so haben wir auch gleich ein Maximalalter für dieses alte Talniveau! Und wenn wir in der unteren phreatischen Röhre wieder Sinter vorfinden, auch ein Minimalalter (*Abb. 5*)! So können wir unter Zuhilfenahme der Sedimente und der Morphologie den Hohlraum und seine hydrogeologischen Randbedingungen zeitlich einordnen (HÄUSELMANN 2010).

Die absolute Chronologie

Die relative Chronologie ist zwar für eine zeitliche Einordnung unabdingbar, aber sie ist halt doch relativ – um das genaue Alter zu wissen, müssen wir absolut datieren. Wie andernorts in den Erdwissenschaften nehmen wir auch hier radioaktive Elemente hierzu. Die Standardmethode zur Höhlendatierung beruht darauf, dass beim Entstehen eines Tropfsteins nur wasserlösliches $^{238}\text{Uran}$, aber nicht sein unlösliches Tochterprodukt $^{230}\text{Thorium}$, eingelagert wird. Im Laufe der Zeit zerfällt dieses ^{238}U zu ^{230}Th ; die Messung beider Isotope erlaubt es, das Alter des Tropf-

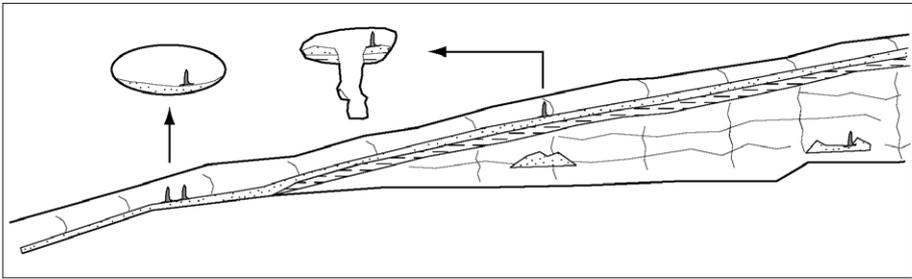


Abbildung 5: Die relative Chronologie am Beispiel der St. Beatus-Höhlen. Am Ende des touristischen Teiles steht man in einer Schlucht, die gegen den Eingang zu in eine phreatische Röhre übergeht. Hier war mal ein alter Karstwasserspiegel. Der Bodensinter von rechts oben ist älter, die Tropfsteine aber jünger als dieser Spiegel.

steins zu bestimmen. Nach ca. 500 000 Jahren funktioniert diese Uhr aber nicht mehr, da ab diesem Zeitpunkt ungefähr gleichviel Thorium, das ebenfalls radioaktiv ist, zerfällt, wie neues gebildet wird.

Wesentlich aufwendiger ist die Datierung von quarzhaltigem Sediment mit kosmogenen Isotopen. Sediment an der Oberfläche ist der kosmischen Strahlung ausgesetzt, und es bilden sich diverse Isotopen, unter anderem radioaktives ^{26}Al und ^{10}Be im Verhältnis 7:1. Wird das Sediment in eine über 10–15 m tiefe Höhle gespült, so endet die Bestrahlung, und beide Isotopen zerfallen wieder. Da Beryllium die doppelt so grosse Halbwertszeit wie Aluminium aufweist, erniedrigt sich das Verhältnis von 7:1 abhängig von der Zeit, seit der das Sediment in der Höhle liegt (GRANGER & MUZIKAR 2001). Nach ca. 5 Mio. Jahren ist soviel Aluminium zerfallen, dass eine Altersbestimmung kaum mehr möglich ist. Die Untergrenze von ca. 100 000 Jahren wird durch die schwierige Messung und zahlreichen Unsicherheitsfaktoren vorgegeben.

Mit diesen beiden Methoden können aber Höhlen über eine grosse Altersspanne datiert werden.

Resultate

Beide Methoden wurden in den Siebenhengsten angewandt. Die Resultate sind recht spektakulär: Einerseits konnten innerhalb der letzten ca. 400 000 Jahre sechs Gletschervorstösse bestimmt und teilweise datiert werden, und zweitens konnten die Taleintiefungsraten sowie die Alter der einzelnen Talbodenstände der letzten ca. 4 Mio. Jahre einigermaßen genau bestimmt werden (*Abb. 6*)! Es würde an dieser Stelle zu weit führen, alle Resultate, die bereits andernorts beschrieben wurden, nochmals aufzuführen, wir verweisen den interessierten Leser lieber auf die Originalpublikationen, HÄUSELMANN ET AL. (2008) für die Gletschervorstösse, und HÄUSELMANN ET AL. (2007) für die Taleintiefungen.

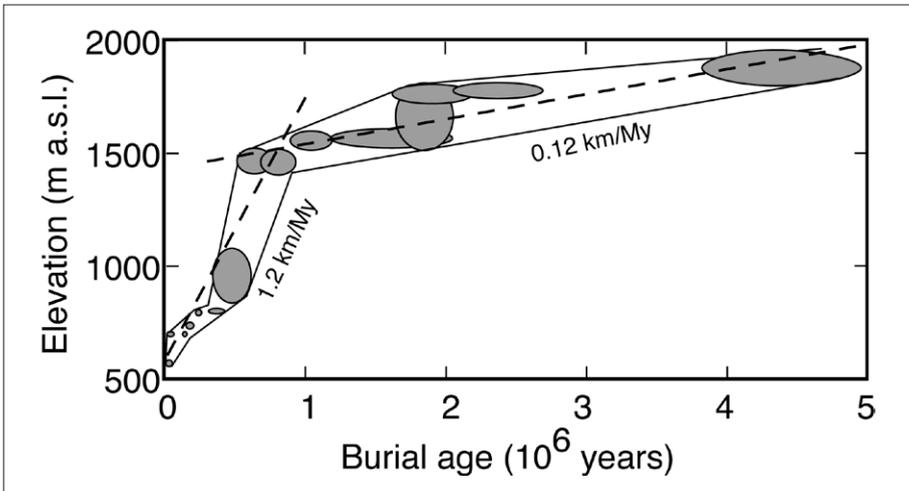


Abbildung 6: Eintiefungsrates des Eriz- und Aaretals innerhalb der letzten 5 Mio. Jahren – Daten, die ohne Höhlen nicht mehr erhoben werden könnten.

Offene Fragen?

Bei all diesen schönen Resultaten, nicht nur von den Siebenhengsten, sondern auch von intensiver Forschung weltweit, könnte man annehmen, das Wichtigste sei getan, die Fragen geklärt ... aber wie immer, der Teufel steckt im Detail.

Obwohl beispielsweise die Höhlenentstehung recht gut begriffen wird, ist immer noch nicht ganz geklärt, wo in einem Kalkmassiv die Höhlen sich auch befinden. Eine neue Methode für die Praxis wurde vom Schweiz. Institut für Speläologie und Karstforschung SSKA entwickelt, die KarstAlea-Methode, die voraussagen kann, wo sich die Höhlen im Massiv befinden (FILIPPONI ET AL. 2012). Diese Information ist für Tunnelbauer natürlich von eminenter Wichtigkeit. Die Praxisüberprüfung der Methode wird in den nächsten Jahren zeigen, ob sie sich bewährt.

Ein weiterer Streitpunkt ist nach wie vor, weshalb es sowohl fast flache phreatische Horizontalhöhlen gibt wie auch solche, die bis tief unter den Karstwasserspiegel reichen. Die einen postulieren, dass die Bruchhäufigkeit der wichtigste Faktor ist (FORD & EWERS 1978), die andern tendieren eher auf Variationen im Niederschlag (GABROVSEK ET AL. 2014).

Und zu guter Letzt haben wir oben erwähnt, dass Höhlen in Warmzeiten entstehen sollen. Wir leben in einer solchen Warmzeit. In Slowenien beispielsweise aber, wo grüner Karst mit Wurzeln und Boden existiert, zeigten Korrosionsmessungen, dass die Höhlen sich gar nicht weiterentwickeln! Ja warum denn? – Also: Forschung frei! Es gibt noch zu tun!

Literatur

- AUDRA, PH., BINI, A., GABROVSEK, F., HÄUSELMANN, PH., HOBLÉA, F., JEANNIN, P.-Y., KUNAVÉR, J., MONBARON, M., SUSTERSIC, F., TOGNINI, P., TRIMMEL, H. & WILDBERGER, A. (2006): Cave genesis in the Alps between the Miocene and today: a review. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 20 (2), 153–176.
- BINI, A., TOGNINI, P. & ZUCCOLI, L. (1998): Rapport entre karst et glaciers durant les glaciations dans les vallées préalpines du Sud des Alpes. – *Karstologia* 32(2), 7–26.
- FILIPPONI, M., PARRIAUX, A., SCHMASSMANN, S. & JEANNIN, P.-Y. (2012): KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau. – Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen, 200 p.
- FORD, D.C. & EWERS, R.O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. – *Can J Earth Sci* 15, 1783–1798.
- GABROVSEK, F., HÄUSELMANN, PH. & AUDRA, PH. (2014): «Looping caves» versus «watertable caves»: The role of base-level changes and recharge variations in cave development. – *Geomorphology* 204, 683–691.
- GNÄGI, CH. & SCHLÜCHTER, CH. (2012): High-altitude erratics in the Bernese Alps (Switzerland). – *Swiss Journal of Geosciences*, DOI 10.1007/s00015-012-0111-7.
- GRANGER, D.E. & MUZIKAR, P.F. (2001): Dating sediment burial with in-situ produced cosmogenic nuclides: theory, techniques, and limitations. – *Earth Planet Sci Letters* 188, 269–281.
- HÄUSELMANN, PH., JEANNIN, P.-Y., MONBARON, M. & LAURITZEN, S.E. (2002): Reconstruction of Alpine Cenozoic paleorelief through the analysis of caves at Siebenhengste (BE, Switzerland). – *Geodinamica Acta* 15, 261–276.
- HÄUSELMANN, PH., GRANGER, D.E., LAURITZEN, S.-E. & JEANNIN, P.-Y. (2007): Abrupt glacial valley incision at 0.8 Ma dated from cave deposits in Switzerland. – *Geology* 35(2), 143–146.
- HÄUSELMANN, PH. (2008): Surface corrosion of an Alpine karren field: recent measures at Innerbergli (Siebenhengste, Switzerland). – *Int. Journal of Speleology*, 37 (2), 107–111.
- HÄUSELMANN, PH., LAURITZEN, S.-E., JEANNIN, P.-Y. & MONBARON, M. (2008): Glacier advances during the last 400 ka as evidenced in St. Beatus Cave (BE, Switzerland). – *Quaternary International*, 189, 173–189.
- HÄUSELMANN, PH. (2010): La Chronologie relative. – Réunion AFK, Pierre St-Martin, 2007, *Karstologia Mémoires* 17, 72–75.
- PALMER, A.N. (2000): Digital modeling of individual solution conduits. – In: Klimchouk, A., Ford, D.C., Palmer, A.N., Dreybrodt, W., (Eds.), *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*, NSS, 2000, 194–200.



Stimmungsbild der Zone profunde (Tiefe Zone) der Siebenhengste.
Drei Generationen von Tropfsteinen sind sichtbar (Foto Rolf Siegenthaler).



Vermessung in einem neuentdeckten Gang der Haglättschhöhle (Foto Rolf Siegenthaler).



GASTON ADAMEK

100 Jahre Schweizerischer Nationalpark

Bericht zur NGB-Exkursion vom 8.–10. August 2014

Anlässlich des 100-Jahr-Jubiläums des Schweizerischen Nationalparks hat die Naturforschende Gesellschaft Bern unter der Leitung von CHRISTINE KELLER und Prof. CHRISTIAN SCHLÜCHTER eine dreitägige Exkursion ins Val dal Fuorn und seine Nebentäler durchgeführt. Auf drei Wanderungen wurden insbesondere geologische und ökologisch-biologische Themenkreise angesprochen.

Der Anlass fand vom Freitag 8. bis Sonntag 10. August 2014 statt. Nach der Bahnfahrt waren die NGB-Exkursionsteilnehmer in Zernez für zwei Nächte im Hotel «Bär & Post» untergebracht, von wo aus die täglichen Exkursionen per Postauto bzw. zu Fuss unternommen wurden (*Abb. 1a*).

Auf der **Exkursion vom Freitagnachmittag** durch die Wälder des Muottas Champlösch wurden unter der Führung von Dr. BRITTA ALLGÖWER vor allem ökologisch-botanische Themen mit dem Schwerpunkt Waldbrände angesprochen.

Die **Samstags-Exkursion** war schwergewichtig der Geologie gewidmet und stand unter der Führung von Prof. CHRISTIAN SCHLÜCHTER mit Beihilfe von Petrus als Regenmacher; sie führte ins Gebiet des Ofenpasses und des Munt la Schera.

Die **Exkursion von Sonntagmorgen** beinhaltete zoologische Aspekte unter der Führung von DORLI NEGRI und wiederum geologische Erläuterungen von CHRISTIAN SCHLÜCHTER. Sie führten uns ins Gebiet des Val da Stabelchod und des Val dal Botsch.

Im vorliegenden Bericht werden einerseits auf der Exkursion erläuterte Grundlagen zur Forschung im Nationalpark vermittelt und andererseits die besuchten Lokalitäten und Ereignisse vorgestellt.

Tektonisch-geologische Aspekte des Nationalparks

Entstehung der Engadiner Dolomiten im Nationalpark

Die Gebirgsformationen im Gebiet des Nationalparks gehören zu den Ostalpen und sind nicht autochthon, d. h. sie befinden sich nicht dort wo sie ursprünglich gebildet wurden. Es handelt sich um Kristallin- und Sedimentgesteine, die über tiefer liegende und ursprünglich nördlicher gelegene Einheiten geschoben wurden. Nur wenige Jahre vor der Gründung des Nationalparks 1914, also zu Beginn des 20. Jahrhunderts, postulierte der französische Geologe Pierre-Marie Termier, u.a. nach Studien im Umbrailgebiet, dass nicht nur die Westalpen sondern auch

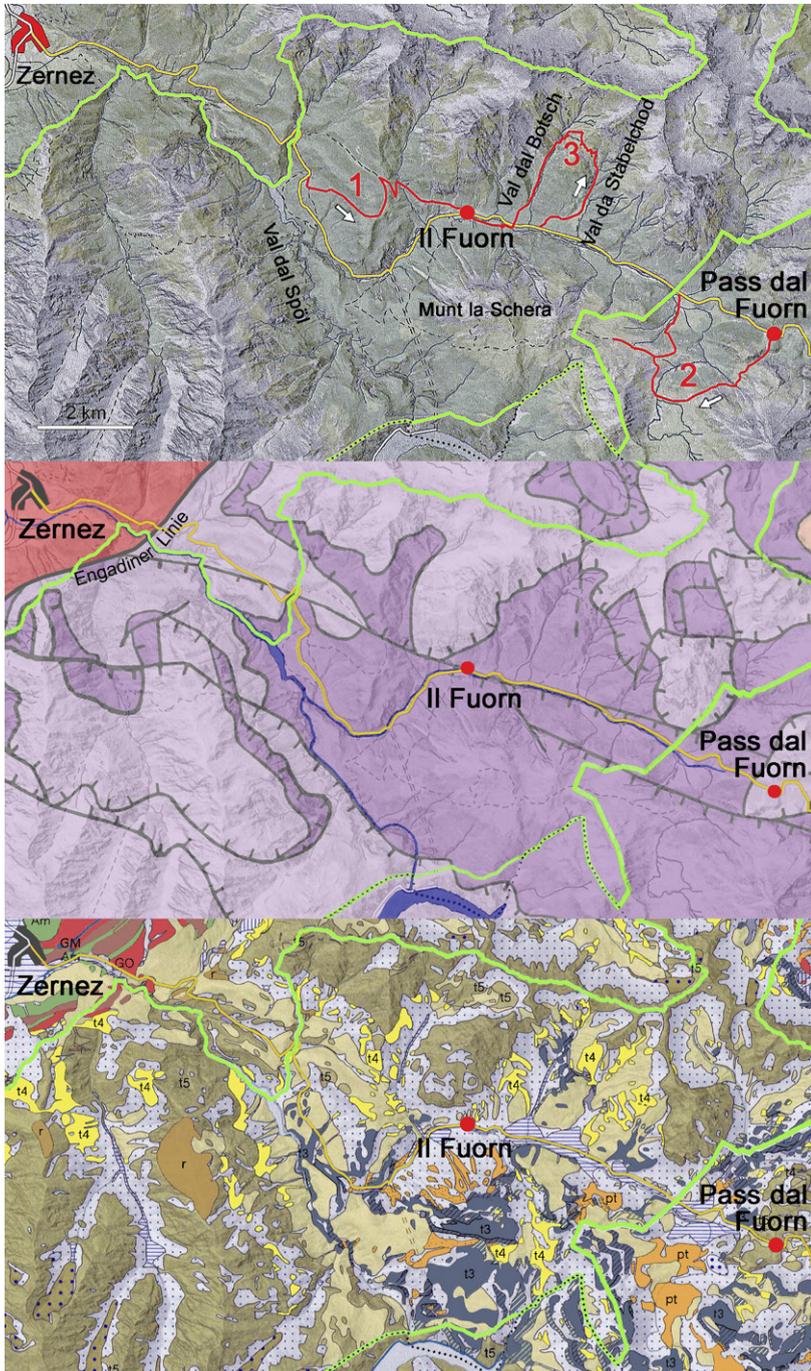


Abbildung 1: Wanderrouen, tektonische und geologische Karte des Exkursionsgebietes Spöltal-Ofental im Nationalpark. Grüne Linie: Nationalparkgrenze. Gelbe Linie: Ofenpassstrasse.

a: (1) Wanderroue mit ökologisch-botanischem Schwerpunkt. (2) Wanderroue mit geologischem Schwerpunkt. (3) Wanderroue mit zoologischem und wiederum geologischem Schwerpunkt. (Aus HALLER ET AL. 2013, modifiziert)

b: Tektonische Karte. Rote und rosafarbige Flächen: Kristallin des Ostalpins. Violette Flächen: Sedimentgesteine des Ostalpins. Dunkelviolette Flächen: Verrucano- bis Raibler-Formation des Ostalpins. Hellviolette Flächen: Hauptdolomit (und Kössen-Formation) des Ostalpins. (Nach DÖSSEGER 1987, modifiziert)

c: Geologische Karte (Nach HALLER ET AL. 2013. Farben und Abkürzungen wichtiger Gesteinsschichten entsprechen der Stratigraphie-Beschreibung der Abb. 4).

die Ostalpen durch Decken-Überschiebungen von Süden her entstanden seien – eine Hypothese die heute bestätigt ist. Alle Gebirgszüge unseres Exkursionsgebietes weisen in groben Zügen die gleiche Bildungsgeschichte auf, denn sie gehören allesamt zu den Ostalpinen Decken, welche bezüglich Lage und spezifischer Differenzierungen in diverse Teildecken unterteilt werden (*Abb. 1b*). Betrachtet man die Geologie des Exkursionsgebietes, so ist diese stratigraphisch zwar relativ einfach, zeigt sich aber durch die vielfältigen gebirgsbildenden Prozesse, die Erosion und durch glaziale Beeinflussung recht feingliedrig und vielfältig (*Abb. 1c, 4 und 5*). Detaillierte Unterlagen zum Exkursionsgebiet findet man bei DÖSSEGER UND MÜLLER 1976, DÖSSEGER 1987 und TRÜMPY ET AL. 1997.

Die Bildung der Ostalpinen Decken begann vor ca. 250 Millionen Jahren durch Ablagerungen im nordwestlichen Schelfbereich (kontinentalen Flachmeer) des Meliata-Seitenarms des Urozeans Tethys (*Abb. 2a*). Dieser «Alpine Schelf» lag einige hundert Kilometer südöstlich der heutigen Bündneralpen und umfasste nebst seichten Meeresbecken auch Riffe, Lagunen, Gezeitenzonen und Brackwasserbereiche (Ästuarien). Den Grundgebirgssockel des Alpenen Schelfs bildeten Überreste von älteren Variszischen Gebirgen. Diese wurden bereits vor und während des heissen wüstenartigen Perms abgetragen und von eigenem Verwitterungsmaterial überdeckt und schliesslich vom eindringenden Tethys-Meer überflutet. In der folgenden Trias-Zeit wurden durch vermehrte Zufuhr nährstoffreichen Tiefenwassers in den tropisch warmen Alpenen Schelf ideale Bedingungen für kalkbildende Organismen wie Kalkalgen (*Haptophyten*), Kammerlinge (*Foraminiferen*) und Steinkorallen (*Madreporarier*), sowie für die weniger häufigen Muscheln (*Lamellibranchiaten*) und Schnecken (*Gastropoden*) geschaffen. Durch allmähliches Absinken des kristallinen Sockels bildeten sich zum Teil mehr als 2 km mächtige Karbonatsedimente.

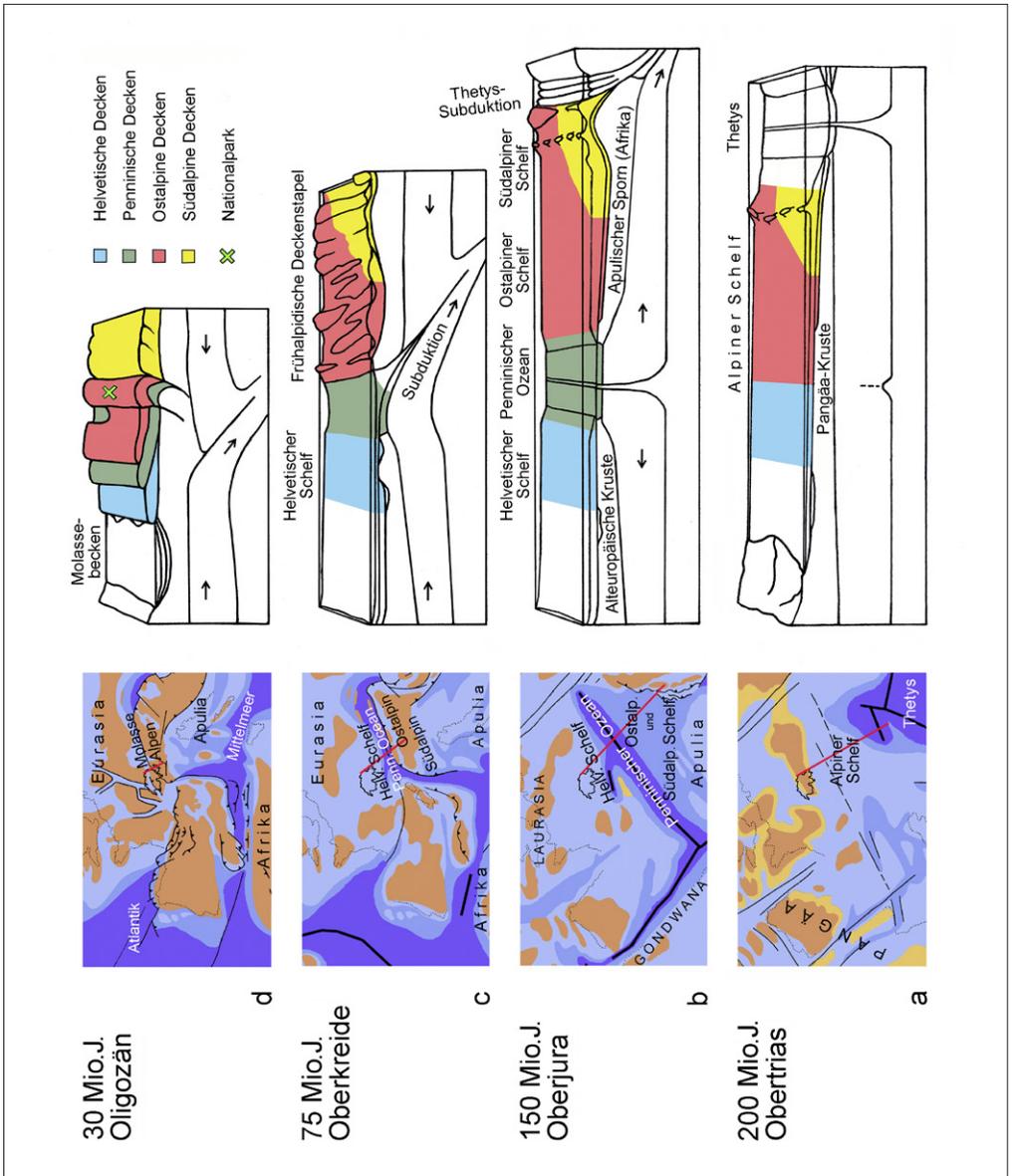
Im Verlaufe der Trias begann sich der Grosskontinent Pangäa in die Kontinente Laurasia (mit dem künftigen Europa) und Gondwana (mit dem künftigen Afrika) zu teilen. Während dieses Auseinanderdriftens wurde der Meliata-Seitenarm der Tethys subduziert und es bildete sich in der folgenden Jura-Zeit ein Grabenbruch durch den Alpenen Schelf, wodurch der Erdmantel bis fast an die Oberfläche

aufsteigen konnte. Durch die Druckentlastung während des Aufstiegs konnten im Erdmantel basaltische Magmen (Dekompressionsschmelzen) entstehen, welche bis an die Erdoberfläche aufstiegen und eine neue ozeanische Kruste erzeugten (*Abb. 2b*). Dieser sich von der Tethys absondernde Meeresbereich wird im östlichen Bereich als Penninischer Ozean (oder Alpine Tethys) bezeichnet. Der nordwestliche Schelfteil wurde zum neuen Kontinentalrand Europas, dem «Helvetischen Schelf». Der südöstliche Schelfteil wurde am Apulischen Sporn zum afrikanischen Kontinentalrand, dem damals noch zusammenhängenden «Ostalpinen»- und «Südalpinen Schelf». Im neuen ozeanischen Becken (und in dessen randlichem Schelfbereich) bildeten sich die Penninischen Sedimente. Der für die spätere Bildung der Nationalparkberge bedeutsame Ostalpine Schelf sank kurzfristig während der Jura- und Kreidezeit in grössere Meerestiefen ab, so dass sich nur noch dünne Sedimentschichten bildeten.

Als Folge der Bildung des Atlantiks driftete während der Kreide und des beginnenden Tertiärs der Apulische Sporn mit dem Ostalpinen und Südalpinen Schelf zunehmend in Richtung Europa; dabei zeichnete sich im südlichen Bereich immer mehr das künftige östliche Mittelmeerbecken ab (*Abb. 2c*). Vor allem Teile des Penninischen Ozeanbodens wurden dabei dem Apulischen Kleinkontinent untergeschoben (Subduktion); die ostalpinen Deckensedimente der späteren Nationalparkberge wurden gestaucht, in Decken gestapelt und sehr stark mechanisch beansprucht.

Durch die fortschreitende Kollision Apuliens mit Europa tauchten während des mittleren Tertiärs die penninische ozeanische Lithosphäre und Teile des europäischen Kontinentalrandes fast vollständig im Erdmantel unter, während die penninischen Sedimente und danach die helvetischen Sedimente abgeschert, zusammengestaucht und von der ostalpinen Oberplatte in nordwestlicher Richtung vor sich her geschoben wurden (*Abb. 2d*). Schliesslich überdeckten im Bereich der heutigen schweizerischen Ostalpen die Ostalpinen Decken die Penninischen und diese die Helvetischen Decken fast vollständig. Diese Überschiebungen waren aber stets mit enormen Deformationen, Neuablagerungen und bei den aus dem Ozean herausragenden Gebirgszügen mit Erosionen verbunden.

Abbildung 2: Stark vereinfachte Darstellung zur Gebirgsbildung im Bereich des Nationalparks. Rote Linien: Schnittlage der Blockprofile. Pfeile: Plattenbewegung. Linien mit Dreiecken: Subduktionszonen. a: Vor 240–200 Mio. J. Mittel- bis Obertrias. Ablagerungen im nordwestlichen Alpenen Schelf der Tethys. b: Vor ca. 160–100 Mio.J. Oberjura bis Unterkreide. Bildung des Penninischen Ozeans, des Helvetischen Schelfs, des Ostalpinen Schelfs und des Südalpinen Schelfs. c: Vor ca.



100–30 Mio. J. Oberkreide bis Eozän. Ostalpine Deckensedimente werden gestaucht und gestapelt. *d*: Vor ca. 30–20 Mio. J. Oligozän bis Miozän. Bei der Alpenbildung werden die Ostalpinen Decken über die Penninischen und diese ihrerseits über die Helvetischen Decken geschoben. (Modifizierte Kartenausschnitte und Blockdiagramme nach SCHMID ET AL. 1996 und 2004, TICHY ET AL. 2001, KRENMAYR ET AL. 2002, SCHUSTER ET AL. 2013, BLAKEY 2014 und PFIFFNER 2015)

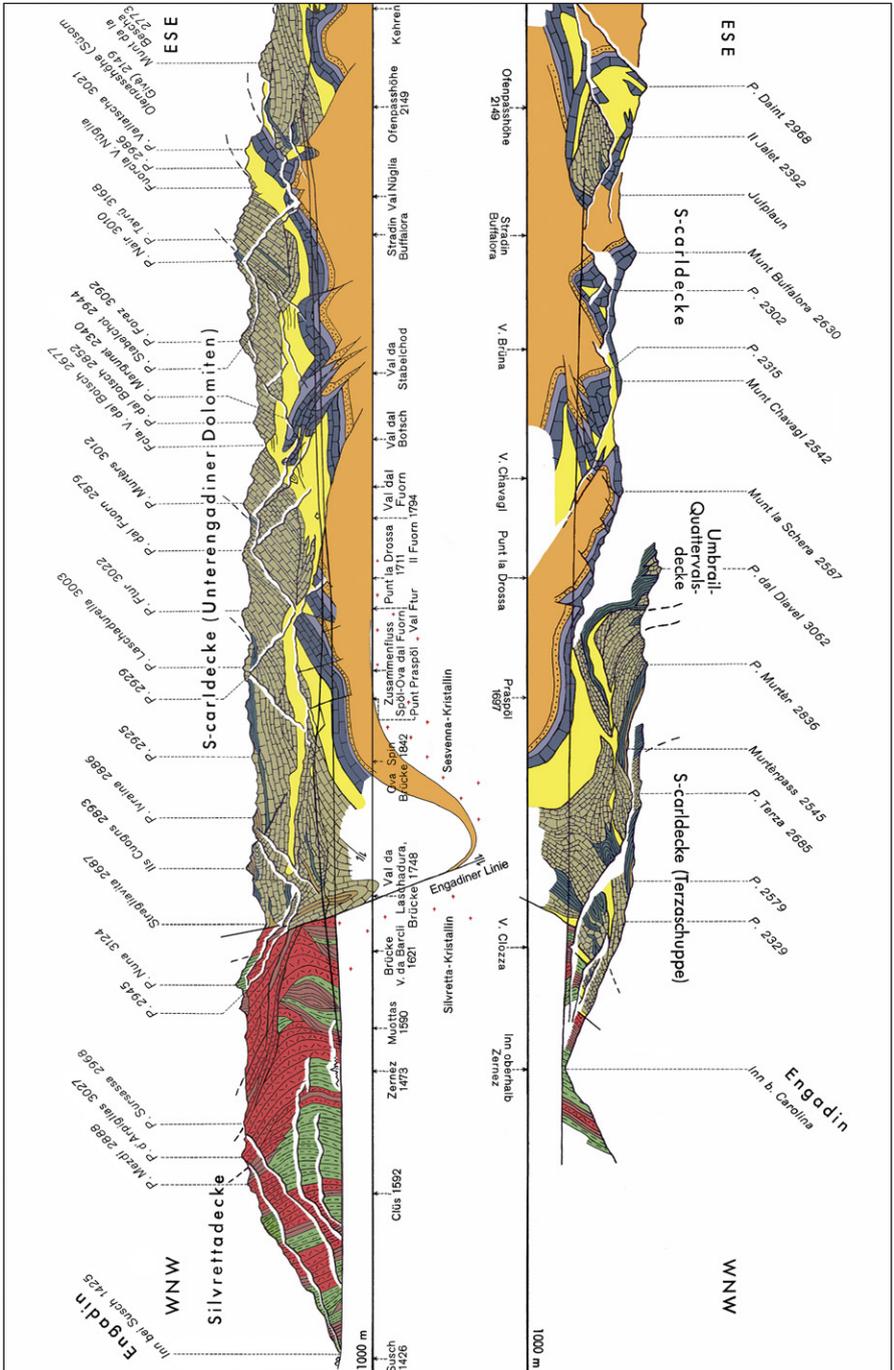
Spezifische Gesichtspunkte zur Tektonik und Geologie des Nationalparks

Nachfolgend werden einige geologische Spezialitäten vorgestellt, welche anlässlich des zweiten und dritten Exkursionstages gesehen bzw. erläutert wurden. Die Erläuterungen von Christian Schlüchter waren äusserst akkurat, ist er doch seit 25 Jahren Mitglied der Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks; bei über 30 Publikationen zum Nationalpark ist er Autor oder Mitautor.

Auf der Postautofahrt von Zernez zum Ofenpass fahren wir vorerst ca. 3 km an stark geschieferten kristallinen Gesteinen der riesigen ostalpinen Silvretta-Decke vorbei (*Abb. 1b* und *3*). Unmittelbar nach dem Silvretta-Kristallin befindet sich die sog. Engadiner Linie, eine späte tektonische Bewegungszone, welche mit einer Scherbewegung den Ostalpinen Deckenstapel durchschneidet. Sie beinhaltet im Bereich der Ofenpassstrasse auch eine vertikale Komponente von rund 2 km, welche zu einer Absenkung der südöstlichen Seite (S-charl-Decke) führt. Diese Bewegungen bringen auf dem heutigen Strassenniveau die uralten Kristallingesteine der Silvretta-Decke und die jüngeren Sedimente der S-charl-Decke in gleiche Höhe und in direkten Kontakt (*Abb. 3* und *4*). Allerdings ist dieser Grenzbereich zwischen Silvretta-Kristallin und S-charl-Karbonat von Moränen überdeckt und lediglich am Vegetationswechsel (Kalkzeigerpflanzen) zu erkennen. Im Gegensatz zum Silvretta-Kristallin liegt hier das permische Sessvanna-Kristallin der S-charl-Decke in grosser Tiefe und taucht erst im Münstertal auf.

Bei schönem Wetter erreichten wir entlang der imposanten Spölschlucht das sich im oberen Teil weitende, glazial stark beeinflusste Tal und schliesslich den Ofenpass. Die Wanderung führte bei leichtem Nebel südwestwärts am Il Jalet vorbei auf knapp 2300 m Höhe an den Fuss des Munt Buffalora. Unterwegs wurde bei Zwischenhalten aufgezeigt, dass der Engadiner Dolomit lithologisch einfach, aber strukturell kompliziert ist. Dolomit ist ein Calcium-Magnesium-Carbonat. Chemisch-physikalische und biogene Prozesse sind für seine Bildung verantwortlich, wobei die Vorgänge noch nicht vollständig geklärt sind. *Abbildung 5* zeigt eine Runse mit stark deformiertem Dolomit aus der mittleren Trias. Solche zerbrochenen Dolomite weisen oft auch sekundäre Calcitausscheidungen auf.

Abbildung 3: Geologische Profile der linken und rechten Seite des Ofentals (modifiziert und ergänzt nach BOESCH UND LEUPOLD 1955; SCHMID IN TRÜMPY ET AL. 1997; Höhenangaben aktualisiert. Farben der Gesteinsschichten entsprechen der Stratigraphie-Beschreibung der *Abb. 4*).



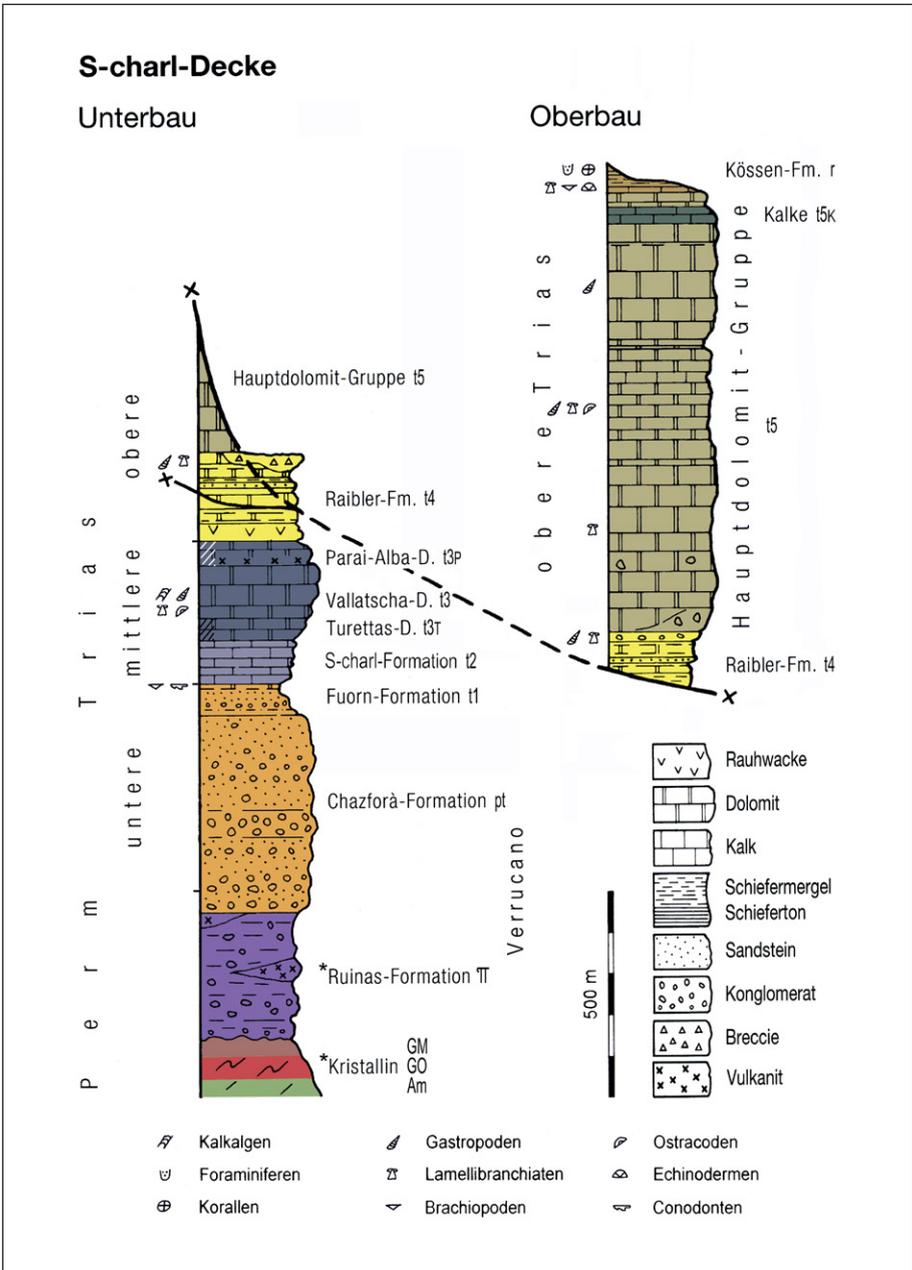


Abbildung 4: Stratigraphie der oberostalpinen S-charl-Decke mit fossilisierten Schichten (nach DÖSSEGER UND MÜLLER 1976, SCHMID IN TRÜMPY ET AL. 1997, modifiziert). [* Die Ruinas-Formation und das S-charl-Kristallin liegen nur südlich und östlich des Parks frei.]



Abbildung 5: Stark deformierter Dolomit mit Rensenbildung an Verschiebungsschwachstelle.
(Foto: G. Adamek)

Im Gegensatz zu den schroffen Dolomit-Türmen fanden wir auf der oberen Buffalora-Alp (auf ca. 2200 m Höhe) eine liebliche, fast hügelige Weidelandschaft vor, welche (hier noch ausserhalb des Nationalparks) sowohl vom Vieh wie vom Wild genutzt wird. Hier stiessen wir auf die geologisch älteste Zone unserer Exkursion. In dieser sog. Chazforà-Formation ist der Verrucano des oberen Perms oder der unteren Trias anstehend. Beim Verrucano handelt es sich um Konglomerate (oder Sandsteine und Tonschiefer), welche auch Vulkanitkomponenten enthalten können. Als Verwitterungsmaterial des Variskischen Gebirges vor mehr als 250 Mio.J. gebildet, gelangte es nachträglich in der vordringenden Tethys unter Wasser. Dass zum Verrucano einfache Erläuterungen nicht ausreichen, demonstrierte uns der Exkursionsleiter eindrücklich (*Abb. 6*).

Eigentlich war geplant, den Munt la Schera zu besteigen oder zumindest zu umwandern. Das Wetter verschlechterte sich jedoch zunehmend, so dass es nur noch zum Eisenabbauort Fop da Buffalora reichte. Auf der oberen Buffalora-Alp wurde vom 14. bis 17. Jh. (im Bereich des Dolomits) in über 100 Stollen Eisenerz abgebaut; auch auf der gegenüberliegenden Seite des Ofentales (z.B. Val dal



Abbildung 6: Anstehendes Verrucano-Konglomerat auf der oberen Alp Buffalora mit vielseitigen Erläuterungen des Exkursionsleiters. (Fotos: G. Adamek, R. Stucki)

Botsch) befanden sich Stollen (SCHLÄPFER 2013). Das Erz wurde dann im Talboden zwischen La Drossa und dem Ofenpass in vier Werken verhüttet, was auch zur Namensgebung des Tales und Passes führte. Durch die Verhüttung kam es auch zu enormen Rodungen. Später wurde in dieser «rauchenden Landschaft» auch noch Kalk gebrannt und geköhler (PAROLINI 2012).

Da das Wetter in Dauerregen überging, kehrten wir um und erreichten über die Alp Buffalora den Talgrund und das Postauto. Wir schafften es somit am zweiten Exkursionstag nicht, den Nationalpark zu betreten. Doch Christian Schlüchter sorgte im Abstieg mit seiner selbst gemixten Potion magique für durchwegs gute Laune (Abb. 7). In Zernez reichte es noch, dem Haus des Nationalparks

einen Besuch abzustatten. Vor dem gediegenen Abschlussessen wurden im Hotel in einer Theorie/Fragestunde einige Fragen zum Tag geklärt und die Zusammenarbeit der Kraftwerke mit der Nationalparkleitung erläutert.

Am späten Sonntagmorgen erreichten wir bei schönstem Wetter über das Val da Stabelchod den Margunet-Übergang (2328 m ü. M.) zum Val dal Botsch. Zuvor übten wir im Talgrund das Auge im Beurteilen von Deformationen des Dolomits im S-charl-Decken-Unterbau (Vallatscha-Formation) (Abb. 4 und 8). Dass bei solchen geologischen Erläuterungen auch auf biologische Gesichtspunkte zu achten ist, freut Biologen (bzw. den Berichterstatter, siehe Kommentar zu Abb. 8). Auf dem moränenbedeckten Margunet-Übergang bekamen wir das beeindruckende Panorama mit dem Hauptdolomit der Piz al Fuorn, Piz Murters bis Piz Nair zu sehen.

Zwischen dem mitteltriadischen Vallatscha-Dolomit und dem obertriadischen Hauptdolomit befinden sich die relativ weichen Raiblerschichten, welche gelegentlich als «Schmierschichten» bei der Überschiebung der Hauptdolomiten dienen.



Abbildung 7: «Liebliche» obere Alp Buffalora. Oben links alter Stolleneingang des Eisenerzabbaus. Trotz «Mischwätter» hält der Exkursionsleiter alle in guter Stimmung. (Fotos: G. Adamek, R. Stucki)

Es handelt sich um meist gelblich anwitternde Gesteine im Wechsel von Dolomiten, Tonschiefern, Sandsteinen, Breccien und Schillkalken. Diese ursprünglich 150–200 m mächtigen Schichten sind durch mehrfach starke Meeresspiegelschwankungen verursacht. In deren untersten Schichten sind Rauhwacken stark verbreitet. Die von uns auf der Exkursion angetroffenen löchrigen, aber harten, Rauhwacken-ähnlichen Dolomit-Breccien entstanden in Karstschloten des ursprünglichen Dolomits durch sekundäre Calcifizierung (*Abb. 9*). Die nach der Dolomiterodierung stehen gebliebenen Rauhwackepyramiden am Abhang des Piz Nair bezeichnet man als Reliefumkehr.



Abbildung 8: Dolomit-Formationen an der Ostflanke des Ofentales. Unten: Stark deformierte Vallatscha-Formation im Talboden (ca. 2020 m ü.M.) des Val da Stabelchod. Schwarze «Tintenstriche» an den Felswänden werden durch Mikroorganismen (insbesondere Cyanobakterien) gebildet [BACHOFEN ET AL. 2006]. Oben: Verkarsteter Hauptdolomit des Piz Nair (3010 m ü.M.). Überschiebungen ca. 30° nach Süden abfallend. (Fotos: R. Stucki, G. Adamek)



Abbildung 9: Raible-Formation im oberen Val da Stabelchod. Links: Rauhackepyramiden aus Geröllhalde herausragend. Rechts: Rauhacke-ähnliches Breccien-Handstück mit dunkeln Dolomitbrocken und heller Sekundärcalcifizierung. Salzsäure bewirkt Aufschäumen bei der Reaktion mit Kalk nicht aber mit Dolomit. (Fotos: R. Stucki, G. Adamek)

Wie erwähnt haben glaziale Prozesse die Täler des Nationalparks stark beeinflusst. Postglazial haben sich in den letzten 10 000 Jahren mehrere Kalt- und Warmzeiten abgelöst, welche die Dynamik der landschaftsformenden Prozesse im Nationalparkgebiet dämpften bzw. förderten. Seit dem Ende der Kleinen Eiszeit vor ca. 150 Jahren haben sich die Hangschutt- und Murgang-Ablagerungen sowie die Erdströme verstärkt (BAUR UND SCHEURER 2014). Im Nationalpark sind solche Phänomene überall zu beobachten (*Abb. 8, 9 und 13*). Besonders eindrücklich sind die aus größerem und feinerem Schutt sowie Eis bestehenden Blockgletscher wie jener des Val da l'Acqua, den wir aus der Ferne vom Margunet-Übergang aus beobachten konnten. Beim Abstieg durch das Val dal Botsch bekamen wir einen vom Bach angerissenen Paläoboden zu sehen, welcher gemäss ^{14}C -Datierung im Zeitraum zwischen 1699 und 1955 entstanden ist und unterdessen von jüngerem Kies und Geröll bedeckt ist (*Abb. 10*).



Abbildung 10: Blockgletscher und Paläoboden als zwei Exponenten von landschaftsformenden Prozessen im Nationalpark. Links: Der ca. 1 km lange Blockgletscher des Val da l'Acqua. Rechts oben: In Bildmitte das dunkle Band eines angerissenen Paläobodens im Val dal Botsch, davor das Geschiebebett des Baches. Dahinter der teilweise bewachsene Schuttkegel am westlichen Fuss des Margunet. Rotes Rechteck umrahmt den unteren Bildausschnitt. Rechts unten: Paläoboden auf ca. 70 cm freigelegt, darüber ca. 40 cm mächtige rezente Kies- und Gerölldecke. Roter Pfeil weist auf Probeentnahmestelle an der Oberfläche des Paläobodens hin. Gemäss ^{14}C -Analyse stammt das pflanzliche Material aus der Zeit zwischen 1699 und 1955¹. (Fotos: R. Stucki, C. Schlüchter)

¹ Standort des Paläobodens: Val dal Botsch $46^{\circ}14'31''\text{N} / 10^{\circ}14'07''\text{E}$ 2112 m ü.M. Das am 10.8.2014 von Christian Schlüchter gesammelte pflanzliche Material wurde mittels ^{14}C -Analyse im Labor zur Analyse von Radiokohlenstoff mit AMS (LARA) an der Universität Bern auf dessen Alter bestimmt. Gemäss Bericht vom 27.4.2015 stammt die Probe CS-SNP-14/1 = BE Nr. 3153.1.1 aus dem Zeitbereich 1699-1955 (entsprechend einem unkalibrierten Radiokarbonalter von 45 ± 20 y BP).

Ökologisch-biologische Aspekte des Nationalparks

Die Initianten des Schweizerischen Nationalparks Paul und Fritz Sarasin, Carl Schröter, Friedrich Zschokke und Steivan Brunies waren enorm engagierte Botaniker und Zoologen; sie sahen im zu gründenden Park «eine Stätte, wo jegliche Einwirkung des Menschen auf alle Zeiten ausgeschaltet ist, wo alpine Urnatur sich ungestört wiederherstellen und weiterentwickeln kann und wird. Er bildet ein Refugium für Pflanzen- und Tierwelt, ein Sanktuarium, ein Naturheiligtum. An seinen Grenzen brechen sich die über alles Land strömenden Wogen menschlicher Kultur, die das ursprüngliche Antlitz der Mutter Erde zerstören: Er ist aus der «Ökumene», aus der Besiedlungssphäre ausgeschaltet» (CARL SCHRÖTER zit. in KUPPER 2012). 1914 wurde in Graubünden (dem Kanton mit Fahrverbot für Privatautos bis 1923!) der Nationalpark gegründet und danach noch um ca. einen Fünftel erweitert. Die hehren Ziele der Parkgründer wurden gelegentlich relativiert, sei es durch Tieraussetzungen und -abschuss, durch Kraftwerkbau, Tourismus und Brandschutzmassnahmen.

Nebst Naturerhalt wurde Forschung im Nationalpark von Anfang an gross geschrieben. Auf der Website des Schweizerischen Nationalparks Data Center (<http://www.parcs.ch/snp/index.php>) sind hunderte von Publikationen und etliche Dutzend Sammlungen aufgelistet. Die Forschungsausrichtungen haben sich im Verlaufe der Jahrzehnte auch aufgrund neuer Methoden schwergewichtig verlagert, von reiner Feldarbeit zu experimenteller Forschung bis hin zu moderner Luftbildauswertung (KUPPER 2012, HALLER ET AL. 2013, BAUR UND SCHEURER 2014).

Auf unserer ersten Exkursion (*Abb. 1a*) wurden wir von Britta Allgöwer, der ehemaligen Projektleiterin des Geographischen Informationssystems des Nationalparks und jetzigen Direktorin des Naturmuseums Luzern, durch die ausgedehnten subalpinen Nadelwälder von Las Crastatschas des Muottas Champlösch nach Il Fuorn geführt. Im Nationalpark wachsen sechs Nadelbaumarten: Fichte (*Picea abies*), Waldföhre (*Pinus silvestris*), Bergföhre (*Pinus uncinata*), Legföhre (*Pinus mugo*), Lärche (*Larix decidua*) und Arve (*Pinus cembra*). Auf unserer ersten Wanderung bekamen wir bereits die fünf erstgenannten zu sehen, die Bergföhre war dominant, die Lärche recht häufig. Die Arve bekamen wir erst tags darauf im Bereich des Ofenpasses zu sehen.

Unser Augenmerk war auf die relativ häufig geschädigten Bäume gerichtet, sei es durch den Menschen (in der Vornationalparkzeit), allenfalls Tiere oder Felsbrocken, durch Blitz oder Feuer (*Abb. 11*). Bei den Bergföhrenwäldern um Il Fuorn handelt es sich um die grössten des Alpenraumes. Da in diesem Gebiet während Jahrhunderten enorme Rodungen stattfanden, wurde insbesondere von Vegetationskundlern vermutet, dass das Überhandnehmen der Bergföhre auf Kosten von Lärche und Arve auf diese menschlichen Eingriffe zurückzuführen sei. Aufgrund einer pollenanalytischen Untersuchung mit Analyse von mikro- und makroskopischen Kohlepartikeln eines 2 m tiefen Bohrprofils des Kleinmoors bei Il Fourn

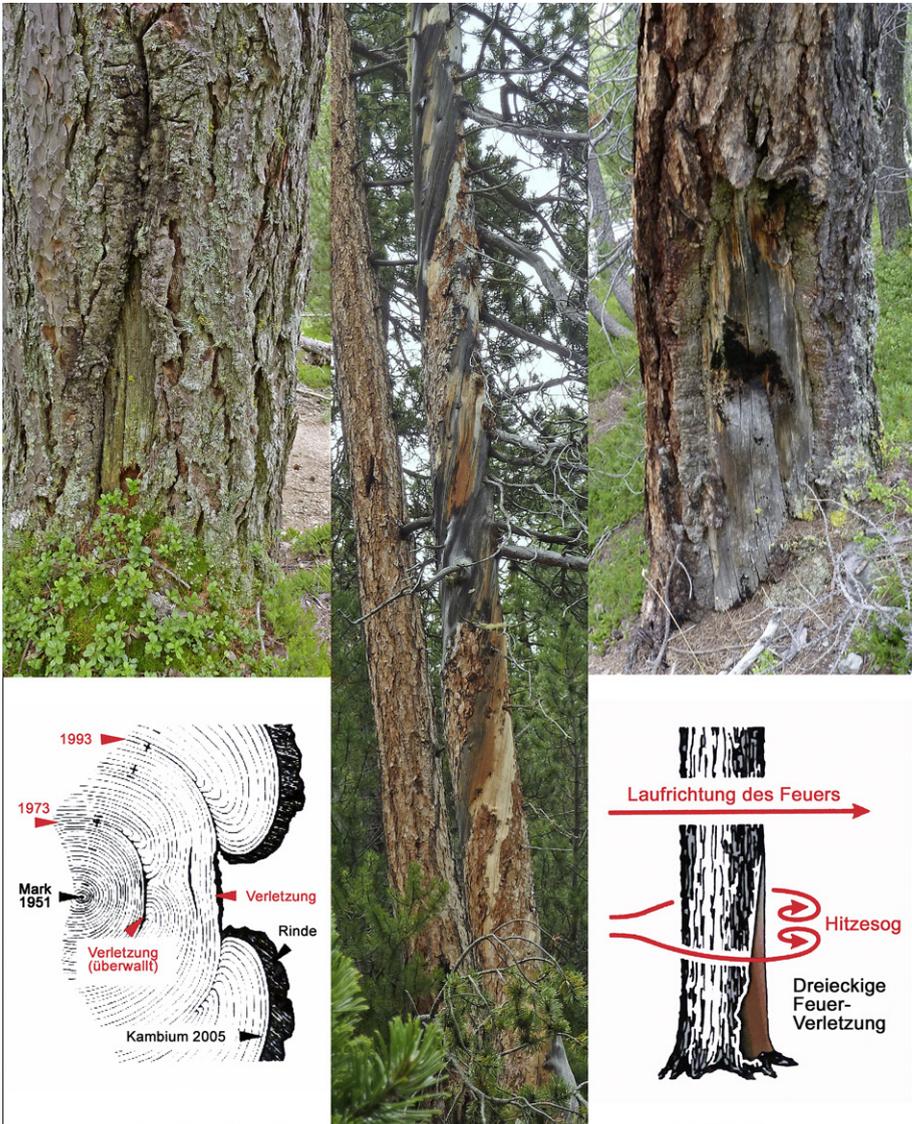


Abbildung 11: Geschädigte Bäume. Links: Bergföhre mit nicht verwachsener Verletzung. Die Verletzungen lassen sich mittels dendrologischer Untersuchung datieren. Mitte: Durch Blitzeinschlag zum Absterben gebrachte Föhre. Rechts: Durch Waldbrand entstandene Verletzung. Im Bereich des Hitzesogs ist verkohltes Holz zu erkennen. (Fotos: R. Stucki, Grafik links: Nach ARNO AND SNECK 1977 in BUR 2006, Grafik rechts: BUR 2006)

konnte jedoch nachgewiesen werden, dass die Bergföhre während der letzten 8000 Jahre vorherrschend war (STÄHLI ET AL. 2006, DENZLER 2015). Die eher kargen und trockenen Bedingungen scheint die Bergföhre unter den Nadelbäumen am besten zu überstehen. Mittels Kohleanalysen konnte auch gezeigt werden, dass natürliche Waldbrände in Zeitabständen von 50 bis 900 Jahren stattfanden (Abb. 12 oben). Grössere Waldbrände in neuerer Zeit wurden durch Menschen verursacht, so 1951 bei Il Fuorn, wo sich auf einer 7.5 Hektaren grossen Brandfläche eine Wiederbewaldung noch kaum eingestellt hat (Abb. 12 unten). Waldbrände bieten vielen Pionier-/Sukzessions-Pflanzen und -Tieren Entwicklungsraum. Selbst Pilze reagieren enorm auf Waldbrände (CONEDERA ET AL. 2007); so wurde nach PETER (1944) im Folgejahr des Waldbrandes am Calanda bei Chur nebst andern Pilzen «nach vorsichtigen Schätzungen um nahezu eine Tonne Morcheln» gesammelt. Die Parkverwaltung fürchtet zurzeit einen Grossbrand im Nationalpark und löscht auch kleinere blitzverursachte Brände. In der Annahme, dass unsere Beschäftigung mit Waldbränden auch einen Kehlenbrand auslösen kann, wurde uns als freudige Überraschung zum ersten Exkursionsabschluss in Il Fuorn ein grosszügiger Apéro mit Bündnerfleisch und Käse kredenzt, ein Willkommens-Geschenk der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden an die Naturforschende Gesellschaft Bern. Herzlichen Dank!

Auf der dritten Exkursion vom Sonntagmorgen wanderten wir beim Aufstieg zum Stabelchod wenige Meter am grössten Lebewesen des Nationalparks vorbei: Im God da Stabelchod befindet sich ein 37 Hektaren umfassendes (genetisch identisches) Pilzgeflecht des Dunklen Hallimaschs (*Armillaria ostoyae*). Dass wir beim späteren Abstieg im Val dal Botsch noch je ein riesiges Geflecht von zwei weiteren Hallimasch-Arten (*A. borealis* und *A. cepistipes*) «überwanderten», hatten wir gar nicht realisiert (HALLER ET AL. 2013); tröstlich, dass auch der Pionierykologe für alpine und subalpine Pilze, Jules Favre, die Hallimaschriesenmycele unseres Exkursionsgebietes in Unkenntnis «überwanderte» und im Standardwerk zum Nationalpark festhielt, dass diese in den Föhrenwäldern zwischen Il Fuorn und Stabelchod «rarement» Fruchtkörper bilden (FAVRE 1955, 1960).

Den Spuren eines weiteren Pioniers sind wir auf Stabelchod (1960 m ü.M.) begegnet. Dort (und an sechs weiteren Standorten des Nationalparks) hat der Begründer der Pflanzensoziologie, Josias Braun-Blanquet, bereits ab 1917 begonnen, Dauerbeobachtungsflächen einzurichten, um allfällige Sukzessionen verfolgen zu können. Diese und viele weitere später markierte Dauerbeobachtungsflächen werden noch regelmässig untersucht (CAMENISCH ET AL. 2005, HALLER ET AL. 2013).

Dass sich das Schröter'sche Naturheiligtum Nationalpark auch etwas ihn Schmückendes leisten darf, zeigt sich (nomen est omen) an den Girlandenrasen (Abb. 13). Diese bilden sich in Abhängen mit vorwiegend schluffhaltigen Rauwackenböden oder mit hauptsächlich feinsandhaltigen Dolomitböden. Im treppenartig gegliederten Abhang befinden sich die Pflanzen stets im steilstehenden Teil der Stufe, während der ± flache Absatz der Stufe fast vegetationslos bleibt (ZUBER 1968). Die

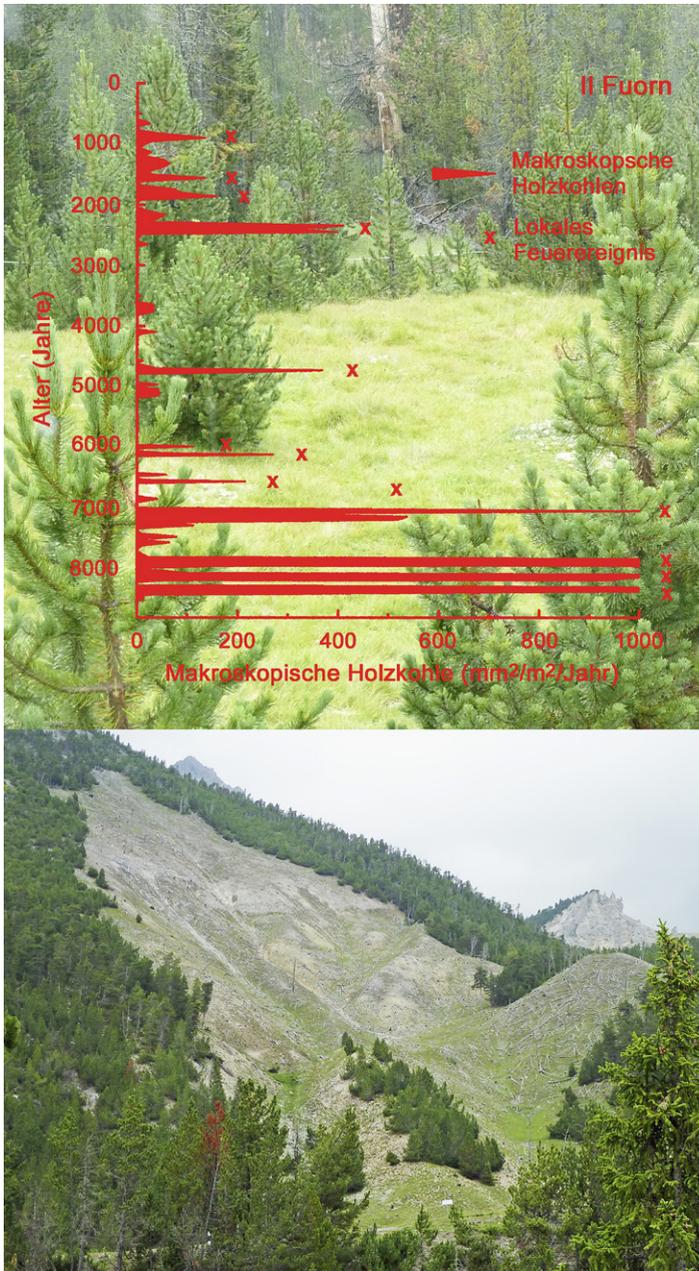


Abbildung 12: Waldbrände im Nationalpark. Oben: Kleinmoor bei Il Fourn; Holzkohlennachweis bzw. nachgewiesene Waldbrände der letzten 8000 Jahre (STÄHLI ET AL. 2006). Unten: Waldbrandfläche bei Il Fuorn von 1951 im Jahr 2014. (Fotos: G. Adamek, R. Stucki)

Terrassenflächen sind halbkreisförmig angeordnet und erzeugen mit ihren peripher angesiedelten Pflanzenpolstern ein Girlandenmuster. Ihre Entstehung beruht auf einer simultanen Wirkung geomorphologischer Aktivität (Materialsortierung durch Wasser/Frost-Wirkung, Solifluktion der obersten Feinerdehorizonte) und zunehmendem Pflanzenbewuchs (Wurzelarmierung). Der Bewuchs lässt sich als Gesamtes einer Blaugrasrasen-Vegetation (*Seslerion albicantis* Br.-Bl.) zuordnen, variiert jedoch in ihrer Zusammensetzung je nach Bodenart und Hanglage.

Der erste Teil der Sonntagmorgen-Exkursion war den Tieren gewidmet. Dorli Negri, Ornithologin und Wanderleiterin im Nationalpark, erläuterte uns zwischen der Postautostation P8 und dem mittleren Teil des Val da Stabeljoch das Verhalten der Vögel im subalpinen und alpinen Bereich. Diese Erläuterungen wurden durch persönliche Erlebnisse mit dieser Avifauna belebt, z.B. zum Schwarz- und Buntspecht und «Nisthöhlenuntermieter» Rauhfußkauz. Des für die Gegend typischen Tannenhähers Hauptnahrung sind die Samen der Arvennüsschen, die er als Wintervorrat (bis zu 100 000 pro Jahr) versteckt. Das Aufknacken von Arvennüsschen war für Dorli Negri als Kind auch ein Vergnügen, schmecken diese für die Engadiner Ur-Nusstorte verwendeten Samen doch wie Avocados.

Insbesondere der im 19. Jh. in der Schweiz ausgerottete Bartgeier wurde uns (leider nicht in natura) vorgestellt. Doch konnten wir die Höhle mit dem Kunsthorst erblicken, wo seit 1997 regelmässig junge Bartgeier ausgesetzt werden. Dies mit Erfolg: Mehrere Bruterfolge konnten ausserhalb des Nationalparks und seit 1997 innerhalb, im Val Tantermozza, nachgewiesen werden (ROBIN ET AL. 2003, HALLER ET AL. 2013).

Uns war klar, dass wir bei einem so kurzen Aufenthalt im Nationalpark nicht alle seiner «Klassiker» zu sehen bekommen. Der Steinbock findet in unserem Exkursionsgebiet nicht die besten Bedingungen. Im Nationalpark gibt es jedoch über 200 Tiere, hervorgegangen aus Tieren, die in den 20er- und 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts, entgegen der Doktrin «wo jegliche Einwirkung des Menschen auf alle Zeiten ausgeschaltet ist», ausgesetzt wurden. Den Hirsch bekamen wir zu Gesicht, welcher (zu seiner Ehre) um die vorletzte Jahrhundertwende selbst ins Gebiet eingewandert ist. Einige Hirsche ästen im oberen Stabelchodtal; indirekte Hirschspuren konnten wir an diversen Orten als «Verbiss-Bonsai-Nadelbäume» finden. Während die ersten Hirsche im Nationalpark überwinterten, begann mit zunehmender Populationsgrösse in den 30er-Jahren eine saisonale Pendelbewegung zwischen Sommereinstand im Park und Wintereinstand in den Haupttälern ausserhalb des Parks. Da Grossraubtiere wie der Wolf im Nationalpark fehlen und da trotz der herbstlichen Hochjagd (ausserhalb des Parks) die Hirschpopulation sich vergrösserte, wurde eine Sonderjagd im Spätherbst eingeführt. Durch die Einrichtung neuer Jagdbanngebiete in einiger Entfernung vom Park, erreichte man, dass die Hirsche vermehrt während der frühherbstlichen Hochjagd den Park verlassen, um (durch die Jagdgebiete) in die Schutzgebiete zu gelangen. Damit

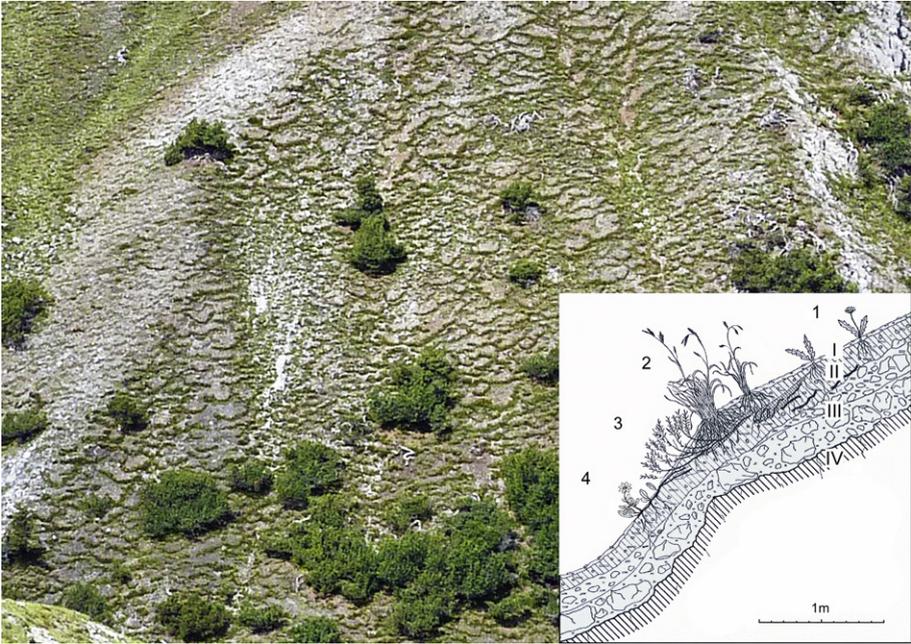


Abbildung 13: Girlandenrasen in verschiedenen Stadien im Val da Botsch. Rechts: Profil einer Girlanden-Stufe des Rauwackebodens mit vier ausgewählten Pflanzenarten in ihrer typischen Position. I = Anorganisches Schluffmaterial; II = Vorwiegend organisch angereicherter Schluff, durchwurzelt; III = Sandiges Feinmaterial mit grösserem Skelettanteil; IV = Zerklüfteter Fels. 1 = Rauhes Milchkraut (*Leontodon hispidus*), 2 = Immergrüne Segge (*Carex sempervirens*), 3 = Schneeheide (*Erica carnea*), 4 = Silberwurz (*Dryas octopetala*). (Foto: R. Stucki, Grafik nach ZUBER 1968)

liessen sich höhere Abschussraten erzielen (HALLER ET AL. 2013). – Zum Beobachten und für Schnapsschussfotos stellten sich uns zwei weitere «Klassiker» zur Verfügung, Gämse (Abb. 14) und Murmeltier.

Ohne Forscher-Chutteli (Schlüchter in Abb. 14) darf man die Wege im Park nicht verlassen und auch keine Objekte sammeln. So ergab es sich auch nicht, dass wir den ältesten «Lebewesen» des Parks begegneten. Immerhin sind im Nationalpark nebst einigen Pflanzen- und Bakterien-«Arten» über hundert fossile Tier-«Arten» zu finden (Abb. 4, BAUER UND SCHEURER 2014, HALLER ET AL. 2013). Die Schilderungen von den spektakulärsten Nationalpark-Fossilien, Meeressäuriern und Dinosauriern, welche im Erdmittelalter in den eingangs erwähnten «afrikanischen» Lagunen des Ostalpinen Schelfs ihre Spuren hinterliessen, haben – wie natürlich die Dreitages-exkursion insgesamt – auch bei uns unauslöschliche Spuren hinterlassen.



Abbildung 14: Dem Leiterteam (Allgöwer, Schlüchter, Keller, Negri) zur Erinnerung einige Wegbegleiter (und ein Möchtegernwegbegleiter) unserer Exkursionen.
(Fotos: G. Adamek, C. Schlüchter, D. Stucki, R. Stucki)

Dank

Die Exkursionsteilnehmer danken herzlich den Organisatoren der Naturforschenden Gesellschaft Bern, der einladenden Naturforschenden Gesellschaft Graubünden und dem Leiterteam der Exkursionstage (Abb. 14). Es waren durchwegs lehrreiche und oft mit Humor vorgetragene Referate, die wesentlich zum guten Gelingen dieser Veranstaltung beitrugen. Besten Dank an Christian Schlüchter und Thomas Burri für die kritische Durchsicht des Exkursionsberichtes. Christian Schlüchter, David Stucki und insbesondere Ruedi Stucki danke ich für die zur Verfügung gestellten Fotos.

Exkursionsteilnehmende: Gaston Adamek, Britta Allgöwer, Doris Auel, Günter Baars, José Buschor, Trudi Buschor, Ferdi Fühlemann, Niklaus Gerber, Regina Gerber, Ruth Hauser, Anita Hofer, Hansruedi Hofer, Christine Keller, Annemarie Masswadeh, Albert Matter, Dorli Negri, Christian Schlüchter, Felix Seiler, Susanne Seiler, David Stucki, Ruedi Stucki, Felix Winkelbach.

Literatur

- ARNO S.F. AND SNECK K.M. (1977): A Method for Determining Fire History in Coniferous Forests of the Mountain West. Gen. Tech. Rep. INT-42. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden UT.
- BACHOFEN R., BRANDL H. UND SCHANZ F. (2006): Mikroskopisch klein, aber doch sichtbar! Ein Feldführer für Mikroorganismen. Neujahrsbl. Nat.forsch. Ges. Zür. 2007, Zürich.
- BAUR B. UND SCHEURER T. (RED.) (2014): Wissen schaffen. 100 Jahre Forschung im Schweizerischen Nationalpark. Natl.park-Forsch. Schweiz 100/1. Haupt, Bern.
Das Buch enthält 13 Beiträge von 46 Autorinnen und Autoren.
- BLAKEY R. C. (2014): Paleogeography of Europe. DVD. Colorado Plateau Geosystems, Flagstaff AZ.
- BOESCH H. H. UND LEUPOLD W. (1955): Lage und Geologie mit geologischen Profilen und geologisch-tektonischer Karte. In: Ofenpass (Pass dal Fuorn), Umbrail / Stelvio. Generaldirektion PTT, Bern.
- BUR M. (2006): Verbrannt oder verschlagen? Eine Untersuchungsmethode zur Rekonstruktion der rezenten Feuer- und Holzschlaggeschichte der Wälder des Schweizerischen Nationalparks. Diplomarbeit. Geogr. Inst. Univ. Zürich.
- CAMENISCH M., ZAHNER M. UND MÜLLER J. P. (2005): J. Braun-Blanquet. Chur 1884 – Montpellier 1980. Botaniker von Weltruf. Bündner Naturmuseum, Chur.
- CONEDERA M., LUCINI L. UND HOLDENRIEDER O. (2007): Bäume mit Brandwunden. Pilze als Pioniere nach Feuer. Wald Holz 88(11) 45–48.
- DENZLER M. (2015): Spiel mit dem Feuer [im SNP]. 9.1.2015. Tagesanzeiger / Der Bund, Zürich / Bern.
- DÖSSEGGER R. UND MÜLLER W. H. (1976): Die Sedimentserien der Engadiner Dolomiten und ihre lithostratigraphische Gliederung. Eclogae geol. Helv. 69(1) 229–238.
- DÖSSEGGER R. (1987): Geologische Karte des Schweizerischen Nationalparks 1:50 000. Schweiz. Geol. Komm., Komm. wiss. Erf. Nat.parks, Landeshydrol. -geol.
- FAVRE J. (1955): Les champignons de la zone alpine du Parc National Suisse. Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Natl.park V(33), 1–212.
- FAVRE J. (1960): Catalogue descriptif des champignons supérieurs de la zone subalpine du Parc National Suisse. Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Natl.park VI(42), 323–610.
- HALLER H., EISENHUT A. UND HALLER R. (HERG.) (2013): Atlas des Schweizerischen Nationalparks. Die ersten 100 Jahre. Natl.park-Forsch. Schweiz 99/1. Haupt, Bern.
Das sehr empfehlenswerte Buch enthält 94 Artikel von insgesamt 117 Autorinnen und Autoren.
- KRENMAYR H. G., HOFMANN T., MANDL G. W., PERESSON H., PESTAL G., PISTOTNIK J., REITNER J., SCHARBERT S., SCHNABEL W. UND SCHÖNLAUB H. P. (2002): Rocky Austria. Eine bunte Erdgeschichte von Österreich. 2. Aufl. Geol. Bundesanstalt, Wien.
- KUPPER P. (2012): Wildnis schaffen. Eine transnationale Geschichte des Schweizerischen Nationalparks. Natl.park-Forsch. Schweiz 97. Haupt, Bern.
- PAROLINI J. D. (2012): Vom Kahlschlag zum Naturreservat. Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des Schweizerischen Nationalparks. Natl.park-Forsch. Schweiz 96. Haupt, Bern.
- PETER J. (1944): Der Waldbrand am Calanda und das massenhafte Vorkommen der Spitzmorchel. Schweiz. Z. Pilzkd. 22(9) 151–152.
- PIFFNER O. A. (2015): Geologie der Alpen. 3. Aufl. Haupt UTB, Bern.
- ROBIN K., MÜLLER J. P. UND PACHLATKO T. (2003): Der Bartgeier. Robin, Uznach.

- SCHLÄPFER (2013): Die Eisenberge am Ofenpass. Neue Beiträge zur Geografie und Geschichte des Bergbaus und der Erzverhüttung im Schweizerischen Nationalpark und in der Biosfera Val Müstair. Natl.park-Forsch. Schweiz 101. Haupt, Bern.
- SCHMID S. M., PFIFFNER O. A., FROITZHEIM N. AND SCHÖNBORN G. (1996): Geophysical-geological transect and tectonic evolution of the Swiss-Italian Alps. *Tectonics* 15(5) 1036–1064.
- SCHMID S. M., FÜGENSCHUH B., KISSLING E. AND SCHUSTER R. (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. *Eclogae geol. Helv.* 97 93–117.
- SCHUSTER R., DAURER A., KRENMAYR H. G., LINNER M., MANDL G. W., PESTAL G. UND REITNER J. M. (2013): Rocky Austria. *Geologie von Österreich – kurz und bunt*. 3. Aufl. Geol. Bundesanstalt, Wien.
- STÄHLI M., FINSINGER W., TINNER W. AND ALLGÖWER B. (2006): Wildfire history and fire ecology of the Swiss National Park (Central Alps): new evidence from charcoal, pollen and plant macrofossils. *The Holocene* 16(6) 805–817.
- TICHY G., TOMEK C., HSÜ K. J. UND HOFRICHTER R. (2001): Geologie und Entstehungsgeschichte des Mittelmeeres. S. 56–101 in: HOFRICHTER R. (HRSG.) *Das Mittelmeer. Fauna, Flora, Ökologie*. Bd. 1. Allgemeiner Teil. Spektrum, Heidelberg.
- TRÜMPY R., SCHMID S. M., CONTI P. UND FROITZHEIM N. (1997): Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:50000 des Schweizerischen Nationalparks (Geologische Spezialkarte Nr. 122). Natl.park-Forsch. Schweiz 87, Zerne / Landeshydrol. -geol. (BUWAL), Bern.
- ZUBER E. (1968): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an Strukturrasen (besonders Girlandenrasen) im schweizerischen Nationalpark. *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Natl.park* XI(60), 77–157.

Buchtipp

Der äusserst informative und prächtig gestaltete «Atlas des Schweizerischen Nationalparks – Die ersten 100 Jahre» gibt eine kompakte Übersicht über die vergangene und aktuelle Erforschung des Nationalparks. Über hundert Autorinnen und Autoren haben zu diesem (auch in französischer Sprache vorliegenden) Werk beigetragen. Insbesondere seiner hervorragenden Karten wegen ist es bereits zweifach mit Preisen ausgezeichnet worden.



Einmalig ist auch die die Buchinhalte ergänzende interaktive Internet-applikation <http://www.atlasnationalpark.ch>, welche die behandelten Themen mit Karten, Bildern und Videos erweitert.

Das von Heinrich Haller, Antonia Eisenhut und Rudolf Haller herausgegebene Buch ist 2014 in 2. Auflage im Haupt Verlag erschienen. ISBN: 978-3-258-07902-8.



CHRISTIAN KÖRNER¹

Der Kohlenstoffhaushalt der Biosphäre in einer CO₂-reichen Welt

Zusammenfassung des Vortrages vom 25. November 2014

Alles Leben hängt vom Element Kohlenstoff ab. Es ist, nach Wasserabzug, mit grob 50% Anteil an der organischen Substanz das mengenmässig wichtigste chemische Element der Biomasse. Im Wege der pflanzlichen Photosynthese wird seine höchst oxidierte Form, das CO₂, aus der Luft aufgenommen und in chemisch reduzierter Form, zunächst als Zucker, zum Baustein und Ausgangsprodukt aller weiterer organischer Verbindungen. Zum Ort der photosynthetischen Reduktion von CO₂ in der Matrix der Chlorophyllkörner, diffundiert CO₂ durch die Stomataporen der Blattoberfläche, entlang der Zellzwischenräume im Blatt, dann durch die Zellwand, die Zellmembran, das Cytoplasma, bis in das Chlorophyllkorn. Diese Behinderung der CO₂-Aufnahme führt dazu, dass am Ort der Synthese immer mehr CO₂ verarbeitet werden könnte als nachdiffundiert. Das ist der Grund, warum Blätter in einer Umgebung mit künstlich erhöhter CO₂ Konzentration ihre Photosynthese steigern können – zunächst unabhängig davon, ob die Produkte auch gebraucht werden können. Die Photosynthese ist beim heutigen CO₂-Pegel in der Atmosphäre von etwa 400 ppm rein biochemisch noch nicht CO₂-gesättigt. An diese seit langem bekannte Tatsache knüpft sich die verbreitete Vorstellung, dass ein steigender CO₂-Gehalt der Luft, neben dem unerwünschten Treibhauseffekt, einen stimulierenden Effekt auf die Photosynthese, auf das Wachstum und schliesslich auf die Kohlenstoffspeicherung der Biosphäre haben sollte. Diese vermeintlich logische Ereigniskette unterliegt allerdings zwei Trugschlüssen: Erstens, dass das Wachstum grundsätzlich von der photosynthetischen Leistung, also von der Kohlenstoffaufnahme begrenzt werde, und zweitens, dass ein vermehrtes Wachstum gleichbedeutend mit grösserer Kohlenstoffspeicherung in Form von Pflanzenmasse sei.

Die erste Annahme ist leicht zu widerlegen. Kein Organismus besteht nur aus dem Element C (das wäre Diamant, Russ oder Graphit), sondern besteht aus grob 25 essentiellen chemischen Elementen. Ausser C, O und H stammen alle anderen aus dem Boden, auch der Stickstoff (N₂), welcher zwar ursprünglich aus der Luft kommt, aber nur als Nitrat (NO₃⁻), Ammoniumstickstoff (NH₄⁺), oder als gelöster, organisch gebundener Stickstoff von Pflanzen aufgenommen werden kann. Diese Bodennähr-

¹ Prof. em. Dr. Christian Körner, Botanisches Institut, Universität Basel

stoffe sind erstens pro Landflächeneinheit endlich, zweitens herrscht um sie in freier Natur immer und seit je heftige Konkurrenz, und drittens genügt es, dass einer oder wenige nicht im Überschuss verfügbar sind, um das Wachstum zu begrenzen. Es wäre eine absurde Vorstellung anzunehmen, dass mit dem plötzlich vom Menschen in grossen Massen freigesetzten Kohlenstoff (als CO_2) auch die verfügbaren Mengen an Phosphor, Kalium, Magnesium, Mangan usw. sich in den Böden proportional vermehren würden. Es leuchtet also ein, dass Kohlenstoff nur in dem Masse in einen Pflanzenkörper eingebaut werden kann, indem dies die Verfügbarkeit anderer chemischer Elemente gestattet. Der Kohlenstoffkreislauf unterliegt also dem Diktat des Mineralstoffkreislaufs. Daher ist es unzulässig, aus einer biochemischen Limitierung der photosynthetischen CO_2 -Aufnahme auf eine Wachstumslimitierung durch CO_2 zu schliessen. Nur wenn man künstlich (etwa durch Düngung) ein unbegrenztes Nährstoffangebot schafft, kann auch mehr CO_2 eingebunden werden. Das gelingt in Nährlösung oder in Gewächshauskulturen, aber funktioniert schon am Acker kaum, es sei denn unter unökonomischer Bewirtschaftung mit sehr hohem Düngeraufwand. In freier Natur, vor allem in Wäldern, gibt es aus Gründen der Element-«Stöchiometrie» des Lebens keinen Spielraum für einen CO_2 -Düngeeffekt.

Der zweite Punkt, die fälschliche Annahme einer vermehrten Kohlenstoffspeicherung, ist ebenso einsichtig, da er viel mit unserem Alltag zu tun hat. Es geht um die Verwechslung von Wachstum und Kohlenstoffvorrat. Wachstum ist ein Teil des Kohlenstoffumsatzes, vergleichbar dem Umsatz von Geld in der Wirtschaft; der Kohlenstoffvorrat ist hingegen vergleichbar mit dem Kapital in der Wirtschaft. Die Verwechslung von Umsatz mit Kapital führt bekanntlich zum Bankrott. Wenn also eine Pflanze wächst oder eben schneller wächst (warum auch immer), sagt uns das nichts darüber, wie gross im Durchschnitt aller Pflanzen (z.B. aller Bäume, die in der Landschaft stehen) der Vorrat an Biomasse-Kohlenstoff ist. Das ist mit dem Umsatz einer Firma vergleichbar, welcher nichts über ihre Kapitalisierung aussagt. Besonders rasch wüchsige Bäume, wie zum Beispiel in einer Pappel-Plantage, werden auch rasch geerntet oder erreichen die maximale Grösse und ihr Lebensende früher als langsamwüchsige Bäume. Für das Ausmass der Kohlenstoffspeicherung in der Landschaft ist somit nicht massgebend wie rasch der Kohlenstoff eingebaut wird, sondern wie lange er gebunden bleibt (Verweildauer). Alte, weniger rasch wachsende Wälder speichern viel Kohlenstoff, junge rasch wachsende enthalten wenig Kohlenstoff pro Landflächeneinheit. Als Faustregel gilt, je schneller die Wachstumsrate, desto geringer ist in der Regel der Vorrat. Die Annahme, eine Wachstumssteigerung durch CO_2 -Düngung würde den Vorrat an Kohlenstoff im Wald erhöhen, ist also nicht nur von der Rate her falsch, sondern sogar von der Richtung. Der Holzvorrat in einem Wald wird von der Altersverteilung der Bäume bestimmt, also vom Anteil der unterschiedlichen Altersklassen (Demographie). Das hat nichts mit der biochemischen Leistung der Blattphotosynthese zu tun, sondern mit Lebenserwartung (Mortalität) oder Forstmanagement.

Möchte man herausfinden, ob CO_2 nun tatsächlich (k)eine Wirkung auf das Baumwachstum (oder ganz allgemein das Pflanzenwachstum) in freier Natur hat,

muss man Pflanzen künstlich mit mehr CO_2 versorgen, ohne jedoch in den Boden einzugreifen, also ohne ihn umzugraben, Pflanzen zu versetzen oder gar zu düngen. Jeder dieser Eingriffe würde ja, zumindest kurzfristig, Bodennährstoffe mobilisieren oder bereitstellen und damit den Test auf C-Limitierung unmöglich machen. In Hofstetten bei Basel wurden mit Hilfe eines 50m hohen Baukranes erstmalig erwachsene Waldbäume in freier Natur in eine CO_2 -reiche Zukunft versetzt. (Abb. 1 und 2)



Abbildung 1: Ob unser Wald in CO_2 -reicher Luft mehr Kohlenstoff zu binden vermag, wird hier in Hofstetten bei Basel experimentell untersucht. Ein 50m hoher Kran bietet Zugang zu den Baumkronen, die mit CO_2 aus gereinigten Industrieabgasen über 8 Jahre quasi in die Zukunft versetzt wurden. Die Resultate zeigen keinen Wachstumseffekt, weil Pflanzen zum Wachsen eben nicht nur CO_2 sondern auch Bodennährstoffe brauchen, die sich (ausser bezüglich Stickstoff) nicht vermehrt haben. Solange ein Wald steht ist dort Kohlenstoff gebunden der sonst in der Atmosphäre wäre. Einmal abgeholzt, braucht es mehr als hundert Jahre bis der Vorrat wieder aufgebaut ist. Bei nachhaltiger Holznutzung können CO_2 -neutral Erdöl- oder Zement-basierte Bau- und Werkstoffe ersetzt oder fossiles Brennmaterial gespart werden. Das Substitutionspotential wird aber mengenmässig stark überschätzt. Es gibt keine «grüne» Lösungen des CO_2 -Problems.

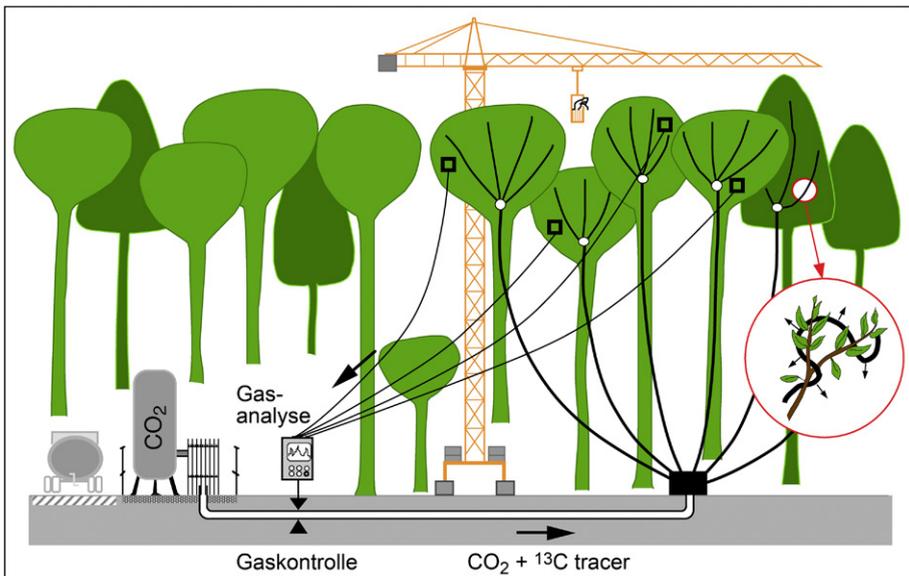


Abbildung 2: Erwachsene Bäume experimentell in eine CO₂-reiche Zukunft zu versetzen ohne dabei das Klima in den Baumkronen zu beeinflussen ist eine grosse Herausforderung. Mit dem hier schematisch dargestellten, Computer-gesteuerten CO₂-Anreicherungssystem und dem Kran gelang dies. Über kilometerlange poröse, in das Kronendach gewobene Schläuche wird in den Baumkronen CO₂-reiche Luft erzeugt. Zahlreiche Messgasleitungen überwachen die Konzentration und helfen die CO₂-Zufuhr zu dosieren.

Das Resultat: Weder Laub- noch Nadelbäume zeigten eine Wachstumssteigerung. Auch wenn das nach obigen Überlegungen plausibel ist, musste doch der empirische Beweis erbracht werden, da das Thema auch in der Wissenschaftsszene oft einseitig dargestellt wurde und damit politische Hoffnungen geschürt wurden, es gäbe einen CO₂-Düngereffekt. Und selbst wenn es den gäbe, sagt so ein Effekt nichts über die Vorratsbildung im Wald aus. Leser die mehr zu diesem Thema erfahren möchten verweise ich auf die Literaturangaben.

Zum Schluss ein paar Überlegungen zur Frage, ob und in welchem Ausmass biologische Massnahmen wie Aufforstung oder Biomassenutzung helfen können, die CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre zu bremsen. Die Resultate sind sehr ernüchternd. Die derzeitige Freisetzung von CO₂, auch in der Schweiz, übersteigt den Effekt jeglicher solcher Massnahmen derart, dass er zwar nicht null ist, aber nahe an der Grenze zur «Kosmetik» steht. Wald kann man bekanntlich auf einer gegebenen Fläche nur einmal aufforsten. Das geht in der heutigen Kulturlandschaft nur auf Kosten von Agrarflächen. Man kann zudem die Dichte (Bestockung) erhöhen, was darauf hinausläuft die Ernte zu verzögern, was auch Grenzen hat. Zudem sind ältere Wälder sturmanfälliger. Der Sturm Lothar legte etwa 3 Jahresernten der schweizerischen Forstwirtschaft in einer Stunde flach, gefolgt von weiteren Verlusten durch Borkenkäfer.

Auch bei der Biomassenutzung als Ersatz für fossile Quellen ist der Spielraum minimal. Es verbietet eigentlich der Anstand von einem Acker Diesel statt Nahrung zu holen. «Biofuels» von Schweizer Äckern würden mehr Nahrungsimporte aus dem Ausland bedeuten. Ohne Einbezug solcher Externalitäten sind solche Massnahmen unseriös, denn es gibt ja bekanntlich global gesehen keinen Nahrungsmittelüberschuss. Somit bleibt einzig die energetische Bewirtschaftung von Abfällen aus der Forst- und Holzwirtschaft und aus dem Agrar- und Lebensmittelbereich übrig. Sofern die in dieser Biomasse gebundenen Mineralstoffe wieder recycelt werden (z.B. als Asche, was pikanterweise im Wald verboten ist), könnten damit wenige Prozent an fossilen Energieträgern ersetzt werden (realistisch sind 1–3 %). Solche Einsparungen sind aber anderen Wirkungen, wie jene bei der Wahl und Nutzung von Fahrzeugen, der Raumtemperatureinstellung, der Gebäudesanierung und letztlich unserem Verhalten gegenüberzustellen. Es wird rasch klar, dass Bioenergie keine über lokale Ressourcen (z.B. diverse Formen der Holzheizung) hinausgehende Stellung im globalen Energiebedarf einnehmen kann, soll die Nutzung anerkannten Nachhaltigkeitskriterien entsprechen. Die wirksamste biologische Massnahme wäre die Verhinderung der Abholzung von natürlichen Wäldern. Selbst eine Wiederaufforstung hinterlässt bis zum Erreichen des ursprünglichen Vorrates in 100–200 Jahren eine CO₂-Schuld. Der Bedarf am Rohstoff Holz sollte grundsätzlich und überall aus nachhaltiger Forstwirtschaft bezogen werden. Dabei wird jährlich nur so viel entnommen wie nachwächst.

Literatur

- BADER M.K.-F., LEUZINGER S., KEEL S.G., SIEGWOLF R.T.W., HAGEDORN F., SCHLEPPI P., KÖRNER C., (2013): Central European hardwood trees in a high-CO₂ future: synthesis of an 8-year forest canopy CO₂ enrichment project. *J Ecol* 101:1509–1519
- FATICHI S., LEUZINGER S., KÖRNER C., (2014): Moving beyond photosynthesis: from carbon source to sink-driven vegetation modeling. *New Phytol* 201:1086–1095
- KÖRNER C., (2006): Plant CO₂ responses: an issue of definition, time and resource supply. *New Phytol* 172:393–411
- KÖRNER C., (2009): Biologische Kohlenstoffsinken: Umsatz und Kapital nicht verwechseln! *GAI* 4:288–293
- KÖRNER C., (2012): Angebot oder Nachfrage: Was steuert das Pflanzenwachstum? *Biologie in unserer Zeit* 42:239–243
- KÖRNER C., (2013): Growth controls photosynthesis – mostly. *Nova Acta Leopoldina* 391:273–283
- KÖRNER C., BADER M., (2010): *Der Wald in einer CO₂-reichen Welt*. Lehrmittelverlag Kanton Solothurn, Solothurn
- SCHULZE E.D., KÖRNER C., (2012): Nettoprimärproduktion und Bioenergie. In: German National Academy of Sciences Leopoldina: Bioenergy – Chances and limits. Leopoldina, Halle (Saale) p. 90–101

Buchvorstellung

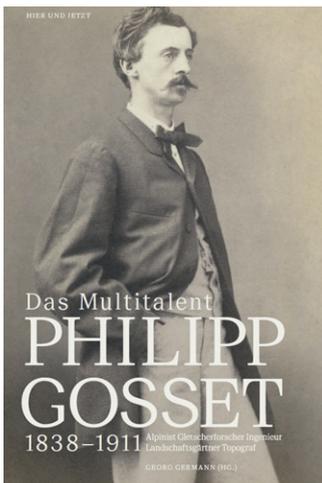
Das Multitalent Philipp Gosset 1838–1911

GEORG GERMANN, QUIRINUS REICHEN, MARTIN RICKENBACHER,
JÜRIG SCHWEIZER, STEFFEN OSOEGAWA

Die Naturforschende Gesellschaft in Bern NGBE unterstützt mit ihrem bescheidenen Vermögen Publikationen zu naturwissenschaftlichen Themen aus der Region Bern. Ein Projekt, welches von der NGBE Unterstützung erfuhr, ist die Biographie zu Philipp Gosset, einem Multitalent und Naturforscher wie er im Buche steht. Philipp Gosset war Berner, Vermessungs- und Brückeningenieur, Stadtplaner, Alpinist, Topograph, Gletscherforscher, wissenschaftlicher Zeichner, Fotograf, Übersetzer, «Baumschulist» und Gartentheoretiker.

Das aus Historikern, einem Ingenieur und einem Gartendenkmalpfleger zusammengesetzte Autorenteam rund um den Herausgeber und Mitautor Georg Germann beleuchtet in dem Buch die vielen Facetten Gossets; seine grossartigen Leistungen, seine nicht ganz einfachen Seiten und seine Konflikte mit verschiedenen Personen und Organisationen, schliesslich auch die dunklen Seiten rund um seine depressive Erkrankung.

Man merkt dem Buch die unterschiedliche Autorenschaft an – nicht alle Teile lesen sich gleich flüssig – eines haben aber alle Teile gemeinsam, sie sind sehr gut recherchiert und dokumentiert.



Verlag Hier und Jetzt, Baden, 2014

ISBN-10: 3-03919-309-0

EAN: 9783039193097

ISBN: 978-3-03919-309-7

Erhältlich ab ca. CHF 50.–



Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern

Abteilung Naturförderung, Bericht 2014

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Rückblick (Urs Käzig-Schoch)	144
1. Arten und Lebensräume (Franziska von Lerber)	145
1.1 Naturschutzgebiete.....	145
1.2 Umsetzung Bundesinventare	145
1.3 Erhalt und Förderung von Arten	146
2. Ökologischer Ausgleich und Verträge (Oliver Rutz)	146
2.1 Qualitätsstufe II und Vernetzung	146
2.2 Bewirtschaftungsverträge Naturschutz	147
3. Stellungnahmen und Beratung (Markus Graf, Kurt Rösti, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli)	147
3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen	147
4. Herausgepickt	149
4.1 Schaffung und Revisionen von Naturschutzgebieten (Franziska von Lerber, Urs Käzig-Schoch)	149
4.2 Artenförderung im Smaragdgebiet Oberaargau: Aufwertungen 2009–2014 (Christian Hedinger, UNA)	155
4.3 Massnahmen zum Amphibienschutz (Erwin Jörg)	157
4.4 Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Wissenbach West» (Thomas Leu)	160
4.5 Sanierung des Auslaufbauwerks im Hochmoor «Lörmooos» (Gemeinde Wohlen) (Thomas Leu)	161
4.6 Offenlegung Meiemoosbach/Röteligrabebach bei Burgdorf (Niels Werdenberg, BASLER & HOFMANN).....	163
4.7 Revitalisation de la Rouge Eau, étape finale (Olivier Bessire)	165
4.8 Ökologische Aufwertungen im Naturschutzgebiet «Wengimoos» (Felix Leiser, ALNUS)...	168
4.9 Ersatz der alten Schilfmähmaschine (Thomas Leu)	170
4.10 Landschaftsqualitätsbeiträge im Kanton Bern (Nathalie Gysel)	171
4.11 Das Inventar der Trockenstandorte im Wandel (Brigitte Holzer)	176
4.12 Botanische Qualität in Säumen auf Ackerflächen (Pascal Süsstrunk und Andreas Brönnimann)	183
4.13 Nach 100 Jahren zurück zur Natur: Vielfältige ökologische Massnahmen in Mühleberg (Heiko Zeh Weissmann, SIGMAPLAN)	185
5. Ausblick	192
5.1 Der Kanton Bern erhält ein Biodiversitätskonzept (Urs Käzig-Schoch).....	192
5.2 Abschied von den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern (Erwin Jörg).....	195
6. Zuständigkeiten und Fachkommissionen	197
6.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung (Erwin Jörg)	197
6.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch) (Kathrin Peter)	201
6.3 Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft (FKBL) (Florian Burkhalter).....	202

Einleitung und Rückblick

Ist man in kleinen Dingen nicht geduldig, bringt man die grossen Vorhaben zum Scheitern.

Konfuzius

Benchmarks sind en vogue ... Nach dem Berner Regierungsrat hat auch die Abteilung Naturförderung einen Benchmark durchführen lassen. Wir wollten wissen, wie es um die Biodiversität im Kanton Bern im Vergleich zur Gesamtschweiz steht. Dafür wurden die Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM CH) ausgewertet. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Entwicklung im Kanton Bern stimmt mit jener der Gesamtschweiz überein.
- Der Kanton Bern verfügt im Oberland über ausgewiesene «Biodiversitäts-Hotspots». Hier ist die durchschnittliche Artenvielfalt deutlich höher als in der übrigen Schweiz.
- Leider gibt es im Mittelland auch klare «Biodiversitäts-Coldspots». Hier ist die durchschnittliche Artenvielfalt deutlich tiefer als in der übrigen Schweiz.

Der Vergleich zeigt: Der Kanton Bern steht bei der Biodiversität insgesamt nicht schlechter da, als die Gesamtschweiz. Es besteht jedoch ausgewiesener Handlungsbedarf mit regional unterschiedlichen Prioritäten.

Diese Ergebnisse sind für die Abteilung Naturförderung nicht wirklich überraschend. Sie bestätigen die eigenen Beobachtungen. Wir können deshalb mit unserem bereits früher geschnürten Massnahmenbündel weiterfahren: Es gilt weiterhin – immer im Rahmen der zur Verfügung gestellten Mittel – die vorhandenen Naturwerte bestmöglich zu erhalten und diese in Defiziträumen aufzuwerten oder gezielt auch neue Werte zu schaffen. Für beides hat der Kanton Bern als grosser und naturräumlich vielfältiger Kanton eine gesamtschweizerische Verantwortung. Dafür braucht es die konstruktive, lösungsorientierte Zusammenarbeit und Kompromissbereitschaft vieler privater und staatlicher Akteure mit unterschiedlichsten Interessen und Aufgaben.

Dass die Abteilung Naturförderung trotz des herausfordernden Umfeldes Jahr für Jahr kleinere und manchmal auch grössere Erfolge vorweisen kann, ist dem grossen, keineswegs selbstverständlichen Engagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu verdanken. Dieses kommt ganz speziell auch dann zu tragen, wenn langjährige Mitarbeitende frühzeitig in Pension gehen oder Fachspezialisten eine neue Herausforderung suchen. Die entstehenden fachlichen und personellen Lücken können nur dank einem Sondereinsatz abgedämpft werden.

Mit Markus Graf, Ruedi Keller und Lorenz Ruth haben 2014 drei kompetente und geschätzte Arbeitskollegen die Abteilung Naturförderung verlassen. Fabian Mey-

er (neuer Fachbereichsleiter Stellungnahmen und Beratung), Dominique Hinder-
mann (Wissenschaftlicher Mitarbeiter mit Schwerpunkt Oberland), Bernhard
Stöckli (GIS-Verantwortlicher, auf zwei Jahre befristete Anstellung zu 40%) und
Nathalie Gysel (Sachbearbeiterin Landschaftsqualität, auf zwei Jahre befristete
Anstellung zu 40%) treten in ihre Fusstapfen. Den «Alten» und den «Neuen»
wünschen wir weiterhin alles Gute – und auf bald!

Urs Känzig-Schoch

1. Arten und Lebensräume

1.1 Naturschutzgebiete

Im Jahr 2014 wurden 3 Naturschutzgebiete neu geschaffen oder revidiert. Im
Kapitel 4.1 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 ANF
einen Überblick zum Vollzugsstand der Hochmoor-, Auen- und Amphibienlaich-
gebiets-Inventare. Die Inventare der Flachmoore und der Trockenwiesen und -wei-
den werden über Bewirtschaftungsverträge abgewickelt. Weitere Informationen
dazu sind dem Kapitel 2.2 zu entnehmen.

Inventar	Anzahl Objekte	Umsetzung vollzogen	Umsetzung teilweise vollzogen	Umsetzung pendent
Hochmoore von nationaler Bedeutung	103	89	7	7
Auengebiete von nationaler Bedeutung	49	24	3	22
Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	106	66	24	16

Table 1: Umsetzungsstand der Bundesinventare Ende 2014.

1.3 Erhalt und Förderung von Arten

Zugunsten von gefährdeten Arten wurde auch im Jahr 2014 eine grosse Anzahl von kleineren oder grösseren Projekten bearbeitet. Die ca. 60 Projekte umfassen Massnahmen zugunsten von Blütenpflanzen, Moosen, Flechten, Fledermäusen, Spitzmäusen, Schmetterlingen, Reptilien und Amphibien.

Franziska von Lerber

2. Ökologischer Ausgleich und Verträge

2.1 Qualitätsstufe II und Vernetzung

Im Jahr 2014 wurden 10,6 Mio. Franken Beiträge für Biodiversitätsförderflächen (BFF) und Bäume mit Qualitätsstufe II ausbezahlt (5257 ha Flächen und 161 866 Hochstammfeldobstbäume) sowie 19,5 Mio. Franken Vernetzungsbeiträge (21 182 ha Flächen und 373 625 Hochstammfeldobst- und andere einheimische Bäume). Ein Baum wird dabei als eine Are gezählt.

Die Fläche der Biodiversitätsförderflächen mit Qualitätsstufe II (ohne Naturschutzflächen) konnte gegenüber dem Vorjahr um über 1000 ha auf 6876 ha erhöht werden. Dies entspricht einem Anteil von ca. 3,7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Knapp 13,4% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche sind als Vernetzungsflächen (inklusive Bäume) 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 bereitet werden (keine Silage).
- In den unteren Zonen (Talzone bis Bergzone II) ist bei jedem Schnitt ein 5–10 % grosser Rückzugstreifen stehen zu lassen.

Die ausbezahlten Beiträge für die Qualitätsstufe II und Vernetzung haben im Kanton Bern im 2014 die ausbezahlten Beiträge für die Qualitätsstufe I um 3 Mio. Franken überstiegen (30,1 Mio. Franken QII und Vernetzung gegenüber 27,1 Mio. Franken für QI). 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	974	5 105	3 967 451
Trockenstandorte	1 323	4 772	4 225 259
Verträge in Naturschutzgebieten	248	1 013	387 272
Verträge Artenschutz	194	179	138 911
Verträge Smaragd	66	188	61 128
Total	2 805	11 449	8 780 021

Tabelle 2: Stand des Vollzuges mit Bewirtschaftungsverträgen per Ende 2014.

Oliver Rutz

3. Stellungnahmen und Beratung

3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen

Die Abteilung Naturförderung hat ihre Stellungnahme zu 951 (2013: 884) naturschutzrelevanten Vorhaben abgegeben (Abb. 1), u.a.

- 25 (16) Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorstösse, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare
- 33 (42) Biotop- und Artenschutz
- 87 (81) Vorhaben in Naturschutzgebieten
- 49 (65) Detail-, Orts- und Regionalplanungen, Planungskonzepte
- 32 (19) Meliorationen und Entwässerungen
- 41 (31) Rohstoffgewinnung, Auffüllungen und Deponien
- 7 (6) Rodungen und Aufforstungen
- 111 (95) Gewässerverbauungen inkl. Bewilligungen betr. Ufervegetation
- 43 (49) Kraftwerkanlagen
- 46 (42) Starkstrom- und Telefonleitungen, Kabel, Gasleitungen
- 49 (45) Wasser- und Abwasserleitungen
- 168 (140) Strassen, Brücken, Wege
- 40 (33) Bahnen
- 146 (149) Übrige Bauten, Baugesuche
- 12 (8) Militärische Anlagen, Flugplätze
- 30 (32) Seilbahnen und Skilifte, Skipisten, Pistenbeschneigungen
- 31 (24) Sportanlagen, Veranstaltungen
- 1 (7) Anlagen für Boote

In der Natur gibt es weder Belohnungen noch Strafen. Es gibt Folgen.

Robert Green Ingersoll

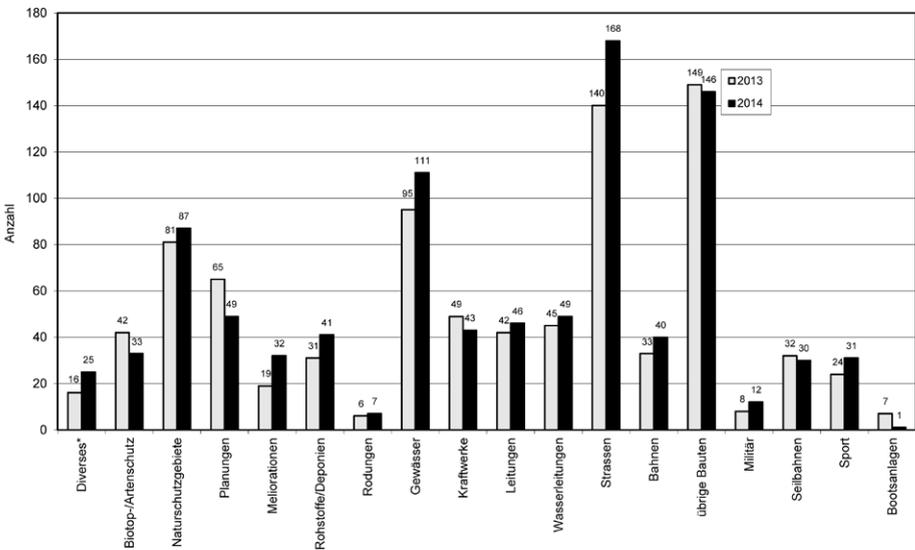


Abbildung 1: Vergleich Anzahl/Kategorien Mitberichtsgeschäfte 2013 und 2014.

* Diverses: Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorlagen, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare.

Der Bereich Stellungnahmen & Beratung hat zu 818 (2013: 774) Planungen und Bauprojekten ausserhalb der kantonalen Naturschutzgebiete Fachberichte erstellt. Wegen mangelhafter Grundlagen mussten der Bauherrschaft 69 (54) Dossiers zur Überarbeitung zurückgewiesen werden. Zu 295 (247) Projekten konnte mit besonderen und zu 508 (506) ohne zusätzliche ökologische Auflagen eine positive Stellungnahme verfasst werden. Die eingereichten Projekte hätten 756 (708) schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen oder Objekte gemäss Art. 18 Abs. 1^{bis} des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz erheblich beeinträchtigt

Anzahl		%		Betroffene schutzwürdige naturnahe Lebensräume
2014	2013	2014	2013	
255	255	34	36	Ufer, Gewässer (Fließ- und Stehgewässer, Quellen)
32	39	4	5	Hoch- und Flachmoore, Feuchtgebiete
37	26	5	4	Trockenstandorte
168	164	22	23	Wälder, Waldränder
204	177	27	25	Hecken, Feld-, Ufergehölze, Bäume, Obstgärten
36	33	5	5	Alpine Rasen, Zwergstrachheiden, Geröllhalden
24	14	3	2	Trockenmauern, Lesesteinhaufen, Ruderalflächen
756	708	100	100	Total

Tabelle 3: Anzahl schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen, welche von 756 Vorhaben (2013: 708) betroffen waren (ohne Naturschutzgebiete).

(Tab. 3). 42 (21) Vorhaben hätten Lebensräume von nationaler Bedeutung und 58 (51) solche von regionaler Bedeutung wesentlich geschmälert. Bestände von geschützten Pflanzen wären durch 87 (66) und solche von geschützten Tieren durch 50 (51) geplante Vorhaben negativ verändert worden.

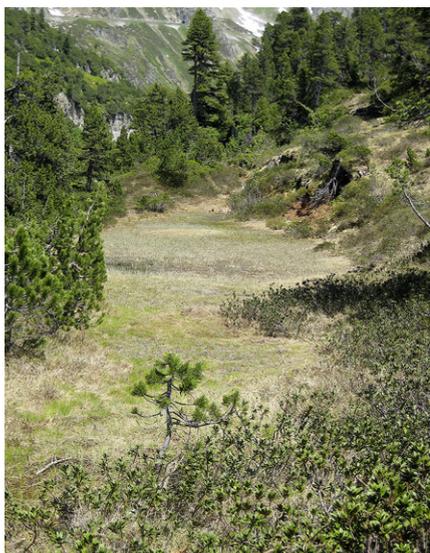
Markus Graf, Kurt Rösti, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli

4. Herausgepickt

4.1 Schaffung und Revisionen von Naturschutzgebieten

4.1.1 Neues Naturschutzgebiet «In Miseren-Seeboden»

In der Gemeinde Innertkirchen befinden sich die Moorlandschaft «Steingletscher» und das Hochmoor «In Miseren». Die Moorlandschaft umfasst den steilen Hang zwischen Steinsee und Taleggligrat, der von Gletschern stark bearbeitet wurde. Der besondere Wert dieser Moorlandschaft ist der Reichtum an eiszeitlichen Elementen und vielfältigen Moorflächen. Die zahlreichen Wasserflächen haben unterschiedliche Verlandungsstadien. Einige Gewässer besitzen lediglich schmale Verlandungsstreifen, im Gegensatz dazu sind im Gebiet «In Miseren» die Mulden teilweise ganz zugewachsen. Die Gewässer werden von Schwinggrasen mit Schlamm- und Schnabelseggen umgeben. Das vermoorte Flusstäli des Steinwassers mit dem daran angrenzenden wilden Rundhöckergebiet «In Miseren» ist einzigartig.



Im Oktober 2014 wurde das Gebiet durch den Volkswirtschaftsdirektor unter Schutz gestellt. Das neue Naturschutzgebiet umfasst eine Fläche von rund 150 ha. Die Fläche der stärker geschützten Zone A mit einem Betretverbot beträgt ca. 82 ha.

Franziska von Lerber

Abbildung 2: Teilweise zugewachsene Mulden im Gebiet «In Miseren». (Foto: Gwen Bessire)

4.1.2 Neues Naturschutzgebiet «Engstligenauen»

Gemeinde: Frutigen
 Schutzobjekt: Nr. 78 des Bundesinventars der Auen von nationaler Bedeutung
 Fläche: ca. 128 ha

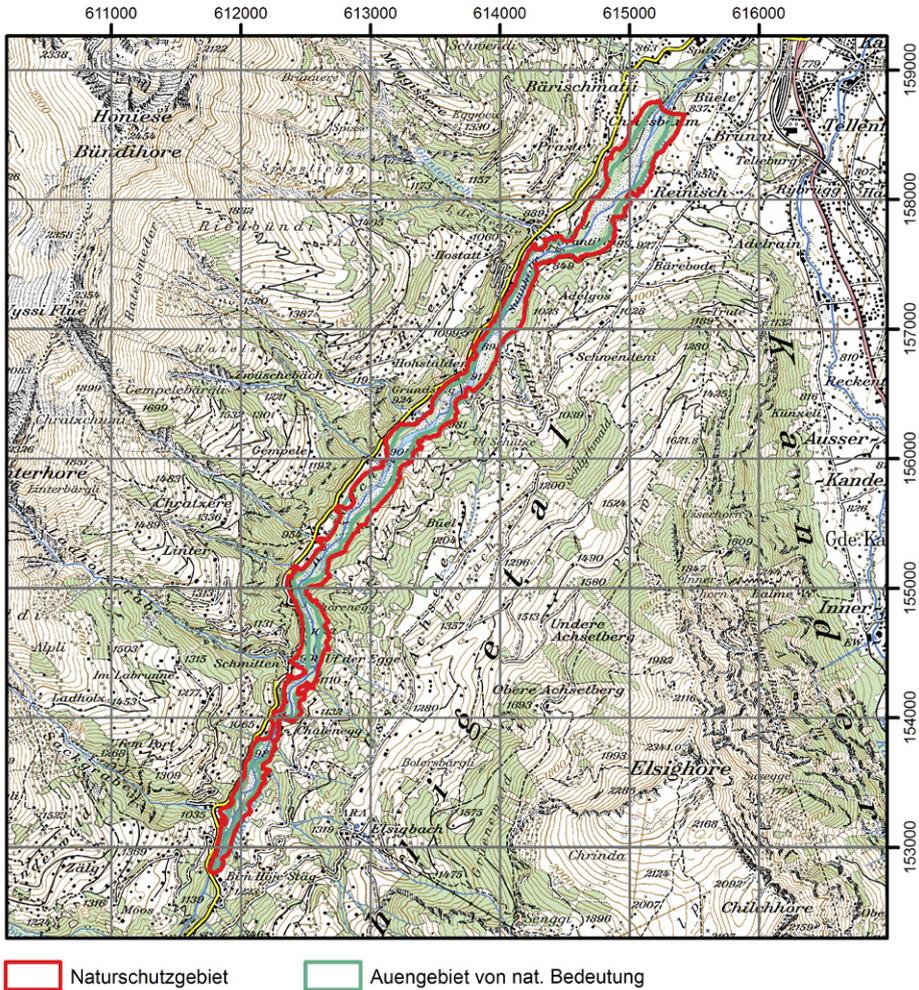


Abbildung 3: Perimeter des Naturschutzgebietes «Engstligenauen». Kartengrundlage: digitale Landeskarte pk50k. Der Naturschutzgebietsperimeter weicht vom Auenperimeter ab, da bei der Unterschutzstellung zum Teil Puffergebiete hinzugenommen wurden und die Grenzziehung parzellenscharf erfolgen musste. Quelle: Bundesamt für Landestopografie. (Plan: Yvonne Stampfli)

Charakteristik

Die Engstligenaue liegt oberhalb des Dorfes Frutigen. Sie verläuft beidseits der Engstlige vom Hölje Stäg bis Grassi. Der weitgehend unverbaute Gebirgsfluss weist mit Kies- und Sandbänken, Weich- und Hartholzauen naturschützerisch wertvolle, gesamtschweizerisch selten gewordene Lebensräume auf. Auentypische, gefährdete Arten wie der Flussuferläufer sind hier noch anzutreffen. Diese Auenlebensräume werden durch die angrenzenden naturnahen Hangwälder und Zuflüsse zweckmässig ergänzt und bilden ein naturschützerisch äusserst wertvolles Lebensraumosaik.

Zustand

Die «Engstligenauen» sind über weite Strecken nicht oder nur wenig beeinträchtigt. Die wasserbaulichen Eingriffe beschränken sich auf wenige Abschnitte.



Abbildung 4: In den «Engstligenauen» funktioniert die Flussdynamik noch weitgehend.
(Foto: IMPULS, Thun)

Massnahmen

Die wichtigste Massnahme ist die Unterschutzstellung des Gebietes. So wird sichergestellt, dass keine neuen baulichen Eingriffe im Auengebiet von nationaler Bedeutung vorgenommen werden können, die das Schutzziel gemäss Auenverordnung des Bundes in Frage stellen. Auch die übrigen Nutzungen müssen zwingend schutzzielverträglich sein.

Vorbehalten bleiben bauliche Massnahmen zur Sicherung der Kantonsstrasse Frutigen–Adelboden. Diese müssen jedoch unter grösstmöglicher Schonung des Auengebietes erfolgen. Noch unklar sind Auswirkungen der Energiestrategie 2050 des Bundes. Neu sollen auch in Bundesinventarobjekten Kraftwerke möglich sein. Die Rahmenbedingungen sind jedoch noch unbekannt. Im Juni 2014 wurde das Gebiet durch den Volkswirtschaftsdirektor unter Schutz gestellt.

Urs Känzig-Schoch

4.1.3 Revision Naturschutzgebiet «Engstlensee-Jungibäche-Achtelsass»

Gemeinde: Innertkirchen
 Schutzobjekt: Auengebiet von regionaler Bedeutung
 Fläche: ca. 1215 ha

Charakteristik

Der Engstlensee ist einer der grössten Bergseen im Berner Oberland. Er liegt am oberen Ende des Gental westlich des Titlis. Der von imposanten Kalkbergen umgebene Talkessel entwässert via Gental- und Gadmenwasser in die Aare. Aufgrund der

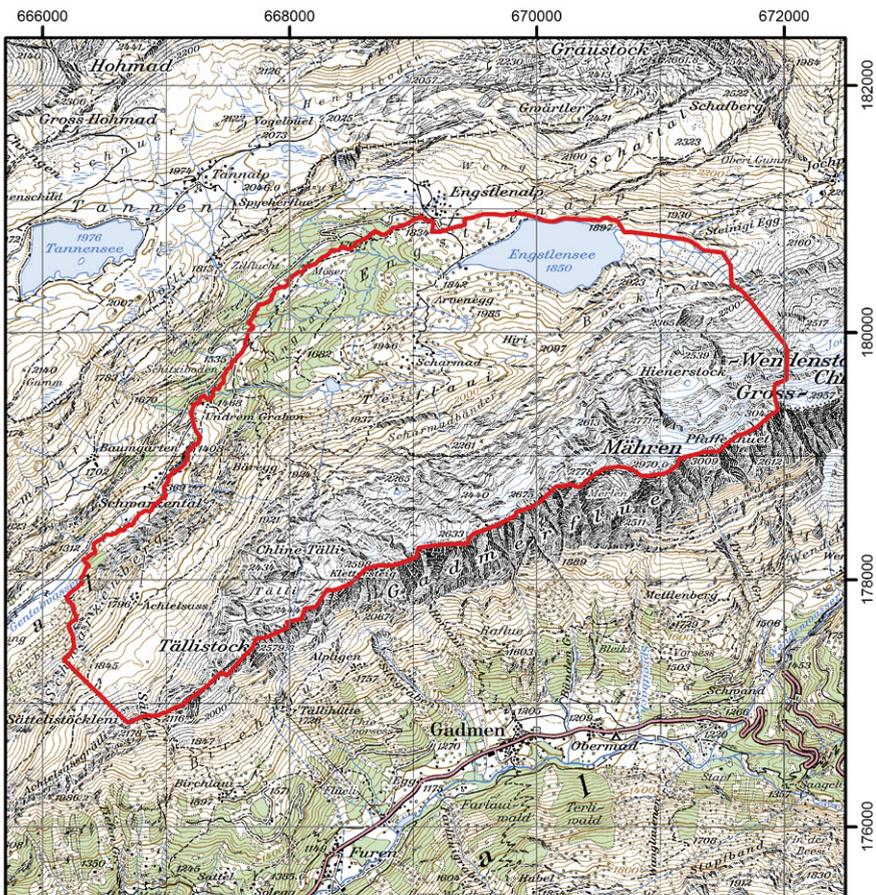


Abbildung 5: Perimeter des Naturschutzgebietes «Engstlensee-Jungibäche-Achtelsass». Kartengrundlage: digitale Landeskarte pk50k. Quelle: Bundesamt für Landestopografie. (Plan: Yvonne Stampfli)

reichhaltigen Tier- und Pflanzenwelt sowie der landschaftlichen Schönheit steht das Gebiet seit 1973 unter Naturschutz (RRB 3357 vom 26.09.1973 und RRB 1511 vom 31.03.1987). Im Vortrag der Forstdirektion an den Regierungsrat wurde die Unterschutzstellung mit der Erschliessung der Engstlenalp (im Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung und des Sesselbahnprojektes Jochpass) und dem damit einhergehenden zunehmenden Besucherstrom im Gebiet der Engstlenalp begründet.

Das Tal wird seit langem alpwirtschaftlich genutzt. Aktuell hat die Alp rund 223 verfügte Normalstösse. Die Nährstoffbilanz ist jedoch nicht ausgeglichen, wie die teilweise ausgedehnten Lägerfluren zeigen. Die Alpschaft ist mit viel Aufwand und Engagement bemüht, diese in produktivere und artenreichere Bestände zurückzuführen. Es wurde abgeklärt, wie das vorhandene Nährstoffüberangebot (Mist, Jauche, Schotte) reduziert werden kann. Das zentrale Instrument ist der Bewirtschaftungsplan, welcher die vertretbare Anzahl Normalstösse festlegt und so auch Einfluss auf die Sömmerungsbeiträge haben kann. Ziel dieser Bemühungen ist die Sicherstellung einer auch langfristig nachhaltigen alpwirtschaftlichen Nutzung, welche der Biodiversität angemessen Rechnung trägt.

Ebenfalls seit langem gibt es eine touristische Nutzung. Diese ist aufgrund der relativen Abgeschiedenheit des Gebiets, der häufigen Lawinengefährdung im Winter und des begrenzten Angebots bisher eher bescheiden. Im Sommerhalbjahr sind vor allem Wanderer und Mountainbiker anzutreffen, im Winter vor allem Skitourenfahrer und Schneeschuhläufer. Der 1974 eröffnete Sessellift zum Jochpass wurde ursprünglich wohl hauptsächlich für den Sommertourismus gebaut. Heute wird er primär im Winter als Teil des Skigebietes Engelberg genutzt. Seit einigen Jahren nimmt der Ausflugstourismus jedoch zu und es werden neu grössere Veranstaltungen organisiert (z.B. Schwingfest). Auch wurden diverse bestehende Gebäude erweitert, umgebaut oder umgenutzt sowie neue erstellt. Der touristische Nutzungsdruck auf Natur und Landschaft nimmt insgesamt zu. Ein Teil des Seeabflusses wird heute von den Kraftwerken Oberhasli KWO abgeleitet und für die Stromproduktion genutzt. Der See hat seinen naturnahen Charakter jedoch bewahrt.

Zustand

Wie skizziert, gibt es bei der alpwirtschaftlichen Nutzung der Engstlenalp ungelöste Probleme und der touristische Nutzungsdruck auf das Gebiet nimmt zu. Diese Entwicklungen können die vorhandenen hohen Natur- und Landschaftswerte und so das «touristische Kapital» gefährden. Die Gemeinde Innertkirchen regelt deshalb im Rahmen ihres raumplanerischen Auftrags gemäss kantonalem Baugesetz neu im Teilzonenplan «Engstlenalp» Art und Grad der Nutzung. Die Abteilung Naturförderung ihrerseits passte den bald 40-jährigen Schutzbeschluss und Schutzgebietsplan den heutigen Rahmenbedingungen an. Die beiden Verfahren wurden inhaltlich und terminlich koordiniert.



Abbildung 6: Der malerische Engstlensee ist ein zentraler Teil des Naturschutzgebietes.
(Foto: Urs Känzig-Schoch)

Massnahmen

Im Rahmen der Revision wurden Schutzbestimmungen angepasst und der Perimeter deutlich vergrössert. Die wichtigsten Änderungen sind:

- Im Naturschutzgebiet gibt es bedeutende Wintereinstandsgebiete und Balzplätze gefährdeter Arten (z.B. Schneehuhn, Birkhuhn). Regelmässige Störungen gefährden Überleben, Fortpflanzung und Bruterfolg. Deshalb wurde für einen Teil des Schutzgebietes ein zeitlich begrenztes Wegegebot (Wildruhegebiet) erlassen. Im Winter ist zum Wildruhegebiet am südlichen Engstlensee-Ufer ein Minimalabstand von 150 Metern einzuhalten.
- Am östlichen Rand des Engstlensees liegt ein Auengebiet von regionaler Bedeutung. Dieses wurde neu in das Naturschutzgebiet integriert. Das BAFU beabsichtigt dieses Gebiet neu ins Bundesinventar der Auen von nationaler Bedeutung aufzunehmen.
- Bewirtschaftung der Alp gemäss Bewirtschaftungsplan. Dieser gewährleistet eine ausgeglichene Nährstoffbilanz. So kann die futterbauliche Qualität der Weiden verbessert und die Artenvielfalt erhöht werden.
- Im Dezember 2012 hat der Volkswirtschaftsdirektor die Revision mit einem neuen Schutzbeschluss besiegelt. Die zwei hierzu eingegangenen Einsprachen wurden mit Bundesgerichtsentscheid vom 20. August 2014 abgewiesen.

4.2 Artenförderung im Smaragdgebiet Oberaargau: Aufwertungen 2009–2014

Als 2003 ein paar WWF-Enthusiasten zusammentrafen, konnten sie nicht im Traum erahnen, welch grosses Projekt sich einmal aus ihrer Initiative als Freiwillige entwickeln sollte. Es brauchte denn auch gut 5 Jahre Sensibilisierung, Partizipation, Exkursionen und Vorprojekte, bis die ersten Aufwertungen stattfanden. Der Verein Smaragdgebiet Oberaargau bildet heute die Trägerschaft, welche in den letzten 6 Jahren für 1,5 Mio. Franken Aufwertungen für die seltenen und europaweit bedrohten Tiere und Pflanzen rund um Langenthal umsetzte.

Was ist ein Smaragdgebiet?

Mit der Ratifizierung der Berner Konvention 1982 verpflichtete sich die Schweiz, europäisch besonders wertvolle Lebensräume und Arten zu schützen. Europaweit werden Gebiete im Smaragd-Netzwerk zusammengefasst. Dabei kann eine Pflanzen- oder Tierart in der Schweiz durchaus häufig vorkommen, europaweit jedoch als gefährdet gelten. Derzeit sind 37 schweizerische Gebiete als Teil des Smaragd-Netzwerks vom Europarat anerkannt. Das grösste darunter ist das Smaragdgebiet Oberaargau. In der EU nennt sich das Netzwerk NATURA 2000 und verfügt, im Gegensatz zur Schweiz, über eine gesetzliche Verankerung.

Ziel des Aufwertungsprojektes

Die finanzielle Triebfeder des Projektes kam aus dem Bundesamt für Landwirtschaft: Im Rahmen eines Ressourcenprojektes (Art. 77 Landwirtschaftsgesetz) sind 42 % finanziert. Deshalb sind die Zielarten für die Aufwertung vorwiegend im Verantwortungsbereich der Landwirtschaft zu finden.

Mit einem Bündel von Massnahmen sollen 17 europaweit gefährdete Arten in ihren Populationen so gefördert werden, dass ihr langfristiges Überleben gewährleistet ist.

Zusammenarbeit von Landwirtschaft und Naturschutz über 4 Kantone

Der Perimeter des Smaragdgebiets Oberaargau erstreckt sich über 19 Gemeinden in den vier Kantonen BE, SO, AG, LU, wobei der Löwenanteil im Kanton Bern liegt. Im Vorstand des Trägervereins wie auch bei den Aufwertungen haben neben Naturschutz und Landwirtschaft auch Wasserbau, Waldwirtschaft, Wildhut und viele weitere Institutionen Hand in Hand zusammengearbeitet. Nur so konnten die Landwirte und die Waldbesitzer Vertrauen ins Projekt fassen. Heute haben 92 Landwirtschaftsbetriebe einen Smaragdvertrag für die zielgerichtete Bewirtschaftung von naturnahen Elementen.

Aufwertungen in der Übersicht

In den 6 Aufwertungsjahren sind 328 Massnahmen zugunsten der gefährdeten Tiere und Pflanzen umgesetzt worden:

- Biber: 11 ha Pufferstreifen und 1 ha Weidenkulturen zur Schadensprävention
- Helm-Azurjungfer: Libellengerechter Unterhalt der Gewässersohle durch alle 5 betroffenen Gemeinden, 10 ha spezifisch gepflegte Pufferstreifen an den Wiesengraben
- Kammolch, Geburtshelferkröte, Gelbbauchunke: rund 70 neue Gewässer inkl. Landlebensräume
- Turmfalke, Schleiereule: 42 Landwirtschaftsbetriebe mit Nistkasten und entsprechenden Strukturelementen
- Gartenrotschwanz: 32 Landwirtschaftsbetriebe mit Nistkasten im Obstgarten und spezifisch gepflegten Strukturelementen
- Feldlerche: 27 kombinierte Einheiten von Biodiversitätsförderflächen und Lerchenfenstern im Ackerbau
- 3 seltene Smaragdpflanzen (Wildreis, Straussblütiger Gilbweiderich und Pfeilkraut): 32 Auspflanzungsstandorte mit Pflegevertrag
- Stützbesatz von Fischen (Strömer, Schneider) und Dohlenkrebs
- Infokampagnen zum Dohlenkrebs, Güllensicherheit, Biber
- 45 Infotafeln und ein Strauss von Massnahmen der Begleitkommunikation

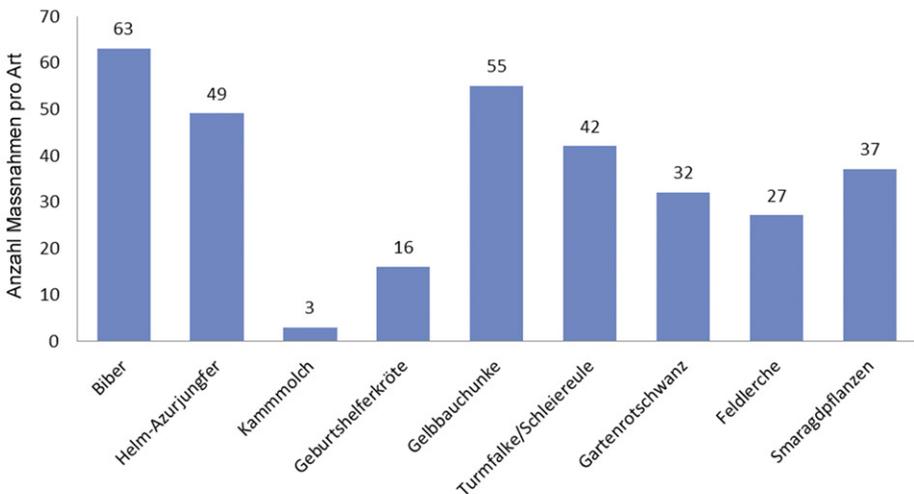


Abbildung 7: Anzahl Massnahmen für die prioritären Förderarten. Zu den Smaragdpflanzen gehören der Wildreis, der Straussblütige Gilbweiderich und das Pfeilkraut.

Wie weit wir uns bereits von der Natur entfernt haben, beweist auch die Tatsache, dass wir bereits vieles instinktiv falsch machen.

Ernst Ferstl

Erfahrungen und neue Smaragdprojekte

Der Trägerverein hat sich mit seiner breiten Abstützung als Plattform für eine integrale Artenförderung bewährt, auch wenn 6 Jahre knapp sind um derart viele Massnahmen umzusetzen. Alle Verträge im Kanton Bern können dank der schon frühzeitig eingefädelt Integration ins Beitragswesen nahtlos von der ANF übernommen und weitergeführt werden. 2014 konnten über diese Weiterführung der Massnahmen hinaus neue Projekte im Smaragdgebiet Oberaargau lanciert werden:

Ein 2014 gestartetes Forschungsprojekt entwickelt im Rahmen des Pilotprogramms «Anpassung an den Klimawandel» einen Notfall- und Massnahmenplan für Trockenperioden. Zusammen mit allen Akteuren ist die Balance zwischen Wasserentnahme aus den Fliessgewässern für die Produktion und Erhaltung der gewässerabhängigen Biodiversität gesucht.

Ein vom Bundesamt für Landwirtschaft unterstütztes Projekt zeigt bis Ende 2015 auf, wie das Konzept «Umweltziele Landwirtschaft» des Bundes konkret im Smaragdgebiet für den Sektor Biodiversität erreicht werden kann.

Vom Bundesamt für Umwelt wird das Projekt eines Pilot-Managementplans unterstützt. Dieser Plan soll zeigen, wie die Umsetzung in einem Smaragdgebiet nach europäischem Vorbild gelingt.

Christian Hedinger, UNA

4.3 Massnahmen zum Amphibienschutz

Mit verschiedenen Projekten hat die ANF im 2014 Schutzmassnahmen zu Gunsten von Amphibien realisiert. Während 30 Projekte eigens der Förderung von Amphibien dienten, können die Amphibien oft auch indirekt von allgemeinen Pflege- und Aufwertungsmassnahmen in den Schutzgebieten profitieren. Insgesamt hat man für diese Tiergruppe im Jahr 2014 knapp 250 000 Franken investiert. Davon wurden 14 000 Franken für Monitoring- und Erfolgskontrolle-Projekte verwendet. Der grosse Rest floss in bauliche Aufwertungsmassnahmen, was zahlreichen kleingewerblichen Firmen ermöglichte, Aufträge im Dienst des Amphibienschutzes auszuführen. Mit diesen Projekten hat man insbesondere die stark bedrohten Arten Kreuzkröte, Geburtshelferkröte, Gelbbauchunke, Laubfrosch, Kammmolch und Teichmolch unterstützt.

Nachfolgend werden ein paar Projekte exemplarisch anhand einer kleinen Fotodokumentation vorgestellt.

In der Natur ist kein Irrtum, sondern wisse, der Irrtum ist in dir.

Leonardo da Vinci



Abbildung 8: Im Naturschutzgebiet «Chnuchelgrube» östlich von Lyss hat man zahlreiche Tümpel für die Gelbbauchunke neu angelegt und ältere saniert. Damit Tümpel der Gelbbauchunke als Laichgewässer dienen können, müssen sie flach und vegetationslos sein. (Foto: Heinz Garo)



Abbildung 9: In diesem beinahe verlandeten Waldweiher bei Bärswil wurde der Schlamm abgegraben, damit die Geburtshelferkröte wieder ungehindert ihre Larven ins Wasser absetzen kann. (Foto: Thomas Leu)



Abbildung 10: Auch diese Teiche im Naturschutzgebiet «Fanel» wurden abgeschürft und von der Vegetation befreit. Nun hat der Teichmolch wieder genügend Lebensraum. (Foto: Olivier Bessire)



Abbildung 11: Das Kreuzkrötengewässer «Fischermätteli» bei Burgdorf wurde ausgemäht und teilweise von der Vegetation gesäubert. (Foto: Petra Graf)

Erwin Jörg

4.4 Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Wissenbach West»



Abbildung 12: Einbau der Spundwände aus Hart-PVC. (Foto: Thomas Leu)

Das Hochmoor «Wissenbach West» befindet sich in der Gemeinde Rüscheegg auf rund 1200 m ü.M. Dieses Hanghochmoor ist aufgrund seiner grossen zusammenhängenden Hochmoorvegetation das bedeutendste Hochmoorobjekt im Gurnigelgebiet. Bei der Inventarisierung der Berner Hochmoore in den 1980er Jahren zeugten eine Torfhütte im Zentrum des Moores, verrostetes Gleismaterial und Lorenwagen sowie Torfstichkanten vom ehemaligen Torfabbau. Laut Aussagen eines benachbarten Bewirtschafters wurde der Torfabbau aber nie rationell und grossflächig betrieben, sondern blieb nur eine Nebenbeschäftigung eines Einzelnen, der seine Tätigkeit bald einmal aufgab. Die bis zu ein Meter tiefen Drainagegräben, die das ganze Hochmoor zerschnitten, waren also nicht allein dem Torfabbau zuzuschreiben. Vielmehr wurde die Moorfläche lange Zeit zur Streuegewinnung genutzt und musste zu diesem Zweck mittels eines Netzes von Drainagegräben entwässert werden. Nach Aufgabe der Streuegenutzung kam es aufgrund des abgesenkten Wasserspiegels zu einer starken Verheidung der Moorfläche. 1993 wurden erste Anstrengungen unternommen den Einfluss einzelner Drainagegräben aufzuheben und das Moor in einen ursprünglichen Zustand zurückzuführen. Zehn Schüler der OBERSCHULE GAMBACH erstellten damals in einer

«Aktionswoche Moorschutz» von Hand zahlreiche Sperren aus Rundhölzern, Brettern und Torf. Damit die Massnahmen zur Wiedervernässung im Hochmoor «Wissenbach West» abgeschlossen werden konnten, gab die ANF 2011 dem Büro NATURPLAN den Auftrag zu einer umfassenden Grundlagueerhebung und anschliessender Massnahmenplanung. 2014 konnten dann die projektierten Massnahmen realisiert werden. An 41 Standorten wurden bestehende Gräben mit Spundwänden aus Hart-PVC verschlossen. Diese wurden so angeordnet, dass das oberflächlich abfliessende Moorwasser einen möglichst langen Weg über die Moorfläche zurücklegen muss und nicht wie bis anhin über Gräben unmittelbar dem Wasserhaushalt des Moores entzogen wird. Durch den Rückstauereffekt der Sperren und das Ableiten des Moorwassers über eine möglichst grosse Oberfläche werden das Durchsickern und damit eine Vernässung der obersten Torfschicht und der Vegetationsdecke erreicht. Ob mit den getroffenen Massnahmen die Grundlage für die natürliche Regeneration der Moorfläche gelegt werden konnte, wird mit anschliessenden Erfolgskontrollen überprüft.

Thomas Leu

4.5 Sanierung des Auslaufbauwerks im Hochmoor «Lörmoos» (Gemeinde Wohlen)



Damit das Hochmoor «Lörmoos» im 18. Jahrhundert abgetorft werden konnte, musste die Geländesenke in welcher sich das Moor befindet, zuerst entwässert werden. Dies geschah durch den Bau einer 300 m langen Leitung, welche das Moorwasser in Richtung Herrenschwanden ableitete. Diese Ableitung, eine sogenannte «Sandsteinakte» bestand aus handgefertigten Sandsteinelementen, welche auf Eichenbrettern verlegt wurden. Da die Akte bis zu 6 m tief in den Boden verlegt werden musste, bedeutete deren Erstellung zur damaligen Zeit einen beachtlichen Aufwand.

Abbildung 13: Unterster Abschnitt der alten Sandsteinakte. (Foto: Thomas Leu)

Nach den im Herbst 2012 durchgeführten Regegenerationsmassnahmen im Hochmoorkörper (Leu, 2013) musste das Auslaufbauwerk, bestehend aus Sickerschacht und Sandsteinakte, soweit optimiert werden, dass das «Lörmoo» bei einem grösseren Niederschlagsereignis nicht mehr mit kalk- bzw. nährstoffreichem Randwasser überstaut werden konnte. Eine Überprüfung der rund 270-jährigen Sandsteinakte ergab unter anderem, dass die Eichenbretter, auf denen die einzelnen Sandsteinelemente verlegt wurden, verrottet waren. Die Elemente wurden dadurch teilweise unterspült und gegeneinander verschoben. Es war offensichtlich, dass diese Wasserableitung eines Tages durch einen Einbruch oder einen Verschluss mit angeschwemmtem Material ihre Funktion verlieren würde. Eine solche Situation hätte unweigerlich zu einer längeren Überflutung der Moorfläche geführt, mit unter Umständen gravierenden Auswirkungen auf die spezifische Flora und Fauna des Hochmoores. Die ANF hat sich daher entschieden, dieses Risiko zu entschärfen und die Leitung zu ersetzen. Mit dem Ersatz der Leitung und dem Einbau eines Einlaufschachtes sollte zudem die Abflusskapazität des Auslaufbauwerks gesteigert und so temporäre Überstauungen der Moorfläche mit nährstoffreichem Randwasser verhindert werden.

Im September 2014 konnte mit der Firma ZEMP im Spühlbohrverfahren parallel zur alten Leitung eine Druckwasserleitung eingezogen und an den bereits im März 2013 eingebauten Einlaufschacht angeschlossen werden.



Abbildung 14: Zielgrube der Ersatzleitung nach Abschluss der Pilotbohrung. Im Hintergrund befindet sich das «Lörmoo». (Foto: Thomas Leu)

Mit der Sanierung des Auslaufbauwerks konnten die Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Lörmoo» abgeschlossen werden. Eine Erfolgskontrolle soll zeigen, ob die Massnahmen den Hochmoorkern vor den unerwünschten Einflüssen des randlich aufstossenden nährstoffreichen Grundwassers schützen können. Sollte dies der Fall sein, wird sich auf bisher nährstoffgeprägten Flächen wieder Hochmoorvegetation ausbreiten können.

Literatur

LEU, T. (2013): Regenerationsmassnahmen im Hochmoor «Lörmoo». Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, N.F. 70, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Abteilung Naturförderung, Bericht 2012: 151–154.

Thomas Leu

4.6 Offenlegung Meiemoosbach/Röteliggrabebach bei Burgdorf



Projektbeschreibung

Die im Wald verlaufende, sanierungsbedürftige Bachleitung des Meiemoos- und Röteliggrabebachs konnte bei starken Regenereignissen das anfallende Wasser nicht mehr ableiten. Der Rückstau in der Bachleitung gefährdete das nahegelegene «Meienmoos» – ein Hochmoor von nationaler Bedeutung – durch die Überschwemmung mit eutrophiertem Bachwasser.

Abbildung 15: Eingedolter Meiemoosbach vor der Sanierung. (Foto: Niels Werdenberg)



Abbildung 16: Offenes Gerinne nach der Ausführung. (Foto: Niels Werdenberg)



Anstelle der Bachleitungssanierung wurde auf dem beschädigten Leitungsabschnitt in Einklang mit dem Gewässerschutzgesetz eine Bachoffenlegung auf rund 470 m Länge realisiert. Dabei wurde auf die Gestaltung eines habitatreichen Waldbachs mit grosser Strukturvielfalt und guter Quer- und Längsvernetzung wertgelegt. Die betroffenen Waldeigentümer wurden von Projektstart bis zur Bauabnahme umfassend einbezogen. Weitere Teile des Projekts waren zwei Wellstahldurchlässe mit terrestrischer Vernetzung, sowie drei regulierbare Staustellen des Hochmoors.

Abbildung 17: Wellstahldurchlass nach der Ausführung. (Foto: Niels Werdenberg)

Projektelemente

- Bachoffenlegung (ca. 470 m)
- Gestaltung vielfältiger Gerinnestrukturen zur ökologischen Aufwertung
- Waldwegdurchlässe inkl. Einbau natürlicher Sohle und terrestrischer Vernetzung
- Stauregulierung des «Meienmoos»

Leistungen der Firma BASLER & HOFMANN

- Projektierung, Ausschreibung und Realisierung
- Gestaltung ökologisch wertvoller aquatischer und terrestrischer Lebensräume
- hydraulische Berechnungen
- örtliche Bauleitung
- Umweltbaubegleitung
- Koordination Holzerei

Besondere Herausforderungen

- Umfassende aquatische und terrestrische Lebensraumvernetzung
- Erarbeitung und Koordination eines Bauprojekts in Gebieten mit hohen Naturschutzansprüchen
- Koordination aller Projektbeteiligten und zuständigen Amtsstellen in eng gestecktem Zeitrahmen
- Kombination aus ökologischem und technischem Know-how
- Einbezug betroffener Waldeigentümer

Niels Werdenberg, BASLER & HOFMANN

4.7 Revitalisation de la Rouge Eau, étape finale

Située dans la réserve naturelle de «Bellelay», la Rouge Eau s'écoule de l'étang de la Noz jusqu'au Gouffre de la Rouge Eau. Il y a encore 6 ans, cette rivière coulait sur 900 mètres dans un collecteur en béton et encore autant dans un fossé d'approximativement 1 mètre de profondeur. Grâce à l'engagement de nombreux partenaires dont, entre autre, Pro Natura, le service de la promotion de la nature (SPN) a pu réaliser des projets de revitalisations qui ont conduit à remettre à ciel ouvert et à surélever le cours d'eau afin qu'il remplisse pleinement ces fonctions biologiques.

Le premier projet de revitalisation de ce cours d'eau a débuté en 2009, le second en 2010 et le dernier en 2014. Ce dernier projet a consisté à enlever le collecteur en béton s'étendant sur 900 mètres de l'étang de la Noz jusqu'au chemin blanc venant du manège de Bellelay. Il est apparu, suite au projet de revitalisation de 2009, que ce collecteur continuait d'avoir une influence sur le régime des eaux en surface de la Rouge Eau. En effet, à certains endroits le cours d'eau rejoignait ce dit collecteur pour abandonner la surface. 100 mètres plus loin il réapparaissait en provoquant des résurgences.



Figure 18: Résurgence de la Rouge Eau au milieu de la prairie. (Photo: Olivier Bessire)



Figure 19: Sondage à la pelle mécanique. (Photo: Olivier Bessire)



Figure 20: Cours d'eau de nouveau à ciel ouvert. (Photo: Olivier Bessire)

Suite à ce constat, le SPN a décidé de retirer ce collecteur qui court-circuitait le bon fonctionnement de ce système hydrologique.

La première étape a été d'étudier le sous-sol afin de s'assurer que l'évacuation de la conduite ne conduirait pas à d'autres problèmes géologiques liés par exemple à un karst ou à des matériaux graveleux. La bonne nouvelle a été de trouver sur la quasi-totalité de la longueur des grandes et épaisses couches de marnes enveloppant la conduite.

Cet état de fait nous a permis de conclure à une réalisation simple du projet. Il a été convenu de créer une tranchée, de retirer la conduite et de remplir la fouille avec les matériaux en place. Le matériau argileux a été replacé en surface pour garantir une bonne étanchéité du lit de la rivière. Nous n'avons pas amené de matériaux supplémentaires sur le site. La rivière a repris ensuite son cours naturel sur le talweg originel.

Cinq drainages venant du Sud et qui s'engouffraient dans le collecteur ont pu être bouchés et trois venants du Nord ont été ramenés à la surface. Deux regards en béton inutiles et dérangement pour l'exploitation ont également été enlevés.

Ce projet a été financé par le Fonds de régénération des eaux, par les subventions liées aux revitalisations de rivières de l'Office des ponts et chaussées du canton de Berne (OPC) et à la Confédération et par le SPN du canton de Berne.

4.8 Ökologische Aufwertungen im Naturschutzgebiet «Wengimoos»

Das «Wengimoos» stellt den letzten Rest der ehemals ausgedehnten Sumpflandschaft im Limpachtal dar, welche im 20. Jahrhundert grossflächig entwässert und melioriert wurde. Das im Jahr 1961 unter Naturschutz gestellte «Wengimoos» hat als Feuchtgebiet, Brutplatz von gefährdeten Vogelarten und Amphibienlaichgebiet überregionale bis nationale Bedeutung. Die Bernische Gesellschaft für Vogelkunde und Vogelschutz (BERNER ALA) unternimmt seit Jahrzehnten grosse Anstrengungen, die vorhandenen Naturwerte zu erhalten und zu fördern, unter anderem auch mit Landerwerb.

Die BERNER ALA erarbeitete 2010 zusammen mit der ANF ein Konzept über die inhaltlichen Ziele sowie die prioritär zu fördernden Arten und Lebensräume. Gestützt darauf wurde ein konkretes Gestaltungsprojekt mit dem Ziel ausgearbeitet, die vorhandenen wertvollen Feuchtgebietslebensräume erheblich zu erweitern. Damit sollen unter anderen seltene und teilweise stark gefährdete Arten gefördert werden: Der Teichmolch, die Kurzflügelige Schwertschrecke, die Gefleckte Heidelibelle und Vogelarten für welche im Gebiet bis Mitte des letzten Jahrhunderts Brutnachweise vorhanden sind (Zwergdommel, Kiebitz, Bekassine, Braunkehlchen und Drosselrohrsänger), sowie der Wasserschierling, welcher unter den gefährdeten Pflanzenarten eine besondere Stellung einnimmt (im Kanton Bern sind nur zwei Standorte bekannt).

Das Projekt umfasste folgende baulichen Massnahmen:

- Auf einer Fläche von rund 2,5 ha wurde der Oberboden abgetragen, damit sich neue Riedflächen und wechselfeuchtes Grünland entwickeln können.
- Ein bestehender, stark eingewachsener Teich wurde durch Terrainabtrag um rund 30 Aren vergrössert.
- Es wurden verschiedene Kleingewässer unterschiedlicher Ausprägung erstellt: Niederschlags gespeiste, periodisch wasserführende Tümpel wie auch ständig wasserführende Tümpel im Grundwasserbereich.
- Der bei diesen Arbeiten ausgehobene organische Torfboden (über 10 000 m³) wurde als Bodenaufwertung auf angrenzenden Landwirtschaftsflächen ausgebracht.

Unkräuter sind Pflanzen, hinter deren Vorzüge wir noch nicht gekommen sind.

Ralph Waldo Emerson

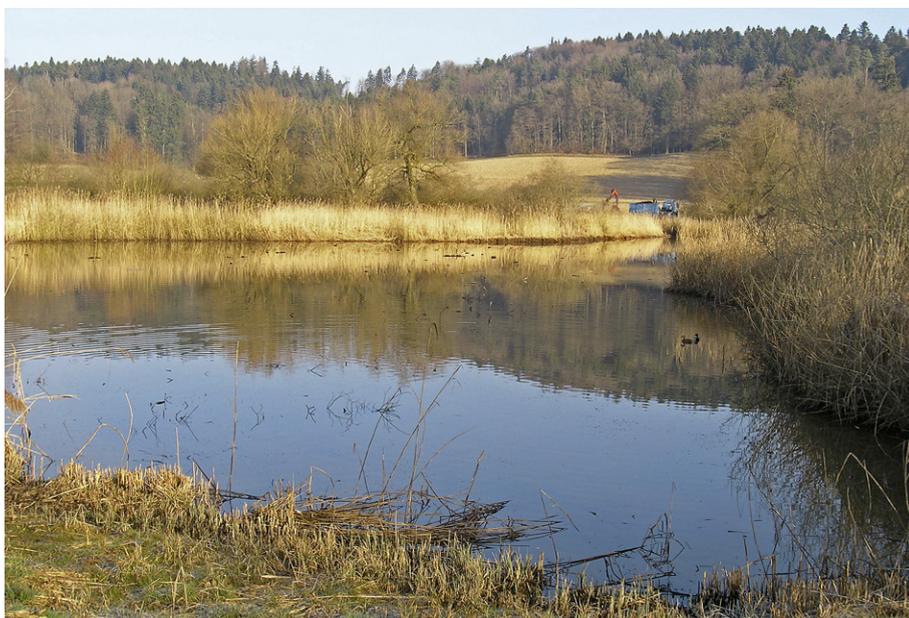


Abbildung 21: Vergrösserter Teich im März 2014. (Foto: Felix Leiser)

Die umfangreichen Tiefbauarbeiten wurden mit einzelnen wetterbedingten Unterbrüchen zwischen August 2013 und Ende Februar 2014 ausgeführt. Das anfallende Aushubmaterial konnte fast vollständig gemäss den Vorgaben der bodenkundlichen Baubegleitung auf ackerbaulich genutzten Flächen ausgebracht und eingearbeitet werden. Im April 2014 erfolgten auf der abgeschürften Fläche die Ansaaten: Dabei wurden artenreiche Wildblumenmischungen maschinell und auf speziellen Teilflächen – im Vorjahr aus Feuchtgebieten gewonnene – Samen von Hand angesät. Stärker vernässte Flächen wurden der natürlichen Vegetationsentwicklung überlassen. Ein an die Projektfläche angrenzendes Flachmoor wird jährlich durch den Gebietsbetreuer HEINZ GARO gemäht. Ein Teil dieses Schnittgutes wurde im Herbst 2014 auf einer weiteren Fläche ausgebracht.

Die mit dem Projekt im Wengimoos neu gestalteten Flächen haben sich nach den bisherigen Beobachtungen positiv entwickelt (u.a. erfolgreiche Kiebitzbrut). Im Jahr 2015 muss die Entwicklung des Grünlandes weiterverfolgt und zusammen mit den Bewirtschaftern die nötigen Details der Nutzung und Pflege festgelegt werden.



Abbildung 22: Vernässte Fläche nach Oberbodenabtrag im April 2014. (Foto: Felix Leiser)

Die BERNER ALA, als private Schutzorganisation, hat mit dem Landkauf, der Übernahme von Projektierung und Bauherrschaft sowie der massgeblichen Finanzierung eine bemerkenswerte Leistung in der Arten- und Lebensraumförderung vollbracht.

Felix Leiser, ALNUS

4.9 Ersatz der alten Schilfmähmaschine

Die ANF pflegt diverse Flachmoore von nationaler Bedeutung, wie z.B. das Fanel am Neuenburgersee. Damit diese Flächen mit der Zeit nicht verbuschen, werden sie im Rhythmus von 1–2 Jahren gemäht. Da der Boden in diesen Gebieten sehr durchnässt ist, können die Mäharbeiten nur mit einer Spezialmaschine mit Raupenantrieb durchgeführt werden. Die alte Maschine, ein Raupenfahrzeug der Firma MEILI, Jahrgang 1989, mit Scheibenmähwerk und aufgebauter Rundballenpresse musste altershalber ersetzt werden. In der Firma KÄSSBOHRER fanden wir einen kompetenten Partner, der in Zusammenarbeit mit einem Konstrukteur aus Deutschland PISTENBULLY Raupenfahrzeuge mit Spezialaufbauten herstellt. Unsere neue Maschine sollte, wie ihre Vorgängerin, das Mähgut zu Rundballen pressen können.

Zusätzlich wollten wir die Möglichkeit haben, bei Bedarf die Rundballenpresse durch eine Ladeplattform ersetzen zu können, damit die Maschine auch für an-



Abbildung 23: Die neue Schilfmähmaschine der ANF mit Mähwerk und Rundballenpresse.
(Foto: Thomas Leu)

dere Zwecke, z.B. bei Moorregenerationen, eingesetzt werden kann. Ihr erster Einsatz hatte unsere neue «Schilfmaschine» im Winter 2013/2014. Leider war dieser nicht gerade von Erfolg gekrönt. Diverse Umbauarbeiten und weitere Probegänge waren nötig, bis unser Prototyp im folgenden Winter einsatzfähig war. Die Firma KÄSSBOHRER setzte sich dabei mit grossem Engagement dafür ein, dass unsere Abteilung ohne weitere Kostenfolge eine funktionierende Maschine erhielt.

Thomas Leu

4.10 Landschaftsqualitätsbeiträge im Kanton Bern

Als neue Direktzahlungsart wurden die Landschaftsqualitätsbeiträge zur Erhaltung, Förderung und Weiterentwicklung attraktiver Kulturlandschaften durch das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) eingeführt. Neben den landschaftlichen Werten sollen insbesondere regionale Anliegen und Besonderheiten berücksichtigt werden. Für die Förderung der vielfältigen Kulturlandschaften des Kantons Bern wurden deshalb elf regionale Landschaftsqualitätsprojekte mit einem kantonalen Massnahmenkatalog entwickelt.



Abbildung 24: Landschaften mit grosser Qualität, wie hier, sollen erhalten, solche mit geringerer Qualität sollen gefördert werden. (Foto: Flurin Baumann)

Entstehungsprozess

Die Erarbeitung eines Konzepts für die Umsetzung der Landschaftsqualität (LQ) im Kanton Bern startete bereits im Jahr 2012. Herr Regierungsrat ANDREAS RICKENBACHER erteilte der «Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft» (ehemals Fachkommission ökologischer Ausgleich) den Auftrag, eine Projektgruppe zu initiieren. Diese Projektgruppe setzt sich aus landwirtschaftlichen Akteuren, Beratungspersonen und aus Vertretern der betroffenen kantonalen Ämter (LANAT und Amt für Gemeinden und Raumordnung [AGR]) zusammen.

Der Naturgipfel im Jahr 2012 bot eine erste Plattform um wichtige Punkte für die Umsetzung im Kanton Bern festzuhalten (MEIER, 2013). Der Kanton Bern weist bereits vielerorts Merkmale für Landschaftsqualität und landschaftskulturelle Artefakte auf, welche es in erster Linie zu erhalten gilt. Darauf basierte das Anliegen, die neue freiwillige Direktzahlungsart flächendeckend und massnahmenorientiert umzusetzen. D.h. jeder landwirtschaftliche Betrieb soll auswählen können, welche Leistung er für den Erhalt und die Weiterentwicklung der Landschaft beitragen will. Die Projektgruppe entwickelte anschliessend erste Massnahmen, welche in einem kantonalen Pilotprojekt auf ca. 30 Landwirtschaftsbetrieben getestet wurden. Als im Jahr 2013 erste Richtlinien vom BLW veröffentlicht wurden, mussten jedoch einige Anpassungen am bisher relativ einfach gehaltenen System vorge-

nommen werden. Die geforderte regionale Differenzierung der Projekte und des Massnahmenangebots führte zum Einbezug der vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) herausgegebenen «Landschaftstypologie der Schweiz» als Grundlage zur Beschreibung der Vielfalt der Landschaften.

Im Jahr 2013 wurde ein kantonales Mitwirkungsverfahren zum weiterentwickelten Vollzugssystem unter Einbezug der regionalen Bauernverbände, Planungsregionen/Regionalkonferenzen, Vernetzungsträgerschaften, Umweltverbänden und Interessensvertreter aus der Bevölkerung durchgeführt. Ein wichtiger, auf das Verfahren abgestützter Entscheid war die Ansiedlung der Trägerschaft beim Kanton. Unter Einbezug bisheriger Erfahrungen aus der Umsetzung der Ökoqualitätsverordnung (ÖQV) sollte dadurch eine einheitliche und fristgerechte Umsetzung ermöglicht werden. Die Festlegung von elf Projektgebieten stützt sich auf bestehende Strukturen ab, wie den regionalen Naturparks, den Regionalkonferenzen und Planungsregionen, welche ebenfalls Verantwortung in der Umsetzung der LQ übernehmen sollen. Das Mitwirkungsverfahren bot ebenfalls Möglichkeit, weitere Massnahmen vorzuschlagen und diese für die entsprechenden Gebiete zu priorisieren.

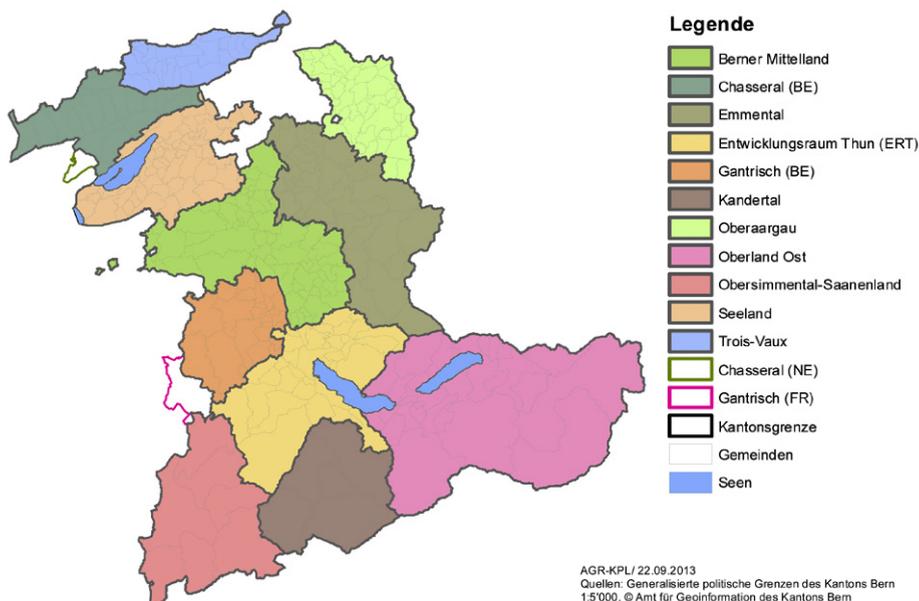


Abbildung 25: Projektperimeter 2015. (Plan: AGR)

Umsetzungsmodell im Kanton Bern

Alle Landwirtschaftsbetriebe (direktzahlungs- und sömmerungsbeitragsberechtigt) können sich mittels einer einmaligen Anmeldung pro Umsetzungsperiode (acht Jahre) für die Teilnahme am Landschaftsqualitätsprojekt anmelden und ihre Massnahmen für den Erhalt und die Förderung der Landschaftsqualität erheben. Dies geschieht über das Agrarinformationssystem des Kantons Bern (GELAN). Der Massnahmenkatalog bietet sowohl grossflächig anwendbare Massnahmen, wie zum Beispiel unbefestigte Wander- und Bewirtschaftungswege, als auch sehr regionalspezifische Massnahmen wie Wässermatten im Oberaargau oder Wytweiden im Berner Jura. Die Zuordnung der Massnahmen zu den Landschaftseinheiten (Grundlage: Landschaftstypologie der Schweiz) erfolgte aufgrund der vorliegenden Landschaftsanalyse und Landschaftszielsetzung durch eine regionale Koordinationsstelle (RKS). Die RKS setzt sich aus Vertretern der Landwirtschaft, Raumplanung, Tourismus und weiteren regionalen Akteuren zusammen. Aus der Regionalisierung resultiert, dass mancherorts Massnahmen einzelbetrieblich nicht möglich sind, andere Massnahmen jedoch zusätzlich mit einem Beitragsbonus von + 25 % gefördert werden können. Die Zuordnung der Massnahmen zu den einzelnen Landwirtschaftsbetrieben erfolgt aufgrund deren Lage durch das Agrarinformationssystem GELAN.

Weiter werden die Massnahmen in verschiedene Typen unterteilt:

- Konstante Massnahmen (z.B. Erhalt und Pflege von Trockenmauern, Alleen) müssen über die Umsetzungsdauer hinweg erhalten werden. Eine Abmeldung ist nur mittels begründeten Gesuchs bei der zuständigen kantonalen Fachabteilung möglich.
- Flexible Massnahmen (z.B. vielfältige Fruchtfolge, farbig blühende Hauptkulturen) müssen von den Bewirtschaftenden jährlich bestätigt werden, da sie aufgrund von Anpassungen der Produktionstechnik variieren können.
- Investitionsmassnahmen (z.B. Neupflanzung einer Allee) fordern von den Bewirtschaftenden das Ausfüllen eines entsprechenden Gesuchs, welches von regionalen Beratern bearbeitet wird. Das Gesuch wird dabei sowohl auf die Zielsetzungen und Standorteignung im Projektgebiet, als auch auf Synergien mit anderen Programmen (z.B. Vernetzungsprojekt, Landschaftsentwicklungskonzept) hin geprüft. Für mehr als fünf Bäume wird eine einzelbetriebliche Beratung durchgeführt. Die getätigten Investitionen müssen im Folgejahr als «konstante Massnahmen» angemeldet werden.

Würde unser Umgang mit dem Reichtum der Natur benotet, würde das höchstens zu einem Armutszeugnis reichen.

Ernst Ferstl

Einführung 2014

Im Jahr 2014 wurden die Landschaftsqualitätsbeiträge in drei Pilotregionen, den regionalen Naturpärken (RNP) Chasseral, Diemtigtal und Gantrisch gestartet. Die geographische Lage der regionalen Naturpärke sowie die gut verankerten Strukturen und bestehende Grundlagen zum Thema Landschaft boten sich als Gründe für die Einführung der LQ in diesen Perimetern an.

Die 2014 ausbezahlte LQ-Beitragssumme belief sich auf rund 3,7 Mio. Franken, wovon 90 % vom Bund und 10 % vom Kanton finanziert werden. Die Fläche der rund 1300 teilnehmenden Betriebe (1130 Ganzjahres- und 175 Sömmerungsbetriebe) erstreckt sich dabei über rund 24 000 ha. Die Beitragshöhe ist bis Ende 2017 auf jährlich rund 30 Mio. Franken limitiert (Budgetvorgaben BLW). Aufgrund der Erfahrungen im Jahr 2014 wird bei einer flächendeckenden Einführung der Landschaftsqualitätsbeiträge im Kanton Bern per 2015 mit der Ausschöpfung des Budgets in den Folgejahren gerechnet.

Literatur

MEIER, T. (2013): Vierter Berner Naturgipfel: Schwachstellen und Zukunftsvisionen bei Vernetzungsprojekten. Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, N.F. 70, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Abteilung Naturförderung, Bericht 2012: 173–183.

Nathalie Gysel

4.11 Das Inventar der Trockenstandorte im Wandel

Das kantonale Inventar der Trockenstandorte aus den 80er und 90er Jahren wurde in den letzten zehn Jahren komplett überarbeitet. Die eine Hälfte wurde anlässlich der Erstellung des Bundesinventars Trockenwiesen und -weiden (TWW) zwischen 2004–2006 neu kartiert, die andere Hälfte in den letzten vier Jahren durch die ANF.

Auf den ersten Blick ist das Inventar flächenmässig erstaunlich stabil geblieben. Das Ausgangsinventar umfasste rund 5230 ha, heute sind es 5450 ha. Das Plus von 220 ha entspricht einem Zuwachs von lediglich 4 %. Die Analyse zeigt allerdings, dass die Beständigkeit im Ganzen auf einem grossen Wandel im Detail basiert. Die einen Regionen haben flächenmässig zugelegt, in anderen mussten grosse Verluste festgestellt werden. Und auch die räumliche Lage der einzelnen Objekte hat sich enorm verändert. Gerade mal 65 % der Gesamtfläche liegen noch am gleichen Ort wie vor der Überprüfung. Im folgenden Inventarvergleich wird auf die Veränderungen in den einzelnen Regionen eingegangen (für eine generelle Interpretation der Verluste siehe Jahresbericht 2011).

Naturraum Mittelland: 270 ha

Im gesamten Mittelland zwischen Biel und Thun (inklusive Oberaargau, Emmental und Schwarzenburgerland) waren schon bei der Erstaufnahme nur schmale 5 % der Gesamtfläche an Trockenstandorten zu finden. Der Trend hat sich weiter fortgesetzt und resultiert in einem Verlust von weiteren 60 ha oder anders ausgedrückt von 18 % der Fläche. Trauriger Spitzenreiter ist das Seeland mit einer Abnahme von 48 % (Rückgang von 13,5 auf 6,5 ha).

Viele der bereits kleinen, isolierten Flächen sind noch kleiner geworden und mussten abgestrichen werden, da sie die Minimalfläche von 10 Aren nicht mehr erreichen. Die Relikte der ehemaligen Trockenstandorte sind oft an Bahn- und Strassenböschungen sowie an Dämmen zu finden. Diese ökologisch wichtigen Vernetzungsachsen gelten jedoch nicht mehr als landwirtschaftliche Nutzfläche, und es können folglich keine namhaften landwirtschaftlichen Beiträge mehr ausgelöst werden. Es folgen Nutzungsaufgabe oder -änderung, Verbuschung, Verunkrautung, Besiedelung mit Neophyten und ein Rückgang der botanischen Artenvielfalt. In vielen Fällen konnten die entstandenen Verluste nicht mit der Kartierung von neuen Flächen kompensiert werden. Erfreuliche Ausnahme bildet das Emmental, dessen Flächenzuwachs auf neu kartierte Flächen am Nordhang des Hohgant zurückzuführen sind.

Eigentlich wissen wir gar nichts über die Natur. Das, was wir heute zu wissen glauben, wird morgen durch etwas anderes ersetzt.

Rachel Carson

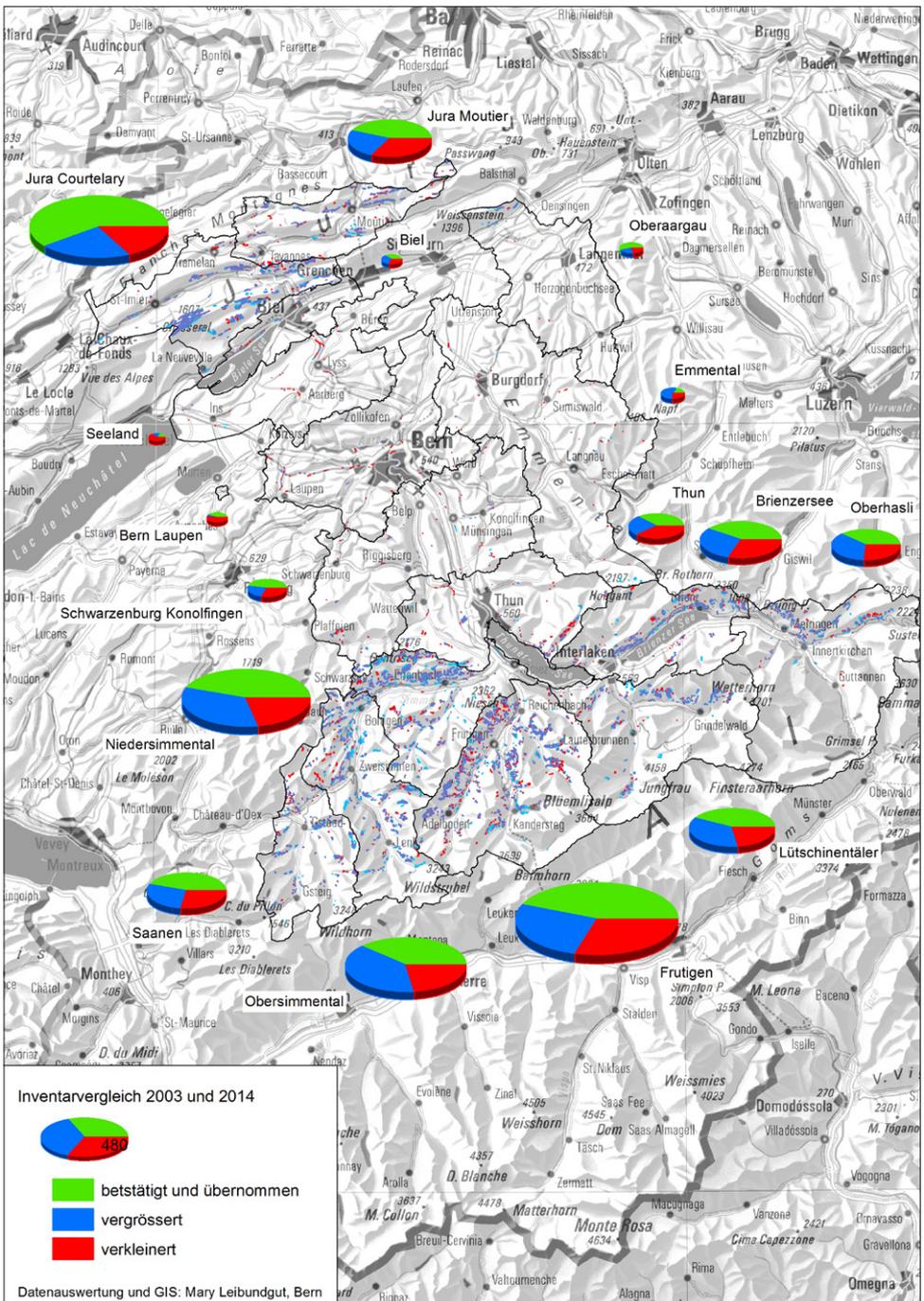


Abbildung 26: Übersicht über den Inventarvergleich der Trockenstandorte. Die Grösse der Kuchendiagramme entspricht der Inventarfläche pro Region, die einzelnen Segmente stellen den Wandel im Inventar dar: Grün zeigt den Anteil der Ausgangsfläche, welcher bestätigt wurde, blau den Anteil neu aufgenommenen Fläche und rot den Anteil, welcher aus dem Inventar entlassen wird. Auf der Karte sind blau die neuen und rot die verworfenen Objekte zu erkennen.



Abbildung 27 und 28: Trockenstandorte im Mittelland sind in vielerlei Hinsicht bedroht. Bild oben zeigt den Verlust einer Fläche in Ferienbalm durch Bautätigkeit (Foto: Nicolas Küffer), Bild unten zeigt die Verarmung und Trivialisierung der Flora durch Standweide mit Schafen in Worblauen. (Foto: Muriel Bendel)

Naturraum Jura: 1320 ha

Im Jura bestehen grosse Unterschiede zwischen dem westlichen Teil (Jura-Courtelay) und dem östlichen Teil (Jura-Moutier). Die Region **Courtelay** mit deutlich mehr Ausgangsfläche konnte um weitere 140 ha zulegen auf total 1030 ha. Die bedeutenden Flächen am Chasseral konnten weiter vergrössert werden, so dass hier nun die grösste zusammenhängende Trockenstandortsfläche des ganzen Kantons zu finden ist.

Anders sieht es in der Region **Moutier** aus. An den wenig geeigneten Hochflächen des Mont Raimeux und des Montoz mussten im Sommer 2014 viele Flächen abgestrichen werden, weil der Bestand viel zu fett ist und die Schlüsselarten fehlen. Meist dürfte die Intensivierung der Bewirtschaftung zur Qualitätsabnahme geführt haben. Allerdings kann auch die Veränderung der Erhebungsmethode einen gewissen Effekt haben. Im Gegensatz zur Methode aus den 80er Jahren toleriert die Bundesmethode im Sömmerungsgebiet einen maximalen Anteil von 50 % Fettwiesenarten. Übersteigt der Anteil die 50 % muss die Fläche abgestrichen werden, selbst wenn genügend Schlüsselarten der Trockenvegetation vorhanden sind.

Naturraum Nordalpen: 3860 ha

Das Oberland bildet weiterhin das Schwergewicht bezüglich Trockenstandorte, denn 70 % der Inventarflächen sind hier anzutreffen. Die Änderungen nach der Überprüfung sind auch im Oberland enorm, die verlorenen Flächen konnten aber durch Vergrösserungen und Neuaufnahmen an anderen Orten mehr als kompensiert werden.

In der Region **Simmental/Saanenland** sind heute rund 20 % mehr Flächen im Inventar enthalten. Insbesondere im Niedersimmental und rund um Boltigen und Zweisimmen konnten viele Kartierlücken geschlossen werden. Und noch immer scheint ein Potenzial für weitere Flächen vorhanden zu sein, wie Meldungen von Kartierleuten zeigen.

Erfreuliches ist bezüglich Wildheuf Flächen zu melden. Die drei Schwerpunktgebiete mit grossen, zusammenhängenden Flächen im Turbachtal, im Färmel und am Albrist konnten alle vergrössert werden (Stand 2014: rund 140 ha, was fast einer Verdoppelung entspricht). Die Flächen werden nach wie vor gut gepflegt. Grund dafür dürfte einerseits die gute Erschliessung und Begehrbarkeit sein, aber auch die Zuteilung zur landwirtschaftlichen Nutzfläche und die Möglichkeit, angemessene Beiträge für die Bewirtschaftung zu generieren.

Früher oder später, aber gewiss immer, wird sich die Natur an allem Tun des Menschen rächen, das wider sie selbst ist.

Johann Heinrich Pestalozzi



Abbildung 29: Mähmuster im Färmelmeder, aufgenommen im September 2014.
(Foto: Mary Leibundgut)



Negativ zu erwähnen ist das Gebiet Jaunpass-Sparenmoos-Grischbach, da hier viele verarmte Borstgrasweiden abgestrichen werden mussten. Die Bestände werden so stark dominiert vom Borstgras, dass die übrigen Charakterarten wie z.B. Arnika, Bärtige Glockenblume, Alpen-Klee oder Goldenes Fingerkraut verdrängt werden. Verarmte Borstgrasweiden sind während der Kartierung verschiedentlich aufgetaucht, aber kaum je so gehäuft wie im Gebiet Jaunpass-Grischbach.

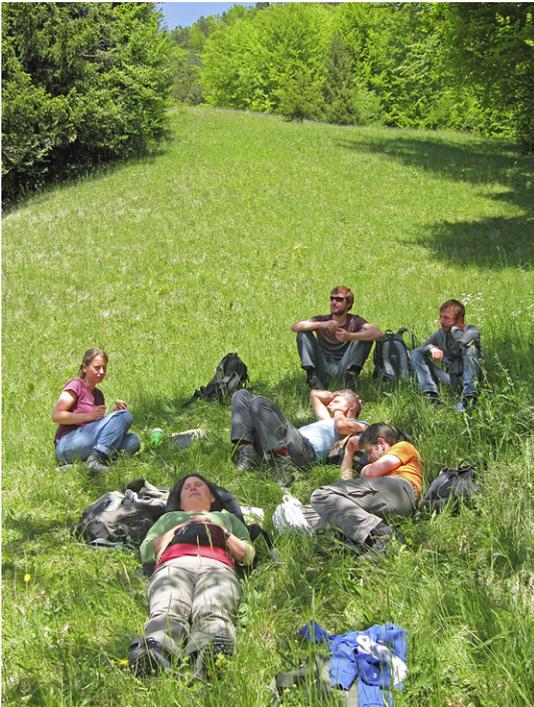
Abbildung 30: Artenarme Borstgrasweiden werden aus dem Inventar entlassen. Antworten auf die Fragen, wie es zur Verarmung kommt und wie diese bekämpft werden kann, bleiben vorerst Mutmassungen. (Foto: Brigitte Holzer)

Im **Frutigland** blieben die Kartierresultate hinter den Erwartungen zurück, denn in der Flächenbilanz verliert die Region 10 % ihrer Ausgangsfläche. Auch hier mussten vereinzelt artenarme Borstgrasweiden abgestrichen werden. Der Löwenanteil am Verlust liegt jedoch in den nicht mehr genutzten Wildheuf Flächen am Niesengrat begründet. In den vier Schwerpunktgebieten Stiegelschwand, Tschente, Otteremeder und Niesengrat-Ost mussten fast 70 ha abgestrichen werden. Im Vergleich zu den Wildheugebieten im Simmental/Saanenland sind die Flächen meist sehr steil, abgelegen und oft schlecht erschlossen. Zudem ist nur knapp die Hälfte der rund 290 ha Wildheumeder der landwirtschaftlichen Nutzfläche zugeordnet. Dies wirkt sich negativ auf die Beiträge und die Nutzung der Flächen aus. Auch am **Brienzersee** ist der Flächenrückgang vor allem durch nicht mehr genutzte Wildheuf Flächen am Brienzergrat zu erklären. Die brachliegenden Flächen oberhalb der Waldgrenze verbuschen zwar nicht, werden aber mit der Zeit von grasdominierten, artenarmen Beständen abgelöst, welche die Kriterien des Inventars nicht mehr erfüllen.



Abbildung 31: Intakte Rostseggenhalde mit Türkenbund (*Lilium martagon*), Allermannsharnisch (*Allium victorialis*) und atemberaubendem Ausblick auf Brienzer- und Thunersee. (Foto: Adi Möhl)

Im **Oberhasli** konnten die grossen Objekte im Gen- und Gadmental weiter vergrössert werden. Am Hasliberg hingegen mussten viele der ohnehin schon kleinen Objekte weiter reduziert werden. Eine Intensivierung der Bewirtschaftung hat zur Minderung der Flächen geführt, dies die Meinung der Kartierleute vor Ort. Ist der Prozess der Fragmentierung und Verkleinerung einmal ins Rollen gekommen, geraten die verbleibenden Inventarflächen besonders stark unter Druck. Dies zeigt sich auch im Saxettal in der Region **Lütschinentäler**. Die stetig kleiner werdenden Objekte konnten nur dank Flächengewinnen andernorts – im Gebiet Breitlauenen, Iselten und Hintisberg – kompensiert werden.



Neben den Trockenstandorten wurden in den Jahren 2011–2014 auch die Objekte der Feuchtgebiete vollständig kontrolliert. Die Ergebnisse dieser Kontrollen werden im Bericht 2015 publiziert.

Brigitte Holzer

Abbildung 32: Die Kartierarbeiten sind nun abgeschlossen. Ein grosses Merci geht an das Kartierteam, das mit unermüdlichem Einsatz, viel Herzblut und grosser Erfahrung das gute Gelingen der Objektkontrolle ermöglicht hat.

(Foto: Mary Leibundgut)

Sofern wir in die Natur eingreifen, haben wir strengstens auf die Wiederherstellung ihres Gleichgewichts zu achten.

Heraklit von Ephesus

4.12 Botanische Qualität in Säumen auf Ackerflächen

Eine systematische Überprüfung aller Säume auf Ackerland im Jahr 2014 durch die ANF

Einleitung

Als Saum auf Ackerfläche gilt ein mehrjähriger, mit einheimischen Wildkräutern angesäter bzw. bewachsener Blumenstreifen. Vor der Ansaat wurde der Streifen als Acker bzw. als Dauerkultur belegt. Angesät wird ein Saum mit einer von der Agroscope empfohlenen Saatmischung mit einheimischen Wildkräutern und Wildgräsern. Als streifenförmige Elemente sind Säume ideale Vernetzungselemente zwischen unterschiedlichen Lebensräumen. Ebenfalls können Tiere in Säumen alle Entwicklungsstadien durchlaufen und dabei Schutz und Nahrung finden.



Abbildung 33: Angesäter Saum auf Ackerfläche im ersten Standjahr. (Foto: Pascal Süsstrunk)



Abbildung 34: Artenreicher Saum im vierten Standjahr. (Foto: Erwin Jörg)

Ziele

Die systematische Beurteilung der Säume im Kanton Bern soll als Standortbestimmung dienen und folgende Fragen beantworten:

- Wie sieht die floristische Vielfalt der Säume aus?
- Weisen die Säume eine gute botanische Qualität auf?
- Sind Problempflanzen vorhanden und falls ja, in welchem Ausmass?
- Wie sieht die botanische Qualität in älteren Säumen in unterschiedlichen Jahren aus?

Nach erfolgter Erhebung soll ermittelt werden, bei welchen Säumen Handlungsbedarf besteht.

Vorgehen

Ein Erhebungsformular für Säume wurde einerseits aus einem bestehenden Formular zur Bestimmung der Qualität bei Buntbrachen und andererseits aus einem Merkblatt von Agridea (Artenreicher Saum – wertvoller Lebensraum und Vernetzungselement im Ackerbau) erstellt. Für die Beurteilung der Säume wurden vier verschiedene Qualitätsstufen definiert (A = gut, B = mittel, C = schlecht, D = Saum nicht erkennbar).

Die Qualitätsstufe A (gut) bedeutet hohe Artenvielfalt (mehr als 7 Arten aus einer Spezialliste von 42 Arten für trockene Krautsäume), ein geringer Grasanteil und keine Problempflanzen.

Die Qualitätsstufe B (mittel) bedeutet 5–7 Arten, einen mittleren Grasanteil und wenig bis keine Problempflanzen.

Die Qualitätsstufe C (schlecht) bedeutet weniger als 2–3 Arten, ein Grasanteil von über 66 % oder ein übermässiges vorkommen von Problempflanzen wie Neophyten, Blacken oder Disteln.

Ergebnisse

Von den insgesamt 95 besichtigten Säumen stellte sich bei 68 % heraus, dass diese entweder nicht als Saum erkennbar sind (14 %) oder sich auf der Qualitätsstufe C befinden (54 %). Meistens waren diese Säume nur mit Gras bewachsen und wiesen eine sehr geringe Artenvielfalt auf. Mittlere Qualität wiesen 26 % der Säume auf und eine gute Qualität konnte nur bei 6 % aller Säume festgestellt werden (*Abb. 35*).

Von den besuchten Säumen wiesen 9 Problempflanzen respektive Neophyten auf. Der Anteil ist im Verhältnis zum ganzen Saum jeweils sehr niedrig und stellt zum aktuellen Zeitpunkt kein Problem dar.

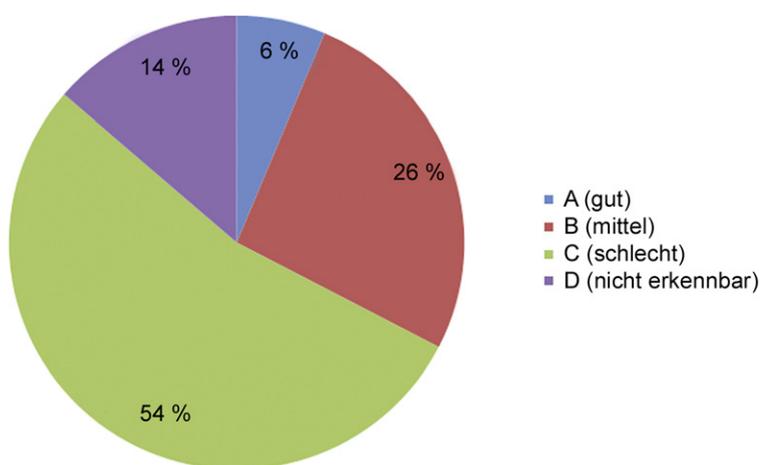


Abbildung 35: Qualitätsstufen der erhobenen Säume in Prozent.

Schlussfolgerung

Der Grossteil der angemeldeten Säume auf Ackerland weist eine schlechte botanische Qualität auf. Die systematische Beurteilung hat das eindrücklich aufgezeigt. Was hat aber zu diesem schlechten Ergebnis geführt? Offensichtlich wird der Wahl der Saatgutmischung, einer Unkrautkur vor der Saat, dem optimalen Saatzeitpunkt und den nötigen Pflegeeingriffen nach dem Auflaufen der Saat zu wenig Beachtung geschenkt. Zudem dienen Säume allzu oft als Wendezonen und Abstellflächen. Es bedarf einige Aufklärungsarbeit um die Qualität der Säume zu verbessern und somit ihr Nutzen bezüglich der Biodiversität zu fördern.

Erfreulich ist, dass nur sehr wenige der Säume Problempflanzen oder gar Neophyten aufweisen. Dies ist immerhin ein Lichtblick bei den eher negativ ausfallenden Ergebnissen bezüglich der botanischen Qualität von Säumen auf Ackerland im Kanton Bern.

Pascal Süsstrunk (Praktikant) und Andreas Brönnimann

4.13 Nach 100 Jahren zurück zur Natur: Vielfältige ökologische Massnahmen in Mühleberg

Die BKW hat von 2010–2014 die Unterstation Mühleberg (unmittelbar nördlich der Stauanlage) erneuert. Zudem wurde in der ersten Hälfte 2014 der Untergrund der Stauanlage des Wasserkraftwerks Mühleberg verstärkt. Gebäude und Installationen auf Flächen, die nicht primär eine technische Funktion aufweisen, wurden in diesem Rahmen naturnah aufgewertet. Ziel war eine naturnahe Gestaltung des Gesamtareals.

Ökologischer Mehrwert für das Projekt

Die Gründe für eine ökologische Wiederherstellung sind vielschichtig. Sie umfassen insbesondere:

- ökologische Ziele der BKW für die Projektierung der Unterstationsumgebung,
- Schaffung eines ökologischen Mehrwertes für die unmittelbare Umgebung des Projektperimeters und wirtschaftliche und imagewirksame Überlegungen,
- gesetzliche Auflagen, Forderungen der kantonalen Fachstellen sowie der Fachstellen des Bundes (Bundesamt für Umwelt [BAFU], Eidgenössisches Starkstrominspektorat [ESTI]) und sicherheitsrelevante Aspekte (z.B. Löschwasserretention, Entwässerung mit offener Wasserabführung).

Diese verschiedenen Faktoren sind schliesslich in die Auflagen der Plangenehmigungsverfügung (Unterstation) und der Baubewilligung (Stauwehr) eingeflossen.

Mehrwerte schaffen, statt nur Auflagen erfüllen

Der BKW ging es bei der Erneuerung der Unterstation Mühleberg und der Untergrundverstärkung des Wasserkraftwerks um mehr als die Einhaltung der Richtlinien. Ziel war eine nachhaltige Gesamtlösung. Ganz zu Beginn der Planung brachte die BKW Vorschläge zu ökologischen Massnahmen ein. Diese konnten im Gespräch mit den zuständigen Behörden weiterentwickelt und konkretisiert werden:

- Vor rund 100 Jahren wurden mit dem Bau des Wasserkraftwerks Mühleberg die Komponenten der Unterstation in die Aarelandschaft gebaut. Da die heutigen Innenraumanlagen im Vergleich zu den bisherigen Freiluftanlagen rund 10-mal weniger Baufläche beanspruchen, wird nun ein grosser Teil der freigegebenen Fläche den Pflanzen und Tieren der Auenlandschaft sowie der erholungssuchenden Bevölkerung zurückgegeben (*Abb. 36 und 37*).
- Auf dem Areal entstehen neben Gebäuden, Transformatoren und anderen technischen Gebäuden Lebensräume für die einheimische Flora und Fauna: magere Pionierstandorte, artenreiche Blumenwiesen, Steinhäufen, Hecken, Obstbäume und Teiche als neue Lebensräume für Frösche, Eidechsen, Fische, Vögel, Libellen, Heuschrecken, Wildbienen und Käfer.
- Wirtschaftlich und ökologisch stimmige Lösungen wurden entwickelt: Der nur schwach belastete Boden sowie der Aushub vom Bach und Teichen wurden nicht abgeführt, sondern vor Ort für die Modellierung einer abwechslungsreich gestalteten Umgebung verwendet. Über ehemaligen Trafowannen entstehen Froschteiche. Überschüttete Betonkanäle werden zu Überwinterungsquartieren für Tiere. Ein nicht mehr benötigtes Gebäude wird nur zum Teil abgebrochen und mit alten Betonfundamenten zum «Kleinsäugerhotel» umgebaut.
- Das steile befestigte Ufer der Aare bei einer Ponton-Anlegestelle wurde nach dem Bau mit drei Bühnen und einer Kiesschüttung in eine Flachwasserzone umgestaltet (*Abb. 40*).

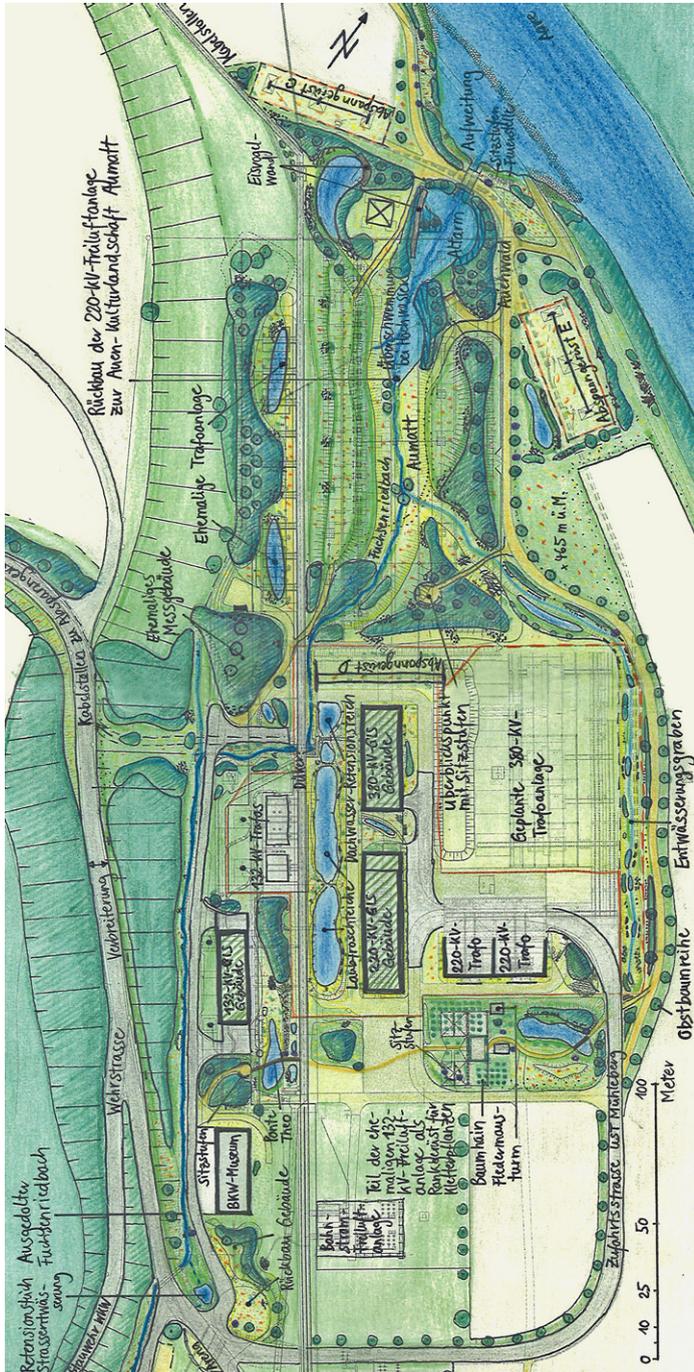


Abbildung 36: Naturnahe Gestaltung des Areals bei der Erneuerung der Untersteren Mühleberg. (Plan: Sigmapijan)



Abbildung 37: Die schlichten und kompakten Baukörper integrieren sich als zeitgenössische Zweckbauten in die bestehende Anlagestruktur. Die dunkle Farbgebung korrespondiert mit den umgebenden Wäldern. (Foto: Heiko Zeh Weissmann)

- Zur Entwässerung von Dächern und Strassen mussten bauliche Vorkehren getroffen werden. Die vielfältig strukturierte Dachbegrünung wurde sehr naturnah ausgeführt. Das vorgereinigte Wasser nimmt der ausgedolte Fuchsenriedbach auf. In einem vielfältig gestalteten Bett mündet der Bach in die Aare. An der Aare selbst entsteht ein Altarm für Fische und ein Steilufer für den Eisvogel (*Abb. 38*).
- Mit einer grosszügigen Aufweitung der Aare wurde zudem ein attraktives Naherholungsgebiet für die Bevölkerung geschaffen (*Abb. 39*). Ein öffentlich zugänglicher Weg führt entlang von Gehölzen, Blumenwiesen und auf Holzbrücken über Teiche. Der Weg zur Aare verläuft durch ein nun mit Kletterpflanzen beranktes Gerüst der ehemaligen Freiluftanlage und über einen Aussichtshügel. Unterwegs vermitteln Infotafeln Wissenswertes über die Natur.

Es ist erstaunlich, dass trotz aller Siege der Technik die Natur noch immer am Boden liegt.

Ernst R. Hauschka

«Industriekulturgut» als Rankgerüst

Analog des Maschinenfabrik Oerlikon (MFO)-Parks in Zürich wurde das alte Metallgerüst der 132-kV-Freiluftanlage als Rankgerüst erhalten, vorwiegend mit einheimischen Kletterpflanzen berankt und das umliegende Gelände mit einem Hain aus weisstämmiger Moorbirke, Hängebirke, Vogelbeere und Elsbeere bepflanzt. Das alte Transformatorengebäude dient unter Wahrung der kulturhistorischen Bedeutung als Fledermaushabitat. Damit wurden Teile der alten Anlage exemplarisch als «Industriekulturgut» erhalten. Die technologische Innovation von der ausgedehnten Freiluftanlage zur raumsparenden Innenraumanlage kann anlässlich von Führungen nachvollzogen werden.

Landschaftliche Eingliederung und Vernetzung mit Bäumen und Hecken

Die schlichten und kompakten Baukörper integrieren sich als zeitgenössische Zweckbauten in die bestehende Anlagestruktur. Die dunkle Farbgebung korrespondiert mit den umliegenden Wäldern (Abb. 37). Die Unterstation ist primär ein technisches Bauwerk, das gezeigt werden soll. Zur Eingliederung der Unterstation in die Umgebung wird das Bauwerk aber teilweise verdeckt, die scharfen und geradlinigen Randabgrenzungen werden aufgeweicht und die Anlage wird optisch mit der Umgebung und den bestehenden Landschaftselementen verbunden. Die Grenze innerhalb und ausserhalb des Zaunes wurde durch eine naturnahe und übergreifende Gestaltung aufgelockert, indem Gehölzpflanzungen oder Ansaaten ausserhalb des Zaunes innerhalb der Unterstation aufgegriffen und fortgesetzt werden. Wo immer möglich wurden hochwüchsige Einzelbäume gepflanzt, die die voluminöse Ausprägung der Gebäudekörper mindern (Abb. 37).

Rückbau der 220-kV-Freiluftanlage Ost zur Auen-Kulturlandschaft Aumatt

Beim Areal der ehemaligen 220-kV-Freiluftanlage wurden Natur, Landwirtschaft und Technik aufeinander abgestimmt und eine neue Kulturlandschaftsform gestaltet, die alte und neue Elemente miteinander verknüpft. Im Sinne des Flurnamens «Au-Matt» (Aue und Matte/Wiese) wurden auf «Restflächen» zwischen den Abspanngerüsten, dem Hochspannungsmast und dem Kabelkanal eine Aufweitung (Abb. 39), ein Altarm, Sturzbäume, Auengehölze und Teiche geschaffen. Im Übergang zwischen der Aarebucht und dem ausgedolten Fuchsenriedbach hat man einen von unten an die Aare angeschlossener Altarm geschaffen bzw. wiederhergestellt. Er wird während des erhöhten Abflusses von März bis August überflutet. Ein weiterer Bereich wird fünf bis 30 Tage im Jahr überschwemmt (Abb. 38). In der ehemaligen Flussaue werden damit Teilbereiche wieder den autotypischen Standortbedingungen mit dem Wechsel von Überflutung und Trockenfallen bzw. dem Wechsel von hohen und niederen Wasserständen unterworfen. Grössere zusammenhängende Flächen werden nun regelmässig durch einen Landwirt gemäht.

Belebte neue Lebensräume

Rund 250 Tierarten wurden auf dem Areal der Unterstation Mühleberg und der Umgebung im 2013 festgestellt. Davon sind 15 auf der Roten Liste. Biber, Feldhasse, Eisvogel, Goldammer, Hausrotschwanz, Ringelnatter, Zauneidechse, Grasfrosch, Erdkröte, Fadenmolch, Äschenlarven, Schneider, Groppe, Schachbrettfalter, grüne und gemeine Keiljungfer, südlicher Blaupfeil, Prachtlibelle, Lauschschrecke und viele Laufkäfer sowie Wildbienen haben die neugeschaffenen Lebensräume schon entdeckt. Laubfrosch, Gelbbauchunke, Fledermäuse und viele weitere Tiere kommen in der Nachbarschaft vor und brauchen für die Besiedlung noch etwas mehr Zeit (Abb. 39).

Flexibel auf eigenwillige Veränderungen reagieren

Die für den Unterhalt Verantwortlichen sind nun gefordert, anhand eines Pflegekonzeptes die Qualität der naturnahen Flächen zu fördern und flexibel auf eigenwillige Veränderungen der Natur zu antworten. Bei der nachhaltigen Erneuerung der Unterstation Mühleberg wurde im Vergleich mit einer konventionellen Flächenwiederherstellung mit etwa den gleichen Kosten ein Mehrwert für die Natur erreicht. Der Brückenschlag von der Technik zur Natur hat sich auf dem Areal der Unterstation Mühleberg bewährt und wurde dafür mit dem Label «Naturpark der Wirtschaft» ausgezeichnet.



Abbildung 38: Ein Spezialfall bei der Unterstation Mühleberg ist die Nachbarschaft zur Aare und das entsprechende Aufwertungspotenzial. Deshalb wurde diese Restfläche zwischen den Abspanngerüsten als Altarm gestaltet. (Foto: Marco Zanoni)



Abbildung 39: In der Flussaufweitung der Aare wurden schon Eisvogel, Zauneidechse, Larven von Äschen, Schneider, Groppe, grüne und gemeine Keiljungfer sowie Prachtlibelle festgestellt. (Foto: Marco Zanoni)



Abbildung 40: Das steile befestigte Ufer der Aare wurde nach dem Bau mit drei Stein-Buhnen und einer Kiesschüttung in eine Flachwasserzone umgestaltet. Während des Baus diente dieses Ufer als Ponton-Anlegestelle zur Verstärkung des Stauwehrs (hinten im Bild). (Foto: Heiko Zeh Weissmann)

Projektleitung und Mitwirkung

Geplant und realisiert wurde das Projekt durch die BKW. Die Umweltbaubegleitung (UBB) wurde von HEIKO ZEH WEISSMANN (SIGMAPLAN AG) durchgeführt. In den Bereichen Altlasten und Bodenschutz wurde die UBB von HANSPETER GRAF (CSD)

unterstützt. Bei der Projektierung der naturnahen Flächen unterstützte PETER LÜTHI (ÖKOLÜTHI, Naturgartenfachbetrieb Bioterra) die Arbeiten. Die Rohplanie/Grobmodellierung erfolgte durch den Baumeister (MEIER+JAGGI). Ausgeführt wurden die Gärtnerarbeiten in Mühleberg ebenfalls durch ÖKOLÜTHI.

Heiko Zeh Weissmann, SIGMAPLAN

5. Ausblick

5.1 Der Kanton Bern erhält ein Biodiversitätskonzept

Ausgangslage

Mit dem Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (BDM CH) überwacht der Bund seit 2001 die Entwicklung der Artenvielfalt in der Schweiz. Das BDM konzentriert sich auf die Erhebung von häufigen und verbreiteten Arten. Gerade bei diesen haben in den vergangenen Jahren starke Veränderungen stattgefunden. Früher häufige Arten sind heute teilweise nur noch selten anzutreffen. Mit dem BDM können solche Entwicklungen frühzeitig erkannt und Massnahmen eingeleitet werden, bevor Arten in die Roten Listen aufgenommen werden müssen (Quelle: www.biodiversitymonitoring.ch). Das BDM bildet somit die allgemeinen Trends in der Normallandschaft, im Landwirtschaftsland, Wald, Gebirge und Siedlungsraum ab. Es gibt aber keine Auskunft über die Entwicklung bei den seltenen Lebensräumen, in Naturschutzgebieten und bei gefährdeten Arten.

Für die bernische Naturschutzfachstelle und die ihr vorgesetzten politischen Entscheidungsträger ist natürlich besonders interessant zu wissen, wie die Entwicklung im Kanton Bern selbst und im Vergleich zur Gesamtschweiz verläuft. Das Umweltbüro HINTERMANN & WEBER wertete die Bundesdaten im Auftrag der ANF aus. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Entwicklungstrends im Kanton Bern und in der Schweiz sind gleich. Bei den Gefässpflanzen hat die Artenzahl in den vergangenen zehn Jahren zugenommen. Besonders zugelegt haben trockenheitsresistente Pflanzen und solche die menschliche Störungen (z.B. Trittbelastung) gut ertragen. Einige Neophyten haben sich ebenfalls deutlich ausgebreitet. Bei den Tagfaltern hat die Artenzahl zumindest kurzfristig zugenommen. Der beobachtete Anstieg lässt sich vor allem auf eine positive Entwicklung im Mittelland zurückführen. Die Zukunft wird zeigen, ob der Trend weiterhin anhält. Bei den Brutvögeln ist die Artenvielfalt weitgehend konstant geblieben. Es wird vermutet, dass der Klimawandel eine wichtige Ursache für den aktuellen Anstieg der Artenvielfalt bei den Pflanzen und Tagfaltern ist. Auffallend ist die Ausbreitung von wärmeliebenden Arten in den tieferen Lagen. Auch Änderungen in der Landnutzung und in den Lebensräumen selbst können diese Entwicklung beeinflussen. Die aktuelle Zu-

nahme der Artenvielfalt in einigen Artengruppen ist ein ermutigendes Signal. Es zeigt, dass eine Trendwende möglich ist und die getroffenen Naturschutzmassnahmen möglicherweise erste Früchte tragen. Diese Zunahme darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die heutige Artenvielfalt immer noch deutlich unter jener der 1950er und 1960er Jahre liegt.

2. Die BDM-Auswertungen zeigen auch, dass der Kanton Bern in Bezug auf die Artenvielfalt bei den Pflanzen gesamtschweizerisch einen Spitzenplatz belegt. Der kantonale Durchschnitt ist mit 262 Arten pro Quadratkilometer signifikant höher als jener in der Schweiz mit 249 Arten. Am meisten Arten kommen in den Nordalpen und im Jura vor. Beeindruckend ist, dass die BDM-Fläche mit den meisten Pflanzenarten des schweizweiten Stichprobennetzes im Kanton Bern im Oberland zu finden ist. Auf der Untersuchungsfläche von einem Quadratkilometer konnten über 400 verschiedene Arten nachgewiesen werden. Vergleichbare Muster wie bei den Pflanzen zeigen sich auch bei den meisten anderen im BDM untersuchten Artengruppen: Bei den Tagfaltern sind einige Gebiete der Berner Alpen so artenreich, dass sie mit den bekannten Schweizer «Hotspots» im Wallis und den Südalpen mithalten können. Auch bei den Moosen werden auf den Untersuchungsflächen des Indikators «Artenvielfalt in Lebensräumen» auf den Berner Alpweiden so viele Arten festgestellt wie sonst in keiner anderen Region der Schweiz. Eigentliche «Berner Spezialitäten» sind einige Arten, die in der subalpinen Stufe des Alpenraumes im ökologisch wertvollen Übergangsbereich zwischen landwirtschaftlich und alpwirtschaftlich genutzten Extensivflächen und lichtem Wald und unproduktiven Flächen vorkommen. So können gewisse Mohrenfalter, wie der Doppelaugen-Mohrenfalter im Kanton Bern doppelt so häufig festgestellt werden, wie in vergleichbaren Lebensräumen der übrigen Schweiz.
3. Im Mittelland schneidet der Kanton Bern im Mittel jedoch signifikant schlechter ab, als der Schweizer Durchschnitt. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die intensive Nutzung und Zerstückelung der Landschaft zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass im Kanton Bern Handlungsbedarf besteht. Im Oberland und teilweise auch im Jura sind im Vergleich zur Gesamtschweiz noch hohe Naturwerte vorhanden. Hier haben Erhaltungsmassnahmen erste Priorität. Im Mittelland besteht ein ausgewiesenes Biodiversitätsdefizit. Dieses ist auf fehlende und ungenügend vernetzte natürliche und naturnahe Lebensräume zurückzuführen. Hier haben Aufwertungsmassnahmen erste Priorität. Insgesamt hat der Kanton Bern eine hohe gesamtschweizerische Verantwortung für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität.

Auftrag

Die Erhaltung und Förderung der Biodiversität sind ein globales Thema. Das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt von 1992 verpflichtet die Schweiz ihre Verantwortung in diesem Bereich wahrzunehmen. Der Bundesrat hat 2012 die Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) verabschiedet. In Vorbereitung ist der dazugehörige Aktionsplan Biodiversität (APB). Dieser wird zeigen, mit welchen Massnahmen der Bund die gesetzten Ziele erreichen will. Ihre Umsetzung wird mehrheitlich durch die Kantone erfolgen.

Der Kanton Bern verfügt bereits seit 2008 über ein Aktionsprogramm Stärkung Biodiversität. Dieses bezweckt primär die Förderung der Artenvielfalt und die bessere Vernetzung naturnaher Lebensräume im intensiv genutzten Mittelland. Dieses Programm soll nun zu einem umfassenden Biodiversitätskonzept Kanton Bern (BDK BE) weiterentwickelt werden und als Umsetzungsgefäss für SBS und APB dienen.

Der Volkswirtschaftsdirektor hat der ANF den entsprechenden Auftrag erteilt. Zusammen mit Fischerei- und Jagdinspektorat, dem kantonalen Amt für Wald (KAWA) und dem Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) wurden die Arbeiten bereits 2014 aufgenommen.

In drei Schritten zum Ziel

Das BDK BE soll folgende drei Teile umfassen:

- *Teil I Auftrag, Vision, Handlungsfelder:* Wie der Titel besagt, sind in diesem ersten Konzeptteil Auftrag, Vision und Handlungsfelder beschrieben. Ebenfalls dazu gehören die Handlungsgrundsätze. Sie zeigen, mit welcher Grundhaltung der Auftrag umgesetzt werden soll. Die «Flughöhe» des Dokuments ist eher hoch und es soll den Bezugsrahmen für die nächsten rund 16 Jahre bilden.
- *Teil II Ziele und Massnahmen:* Auch hier lässt sich aufgrund des Titels leicht auf den Inhalt des Dokuments schliessen. Ziele und Massnahmen sollen jeweils für einen Zeitraum von vier Jahren festgelegt werden. So können sie auf die Legislaturziele der Regierung und der Direktionen sowie die NFA (Neuer Finanzausgleich)-Perioden abgestimmt werden.
- *Teil III Instrumente:* Hier werden die verschiedenen zur Verfügung stehenden Umsetzungsinstrumente (z.B. Naturschutzrecht, Naturschutzgebiet, Vertragsnaturschutz, Raumplanung), ihre Wirkung und ihren Anwendungsbereich vorgestellt. Dazu gehört auch der vom Regierungsrat in den Richtlinien der Regierungspolitik 2015–2018 vorgesehene kantonale Sachplan Biodiversität. Dieser liefert die fachliche und planungsrechtliche Grundlage für die in der SBS vorgesehene Ökologische Infrastruktur (Umsetzung der Aichi-Ziele gemäss Nagoya-Protokoll).

Der Fahrplan

Der in der Arbeitsgruppe konsolidierte Entwurf von Teil I lag Ende 2014 vor und wurde Anfang Januar 2015 in die Vernehmlassung geschickt. Deren Ergebnisse liegen noch nicht vor (Stand Februar 2015). Teil I des BDK BE soll im Sommer 2015 durch den Volkswirtschaftsdirektor verabschiedet werden.

Die Arbeiten an Teil II wurden ebenfalls bereits aufgenommen. Der Berichtsaufbau wird Anfang 2015 definitiv festgelegt. Die beteiligten Fachstellen legen ihre Ziele und Massnahmen bis spätestens im Herbst 2015 fest. Ende Jahr wird ein in der Arbeitsgruppe konsolidierter Entwurf vorliegen. Dieser wird Anfang 2016 in die Vernehmlassung geschickt. Die Genehmigung ist für Sommer 2016 vorgesehen.

Teil III soll schwerpunktmässig ab 2016 bearbeitet werden. Für die Erarbeitung, insbesondere des Sachplans, braucht es zusätzliche Ressourcen. Es ist noch unklar, ob die vom Volkswirtschaftsdirektor in Aussicht gestellten Mittel auch tatsächlich zur Verfügung stehen werden. Hier müssen die Rahmenbedingungen und dann allenfalls auch Inhalt und Umfang von Teil III geklärt werden. Läuft es gemäss Planung, soll der Sachplan 2018 in die Vernehmlassung gehen.

Trotzdem sind erste umfangreiche (weitgehend drittfinanzierte) Vorarbeiten für Teil III bereits erfolgt (v.a. Grundlagen). Der Sachplan wird unter anderem alle Objekte von nationaler und regionaler Bedeutung beinhalten. Im Rahmen der 2015 abzuschliessenden Objektkontrolle der Trocken- und Feuchtstandorte mussten für das BLW und das BAFU alle Objektperimeter überprüft und die Pufferzonen festgelegt werden. Für die anderen Biotoptypen und die Vernetzungsachsen von regionaler und überregionaler Bedeutung erfolgt die Perimeterüberprüfung in den kommenden zwei Jahren. Ende 2016 sollten somit aktuelle Grundlagen vorhanden sein. Parallel dazu sollen auch die anderen Grundlagen aufgearbeitet werden.

Quelle

HINTERMANN & WEBER AG (2014): Zustand und Entwicklung der Biodiversität im Kanton Bern. Überwachung der Artenvielfalt im Kanton Bern anhand bestehender Datengrundlagen – Konzeptstudie im Auftrag der ANF. 66 S.

Urs Känzig-Schoch

5.2 Abschied von den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Im Jahr 1967 erschien in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern der erste Bericht von KARL LUDWIG SCHMALZ über die Naturschutzstätigkeit der «Naturschutzverwaltung» für das Jahr 1966. Bereits beim Erscheinen dieses Berichts war aus der «Naturschutzverwaltung» das NATURSCHUTZINSPEKTORAT geworden und K.L. SCHMALZ zum ersten Naturschutzinspektor ernannt worden. Insgesamt 49 Mal durfte bis heute die kantonale «Naturschutzverwaltung» als NATURSCHUTZ-

INSPEKTORAT und später als ABTEILUNG NATURFÖRDERUNG Rechenschaft über ihre Tätigkeit in den «Mitteilungen» ablegen. Wir bedanken uns an dieser Stelle ganz herzlich für die stets gute Zusammenarbeit und die «Gastfreundschaft», die uns über all die Jahre gewährt wurde.

Aus verschiedenen Gründen wollen wir in Zukunft unseren Tätigkeitsbericht selbst publizieren:

- Mit der Eigenproduktion des Berichts werden erhebliche finanzielle Mittel eingespart.
- Der Tätigkeitsbericht erscheint anstatt im Juli bereits im März.

Falls Sie auch zukünftig ein gedrucktes Exemplar unseres Berichts erhalten möchten, teilen Sie uns bitte Ihre Adresse unter info.anf@vol.be.ch mit. Wir danken Ihnen für Ihr Verständnis und hoffen, Sie auch zukünftig zu unserer Leserschaft zählen zu dürfen.

Erwin Jörg

Nur die Vielfalt garantiert ein stabiles Ökosystem.
Das widerspricht irgendwie der Einfachheit der Menschen.

Wolfgang J. Reus

6. Zuständigkeiten und Fachkommissionen

6.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung

Bereich	Aufgaben / regionale Zuständigkeit	Telefon direkt	E-Mail
Mitarbeitende			
Abteilungsleitung			
Dr. Urs Käzlig-Schoch	Abteilungsleiter	031 720 32 27	urs.kaenzig@vol.be.ch
Dr. Erwin Jörg	stv. Abteilungsleiter, Informatik, Öffentlichkeitsarbeit, Koordination Erfolgskontrollen, Projektleiter Neobiota	031 720 32 24	erwin.joerg@vol.be.ch
Doris Baumann	Leiterin Sekretariat, Administration, Rechnungswesen, Ausnahmegewilligungen (Pizsameln, Strahlen, Tauchen)	031 720 32 20	doris.baumann@vol.be.ch
Dr. Yvonne Stampfli	Betreuung Geographisches Informationssystem (GIS), Markierung Schutzgebiete (Koordination, Produktion, Unterhalt)	031 720 32 25	yvonne.stampfli@vol.be.ch
Stellungnahmen & Beratung			
Dr. Fabian Meyer	Bereichsleiter, Verwaltungskreise Oberaargau, Emmental, Thun, Frutigen-Niedersimmental	031 720 32 34	fabian.meyer@vol.be.ch
Anna-Katherina Schoenenberger	Verwaltungskreise Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Bern-Mittelland	031 720 32 21	anna-katherina.schoenenberger@vol.be.ch
Kurt Rösti	Verwaltungskreise Obersimmental-Saanen, Interlaken-Oberhasli	031 720 32 23	kurt.roesti-buchs@vol.be.ch
Ökologischer Ausgleich & Verträge			
Florian Burkhalter	Bereichsleiter, Vollzug Landschaftsqualität	031 720 32 29	florian.burkhalter@vol.be.ch
Oliver Rutz	Vertragsnaturschutz (Naturschutzgebiete), Vollzug Vernetzung	031 720 32 36	oliver.rutz@vol.be.ch
Andreas Brömmimann	Vollzug Biodiversitätsförderflächen (BFF) nach DZV, Qualitätsstufe II	031 720 32 33	andreas.broennimann@vol.be.ch
Brigitte Holzer	Verwaltung und Umsetzung Inventar Trockenstandorte (TS/TWW): Objektkontrolle, Nachkartierung, Verträge	031 720 32 32	brigitte.holzer@vol.be.ch
Res Hofmann	Verwaltung und Umsetzung Inventar Feuchtgebiete (FG/FM): Objektkontrolle, Nachkartierung, Verträge	031 720 32 37	andreas.hofmann@vol.be.ch

Bereich	Aufgaben / regionale Zuständigkeit	Telefon direkt	E-Mail
Mitarbeitende			
Bernhard Stöckli	GIS-Support Standort Schwand	031 720 32 55	bernhard.stoeckli@vol.be.ch
Nathalie Gysel	Vollzug Landschaftsqualitätsbeiträge (LQB) nach DZV	031 720 32 58	nathalie.gysel@vol.be.ch
Manuela Zbinden	Administration Vertragsnaturschutz (Naturschutzgebiete, Artenschutz, TS und FG) und BFF	031 720 32 48	manuela.zbinden@vol.be.ch
Arten & Lebensräume			
Teil Nord: Jura bernois; Biel, Seeland, Oberaargau, Emmental (bis Lützelflüh) und Bern–Mittelland (Linie Wahlern–Wichtrach–Oberthal)			
Franziska von Lerber	Bereichsleiterin und Schwerpunkt Teil NORD	031 720 32 31	franziska.vonlerber@vol.be.ch
Petra Graf	Schwerpunkt Teil NORD	031 720 32 39	petra.graf@vol.be.ch
Olivier Bessire	Schwerpunkt Teil NORD	031 720 32 30	olivier.bessire@vol.be.ch
Heinz Garo	Gebietsbetreuer NORD	079 222 40 37	heinz.garo@vol.be.ch
Teil Süd: Obersimmental–Saanen, Frutigen–Niedersimmental, Interlaken–Oberhasli, Thun, Emmental (bis Rüderswil) und Bern–Mittelland (Linie Guggisberg–Oberdiessbach–Böwil)			
Annelies Friedli	Schwerpunkt Teil SÜD und Auengebiete	031 720 32 26	annelies.friedli@vol.be.ch
Dominique Hindermann	Schwerpunkt Teil SÜD und Hoch- und Flachmoore	031 720 32 28	dominique.hindermann@vol.be.ch
Thomas Leu	Schwerpunkt Teil SÜD und Hoch- und Flachmoore, Betreuung Freiwillige Naturschutzaufsicht	031 720 32 38	thomas.leu@vol.be.ch
Ruedi Wyss	Gebietsbetreuer SÜD	079 222 40 39	ruedi.wyss@vol.be.ch

Tabelle 4: Die Mitarbeitenden der Abteilung Naturförderung (Stand Januar 2015).

Ressorts	Missions / compétence régionale	Ligne directe	E-mail
Membres du personnel			
Abteilungsleitung			
Dr Urs Käzlig-Schoch	Chef du service	031 720 32 27	urs.kaenzig@vol.be.ch
Dr Erwin Jörg	Chef adjoint du service, informatique, relations publiques, coordination des contrôles de résultat, chef du projet Neobiota	031 720 32 24	erwin.joerg@vol.be.ch
Doris Baumann	Cheffe du secrétariat, administration, comptabilité, autorisations exceptionnelles (cueillette de champignons, cristaux, plongée)	031 720 32 20	doris.baumann@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@vol.be.ch
Prises de position & conseil			
Dr Fabian Meyer	Chef du ressort, arrondissement administratif Haute-Argovie, Emmental, Thoune, Frutigen-Niedersimmental	031 720 32 34	fabian.meyer@vol.be.ch
Anna-Katherina Schoenenberger	Arrondissement administratif du Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Berne-Mittelland	031 720 32 21	anna-katherina.schoenenberger@vol.be.ch
Kurt Rösti	Arrondissement administratif Obersimmental-Saanen, Interlaken-Oberhasli	031 720 32 23	kurt.roesti-buchs@vol.be.ch
Compensation écologique & contrats			
Florian Burkhalter	Chef du ressort, exécution de la qualité du paysage	031 720 32 29	florian.burkhalter@vol.be.ch
Oliver Rutz	Protection contractuelle de la nature (réserves naturelles), exécution de la mise en réseau	031 720 32 36	oliver.rutz@vol.be.ch
Andreas Brönnimann	Exécution des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) selon OPD, deuxième degré de qualité	031 720 32 33	andreas.broennimann@vol.be.ch
Brigitte Holzer	Administration et exécution l'inventaire des terrains secs (TS/PPS): contrôle d'objets, cartographie ultérieure, contrats	031 720 32 32	brigitte.holzer@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@vol.be.ch

Ressorts	Missions / compétence régionale	Ligne directe	E-mail
Membres du personnel			
Bernhard Stöckli	Support du système d'information géographique (SIG) du site Schwand	031 720 32 55	bernhard.stoeckli@vol.be.ch
Nathalie Gysel	Exécution de la qualité du paysage (CQP) selon OPD	031 720 32 58	nathalie.gysel@vol.be.ch
Manuela Zbinden	Administration des contrats (réserves naturelles, protection des espèces, terrains secs et zones humides) et SPB	031 720 32 48	manuela.zbinden@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 et axe partie NORD	031 720 32 31	franziska.vonlerber@vol.be.ch
Petra Graf	Axe partie NORD	031 720 32 39	petra.graf@vol.be.ch
Olivier Bessire	Axe partie NORD	031 720 32 30	olivier.bessire@vol.be.ch
Heinz Garo	Responsable de réserves NORD	079 222 40 37	heinz.garo@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@vol.be.ch
Dominique Hindermann	Axe partie SUD et coordination protection des hauts- et bas-marais	031 720 32 28	dominique.hindermann@vol.be.ch
Thomas Leu	Axe partie SUD et coordination protection des hauts- et bas-marais, responsable des surveillant(e)s volontaires de la protection de la nature	031 720 32 38	thomas.leu@vol.be.ch
Ruedi Wyss	Responsable de réserves SUD	079 222 40 39	ruedi.wyss@vol.be.ch

Tableau 5: Les membres du personnel du service de la promotion de la nature (situation en janvier 2015).

6.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch)

«Die Fachkommission Naturschutz nimmt aus fachlicher Sicht zuhanden der Volkswirtschaftsdirektion Stellung zu grundsätzlichen Fragen des Naturschutzes von gesamtkantonomer 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 2014 behandelte die Kommission folgende Themen:

- Vision Naturschutz Kanton Bern: Zukünftige Ziele, Massnahmen, aktuelle Stärken und Schwächen – Online-Umfrage bei den Mitgliedern
- Mitarbeit am Biodiversitätskonzept des Kantons Bern
- Reorganisation der Fachkommission Naturschutz
- Exkursion vom 3. Juli 2014 in die Gemeinde Köniz zu Siedlungsrandprojekten und grünem Band
- Agrarpolitik 2014–2017: Stellungnahme
- Laufende Geschäfte ANF; Diskussion

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., dipl. Biologin SIA, SWB, 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)	Prof. Dr.	THOMAS HAMMER, Fribourg
Präsidentin Bärner Bio Bure	Lehrerin Gesamtschule Worb	KATHARINA SCHNEIDER, Walkringen

Vertretung	Fachrichtung	Personen
Regierungsstatthalter Frutigen-Niedersimmental	Landwirt	CHRISTIAN RUBIN, Aeschi
Politik, Gemeinderätin von Köniz (Vorsteherin der Direktion Umwelt und Betriebe), Grossrätin	dipl. Biologin	RITA HAUDENSCHILD, Köniz
Amt für Landwirtschaft und Natur, Leiter Abteilung Strukturförderung und Produktion (ASP)	dipl. Ingenieur Agronom ETH	MARC ZUBER, Münsingen

Tabelle 6: Mitgliederinnen und Mitglieder der Fachkommission Naturschutz.

Im 2014 waren folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

KATHRIN BALMER, Politikwissenschaftlerin, Generalsekretariat Volkswirtschaftsdirektion und URS KÄNZIG-SCHOCH, Dr. phil. nat., Biologe, Amt für Landwirtschaft und Natur, Leiter Abteilung Naturförderung nahmen im Jahr 2014 als ständige Gäste an den Sitzungen teil.

Kathrin Peter, Sekretariat der Fachkommission Naturschutz

6.3 Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft (FKBL)

Die Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft (ehem. Fachkommission ökologischer Ausgleich) ist der Volkswirtschaftsdirektion angegliedert und berät diese sowie das LANAT und die ANF seit 2010 insbesondere bei Vollzugsfragen in den Bereichen des ökologischen Ausgleichs nach DZV, Landschaftsqualitätsbeiträgen nach DZV sowie dem Vertragsnaturschutz.

Aufgrund der neuen Bezeichnungen im Rahmen der Agrarpolitik 2014–2017 wurde die Fachkommission ökologischer Ausgleich per 1.1.2014 in Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft (FKBL) umbenannt.

Im 2014 hat die Kommission folgende Themen schwer gewichtig behandelt und verabschiedet:

- Umsetzung der Landschaftsqualitätsbeiträge in den regionalen Naturparks Chasseral, Gantrisch und Diemtigtal
- Weiterentwicklung Vollzugskonzept Landschaftsqualitätsbeiträge für die gesamtkantonale Einführung ab 2015
- Stellungnahme zur LANAT Strategie
- Mithilfe bei der Neuausrichtung des Vollzuges der Vernetzungsprojekte nach DZV im Kanton Bern ab der 3. Projektperiode

Im 2014 waren folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

Vertretung aus	Bereich/Institution	Personen
Politik	Grossrat, Präsident der FKBL	JÜRIG ISELI, Zwieselberg
Fachstellen	Abteilung Naturförderung, LANAT	ANDREAS BRÖNNIMANN, Münsingen FLORIAN BURKHALTER, Münsingen
	Kantonales Amt für Wald	WALTER BEER, Bern
Interessenverbände	Lobag	DANIEL LEHMANN, Bern
	Bärner Bio Bure	GERHARD HOFSTETTER, Zweisimmen (bis 1.10.2014) THOMAS WIEDMER, Eriz (ab 7.10.2014)
	Pro Natura Bern	JAN RYSER, Bern
	Trägerschaft V-Projekte / Planer	SAMUEL KAPPELER, Bern
Bildung/ Beratung Wissenschaft	Inforama (inkl. BFO)	ERNST FLÜCKIGER, Bärau BENDICHT MOSER, Münsingen
	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften	HANS RAMSEIER, Zollikofen
	Lebensräume und Arten	LUC LIENHARD, Biel
Kontroll- und Erhebungsstellen	Kontrollstellen	MARCEL VON BALLMOOS, KUL, Jegenstorf
	Erhebungsstellen	STEFAN LUDER, Oberösch

Table 7: Mitglieder der Fachkommission Biodiversität und Landwirtschaft.

Florian Burkhalter

Die beste Zeit, einen Baum zu pflanzen, war vor zwanzig Jahren.
Die nächstbeste Zeit ist heute.

aus Uganda

Bernische Botanische Gesellschaft

Jahresbericht 2014

1. Vorstand

Im Vorstand amtierten während des Jahres 2014:

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

2. Vorträge

20. Januar 2014

ANDRÉ MICHEL, Bern

Südafrika in 3D – Ein Potpourri interessanter Pflanzen und faszinierender Landschaften

Neben Stereo-Aufnahmen von einzigartigen Pflanzen der artenreichen Flora Südafrikas wurden beeindruckende Landschaften von der Wüste bis zum Strand gezeigt. Ein reichhaltiges Allerlei einer Botanikreise aus dem Jahre 1997.

27. Januar 2014

FRANZISKA WITSCHI, naturaqua, Bern

Flussrenaturierungen – die Aue kehrt zurück

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden viele Schweizer Flüsse kanalisiert. Land wurde urbar gemacht, die Malaria eingedämmt, Siedlungen und Landwirtschaftsland liessen sich vor Hochwasser schützen. Gleichzeitig erfolgte aber auch eine schleichende Veränderung der flussnahen Lebensräume und der Vegetation: Uferdämme schnitten die vormals ausgedehnten Flussauen vom dynamischen System mit Hoch- und Niedrigwasser ab und im Umfeld von kanalisierten Flüssen sank der Grundwasserpegel langfristig ab. Was als ingenieurtechnische Meisterleistung für die damalige Zeit gilt, wird in der Gegenwart aufgrund gewonnener Einsichten differenzierter beurteilt. Der moderne Hochwasserschutz setzt nun vielerorts auf Renaturierungen. Was bedeutet dies vor dem Hintergrund der intensiven Nutzung flussnaher Gebiete?

Anhand des Projekts «Aarewasser – Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun-Bern» wurden zentrale Fragestellungen und Interessenkonflikte bei modernen Renaturierungsvorhaben aufgezeigt. Die bereits umgesetzte Renaturierung in der Hunzigenau bei Rubigen lässt Rückschlüsse zur Vegetationsentwicklung und zum Einfluss des Naherholungsdrucks zu.

17. Februar 2014

PETER KAMMER, PH, Bern:

Die Vegetation Ost-Australiens

Als die europäischen Siedler im 19. Jahrhundert nach Australien kamen, waren sie nicht gerade erfreut ob der Vegetation, die sie da antrafen: alles etwas grau und depressiv hängend. Dabei ist die Vielfalt an Vegetationstypen gerade entlang der australischen Ostküste ausserordentlich gross. Der Vortrag ist einer Reise von den tropischen Regenwäldern des Nordens bis zu den kargen, aber artenreichen Heiden im Süden gefolgt und hat die typischen Vegetationstypen dieser Region, ihre charakteristischen Pflanzenarten sowie ökologischen Besonderheiten dargestellt.

24. Februar 2014

MONIQUE HUNZIKER, Biovision Foundation for ecological development:

Das Biovision Farmer Communication Programme in Ostafrika

Fast eine Milliarde Menschen leiden weltweit an Unterernährung und 70% der Armen in Entwicklungsländern leben auf dem Land. Die Gründe hierfür liegen weitgehend in der nicht nachhaltigen Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Umwelt und in inkohärenten politischen Rahmenbedingungen als Konsequenz der schwachen Verknüpfung zwischen Politik und Wissenschaft. Die Stiftung Biovision setzt sich für die Verbreitung und Anwendung ökologischer Me-

thoden ein, die zur nachhaltigen Verbesserung der Lebensbedingungen in Afrika führen und zugleich die Umwelt schonen. Das Biovision Farmer Communication Program (FCP) vermittelt praxisorientierte Informationen zu ökologischer Landwirtschaft und Tierhaltung, Prävention von Krankheiten, umweltfreundlichen Technologien und Einkommensförderung. Es ergänzt und erweitert dadurch die Biovisions-Basisprojekte in Ostafrika. Mit einer multimedialen Informationsvermittlung durch Zeitung, Radio und Internet, Handy und persönliche Beratung kann das FCP einen kontinuierlichen und adressatengerechten Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaft und Kleinbäuerinnen und Kleinbauern gewährleisten.

3. März 2014

ADRIAN MÖHL / LIONEL SAGER / STEFAN EGGENBERG, InfoFlora, Bern & Genf:
Nixkräuter und Hornblätter – zerbrechliche Unterwasserflora

Info Flora ist das Datenzentrum zur Schweizer Flora und sammelt somit auch alle Daten zur Verbreitung von Wasserpflanzen und seit neuestem auch die Verbreitungsdaten der Armleuchteralgen (*Characeae*). Wasserpflanzen führen oft ein verborgenes Leben, sie wachsen an unzugänglichen Orten und ihre Bestimmung gilt als schwierig. Dies sind wohl alles Gründe, warum die Datenlage zu den Wasserpflanzen viel spärlicher ist, als die der übrigen Gefässpflanzen. Dabei wäre es gerade hier sehr wichtig, eine gute Datengrundlage zu haben, gehören die Wasserpflanzen doch zu den am meisten gefährdeten Pflanzen der einheimischen Flora.

10. März 2014

Jahreshauptversammlung mit Bücherbörse

6. Oktober 2014

PETER FINKE, Bielefeld, Deutschland
Was ist Citizen Science? Grundlagen, Rahmenbedingungen, Folgen

Im Kern ist Citizen Science so alt wie die Aufklärung, und findet auf vielen Inhaltsfeldern bürgerschaftlichen Engagements statt. Aber die neue Bezeichnung eröffnet eine neue Chance: auf die grosse Bedeutung der institutionsfernen, selbstorganisierten, ehrenamtlichen Forschung hinzuweisen. Die Bürgerwissenschaft ist nämlich eine weithin kaum beachtete und unterschätzte, aber sehr ernsthafte und geradezu anarchisch anmutende Form lebensnaher, aktueller Forschung. Es geht ihr nicht um Spitzenleistungen und noch weitergehende Spezialisierung, sondern um die wichtige Dokumentation der Zusammenhänge des alltäglichen Wandels in unserem anschaulichen Lebensumfeld. Hier ist die Freiheit der Wissenschaft noch Realität, während sie in der universitären Berufswissenschaft angesichts der vielen Ausseninteressen, die diese bedrängen, oft nur noch bruchstückhaft vorhanden ist. Deshalb ist die Kritik hieran eine wichtige Folge der neuen Wertschät-

zung für Citizen Science. Dies alles ist sehr modern. Es könnte im besten Falle dazu beitragen, dass auch die akademische Wissenschaft sich stärker als bisher veranlasst sieht, den bürgerfernen Elfenbeinturm zu verlassen und sich wieder mehr in der Mitte der Zivilgesellschaft anzusiedeln.

27. Oktober 2014

ERIC WYSS, GLOBE Schweiz

PhaenoNet – Citizen Science am Beispiel jahreszeitlicher Beobachtungen

«Citizen Science» ist in aller Munde. Bürgerinnen und Bürger sind Teil wissenschaftlicher Netzwerke und tragen mit eigenen Beobachtungen und Messungen zu wissenschaftlichen Untersuchungen und Erkenntnissen bei. Die jahreszeitliche Beobachtung verschiedener Pflanzenarten ist dafür ein gutes Beispiel. Auf Initiative des internationalen Bildungsprogramms GLOBE Schweiz ist die Webplattform PhaenoNet entstanden, die Schulen und interessierten Laien die Möglichkeit bietet, jahreszeitliche Beobachtungen von Pflanzen zu melden. MeteoSchweiz nutzt diese Daten für eine breitere Abstützung ihrer eigenen phänologischen Beobachtungen und die ETH wird mit längeren Datenreihen den Einfluss des Klimawandels auf die Pflanzenphänologie untersuchen. Dabei treten Bürgerin, Lehrperson, Schüler und Wissenschaftler in einen Dialog.

10. November 2014

CHRISTIAN ANTON, Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale)
Evolution MegaLab und Tagfaltermonitoring Deutschland: Möglichkeiten und Grenzen von Citizen Science

Citizen Science ist kein neues Phänomen. Schon seit langer Zeit engagieren sich Bürgerinnen und Bürger als Hobbyforscher in Vereinen oder Museen. In den vergangenen Jahren haben in Deutschland jedoch Forschungsorganisationen und auch die Politik das Potenzial entdeckt, welches in der Beteiligung von Laien an konkreten Forschungsfragen liegt. Der Vortrag zeigte an zwei sehr unterschiedlichen Projekten die methodischen Herausforderungen von Citizen Science auf.

17. November 2014

FLIB TEAM, Bern

Floreninventar der Stadt Bern (FLIB) – Herbstveranstaltung

15. Dezember 2014

CORINA DEL FABBRO, Zürcherische Botanische Gesellschaft, Projektleiterin FloZ
Halbzeit der Kartierung: Zwischenbilanz der 'Flora des Kantons Zürich (FloZ)

Seit 2012 läuft das von der Zürcherischen Botanischen Gesellschaft initiierte Projekt «Flora des Kantons Zürich». Ein grosses Ziel ist die systematische Erhebung der Pflanzenvielfalt auf Kantonsebene im Zeitraum von 2012 bis 2016. Nach drei

Kartierjahren kann Bilanz gezogen und über Neufunde und die grössten Highlights berichtet werden. Ein zweites Projektziel ist die Entwicklung und Veränderung der Flora in den letzten 200 Jahren darzustellen. Ab dem nächsten Jahr werden deshalb ehrenamtliche Laien und Experten historische Daten systematisch aufarbeiten.

3. Exkursionen

10. Mai 2014

Achera Biela – eine alte Kulturlandschaft vor den Toren Brigs

Leitung: MURIEL BENDEL

7. Juni 2014

Terra Inkognita: Unbekannte Artenvielfalt am Egghölzli

Leitung: STEFAN EGGENBERG und BRIGITTE HOLZER

21. Juni 2014

Gräserdschungel: Poaceen & Cyperaceen in der Stadt Bern

Leitung: STEFFEN BOCH & FLIB

27. Juni 2014

Löwenschwanz & Co.: Tiere & Pflanzen in der Stadt

Leitung: BEATRICE LÜSCHER und ADRIAN MÖHL

5. Juli 2014

Schatzjagd in der Stadt: Botanische Juwelen des Floreninventars

Leitung: ANDREAS GYGAX

20. Juli 2014

Schilthorn: Enziane und Steinbrech im Berner Oberland

Leitung: ADRIAN MÖHL

Mitgliederstand:

411 Mitglieder per 31. Dezember 2014

5. Sitzungsberichte

Die Sitzungsberichte 2013 sind erschienen und wurden den Mitgliedern zusammen mit dem Winterprogramm zugestellt.

6. Exkursionsberichte

10. Mai 2014

Achera Biela – eine alte Kulturlandschaft vor den Toren Brigs

Leitung: MURIEL BENDEL

Die erste Exkursion des Frühlings führte uns in eine sehr spezielle, im Mittelland fast völlig verschwundene Pflanzenwelt, diejenige der Ackerbegleitflora, insbesondere diejenige der Roggenkultur. Im Wallis hingegen existieren, teilweise aber nur noch dank gutem Schutz und entsprechender Pflege respektive Roggenkultur, noch einige Flächen mit ursprünglichen Begleitpflanzen des traditionellen Getreideanbaus. Die Achera Biela oberhalb Brig ist eine frühere Kornkammer des Raums Brig, die seit Jahrhunderten als Roggenanbaugesamt genutzt wurde. Nach dem Ende des 2. Weltkriegs wurde aber, da andere Getreideanbauflächen nach der Mechanisierung einfacher zu bewirtschaften waren und höhere Erträge abwarfen, der Roggenanbau aufgegeben und die Ackerflächen lagen brach.

Erst in den 1970er Jahren hat ein Landwirt begonnen, auf der Achera Biela wieder Roggen anzusäen. Für eine einfachere Bewirtschaftung wurden Parzellen zusammengelegt und ein Flurweg durch das Gebiet angelegt. Heute sind es fünf Bauern, die im Gebiet Roggen auf traditionelle Art und Weise anbauen.

Auf der Fläche wurde in den 1990er Jahren ein Naturlehrpfad eingerichtet und 1998 wurden 25 ha als Naturschutzgebiet unter kantonalen Schutz gestellt. Heute ist die Fläche zudem ein nationales TWW-Objekt (Trockenwiesen und -weiden) mit Singularitätscharakter, das heisst, es wachsen an diesem Ort zahlreiche sehr spezielle und schützenswerte Pflanzenarten. Unser Weg führte von der Bushaltestelle in Ried-Brig in die Achera Biela und von dort in einer langen Schlaufe durch den Wald am Hang hinunter nach Brig.

Weite Wege muss man tatsächlich nicht zurücklegen, um sehr seltenen Arten zu begegnen, wie z.B. dem Braunen Mönchskraut (*Nonea erecta*), dem Sand-Mohn (*Papaver argemone*) oder dem Sommer-Blutströpfchen (*Adonis aestivalis*). Viele dieser Arten sind auf den speziellen Lebensraum Acker als Begleiter der Kulturpflanzen angewiesen, wo sie mit der regelmässigen Störung durch Bodenbearbeitung sowie guter Nährstoffversorgung ihre bevorzugten Bedingungen vorfinden. Nicht wenige von ihnen tragen deshalb den Begriff Acker bereits im wissenschaftlichen Artnamen (arves = Acker), wie z.B. der Acker-Hahnenfuss (*Ranunculus arvensis*) oder das Acker-Täschelkraut (*Thlaspi arvense*).

Viele dieser Arten wurden wohl erst mit dem Getreide zusammen in die Schweiz gebracht und sind seither in den Getreideäckern heimisch. Mit der fortschreitenden Intensivierung der Landwirtschaft werden die meisten Arten allerdings wieder aus diesem Lebensraum verdrängt.



Abbildung 1: Trockenwiese bei Achera-Biela

Eine frühere Kulturpflanze, die wir im Gebiet ebenfalls angetroffen haben, ist die Erdkastanie (*Bunium bulbocastanum*), die früher wegen ihrer stärkehaltigen Wurzelknolle angebaut wurde.

Eher eine Trockenwiesenart als eine Ackerbegleitpflanze ist die Berg-Anemone (*Pulsatilla montana*), von der wir noch ein paar letzte Blüten zu Gesicht bekommen. Bei ihr fällt auf, dass die Pflanze das Längenwachstum nach der Blüte nicht einstellt. Der Stängel wächst weiter in die Höhe und ragt mit der Zeit zur Wiese hinaus. Dank dieses postfloralen Wachstums präsentiert die Pflanze ihre flugfähigen Samen über den sie umgebenden Nachbarpflanzen, was die Verbreitung durch den Wind erleichtert. Ein ähnliches Wachstumsverhalten zeigen z.B. Huflattich (*Tussilago farfara*) oder Pestwurz (*Petasites sp.*).

Ebenfalls ein spezielles Wachstum fällt an zahlreichen Pflanzen der Zypressenblättrigen Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*) auf. An Stelle der normalen Blätter bildet die Pflanze weniger, dafür breitere Blätter aus. Blüten hingegen kommen an diesen besonderen Exemplaren gar keine vor. Einzig an der Triebspitze wirken knäuelig gehäufte Blätter ähnlich einer Blüte. Der Grund für diese spezielle Form ist ein Rostpilz (*Aecidium euphorbiae* aggr.), der auf der Unterseite der Blätter zu sehen ist. Er dringt in die Pflanze ein, verändert ihre Wachstumsform und hindert sie daran zu blühen. Die Veränderung der pflanzlichen Aktivitätsmuster durch Pilze wird Epigenetik genannt und wird zurzeit intensiver untersucht. Trotzdem duften die pilzbefallenen Pflanzen genau gleich intensiv nach Honig wie die blü-

henden und bilden auch in beschränkter Menge Nektar aus. Die Duftstoffe werden bei den befallenen Pflanzen aber vom Pilz gebildet. So wird die Pflanze trotz fehlender Blüten von Insekten besucht, die mit dem Nektar zusammen Pilzsporen zur nächsten Pflanze mittragen und so den Pilz verbreiten. Die Hauptverbreitung der Pilzsporen geschieht allerdings durch den Wind. Der Pilz hat eine recht spezielle Lebensform, denn er beschränkt sich nicht auf die Gattung *Euphorbia*, sondern wählt als Zwischenwirt Pflanzen aus der Familie der Schmetterlingsblütler (*Fabaceae*) aus, z.B. aus den Gattungen *Astragalus* oder *Oxytropis*. Erst durch den Wirtswechsel kann sich der Pilz geschlechtlich vermehren und so erneut Wolfsmilch-Pflanzen befallen.

Besonders strapaziert werden im Trockengebiet oberhalb Brig die Bäume. So ist die Wald-Föhre (*Pinus sylvestris*) häufig nur kleinwüchsig und oft von Misteln (*Viscum album*) besiedelt. Die durch Trockenheit und den Halbschmarotzer Mistel bedrängten Bäume sterben oft früh ab und können sich auf Grund der nicht optimalen Klimabedingungen nur noch schlecht verjüngen. An ihrer Stelle vermehrt sich immer häufiger die Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*), die trockenheits-resistenter ist.

Ebenfalls bedrängt wird seit einigen Jahren die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*). Hier ist es allerdings nicht die Trockenheit, die den Pflanzen zusetzt, sondern ein eingeschleppter Schlauchpilz, das Falsche Weisse Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*), der zum Eschentriebsterben führt, bei dem längerfristig nicht

nur die jungen Triebe sondern auch ganze Bäume absterben. Befallen werden zuerst die Triebspitzen, die bald absterben. So sind insbesondere Jungbäume gerade auch in Aufforstungen gefährdet, weil sie sehr rasch am Pilzbefall zu Grunde gehen. Der Pilz ist zwar erst seit 2008 in der Schweiz nachgewiesen, aber hat sich in den vergangenen Jahren schon über grosse Flächen ausgebreitet. Von den befallenen Bäumen sterben die meisten innerhalb von ein paar Jahren ab. Ungefähr 3–10% der Bäume werden hingegen nicht befallen und können sich weiter vermehren. Deshalb besteht die Hoffnung, dass sich die resistenten Bäume auch längerfristig halten und wieder vermehren können, wie das bei anderen Baumkrankheiten der vergangenen Jahrzehnte ebenfalls der Fall war.



Abbildung 2: *Nonea erecta* (Braunes Mönchskraut) in einem Getreidefeld.

Beobachtete Arten:

Pinus sylvestris
Pulsatilla montana
Adonis aestivalis
Ranunculus bulbosus
Ranunculus arvensis
Berberis vulgaris
Papaver rhoeas
Papaver argemone
Betula pendula
Fumaria officinalis s.l.
Quercus pubescens
Potentilla pusilla
Sorbus aria
Prunus avium
Prunus mahaleb
Vicia pannonica
Lathyrus tuberosus
Medicago sativa
Lotus corniculatus s.l.
Hippocrepis comosa
Onobrychis viciifolia
Viola tricolor aggr.
Euphorbia seguieriana s.str.
Euphorbia virgata
Euphorbia cyparissias
Helianthemum nummularium s.l.
Descurainia sophia
Erysimum rhaeticum
Alyssum alyssoides
Camelina microcarpa (?)
Thlaspi arvense
Agrostemma githago
Silene otites
Silene vulgaris s.str.

Dianthus sylvestris
Buglossoides arvensis
Nonea erecta
Stachys recta s.l.
Origanum vulgare
Thymus serpyllum aggr.
Veronica arvensis
Veronica dillenii
Veronica hederifolia s.l.
Globularia bisnagarica
Fraxinus excelsior
Melampyrum arvense
Rhinanthus alectorolophus
Anthriscus sylvestris
Bunium bulbocastanum
Artemisia vulgaris
Artemisia campestris s.l.
Centaurea valesiaca
Centaurea cyanus
Chondrilla juncea
Muscari comosum
Iris x germanica
Orchis ustulata
Carex liparocarpus
Bromus inermis
Bromus erectus s.str.
Festuca valesiaca s.str..
Poa bulbosa
Poa pratensis
Dactylis glomerata
Melica nutans
Arrhenatherum elatius
Stipa pennata s.str.



Abbildung 3: *Papaver argemone* (Sand-Mohn)

Im Anschluss an den Rundgang auf der Achera Biela führte uns ein schöner Fussweg durch den Wald am Hang hinab zurück an den Bahnhof Brig. Auch in diesem Lebensraum haben wir interessante Arten wie z.B. den Zwerg-Kreuzdorn (*Rhamnus pumila*) oder den Blauen Lattich (*Lactuca perennis*) entdeckt.

Zusätzliche Arten am Weg von Acherbielen nach Brig:

<i>Selaginella helvetica</i>	<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>
<i>Asplenium trichomanes</i>	<i>Stellaria media</i> aggr.
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	<i>Cerastium tomentosum</i>
<i>Cystopteris fragilis</i>	<i>Saponaria ocymoides</i>
<i>Hepatica nobilis</i>	<i>Cornus sanguinea</i>
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Galium boreale</i>
<i>Chelidonium majus</i>	<i>Galium mollugo</i> aggr.
<i>Sedum telephium</i> s.l.	<i>Teucrium chamaedrys</i>
<i>Sedum rupestre</i> aggr.	<i>Pimpinella saxifraga</i> aggr.
<i>Sedum dasyphyllum</i>	<i>Pimpinella major</i>
<i>Saxifraga tridactylites</i>	<i>Peucedanum oreoselinum</i>
<i>Quercus petraea</i>	<i>Viburnum lantana</i>
<i>Cotoneaster tomentosus</i>	<i>Lonicera xylosteum</i>
<i>Rhamnus pumila</i>	<i>Valeriana tripteris</i>
<i>Astragalus monspessulanus</i>	<i>Lactuca perennis</i>
<i>Ononis rotundifolia</i>	<i>Hieracium murorum</i>
<i>Trifolium montanum</i>	<i>Polygonatum odoratum</i>
<i>Hippocrepis emerus</i>	<i>Cephalanthera longifolia</i>
<i>Polygala chamaebuxus</i>	<i>Bromus sterilis</i>
<i>Populus tremula</i>	<i>Poa nemoralis</i>
<i>Alliaria petiolata</i>	<i>Achnatherum calamagrostis</i>
<i>Lunaria annua</i>	

Weiterführende Lektüre zu pilzbefallenen Pflanzen: Julia Kruse und Wilfried Probst: Scheinblüten, Gallen und Pilze VI (Tintling Nr. 6(2013), S. 39–47)

Informationen und Wandervorschlag zur Achera Biela:

<http://www.ecomuseum.ch/wege-und-strassen/rundwege/brigerberg>

Bericht: BARBARA STUDER UND MURIEL BENDEL

7. Juni 2014

Terra Inkognita: Unbekannte Artenvielfalt am Egghölzli

Leitung: STEFAN EGGENBERG UND BRIGITTE HOLZER

Die Exkursion gehörte mit drei anderen Exkursionen zusammen zu den Floreninventar-Exkursionen. Sie sollen einerseits die Spezialitäten der Stadtflora von Bern bekannter machen, dienen andererseits aber auch dazu, konkrete Daten zu erfassen. Der Tag der BBG im Kilometerquadrat 603/198 sollte die Artenvielfalt in diesem Gebiet dokumentieren und hatte zum Ziel, ca. 90% der Arten im Gebiet zu kartieren. Um das Ziel zu erreichen, wurde die Exkursionsgruppe aufgeteilt und jedes Team machte sich auf in einen bestimmten Teil des Quadrats, um die dort vorkommenden Arten zu erfassen.

Nach einer ersten Vorstellungs- und Bestimmungsrunde machten wir uns auf den Weg. Zum Mittagsspicknick traf sich die Gruppe wieder, tauschte gefundene Arten aus und es bestand die Gelegenheit, bei schwierigen Arten Unterstützung bei der Bestimmung zu erhalten.

Brigitte Holzer, die Quadratverantwortliche, ist als Biologin beim Kanton Bern angestellt und unter anderem verantwortlich für die Trockenwiesen. Sie zeigte uns an Hand von Beispielen, wie der Kanton die Landwirtschaftspolitik umsetzt. Dabei geht es unter anderem darum, Biodiversität und Landwirtschaft in Einklang zu bringen. Das wichtigste Instrument, um dieses Ziel zu erreichen, sind die Direktzahlungen an die Landwirte. Um von diesen Geldern profitieren zu können, müssen die Landwirte ökologische Leistungen erbringen. So muss mindestens 7% der Fläche eines Hofes als Ökofläche = Biodiversitätsförderfläche ausgeschieden werden. Frei ist der Landwirt in der Entscheidung, wo er die Flächen ausscheidet. Es kann sich dabei z.B. um Wiesen, Buntbrachen, Hecken mit oder ohne Krautsaum oder um Flächen mit Hochstamm- oder Feldobstbäumen handeln. Die Flächen werden in unterschiedliche Qualitätsstufen eingeteilt. Stufe 1 ist normal, bei Stufe 2 handelt es sich um eine besonders artenreiche Fläche. Ob eine Fläche als Stufe 2 entgolten wird, muss regelmässig von Spezialisten geprüft werden. Als Entgelt erhält der Landwirt zusätzliche Förderbeiträge. Alle Ökoflächen müssen jährlich in den Betriebsverwaltungsprogrammen des Hofes eingetragen werden.

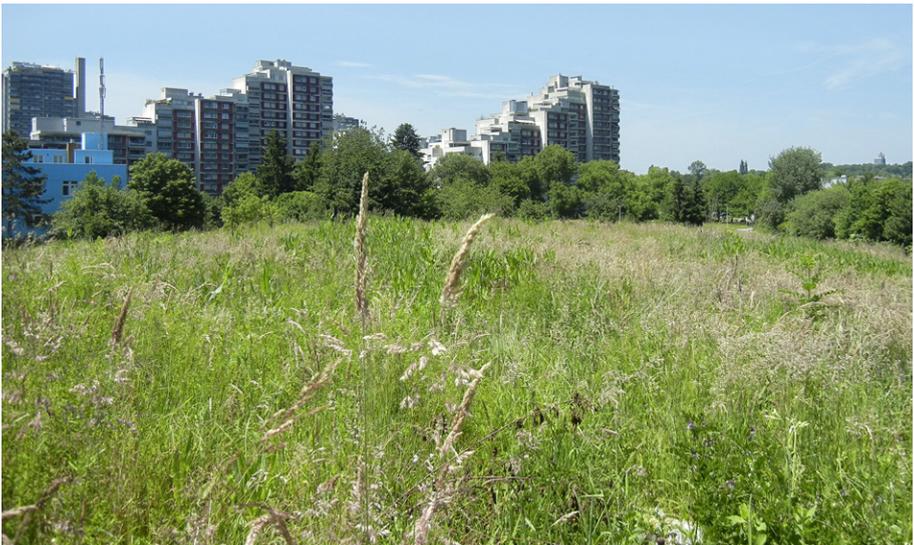


Abbildung 4: Brache auf dem Murifeld

Anhand einer älteren Buntbrache, die 2011 angesät wurde, war der Entwicklungsverlauf sehr gut sichtbar. Die einjährigen Arten der ursprünglichen Ansaat sind mehrheitlich verschwunden, die Gräser beginnen die Fläche zu dominieren. Der

ökologische Wert einer solchen Buntbrache ist nicht mehr sehr hoch. Die ursprünglich von einem Ökobüro festgelegten Ziele können kaum mehr erreicht werden. Deshalb ist es wichtig, immer wieder Flächen als Buntbrachen aus der produktiven Fläche auszuscheiden und neu anzusäen. Mit der gezielt ausgebrachten Saatmischung kann dem Boden eine Ruhezeit von 6–8 Jahren gewährt werden und die Nützlinge werden durch die Ansaat gefördert. Ein wichtiges Element für die Biodiversität ist die Vernetzung der Ökoflächen. Nur so ist der Artentransfer möglich und nur so können sich die Arten auch längerfristig halten. Allerdings ist die Vernetzung schwierig zu kontrollieren. Wichtig ist deshalb, dass der Naturschutz für spezielle Arten, wie z.B. Orchideen, konkrete Pflegeverträge mit den Landwirten abschliesst.

Der finanzielle Aspekt ist dabei nicht zu unterschätzen. Aktuell erhält der Landwirt Fr. 3800 pro ha und Jahr für eine artenreiche Buntbrache oder Fr. 1700 für ein Davallseggenried.

Im Floreninventar (FLIB) werden die Buntbrachen ebenfalls kartiert, allerdings wird die Herkunft der Pflanzen als u=nicht natürliche Herkunft bezeichnet.

Nach der Einführung in die Landwirtschaftspolitik und deren Umsetzung in Bern, machten wir uns gemeinsam auf zu einer Runde durch das Kilometerquadrat und bestimmen und kartieren weitere Arten.



Abbildung 5: Fettwiese mit *Malva alcea* (Sigmarswurz)

An diesem Tag konnten wir insgesamt 310 verschiedene Pflanzenarten beobachten, womit mehr als die Hälfte der zu erwartenden Anzahl Arten an nur einem Tag erfasst wurden. Grosse Seltenheiten kamen (noch) keine zum Vorschein, doch einige bemerkenswerte Funde gab es allemal: Im Egghölzli-Wald waren dies *Hypericum hirsutum* und *Staphylea pinnata*, bei Wittigkofen wuchsen einige *Aphanes arvensis*, und im Murifeld fanden sich einige Sumpfpflanzen wie *Carex pseudocyperus*, *Ceratophyllum demersum*, *Eleocharis palustris*, *Lemna minor*, *Rhinanthus minor* und *Typha latifolia*. Wie so oft im städtischen Siedlungsgebiet war aber nicht immer klar, ob die Arten dort angepflanzt wurden oder sich spontan dort ansiedeln konnten.

Bericht: BARBARA STUDER

27. Juni 2014

Löwenschwanz & Co. – Tiere & Pflanzen in der Stadt

Leitung: BEATRICE LÜSCHER UND ADRIAN MÖHL

Die häufigste Pflanzengesellschaft in der Stadt ist der Rasen. Ausserdem ist die Stadt stark gekennzeichnet durch versiegelte Flächen. Trotzdem bilden die vielen, oft kleinräumigen Lebensräume den Lebensraum für zahlreiche Arten.

Nach einer kurzen Einführung über die Stadt als Lebensraum, das Kartierprojekt FLIB (Floreninventar in der Stadt Bern) und die spannenden Strategien von Spinnen am Beispiel einer Baldachinspinne, ging es weiter Richtung Bremgartenfriedhof.

Zwischendurch machten wir einen kurzen Halt vor einer städtischen Gärtnerei. Dort konnten wir das in der Schweiz seltene Rundblättrige Hasenohr – *Bupleurum rotundifolium* bestaunen, das vermutlich aus dem Bestand der Gärtnerei verwildert ist. In der Buchshecke vor der Gärtnerei gab es zahlreiche Trichterspinnen und Wanzen zu beobachten. Direkt um die Ecke ging es dann weiter mit weiteren Details zum Projekt FLIB. Es wird dabei nicht jede einzelne Pflanze kartiert, die Arten sind unterteilt in häufige **Q**(uadrat)-Arten und weniger häufige **K**(oordinaten)-Arten.

Beobachtete Arten:

Acanthus mollis

Bupleurum rotundifolium

Erigeron annuus s.l.

Festuca rubra aggr.

Plantago major

Poa annua

Trifolium repens

Bremgartenfriedhof

Danach versammelten wir uns vor einer artenreicheren Fettwiese. Während Beatrice Lüscher auf Insektenjagd war, erfuhren wir von Adrian Möhl einiges über die Zusammensetzung der Wiese. Auch die «verflixten gelben Asteraceae» (DYC) waren, da man sie anhand des vielfältigen Pappus, den Flughaaren, unterscheiden kann, nicht mehr ganz so verflixt. Anschliessend gab es beim extra für die Eidechsen gebauten Unterschlupf eine Einführung zu den dort lebenden Arten, ihrer Lebensweise und den Gefahren, die Ihnen in der Stadt drohen. Neben einem leider verlassenen Fuchsbau durften wir eine weitere botanische Rarität bewundern: *Fumaria vaillantii* – den Blassen Erdrauch, er wird für das Floreninventar nochmals genau nachbestimmt, um wirklich sicher zu sein. Neben einer mit Farnen bewachsenen Steinmauer machten wir eine kurze Pause, bevor es durch die nach Thymian duftenden, frisch gemähten Wiesen zur nächsten Besonderheit weiter ging: dem Glasflügler, einer Schmetterlingsart, die gar nicht danach aussieht.

Beobachtete Arten:

Flora

Anthoxanthum odoratum
Arrhenatherum elatius
Asplenium ruta-muraria
Asplenium trichomanes
Briza media
Campanula rapunculus
Centaurea jacea
Centaurea scabiosa
Crepis biennis
Crepis capillaris
Cynosurus cristatus
Festuca rubra aggr.
Fumaria vaillantii
Galium album
Galium verum
Hieracium murorum
Hieracium pilosella
Hypochaeris radicata

Lotus corniculatus
Prunella vulgaris
Rhinanthus alectorolophus
Stellaria graminea
Thymus serpyllum aggr.
Trisetum flavescens

Fauna

Mauereidechse
 Fuchs
 Glasflügler
 Verschiedene Wanzenarten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Darunter ein Tier mit verblüffender Ameisenmimikry.
 Schaumzikade
 Weberknecht und Wolfsspinne
 Ohrwurm
 Punktierte Zartschrecke
 Zipfelkäfer und Kurzflügelkäfer

Anschliessend zogen wir weiter in Richtung Güterbahnhof. Dieser war frisch mit Herbiziden gespritzt worden, daher waren bei unserem Besuch bereits alle Pflanzenarten abgetötet. Im letzten Jahr war für eine bessere Kartierung der Fläche mit der SBB vereinbart worden, die Pflanzen einmal wachsen zu lassen. Hier konnten wir u.a. einige Neophyten beobachten:

Ailanthus altissima
Anthemis tinctoria
Lapsana communis
Linaria vulgaris
Lavandula angustifolia

Poa compressa
Reseda lutea
Solidago canadensis
Vulpia myuros

Da wir bereits einige Zeit auf dem Bremgartenfriedhof verbracht hatten, ging es nun etwas schneller weiter über ein wild bewachsenes Industriegelände, wo wir auch den für die Exkursion namensgebenden Löwenschwanz kennenlernen durften, der nach der Blattform der Pflanze benannt ist. Die meisten Teilnehmer kannten ihn jedoch unter seinem anderen Namen «Herzgespann», der auf seine medizinischen Verwendungsmöglichkeiten hinweist.

Beobachtete Arten:

Artemisia verlotiorum
Bromus sterilis
Bromus tectorum
Centaurea cyanus
Dianthus armeria
Herniaria glabra
Leonurus cardiaca
Matricaria discoidea

Mycelis muralis
Papaver somniferum
Petunia sp.
Sedum acre
Sedum rupestre
Sedum sexangulare
Sedum spurium

Abschliessend ging es nochmal durch ein Wohngebiet mit einigen sehr ungewöhnlichen Pflanzenarten: Die Mariendistel, deren weissen Blattflecken der Legende nach durch die Muttermilch der Maria entstanden sein sollen. *Euphorbia humifusa*, die Niederliegende Wolfsmilch, die man sonst eher in mediterranen Gebieten beobachten kann und der spannende Kompass-Lattich, der seine Blätter immer senkrecht nach Süden ausrichtet. Schliesslich der Gift-Lattich, der dieses Jahr seine Samen vor einem Wohnhaus ausbilden durfte und nächstes Jahr vermutlich das gesamte Viertel besiedeln wird.

Beobachtete Arten:

Apera spica-venti
Euphorbia humifusa
Lactuca serriola
Lactuca virosa
Silybum marianum
Sonchus oleraceus

Bericht: SANDRA REINHARD und MARIA HAGER

20. Juli 2014

Schilthorn: Enziane und Steinbrech im Berner Oberland

Leitung: ADI MÖHL (Ersatz für SABINE JOSS)



Abbildung 6: Grauseewli zwischen Schilthorn und Birg

Die Exkursion in die alpine Pflanzenwelt am Schilthorn begann unter wenig optimalen Bedingungen. Einerseits wegen des kurzfristigen Ausfalls der Exkursionsleiterin Sabine Joss, die aus familiären Gründen absagen musste, andererseits wegen der Wetterprognose mit Gewitter und starken Regenfällen, weshalb sich nur wenige auf den Weg zum Schilthorn wagten. Vor Ort kam noch eine weitere Erschwernis hinzu, denn wegen zu viel Schnee war der Weg von der Mittelstation Birg aufs Schilthorn gesperrt. Der kleinen Gruppe, die sich trotzdem mit Adi Möhl auf den Weg machte, blieb nichts anderes als ein kleiner verregneter Ausflug von der Mittelstation Birg zum Grauseewli und zurück. Gut eingepackt in die Regenausrüstung konnten wir trotzdem auf der kurzen Strecke recht viele Arten entdecken.

Ziel der Exkursion war unter anderem auch das Schliessen von Datenlücken in der InfoFlora-Datenbank, denn dort waren aktuelle Daten vom Schilthorn eher Mangelware. Dies, obwohl das Schilthorn durchaus eine spannende Flora aufweist und verkehrsmässig gut erschlossen ist. Typisch für das Gebiet ist die Kalkflora der Nordalpen, die aber stellenweise bereits Elemente der kristallinen Zentralalpen enthält. Dies, weil im Gebiet nicht mehr ausschliesslich Kalkgestein vorherrscht, sondern vereinzelt auch tonhaltiges, silikatreiches Gestein an die Oberfläche kommt. Die kristalline Flora ist eher weniger artenreich als die Kalkflora, weil wohl in den Eiszeiten mehr Arten ausgestorben sind, da sie vor den Eismassen nicht fliehen konnten. Dies war bei den Kalkarten in den Alpen-Randgebieten weniger der Fall, so dass sich dort diverse typische Arten entwickelt haben und sich auch halten oder nach den Eiszeiten wieder einwandern konnten.



Abbildung 7: *Salix herbacea* (Kraut-Weide)

Typisch für das alpine Gelände sind auch die verschiedenen Lebensräume, die je nach Dauer der Schneebedeckung unterschiedliche Arten enthalten. Mit geringer Schneebedeckung und dadurch kälteren Temperaturen im Winter und erhöhter Trockenheit im Sommer müssen die Pflanzen an den Windecken auskommen. Eine typische Art dieses extremen Lebensraums ist die Faltenlilie (*Lloydia serotina*). Oft kommen unter diesen unwirtlichen Bedingungen fast nur noch Flechten vor, die sich besser anpassen können.

In den Schneetälchen hingegen liegt oft sehr lange Schnee, was zu einer sehr kurzen Vegetationsperiode im Sommer führen kann. In ganz hohen Lagen kann es geschehen, dass der Schnee den ganzen Sommer über liegen bleibt und die Pflanzen ein weiteres Jahr auf den Sommer warten müssen. Ist der Schnee aber

endlich geschmolzen, herrschen gute Bedingungen, denn Schneetälchen sind in der Regel nährstoffreich und bieten ausreichend Feuchtigkeit. Unter diesen Bedingungen können sich fast nur mehrjährige krautige Pflanzen halten, die einerseits vom Winterschutz unter der Schneedecke profitieren, aber andererseits sehr rasch wachsen, blühen und fruchten müssen, um sich vermehren zu können. Eine typische Art, die wir angetroffen haben, ist der Alpen-Gelbling (*Sibbaldia procumbens*). Wenig erfolgreich in diesem Lebensraum sind die einjährigen Arten und Gehölze, die andere Bedingungen bevorzugen.

Ebenfalls typisch für das alpine Gelände sind die Kalkschuttfluren, die je nach Ausprägung gröberen oder feineren Felsschutt aufweisen, der sich je nach Hangneigung und Schuttakkumulation stärker oder weniger stark bewegt. Auch in diesem Lebensraum haben sich einige, teilweise sehr spezialisierte Pflanzenarten angesiedelt, wie z.B. die Grossköpfige Gämswurz (*Doronicum grandiflorum*).



Abbildung 8: *Doronicum grandiflorum* (Grossblütige Gämswurz)

Weitere alpine Spezialisten sind die polsterbildenden Arten, vor allem aus der Familie der Nelkengewächse (*Caryophyllaceae*). Die Polster, die sehr alt werden können, bieten mehr Wärme und können Feuchtigkeit speichern, was im felsigen, insbesondere im kalkhaltigen Gelände, ein grosser Vorteil ist. Typische Arten sind die Kalk-Polsternelke (*Silene acaulis*) oder die Zwerg-Miere (*Minuartia sedoides*). Polster quasi im Kleinformat, aber ebenso schön, bilden die Mannsschilde, wie z.B. der Alpen-Mannschild (*Androsace alpina*) oder der Schweizer Mannschild (*Androsace helvetica*), die wir beide blühend angetroffen haben.

Insgesamt war die Exkursion, trotz schwieriger Bedingungen, durchaus erfolgreich.

Beobachtete Arten:

<i>Pritzelago alpina</i> s.str.	<i>Geum montanum</i>
<i>Thlaspi rotundifolium</i> s.str.	<i>Sibbaldia procumbens</i>
<i>Arabis alpina</i> s.str.	<i>Alchemilla pentaphyllea</i>
<i>Cerastium latifolium</i>	<i>Potentilla aurea</i>
<i>Moehringia ciliata</i>	<i>Gnaphalium supinum</i>
<i>Poa alpina</i>	<i>Saxifraga paniculata</i>
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	<i>Carex sempervirens</i>
<i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Androsace chamaejasme</i>
<i>Ranunculus glacialis</i>	<i>Potentilla crantzii</i>
<i>Linaria alpina</i> s.str.	<i>Botrychium lunaria</i>
<i>Salix herbacea</i>	<i>Cerastium latifolium</i>
<i>Saxifraga exarata</i> subsp. <i>moschata</i>	<i>Trifolium badium</i>
<i>Artemisia genipi</i>	<i>Oxytropis jacquinii</i>
<i>Silene acaulis</i>	<i>Luzula campestris</i>
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	<i>Luzula spicata</i> s.str.
<i>Minuartia sedoides</i>	<i>Gentiana verna</i>
<i>Galium megalospermum</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Saxifraga aizoides</i>	<i>Potentilla aurea</i>
<i>Doronicum grandiflorum</i>	<i>Homogyne alpina</i>
<i>Saxifraga stellaris</i>	<i>Luzula alpinopilosa</i>
<i>Cirsium spinosissimum</i>	<i>Primula farinosa</i>
<i>Saxifraga androsacea</i>	<i>Sesleria varia</i>
<i>Oxyria digyna</i>	<i>Gentiana clusii</i>
<i>Cerastium cerastoides</i>	<i>Lloydia serotina</i>
<i>Androsace alpina</i>	<i>Helictotrichon versicolor</i>
<i>Veronica alpina</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Saxifraga seguieri</i>	<i>Salix serpillifolia</i>
<i>Polygonum viviparum</i>	<i>Saxifraga bryoides</i>
<i>Gentiana brachyphylla</i>	<i>Veronica aphylla</i>
<i>Alchemilla conjuncta</i> aggr.	<i>Hedysarum hedysaroides</i>
<i>Ligusticum mutellinoides</i>	<i>Androsace helvetica</i>
<i>Plantago atrata</i> s.str.	<i>Artemisia umbelliformis</i>
<i>Draba aizoides</i>	<i>Cardamine alpina</i>
<i>Myosotis alpestris</i>	<i>Sedum atratum</i>
<i>Viola calcarata</i>	<i>Ligusticum mutellina</i>
<i>Trifolium thalii</i>	<i>Carex parviflora</i>
<i>Veronica aphylla</i>	<i>Carex curvula</i> s.str.
<i>Pedicularis verticillata</i>	<i>Primula auricula</i>
<i>Minuartia verna</i>	<i>Saxifraga biflora</i> subsp. <i>macropetala</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Draba dubia</i>



Abbildung 9: *Saxifraga androsacea* (Mannschild-Steinbrech)

Bericht: BARBARA STUDER

