Mitteilungen der

Naturforschenden Gesellschaft in Bern

2014

Neue Folge Band 71

Jahresbericht der Abteilung Naturförderung des LANAT
Jahresbericht der Bernischen Botanischen Gesellschaft

Mitteilungen der

Naturforschenden Gesellschaft in Bern

2014

Neue Folge Band 71

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 71, Bd., Seiten 1–281, Bern Juni 2014

ISSN 0077-6130

Bezugsquelle:

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

Titelbild:

Fotografische Vielfalt des Vereinsjahres 2013

Herstellung: **rub**media www.rubmedia.ch

sc | nat

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

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

Inhaltsverzeichnis

Thomas Burri
Editorial 5

Marco Herwegh
Jahresbericht des Präsidenten 7

Matthias Haupt
Jahresrechnung 2013 15

Die Autoren der diesjährigen Ausgabe 19

Vorträge: 2013 Jahresthema: **Faszination Feuer**

Volker Jörg Dietrich
Griechenland im Feuer – von Prometheus zum Feuerteufel 25

Beda A. Hofmann
Meteoriten und Impaktkrater – Zeugen von Kollisionen im All 45

Ivan Mercolli, Alfons Berger, Thomas Burri
Feuer aus dem Erdinnern: Vulkanismus und Fluide am Kaiserstuhl ... 59

Armand Baeriswyl
Der Umgang mit dem Feuer im Mittelalter: Kochen, Heizen, Hausbau und Brandschutz im Blickfeld von Archäologie und Geschichte 77

Peter Bochsler
Viel Neues unter der Sonne 87

Beat Wermelinger
Wiederbesiedlung der Waldbrandfläche Leuk durch Insekten 95

Claudia Kuenzer, Corinne Frey, Jianzhong Zhang
Kohleflözbrände im internationalen Kontext: Ursachen, Auswirkungen und geowissenschaftliche Methoden der Detektion und nachhaltigen Überwachung 99

Rolf Witschi
International Fire Academy ifa 111

Marco Conedera
Die Schweiz in Flammen? – Klimawandel und zukünftige Entwicklungen der Waldbrände 117

Madleina Caduff
Wird aus Bern Bibern? 129

Sarah Hummel, Andreas Boldt, Katrin Bieri Willisch, Christian Willisch
Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück – Charakterisierung von Tageslagern im Sommereinstandsgebiet 147

Sabine Tschäppeler
Neuer Amphibienweiher in der unteren Aaregg 171

Thomas Burri
Mittelmoränen – Rezension zum neuen Buch von Gerhart Wagner 175

Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern
Abteilung Naturförderung
Bericht 2013 187

Bernische Botanische Gesellschaft
Jahresbericht 2013 255

Editorial: Von Atlantis bis zum Berner Biber

Breit sind die Themenbereiche der Beiträge unserer NGB-Mitteilungen 2014 – sie reichen von Theorien zum Ursprung der Atlantis-Legende bis hin zum Grauburgunder, der auf vulkanischen Gesteinen wächst, von der Solarphysik zum Meteoriten aus Chelyabinsk, von der Satellitenbildauswertung zur Feuerarchäologie und vom Feuerwehrausbildungszentrum bis zum spärlichen Nahrungsangebot der stadtberner Biber. Letzterer ist sogar ein Novum – nicht nur der Biber, sondern auch der Beitrag – denn er wurde von einer Berner Maturandin geschrieben, welche für diese Maturaarbeit ausgezeichnet wurde. Zum wahrscheinlich ersten Mal, jedenfalls seit langer Zeit, erfolgt hier also eine Publikation einer Maturaarbeit – Jungforscherinnen-Förderung im eigentlichen Sinn des Wortes. Dass auch solche Arbeiten durchaus lesenswert sind und sich auf erstaunlich hohem Niveau bewegen können, hat nicht zuletzt mit den freiwilligen Betreuern solcher Arbeiten zu tun, vor allem aber mit der Eigeninitiative der Jungautoren. Überzeugen Sie sich selbst! Wussten Sie zum Beispiel, dass es in unserer Bundeshauptstadt mehr Biber als Bären gibt?

Überraschend ist auch die Erkenntnis, dass es im Kanton Bern «Streichlisten» gibt, aus welchen hervorgeht, welche gesetzlichen Vorgaben erfüllt und welche auf die lange Bank geschoben oder nicht erfüllt werden. Nachzulesen im Jahresbericht der Abteilung Naturförderung des Amtes für Landwirtschaft und Natur (LANAT). Die Sparschraube wird im Kanton Bern also auch beim Naturschutz angezogen. Es sei der leise Einwand erlaubt, ob man nicht vor allem dort sparen müsste, wo die Stimmbürger Einsparungen beschlossen haben, bei den Strassenverkehrssteuern nämlich. Müsste jetzt nicht konsequenterweise beim Strassenneubau oder bei deren Unterhalt gespart werden? Angesichts der noch vorhandenen Begehrlichkeiten aber wohl eher ein naives Votum meinerseits. Trotzdem, ich kann mich an keine Abstimmung erinnern, an welcher beschlossen wurde im Naturschutz oder bei der Schulbildung zu sparen, Sie?

Umso schöner, dass die Naturforschende Gesellschaft Bern, trotz begrenzter Mittel, hie und da ein Naturschutzprojekt unterstützen kann, manchmal sogar mitten in Bern. Nachzulesen im Artikel von Sabine Tschäppeler von Stadtgrün Bern – übrigens wieder ein Novum. Nein, nicht Stadtgrün Bern, aber der Rechenschaftsbericht zuhanden der Naturforschenden Gesellschaft. Weitere werden zukünftig folgen…

Thomas Burri im Juni 2014

Naturforschende Gesellschaft in Bern

Jahresbericht 2013

1. Wissenschaftliche Tätigkeit

Im vergangenen Jahr verfolgte die NGB das Leitthema «Faszination Feuer». Diese Thematik wurde aus verschiedenen Sichtwinkeln beleuchtet und im Rahmen von Vorträgen und Exkursionen unseren Mitgliedern nahe gebracht. Wie in den vorhergehenden Jahren haben wir das Jahresprogramm an alle Mitglieder wie auch an die Gymnasiallehrer des Kantons Bern versandt.

Das Jahresprogramm 2013 war reichhaltig und beinhaltete folgende Beiträge:

Datum	*Titel – ReferentIn/FührerIn*	*Teilnehmende*
26.2.2013	*Griechenland im Feuer – Von Prometheus zum Feuerteufel* Prof. emer. Dr. Volker Dietrich, Institut für Geochemie und Petrologie, ETH Zürich (Organisator T. Burri)	65
26.3.2013	*Meteoriten und Impaktkrater – Zeugen von Kollisionen im All* Pd Dr. Beda Hofmann, Naturhistorisches Museum Bern (Organisatorin U. Menkveld)	45
13.–14.4. 2013	*Exkursion: Feuer aus dem Erdinnern: Vulkanismus und Fluide am Kaiserstuhl (war ausgebucht)* Prof. emer. I. Mercolli & Pd Dr. A. Berger, Geologisches Institut, Universität Bern (Organisator M. Herwegh)	22
25.5.2013	*Der Umgang mit dem Feuer im Mittelalter: Kochen, Heizen, Hausbau und Brandschutz im Blickfeld der Archäologie* Pd Dr. Armand Baeriswyl, Archäologischer Dienst, Bern (Organisator M. Herwegh)	39
4.6.2013	*Viel Neues über die Sonne* Prof. emer. Dr. Peter Bochsler, Physikalisches Institut, Universität Bern und Space Science Center, University Of New Hampshire (Organisator. E. Flückiger)	50
22.6.2013	*Exkursion: Fauna und Flora auf Brandflächen* Dr. Beat Wermelinger, Eidg. Forschungsanstalt WSL (Organisatorin E. Knop)	15

23.9.2013	*Brände die niemand sieht: Kohleflözbrände und ihre Auswirkungen auf die Umwelt* Dr. Corinne Frey, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Organisator M. Herwegh)	27
15.10.2013	*Die Schweiz im Wandel des Feuers: Umweltarchive erzählen uns eine vergessene Geschichte der Waldbrände* Dr. Erika Gobet, Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Bern (Organisator W. Tinner)	25
2.11.2013	*Exkursion: International Fire Academy Ifa: Die Tunnel-Übungsanlagen* Walter Meister, IFA, Balsthal (Organisator M. Helfer)	19
9.11.2013	*Forschungsstation Jungfraujoch – Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegenem Laboratorium für Umweltwissenschaften* Prof. emer. Dr. Erwin Flückiger, Physikalisches Institut, Universität Bern, Internationale Stiftung HFSJG (Organisator E. Flückiger)	19
26.11.2013	*Die Schweiz in Flammen? – Klimawandel und zukünftige Entwicklungen* Dr. Marco Conedera, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bellinzona (Organisator W. Tinner)	23

Die Veranstaltungen wiesen eine grosse Bandbreite auf, reichten Sie doch vom Feuer im Sonnensystem, über den Vulkanismus im Kaiserstuhl, der Fernerkennung von Bränden, der Handhabung von Feuer und den Gefahren für uns Menschen, bis hin zu deren Auswirkungen auf die Vegetation und das Klima. Die Vorträge waren alle von hoher Qualität und wir durften viel Neues und Spannendes erfahren.

Erstmals seit vielen Jahren fanden 2013 die NGB-Vorträge nicht mehr im Vortragssaal der Universitätsbibliothek statt, da das gesamte Gebäude der Burgerbibliothek einer mehrjährigen Renovation unterzogen wird. Als Ersatz durften wir die Gastfreundschaft des Naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern (NMBE) in Anspruch nehmen, wo wir uns gleich auf Anhieb alle wohl und willkommen gefühlt haben. Ein herzliches Dankeschön sei an dieser Stelle dem Direktor des Museum, Christoph Beer ausgesprochen, der uns diese Lösung ermöglichte. Den Einstand im Museum durften wir gleich mit einem sehr gut besuchten Vortrag zu Griechenland im Feuer feiern. Gekrönt wurde der Anlass durch ein von Rosemarie und Erwin Flückiger ausgerichtetes griechisches Apéro, das bei den Teilnehmern sehr gut ankam. Herzlichen Dank den beiden für ihren grossen Einsatz!

Überhaupt hat sich die erste Hälfte des Jahresprogramms durch eine rege Beteiligung an den Veranstaltungen mit erfreulichen Teilnehmerzahlen geäussert. In diesen Zeitraum fiel auch unsere Jahresversammlung, welche mit einem faszinie-

renden Vortrag von Armand Bäriswyl zum Umgang mit dem Feuer im Mittelalter und einem anschliessenden kulinarischen Highlight in der Kristallausstellung des NMBE begleitet wurde. In der zweiten Jahreshälfte brachen die Teilnehmerzahlen dann etwas ein. An der hohen Qualität der Vorträge lag es sicherlich nicht, auch die Themen scheinen uns nach wie vor sehr attraktiv. Erneut kamen uns aber einige Gross-Sportanlässe in die Quere und allenfalls müsste in Zukunft nach den Sommerferien nochmals die Werbetrommel für die NGB-Veranstaltungen gerührt werden.

Zu den Highlights von ‚Faszination Feuer' dürfen sicherlich auch die Exkursionen gezählt werden. Erstmals seit vielen Jahren haben wir mit ‚Feuer aus dem Erdinnern' wieder eine mehrtägige Exkursion in unser Angebot aufgenommen. Die Tatsache, dass die Exkursion ausgebucht war, lässt auf eine erhöhte Nachfrage nach mehrtägigen Events schliessen. Ivan Mercolli und Alfons Berger vom Institut für Geologie der Universität Bern haben 22 Teilnehmende in die faszinierende Welt der Vulkane am Beispiel Kaiserstuhl eingeführt und Thomas Burri vermittelte uns auf dem Burgberg in Breisach einen Einblick in die Hydrogeologie und Geothermie des Oberrheingrabens. Bei frühlingshaften Bedingungen kam allerdings nicht nur die Geologie des Kaiserstuhls zur Sprache, sondern auch die Naturprodukte welche dort gedeihen – die Kaiserstühler Reben und ihre Weine. Ein Mischung aus Vulkangesteinen aus dem Erdmantel, mit Herkunftstiefen von über 100 Kilometern und quartären Lösssedimenten, kombiniert mit dem milden Klima des Oberrheintalgrabens, ermöglicht einen qualitativ hochstehenden Weinanbau. Im Rahmen einer Führung mit Weinverkostung durch die Achkarrener Winzergenossenschaft konnten sich die Teilnehmenden selbst von dieser Qualität überzeugen. Daneben wurden wir beim Abendessen von der hervorragenden badischen Küche des Hotels Krone verwöhnt.

Ein weiterer Höhepunkt war die Exkursion auf die Brandflächen oberhalb von Leuk, geführt von Dr. Beat Wermelinger von der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). Im Hitzesommer 2003 brannten im Wallis 300 ha Fläche Föhrenwald. Dies war damit eines der wichtigsten Naturereignisse der letzten 100 Jahre. Zehn Jahre später durften wir auf unserer Wanderung erleben, wie sich die Natur den Lebensraum zurückholt und wie er durch neue, auf solche Brandflächen hochspezialisierte und seltene Arten wiederbesiedelt wird. Obwohl das Wetter anfänglich kalt und regnerisch war, zeigte sich am Nachmittag die Sonne, so dass wir sehr viele Insekten und Pflanzen kennenlernen durften. Allein in der Artenliste der Tagfalter fungieren 33 Arten.

Die letzte, nicht minder faszinierende Exkursion hat uns in die Übungsanlagen der International Fire Academy (ifa) in Balsthal geführt. Mit einem spannenden Vortrag hat uns der Betriebsleiter Walter Meister in die Aufgaben der ifa eingeführt und uns danach durch die Übungsanlagen begleitet. Vor allem die in Realgrösse aufgebauten Anlagen von Bahn- (inkl. Bahnkomposition) und Autobahntunneln und die damit verbundene Infrastruktur zum Training von Löscheinsätzen unter erschwerten Bedingungen, waren äusserst eindrücklich.

Nebst den NGB-eigenen Veranstaltungen hat unser NGB-Vorstandsmitglied Michael Helfer auch im vergangenen Jahr wiederum die zahlreichen naturwissenschaftlichen Vorträge auf dem Platz Bern im NGB-Veranstaltungskalender zusammengetragen und unseren Mitgliedern per Post zugestellt – herzlichen Dank! Hierbei wurde auf 68 Veranstaltungen aufmerksam gemacht. Leider stiessen einige Teilnehmer vereinzelt auf verschlossen Türen beim Besuch solcher «fremder» Veranstaltungen. Dies tut uns leid, aber da wir nicht selber Veranstalter waren, hatten wir keine Kenntnis von kurzfristigen Absagen bzw. Verschiebungen. Wir raten vor dem Besuch solcher Anlässe noch einmal die Homepage der veranstaltenden Institution zu konsultieren.

Im Namen des NGB-Vorstandes möchte ich allen Referenten und Referentinnen wie auch den Exkursionsleitern und -leiterinnen für ihren Einsatz, aber auch allen NGB-Mitgliedern für ihre Teilnahme an unseren Veranstaltungen ganz herzlich danken.

2. Publikationen

Im Band 70 der Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern hat unser Redaktor Thomas Burri den neu eingeschlagenen Weg weiter verfolgt und mit einigen Neuerungen aufgewartet. Der Band 70 beinhaltet folgende Beiträge:

- NGB-Jahresbericht des Präsidenten (Marco Herwegh)
- NGB- Jahresrechnung (Matthias Haupt)
- Die Autoren der diesjährigen Mitteilungen
- Der Ursprung und die turbulente Geschichte der Atmosphäre (Thomas Nägler)
- Forschung im luftleeren Raum (Kathrin Altwegg)
- Der Mensch und die heimlichen und unheimlichen Nanopartikel in der Luft – Folgen für die Gesundheit? (Peter Gehr)
- Wasserdampf und Ozon – zwei lebenswichtige Spurengase (Niklaus Kämpfer)
- Von der KVA zu Nabel – Einfluss der Luftemissionen der Industrie auf unsere Luftqualität (Hanspeter Graf)
- Numerische Wettervorhersage – ein gewaltiger Schatz (Ralph Rickli)
- Die Evolution des Fliegens bei Tieren (Marcel Güntert)
- Forschungsstation Jungfraujoch – Atmosphärenforschung in Europas höchstgelegenem Laboratorium für Umweltwissenschaften (Erwin Flückiger)
- Methan in Feuchtgebieten – Emissionen in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft (Oliver Heiri)
- Gruebengletscher Guttannen – Spurensuche in Gelände und Archiven zu den Gletscherseeausbrüchen (Corinne Kämpfer, Nils Hählen)
- Die Vegetationsgeschichte der letzten 14 000 Jahre am Lauenensee (Fabian Rey, Christoph Schwörer, Erika Gobet, Daniele Colombaroli, Jacqueline FN van Leeuwen, Silke Schleiss, Willy Tinner)

– 14 000 Jahre Klimageschichte am Lauenensee
  (Noëmi Zweifel, Christoph Schwörer, Oliver Heiri)
– Quellen und ihre Lebensgemeinschaften in den Berner Alpen
  (Fabian Wigger, Stefanie von Frumetti)
– Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Abteilung Naturförderung: Bericht 2012
– Bernische Botanische Gesellschaft: Jahresbericht 2012

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

3. Mitgliedschaft

Unsere Aktivitäten und die vermehrten Werbeaktionen haben in den letzten Jahren zu einem erfreulichen Mitgliederzuwachs geführt. Diese positive Entwicklung hat aber die Kehrseite, dass sich die intensivierten Aktivitäten auch finanziell zu Buche schlagen und wir ein Defizit ausweisen müssen. Trotz Defizit wollen wir die Mitgliederbeiträge im Moment auf dem aktuellen Stand belassen, die finanzielle Entwicklung in den kommenden Jahren aber weiterhin gut im Auge behalten.

Mitgliederbestand per 31.12.2013: 345 (Vorjahr 339)
Mitgliederbeiträge: Fr. 40.– (Normalmitglieder), Fr. 15.– (Jungmitglieder),
Fr. 80.– (Korporationsmitglieder). Alle unverändert.

Alle Mitglieder erhielten das NGB-Jahresprogramm 2013 in doppelter Ausführung, den Veranstaltungskalender für die drei Publikationsperioden sowie den Mitteilungsband 70 zugestellt.

4. Subventionen / Unterstützungen

Die Scnat hat im Rahmen ihrer finanziellen Unterstützung für die Plattform Naturwissenschaften und Region NWR auch für die NGB einen Beitrag von CHF 9000.– in Aussicht gestellt. Die NGB bedankt sich bei der Scnat für diesen wichtigen finanziellen Beitrag.

5. Vorstandstätigkeiten

Die beiden ordentlichen Sitzungen des NGB-Vorstandes fanden am 18.03.2013 und 28.10.2013 statt. Es wurden jeweils der Verlauf des aktuellen Jahresprogramms reflektiert und in der Herbstsitzung das Jahresthema und die Inhalte für

das Jahr 2014 geplant. Das im Jahr zuvor eingeführte Patensystem für die Veranstaltungen hat sich bewährt, hilft es doch gewisse Lasten gleichmässig auf alle Schultern der Vorstandsmitglieder zu verteilen. Es soll auch in Zukunft beibehalten werden. Daneben wurde in den Sitzungen auch das Tagesgeschäft, wie beispielsweise der Stand der Publikationsorgane (Mitteilungsband, Homepage, Veranstaltungskalender) oder aber die Finanzen der Gesellschaft behandelt.

Die NGB-Jahresversammlung fand am 25.5.2013 im NMBE statt. Wie zuvor erwähnt, wurde sie von einem Vortrag von PD Dr. Armand Bäriswyl und einem nachfolgenden Apéro riche begleitet. In diesem Rahmen wurde Robert Weingarts Rücktritt aus dem NGB-Vorstand bekannt gegeben. Die Anwesenden haben mit einem grossen Applaus seine 21-jährige Vorstandstätigkeit im Dienste der NGB verdankt. Der Vorstand hat Robert anlässlich einer kleinen internen Veranstaltung am 2.12.2013 persönlich verabschiedet und möchte ihm an dieser Stelle noch einmal für seinen unermüdlichen Einsatz und seine bereichernden Beiträge über all die Jahre ganz herzlich danken.

Für das Jahr 2014 wurde das Jahresprogramm «Abenteuer Erde» auserkoren – somit wären wir am Ende der vier Elemente «Erde, Feuer, Wasser und Luft» angelangt. Aus über 40 Vorschlägen für Exkursionen/Vorträge wurden schliesslich 9 finale Events ausgewählt, drei davon sind Exkursionen. Irène Herwegh hat wiederum das Layout des Flyers des Jahresprogramms erstellt, wofür wir ihr sehr dankbar sind.

Im Verlaufe des vergangenen Jahres hat der Präsident die NGB an folgenden Anlässen vertreten: bei der Feier der SAC-Sektion Bern zum 150-jährigen Bestehen des Schweizerischen Alpenclubs SAC; an der jährlichen Konferenz der Präsidentinnen und Präsidenten der Plattform NWR der Scnat (23.5.2013); bei der Scnat-Delegiertenversammlung (24.5.2013); an der Infoveranstaltung zu 200-Jahre Scnat (23.10.2013), sowie am Swiss Geoscience-Meeting in Lausanne (21.–22.11.2013).

Unser NGB-Jahr 2013 war somit wieder vielseitig, sehr bereichernd und spannend. Ein Jahresprogramm zu planen und durchzuführen oder aber die Gesellschaft «aufrecht zu halten» geschieht nicht von alleine, sondern erfordert viel Arbeit im Hintergrund. Ich möchte aus diesem Grund all meinen Vorstandskolleginnen und -kollegen meinen tiefverbundenen Dank für ihren Einsatz und die tolle Zusammenarbeit aussprechen.

6. Zusammensetzung des Vorstandes

Präsident	Prof. Marco Herwegh, Erdwissenschaften
Vizepräsident	Prof. Günter Baars, Chemie, Gymnasium / Bildungsmedien
1. Sekretär	Dr. Ursula Menkveld, NMBE
2. Sekretär	Dr. Eva Knop, Biologie
Kassier	Matthias Haupt, Haupt Verlag
Redaktor	Dr. Thomas Burri, NMBE

Archivar	Michael Helfer, Universitätsbibliothek Bern
Beisitzer/in	Christine Keller, Gymnasium Hofwil
	Prof. Erwin Flückiger, Physik
	Prof. Willy Tinner, Biologie
	Dr. Robert Brügger, Geographie

7. Kontrollstelle

Frau Marianne Del Vesco
Frau Franziska Nyffenegger

Abbildung 1: Ivan Mercolli und Alfons Berger führten uns fachkundig durch die Vulkanlandschaft des Kaiserstuhls.

Abbildung 2: Geologe auf botanischen Abwegen: Nebst vulkanischen Gesteinen entdeckte unser Redaktor Thomas Burri am Wegesrand auch botanische Highlights.

Naturforschende Gesellschaft in Bern
Rechnungsabschluss 31. Dezember 2013

1. Betriebsrechnung

Einnahmen		Einnahmen 2013	Einnahmen 2012	Ausgaben 2013	Ausgaben 2012
1. Beiträge und Zuwendungen					
1.1. Mitgliederbeiträge	13'670.00				
1.2. Freiwillige Beiträge	994.44				
1.3. Spenden	0.00	14'664.44	14'035.40		
2. Erlös aus Verkäufen					
2.1. Mitteilungen	354.64				
2.2. Veranstaltungskalender	240.00	594.64	850.05		
3. Mitteilungen der NGB					
3.1. Beitrag der sc nat	9'000.00				
3.2. Weitere Beiträge	11'083.00	20'083.00	24'808.00		
4. Verschiedene Einnahmen		100.00	100.00		
5. Einnahmen Exkursionen		4'310.00	1'245.00		
6. Zinsen		9.80	39.20		
7. Entnahme aus Fonds (Jubiläumsband 69)		0.00	8'500.00		
Ausgaben					
1. Mitteilungen der NGB					
1.1. Herstellungskosten				27'890.25	32'475.10
2. Vorträge, Tagungen, Exkursionen				8'720.17	4'572.10
3. Beiträge					
3.1. sc nat	678.00				
3.2. Andere Gesellschaften	70.00			748.00	1'682.00
4. Informationen					
4.1. Veranstaltungskalender				3'436.60	3'130.90
5. Administration					
5.1. Gebühren	104.30				
5.2. Büromaterial, Tel., Porti,	3'252.60				
5.3. Drucksachen	2'202.10			5'559.00	5'233.95
6. Werbung				0.00	50.00
7. Verschiedenes				377.45	1'837.00
8. Vorstandskosten				*542.50*	*270.00*
9. Einlage in Fonds				0.00	0.00
Gewinn / Verlust				*-7'512.09*	*326.60*
		39'761.88	49'577.65	39'761.88	49'577.65

2. Bilanz

	Aktiven 2013	Aktiven 2012	Passiven 2013	Passiven 2012
1. Postcheck 30-1546-4	1'757.62	13'140.71		
2. Postcheck E-Deposito 92-331142-7	4'329.40	28.40		
3. Aktive Rechnungsabgrenzung	9'240.00	9'000.00		
4. Debitoren	80.00	0.00		
5. Kreditoren			0.00	0.00
6. Passive Rechnungsabgrenzung			770.10	20.10
7. Eigenkapital			14'636.92	22'149.01
	15'407.02	22'169.11	15'407.02	22'169.11

3. Fondsrechnungen

		Aktiven 2013	Passiven 2013
1. Wertschriften		182'000.00	
2. Valiant Bank Bern Universalkonto		15'403.45	
3. Postcheck 30-1546-4		0.00	
4. Verrechnungssteuerguthaben		833.60	
5. Publikationsfonds			
Bestand 1.1.2013	59'084.86		
Neuanlagen / Entnahme	0.00		
Überschuss 2013	651.85		59'736.71
6. Vortragsfonds			
Bestand 1.1.2013	22'890.81		
Neuanlagen / Entnahme	0.00		
Überschuss 2013	252.55		23'143.36
7. La Nicca-Naturschutzfonds			
Bestand 1.1.2013	46'808.46		
Entnahme für Weiherprojekt pro Natura	–5'000.00		
Überschuss 2013	461.25		42'269.71
8. De Giacomi-Fonds			
Bestand 1.1.2013	30'245.01		
Neuanlagen / Entnahme	0.00		
Überschuss 2013	333.65		30'578.66
9. Wyss-Fonds			
Bestand 1.1.2013	42'044.76		
Neuanlagen / Entnahme	0.00		
Überschuss 2013	463.85		42'508.61
		198'237.05	198'237.05

4. Bericht der Rechnungsrevisorinnen

Die unterzeichnenden Rechnungsrevisorinnen haben die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Bern für die Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 2013, bestehend aus

- der Betriebsrechnung 2013
- der Bilanz per 31. Dezember 2013
- den Fondsrechnungen 2013
  (Publikationsfonds, Vortragsfonds, La Nicca-Naturschutzfonds, De Giacomi-Fonds, Wyss-Fonds)

geprüft und für richtig befunden.

Die Betriebsrechnung schliesst mit einem Ausgabenüberschuss von Fr. 7'512.09 ab.

Die Bilanz weist ein Eigenkapital von Fr. 14'636.92 aus.

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

Das Vermögen der zweckgebundenen Fonds beträgt:

– Publikationsfonds	Fr. 59'736.71
– Vortragsfonds	Fr. 23'143.36
– La Nicca-Naturschutzfonds	Fr. 42'269.71
– De Giacomi-Fonds	Fr. 30'578.66
– Wyss-Fonds	Fr. 42'508.61

Das Rechnungswesen ist sauber und übersichtlich geführt.

Die Rechnungsrevisorinnen beantragen der Hauptversammlung

- die Rechnung für das Geschäftsjahr 2013 zu genehmigen
- dem Kassier für seine Arbeit herzlich zu danken
- Kassier und Vorstand zu entlasten
- den Mitgliederbeitrag für 2014 auf Fr. 40.00 bzw. Fr. 15.00 (Jungmitglieder) bzw. Fr. 80.00 (Korporationsmitglieder) zu belassen.

Bern, 10. April 2014

Die Rechnungsrevisorinnen

Marianne Del Vesco Franziska Nyffenegger

Die Autoren der diesjährigen Ausgabe

Jörg Volker Dietrich studierte Geologie an der TU Berlin und der ETH Zürich und promovierte bei Augsto Gansser über die Ophiolithe im Oberhalbstein und deren Geröllablagerungen in der Schweizer Molasse. Anschliessend wechselte er als Gastprofessor an die State University of New York, wo er im Team mit John Dewey, Akiho Miyshiro, Gary Ernst, Bob Coleman u.a. an der Entwicklung der Plattentektonik basierend auf Erkenntnissen der Ozeanischen Kruste und ihrer Subduktion mitwirken konnte. Nach seiner Rückkehr an die ETH lehrte er als Professor Mineralogie und Petrographie und präsidierte die Schweizerische Geotechnische Kommission und die Stiftung Vulkaninstitut Immanuel.

Beda Hofmann studierte Mineralogie und Geologie an der Universität Bern, wo er 1988 mit einer Dissertation über eine Uranlagerstätte im Schwarzwald abschloss. Während eines anschliessenden Forschungsaufenthaltes in den USA untersuchte er Redoxprozesse in Sedimentgesteinen und wagte sich erstmals auf das Gebiet der Meteoriten. Seit 1990 ist er Leiter der Abteilung Erdwissenschaften am Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern. Am Institut für Geologie der Universität Bern lehrt er Mineralogie und Geochemie. Seine Forschungsschwerpunkte sind Meteoriten, mit Feld-Projekten in Arabien und in der Schweiz, sowie die Erkennung von Spuren mikrobiellen Lebens in Gesteinen und die Anwendung dieses Wissens bei Marsmissionen. Mit seiner Tätigkeit an einer Schnittstelle zwischen Laien und Wissenschaft bemüht er sich um den gegenseitigen Austausch von Wissen.

Prof. Ivan Mercolli studierte Geologie an der ETH Zürich, wo er im Jahre 1979 promovierte. Kurz danach wurde er Assistent für Geochemie am damaligen Mineralogisch- Petrographischen Institut der Universität Bern (heute Institut für Geologie), wo er 1985 habilitierte und 1995 zu Titular Professor befördert wurde. Seine Interessen sind die geologische Entwicklung des prä-mesozoischen Grundgebirge der Zentralalpen, diejenige der neoproterozoischen Einheiten der arabischen Halbinsel (insbesondere Oman) und die Entstehung von ozeanischer Kruste (hauptsächlich am Beispiel der Semail- und Masirah Ophioliten im Oman). Seit 2013 ist er im «quasi-Ruhestand».

Alfons Berger promovierte an der Universität Basel, nach dem Studium der Geologie in Mainz, Göttingen und Basel. Nach einem 3-jährigen Aufenthalt an der Universität Heidelberg, forschte er in Bern im Bereich der metamorphen Petrologie, Strukturgeologie und Alpengeologie. Nach einer 4-jährigen Anstellung an der Universität Kopenhagen, ist er seid 2012 zurück in Bern. Die derzeitigen Forschungsprojekte beschäftigen sich mit Strukturgeologie, Tektonik und Kristallingeologie in den Alpen und Grönland.

Armand Baeriswyl studierte Mittelalterliche Geschichte, Archäologie des Mittelalters und Kunstgeschichte an der Universität Zürich, wo er 2001 mit der Dissertation «Stadt, Vorstadt und Stadterweiterung im Mittelalter. Archäologische und historische Studien zum Wachstum der drei Zähringerstädte Burgdorf, Bern und Freiburg im Breisgau» promovierte. Bereits während seines Studiums arbeitete Baeriswyl an archäologischen Untersuchungen und Bauforschungen in den Kantonen Bern, Graubünden und Thurgau mit, u.a. im Benediktinerinnenkloster St. Johann und bei der archäologischen Erforschung der Stadtburg Unterhof in Diessenhofen. 1994 wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Archäologischen Dienst des Kantons Bern. 2007 übernahm er die Leitung des neu entstandenen Bereichs «Stadt-, Kirchen-, Burgen- und Kirchenarchäologie sowie Bauforschung», seit 2011 ist er der Leiter der gesamten Feldarchäologie inklusive Auswertungen und Mitglied der Geschäftsleitung. In diese Jahre fallen intensive stadtarchäologische Forschungen in Bern, Biel, Burgdorf, Thun und Unterseen, zudem Forschungen zu Kommenden des Deutschen Ordens im Schloss Köniz und in Sumiswald (Schloss Spittel). Seit 2002 wirkt Baeriswyl als Dozent für Archäologie des Mittelalters an den Universitäten Basel, Bern und Heidelberg sowie an der Berner Fachhochschule in Burgdorf. 2011 habilitierte er sich an der Universität Wien mit der Habilitationsschrift «Stadt und Herrschaft im Mittelalter im Spiegel von Archäologie, Bauforschung und Geschichte – Städtebauliche und bauliche Interaktionen».

Peter Bochsler promovierte 1972 an der Universität Bern mit einer Arbeit über Tritium in Mondproben. Anschliessend verbrachte er zwei Jahre am Weizman Institute of Science in Rehovot/Israel, während welcher er Edelgase in verschiedenen terrestrischen Mineralien untersuchte. Nach einer erneuten Anstellung am Physikalischen Institut der Universität Bern änderte er seine Forschungsrichtung und begann ein Projekt zur Erforschung der Zusammensetzung des Sonnenwindes gemeinsam mit der NASA und der University of Maryland. Diese Arbeit ermöglichte zahlreiche ausgedehnte Forschungsaufenthalte an der University of Maryland. 1991 erfolgte seine Berufung zum Professor und Mitdirektor des Physikalischen Institutes. In diese Zeit fiel auch die Entwicklung einer neuartigen Kombination von mehreren Massenspektrometern für die Sonnensonde SOHO, welche seit 1995 Daten vom Sonnenwind liefert. Gleichzeitig initierte er ein Folienexperiment auf der russischen Weltraumstation MIR, das erstmals einen «sample return» von interstellarem Gas auf die Erde erfolgreich zu Ende führte. Seit seiner Pensionierung im Jahr 2008 beschäftigt sich Peter Bochsler vor allem mit der Auswertung und Interpretation der Daten eines weiteren Satelliten-Experimentes zur Erforschung des interstellaren Gases in enger Zusammenarbeit mit der University of New Hampshire/USA. Er hat die letzten fünf Jahre für diesen Zweck jeweils zur Hälfte als affilierter Professor an der University of New Hampshire verbracht.

Beat Wermelinger studierte an der ETH Zürich Biologie und doktorierte über den Einfluss der Pflanzenernährung auf Spinnmilben im Obstbau. Sein Postdoc verbrachte er an der University of California in Berkeley mit der Modellierung der Wechselwirkungen zwischen Pflanze, Herbivoren und natürlichen Feinden. Nach seiner Rückkehr arbeitete er auf ähnlichem Gebiet am Institut für Pflanzenwissenschaften der ETHZ. Seit 1991 ist er Leiter der Gruppe Waldentomologie an der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Dort beschäftigt er sich mit verschiedensten Aspekten von Waldinsekten wie der Populationsdynamik von Borkenkäfern, der Bedeutung von natürlichen Feinden, der langfristigen Entwicklung der Insektenfauna nach Störungsereignissen oder mit Totholzinsekten und Neozoen.

Dr. Claudia Kuenzer hat in Trier (D), und Washington State (USA) Geographie und Umweltwissenschaften mit den Vertiefungsrichtungen Fernerkundung, Klimatologie und Bodenkunde studiert und am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien im Jahr 2005 promoviert. Von 2001 bis 2006 arbeitete sie als Projektwissenschaftlerin im Bereich von Kohlebrandforschung und Naturgefahren, und war in dieser Zeit auch ein halbes Jahr Gastwissenschaftlerin an in Beijing, China. Von 2006–2008 hatte sie die Lehrstuhlassistenz am IPF der TU Wien inne, und kehrte Anfang 2008 an das DLR zurück, wo sie die Forschergruppe «Dynamik der Landoberfläche» sowie verschiedene wissenschaftliche Projekte in selbigem Kontext leitet.

Corinne Frey studierte Geographie mit Vertiefung in Klimatologie und Fernerkundung an der Universität Basel. Nach einem anderthalbjährigen Abstecher als Young Graduate Trainee bei der ESA in Noordwijk, Holland, kehrte sie zurück zur Universität Basel und promovierte 2010 auf dem Gebiet der quantitativen Fernerkundung. Nach der Dissertation arbeitete C. Frey als Postdoc der Universität Würzburg am DLR am Schwerpunk thermale Fernerkundung. Seit 2013 ist sie beim DLR angestellt und ist sowohl Projektleiterin als auch wissenschaftliche Entwicklerin im TIMELINE Projekt.

Dr. Jianzhong Zhang hat 1988 an der Universität Peking sein Diplom in Geographie abgeschlossen, hat einen Master in Earth Sciences vom ITC in den Niederlanden (1996) und hat 2004 am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien promoviert. Von 2001–2004 arbeitet er als Projektwissenschaftler am DLR im Bereich thermaler Fernerkundung und Kohlebrandforschung. 2004–2006 war er Marketing Director im Bereich Fernerkundung von Leica Beijing, und kehrte 2006 nach Europa zurück, wo er von 2006–2011 erst am IPF der TU Wien und später am German Space Operation Center, GSOC, des DLR arbeitete. Heute ist er als freier Berater im Bereich Fernerkundung, Photogrammetrie und Geotechnologien tätig und CEO der Firma ESKY Beijing Technologies Ltd.

Rolf Witschi ist in der Medizinaltechnik tätig. Ursprünglich der Wildbiologie zugetan, wurde nach dem Beitritt in die NGBE in den siebziger Jahren das Interesse für die unbelebte Natur geweckt. Quartärgeologie, Kryosphäre, Meteorologie, Klima und Naturgefahren beschäftigen ihn seither in seiner Freizeit.

Marco Conedera studierte Forstwirtschaft an der ETH Zürich, wo er 1984 diplomierte. Nach einer kurzen Periode als freierwerbender Forstingenieur, begann er 1985 seine Forschungstätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der WSL in Birmensdorf. 1988 begann er im Auftrag der WSL Direktion den Aufbau einer Aussenstelle der WSL in Bellinzona, die sich zur heutigen Forschungsgruppe Insubrische Ökosysteme entwickelte. Seit 2006 leitet er eine Forschungseinheit an der WSL, die aktuell «Ökologie der Lebensgemeinschaften» heisst. 2009 promovierte er an der Universität Fridericiana zu Karlsruhe mit einer Dissertation betreffend Feuermanagement. Er beschäftigt sich vor allem mit Umweltforschung und forstlichen Themen wie Waldbrand, Geschichte und Ökologie der Edelkastanie, problematische Neophyten und Landschaftsentwicklung.

Madleina Caduff, aufgewachsen in Bremgarten, besucht das Gymnasium Hofwil in Münchenbuchssee, wo sie im Sommer 2014 die Matur machen wird. In ihrer Maturaarbeit widmete sie sich dem Biber in Bern, dessen Spuren ihr beim Spazieren an der Aare immer wieder auffielen und sie faszinierten. Nach der Matur wird sie an der Universität Bern studieren – ob Medizin oder Biologie, wird sich noch zeigen.

Sarah Hummel studierte Umweltingenieurwesen an der Hochschule in Wädenswil (ZHAW), wo sie 2012 mit einer Bachelorarbeit über das Nahrungsangebot von Auerhuhnküken abschloss. Danach arbeitete sie als Praktikantin bei FaunAlpin v. a. im Bereich Huftiere und absolvierte nebenbei den CAS-Weiterbildungskurs Säugetiere – Artenkenntnis, Ökologie & Management. Im Frühjahr 2014 begann sie mit einem Masterstudium in Wildtierökologie und Wildtiermanagement an der Universität für Bodenkultur in Wien.

FaunAlpin «Andreas Boldt ist Geschäftsführer, Christian Willisch Bereichsleiter Huftiere und Katrin Bieri Projektmitarbeiterin bei FaunAlpin, einem Beratungs- und Forschungsbüro in Bern. FaunAlpin ist in den Bereichen Wildtierbiologie, Wildmanagement und Naturschutz tätig, mit einem Schwerpunkt auf den einheimischen Huftieren. Alle drei Autoren haben Biologie an den Universitäten Zürich, Basel bzw. Bern studiert und an den Universitäten Bern bzw. Neuchâtel doktoriert. Seither haben sie sich in den verschiedensten Projekten mit der Ökologie und dem Verhalten von Huftieren beschäftigt.»

Sabine Tschäppeler studierte an der Universität Bern Biologie, Hauptrichtung Botanik. Sie arbeitete während elf Jahren als Biologin in einem privaten Umweltbüro, zuletzt als Mitglied der Geschäftsleitung. Seit 2006 ist sie Leiterin der Fachstelle Natur und Ökologie bei Stadtgrün Bern. Ihre Aufgaben umfassen in erster Linie die Erhaltung und Förderung der Biodiversität in der Stadt Bern, umsetzen von konkreten Naturförderungsprojekten und Bevölkerungsinformation.

Volker Jörg Dietrich[1]

Griechenland im Feuer – von Prometheus zum Feuerteufel

Zusammenfassung des Vortrags vom 26. Februar 2013

Zusammenfassung

Gemäss griechischer Mythologie brachte Prometheus den Menschen das Feuer. Zwei Meteoritenkrater aus prähistorischer Zeit unweit des Olymps, sind Zeugnisse dieser Legende. Später erscheint der Titan Typhoeus als Personifizierung vulkanischer Kräfte und heisser Winde, glühende Lava, Steine und Asche spuckend aus der Tiefe des Santorin Vulkans und ist für die minoische Katastrophe vor 3630 Jahren verantwortlich, welche die frühe abendländische matriachalische Kultur und deren Gedankengut grundlegend verändert. Historischen Überlieferungen zufolge wird Griechenland seit dieser Zeit auch durch grosse Erdbeben, Auslöser von Feuersbrünsten und Tsunami verwüstet. In jüngster Vergangenheit fegt der Feuerteufel mit riesigen Waldbränden über das Land.

Naturkatastrophen in der griechischen Mythologie

Griechenland und die Ägäis, in Schönheit mit ihren vielgestaltigen Landschaften, Gebirgen, bizarren Küsten, ihrer Inselwelt und tiefblauen Wassern von keinem Land und Meer zu übertreffen, sind seit Jahrtausenden Mittelpunkt der Entstehung abendländischer Kulturen. Aber gerade dieser Teil der Erde wird seit Urzeiten von Naturkatastrophen heimgesucht, welche ihren Ursprung in der Dynamik der Erde haben.

Vier grosse Naturkatastrophen aus der Vorzeit, Frühzeit, historischer Zeit und Neuzeit, gebunden an «zerstörerische Feuer» als Folge eines Meteoriteneinschlags, eines riesigen Vulkanausbruchs, Erdbeben und Klimawandel, sollen das Schicksal dieses Landes und ihrer Bewohner verdeutlichen.

Zeugnisse aus Vorzeit und Frühzeit sind in der griechischen Mythologie verankert und durch die ersten Geschichtsschreiber und Philosophen überliefert. Hesiod (ca. 700 v.Chr.) lässt die Götter des Olymps, Gaia (Erde) und Uranus (Himmel), die sich in den Titanen und ihren Abkömmlingen (u.a. Zeus) fortpflanzen, aus dem Chaos entstehen. Prometheus «der Vorausdenkende», in der Mythologie als Titan ein

[1] Prof. emer. Dr. Jörg Volker Dietrich, Institut für Geochemie und Petrologie, ETH Zürich

Freund und Kulturstifter der Menschheit, wird sogar als Schöpfer der Menschen und Tiere bezeichnet.

«Um das Feuer für die Menschen wiederzuerlangen, hob Prometheus einen langen Stängel des Riesenfenchels in den Himmel, um ihn am vorüberrollenden funkensprühenden Sonnenwagen des Helios zu entzünden. Mit dieser lodernden Fackel eilte er zur Erde und setzte einen Holzstoß in Flammen», Platon (428–347 v.Chr.). Der Titan Typhon (Typhoeus), der jüngste Sohn der Gaia, ist ein im Erdinnern hausendes Ungeheuer mit hundert Drachenköpfen und Schlangenfüßen, das als Gluthauch erscheint und Verwüstungen anrichtet; Inbegriff aller elementaren (bes. vulkanischer) Zerstörung (Baudy 1992). Er lebt in den Tiefen unter der Vulkaninsel Santorin.

Mythen, Sagen und Legenden waren oftmals nicht nur die Auslöser intensiver historischen Forschungen, wie es die Entwicklung der Archäologie gezeigt hat, sondern auch treibende und inspirierende Kräfte für viele naturwissenschaftliche Forschungen. Viele archäologische Ausgrabungen haben eine unglaubliche Fülle an Daten und Zeugnissen geliefert und so Interpretationen zu frühen und historischen Epochen des ostmediterranen Raumes erlaubt, welche Abläufe und kulturelle Entwicklungen erkennen lassen. Allerdings wurden viele Darstellungen griechischer und römischer Naturhistoriker und Philosophen in den letzten mehr als zweitausend Jahren immer wieder umgedeutet und für eigene Zwecke missbraucht. Bereits spätere antike Schriftsteller, aber auch heutige Medien entstellen die originalen Texte und interpretieren die Naturkatastrophen gerne als Antworten und Warnungen auf politische, ökonomische oder religiöse Ereignisse.

Den Auswirkungen von Naturkaturkatastrophen, sofern sie überhaupt detailliert wissenschaftlich untersucht wurden, ist bis vor wenigen Jahrzehnten leider wenig Beachtung geschenkt worden. So wurden oft Zeugnisse von Feuersbrünsten und Zerstörungen von Siedlungen und Städten einerseits als räuberische und kriegerische Überfälle, andererseits als göttliche Strafen gedeutet. Allerdings hinterlassen gerade grosse Erdbeben, Vulkanausbrüche und Tsunamis augenblicklich totale Verwüstung, Brände, soziales Chaos, Plünderungen und Anarchie. Häufig folgen Degradation und Bevölkerungsabnahme einer ganzen Region.

Ein Meteoriteneinschlag in der Vorzeit ?

Die rätselhaften Zerelia Zwillingsseen (Thessalien, Zentralgriechenland) – mögliche Einschlagkrater

Zwei permanente Seelein mit 150 und 250 m Durchmesser und einer heutigen Tiefe von nur 6–8 m bis zu einem schlammigen Grund, liegen, getrennt durch einen Hügel mit einer neolithischen Siedlung, inmitten der Felder südwestlich der Stadt Almiros. Geologische Aufschlüsse, welche Auskunft über den Untergrund geben, liegen erst in mehreren Kilometern Entfernung vor. In Analogie mit diesen

Formationen besteht der Untergrund der Seelein aus alluvialen und mergelig-sandigen, neogenen Ablagerungen auf mesozoischen Kalken, Schiefern, Phylliten, Radiolariten und ophiolithischen Mélange-Relikten. Letztere Gesteine bauen die ca. 10 km südlich liegenden, unter die Almiros Ebene abtauchenden Pelagonischen Decken des Orthris Gebirges auf.

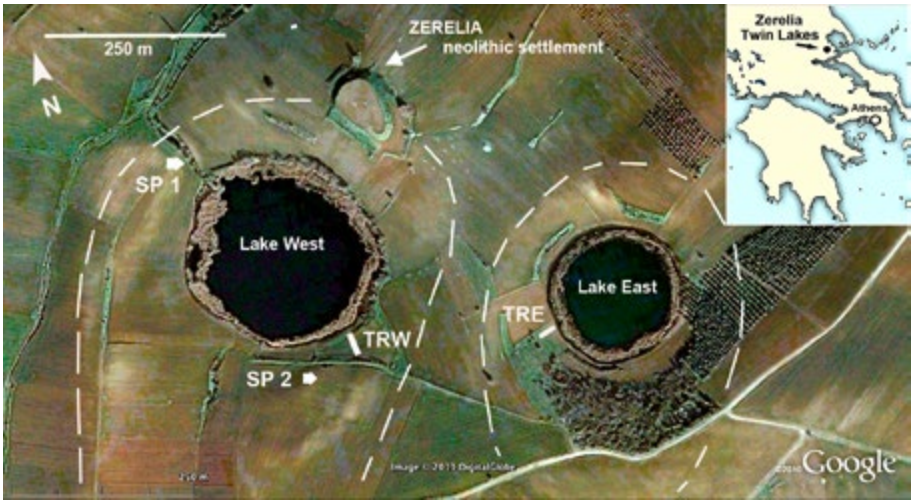


Abbildung 1: Weisse unterbrochene Linien markieren die Bereiche der polygenen Brekzien als möglichen Impakt-Auswurf. SP 1 und 2 sind Aufschlusslokalitäten in den flachen Wällen um die Seen; TRW und TRE sind die Lokalitäten der Baggerschlitze (Satellitenbild von Google Maps).

Abbildung 2: Der kreisrunde westliche Zerelia Zwillingssee (ZLW, Abb. 1) mit einem heutigen Durchmesser von 250 m und einer Tiefe von 6–8 m bis zum schlammigen Grund. Der See liegt auf 130 m Meereshöhe. Im Hintergrund erhebt sich das Othrysgebirge.

Das Alter der Seen kann aufgrund der Morphologie der Umgebung als spätes Pliozän bis Holozän und einem Minimumalter von ca. 5000 Jahren v.Chr. abgeschätzt werden, letzteres aufgrund einer neolithischen Siedlung zwischen den Seen. Ein palymnologisches Alter von 540 ± 60 Jahren AD wurde an der Basis einer zentralen, 10 m tiefen Bohrung festgestellt (Reinders & Bottema 1983). Mittels der Cäsium/Blei Datierung konnte die Sedimentationsrate der unverfestigten Sedimente auf ca. 0.5 cm/Jahr bestimmt werden (Keller 2010, ETHZ).

Evidenz aus dem Untergrund der Seen

Detaillierte mineralogische, petrographische und chemische Untersuchungen des Gesteinsmaterials in den flachen Uferwällen sowie in zwei, bis 8 m tiefen ufernahen Baggerschlitzen ergaben folgende Resultate: In einer weitgehend mergelig-tonigen Matrix liegen unsortiert und unstratifiziert zahlreiche polymikte, lithische, karbonatische Brekzien und Klasten sowie Radiolarit-, Chert- und Quarzfragmente mit Dimensionen von Millimetern- bis zu einigen Dezimetern. Typische mesozoische Kalkfragmente oder Gerölle, welche die Oberfläche der umliegenden Felder übersähen, fehlen hingegen völlig (Dietrich & Gartzos, 2009).

Im Mikrobereich weisen kleinste Quarzfragmente vereinzelt sub-planare bis planare Deformationsgefüge auf, welche durch schock-metamorphe Einwirkung entstanden sein könnten. Hinweise für eine mögliche Impakt-Aufschmelzung von Mergeln und Kalken mit nachfolgender Abschreckung liegen als typische «Feder-Karbonate» in den Karbonatklasten und als spheroidale Partikel mit mm-cm Durchmessern vor. Beide bestehen aus einer homogenen Calcitmatrix mit «Feder- und Spinifextexturen», welche entweder als Netzwerk- oder Fleckenaggregate («patch-

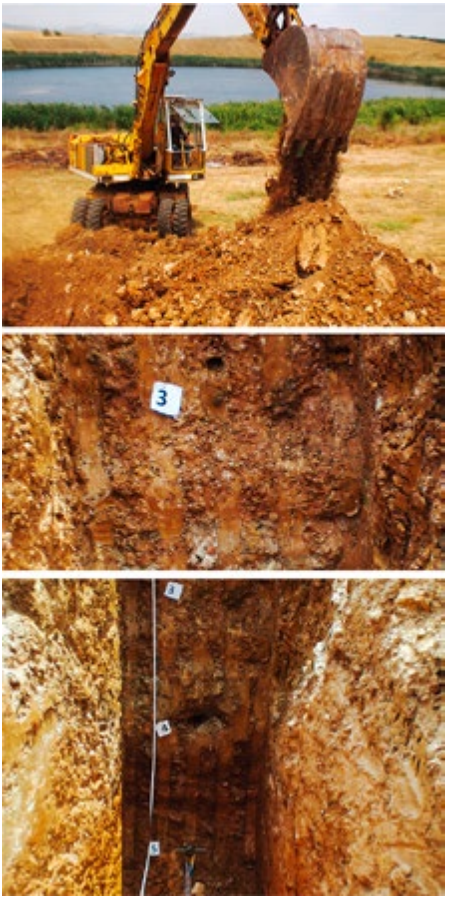


Abbildung 3: Baggerschlitz TRE am Südwestufer des östlichen Zwillingssee (ZLE) von 7 m Tiefe und 1 m Breite. Die Zahlen beziehen sich auf Meterangaben, die Löcher sind Probeentnahmestellen mit manuellem Kernbohrer im lehmigen, standfesten Boden mit unterschiedlichen Brekzienanteilen. Fotos: K. Kyriakopoulos 2013

work») vorliegen und zudem von feinsten Quarzfragmenten durchsetzt sind. Weitere Indizien einer hochtemperierten partiellen Aufschmelzung liefern unregelmässig ausgebuchtete «angeschmolzene» Fragmente von Quarz, Zirkon, Rutil und Ilmenit (reliktisch mit Skelett- und undeutlichen Granulatgefügen), für welche Schmelztemperaturen von 1400°–1800°C notwendig sind. Derartige Temperaturen werden weder in metamorphen noch in magmatische Prozessen erreicht.

Die modellierten gravimetrischen Anomalien beider Seen ergeben jeweils eine Pfannenstruktur, sie erreichen eine Tiefe von ca. 150 m und scheinen das Resultat des Schlamms der Seeböden, vermischt mit den unverfestigten, tonig-mergeligen und detritischen Sedimenten in den oberen Anteilen der «Kraterfüllung» zu sein.

Dagegen dürften die tieferen Anteile des Untergrundes eher ein «plastisches» Neogen und die darunterliegenden zerklüfteten Kalke des Mesozoikums repräsentieren, was die Undurchlässigkeit des Seeuntergrundes und das Fehlen eines ständigen Abflusses der Seen erklärt.

Mehrere Ursachen können für die Entstehung der rätselhaften Zwillingseen in Frage kommen: Maare als Folge vulkanischer Tufferuptionen, hydrothermale oder CO_2-Gas/Schlamm-Explosionen; Dolinen-Einbrüche mit assoziierten Zementmergelschüsseln in verkarstetem Untergrund oder der Einschlag eines Meteoriten. Aufgrund der vorliegenden Daten favorisieren wir mehrheitlich die Meteoritenhypothese, obwohl bis heute keinerlei Bruchstücke eines Projektils gefunden wurden.

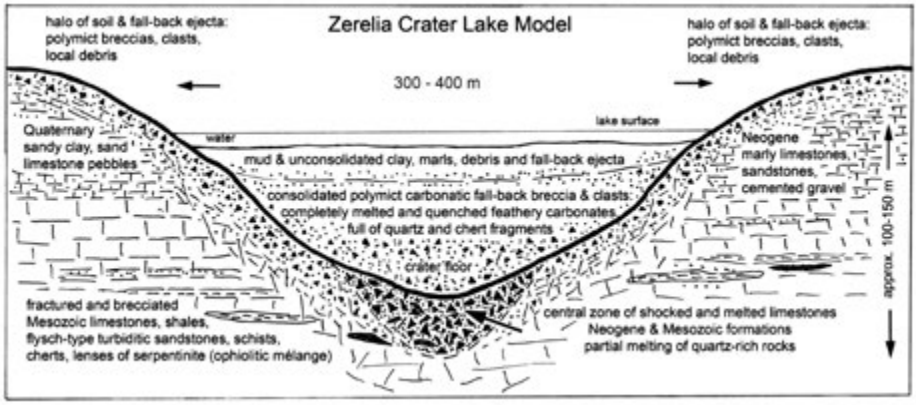


Abbildung 4: Hypothetisches Modell des westlichen Kratersees mit annähernden Dimensionen. Es wird angenommen, dass der Untergrund durch den Schockeffekt stark zerklüftet, brekziiert und mit lehmiger Grundmasse zementiert ist. Im Zentrum könnten mögliche lithifizierte Karbonat-Impaktschmelzen angetroffen werden. Es wird vermutet, dass der Krater zur Hälfte seiner ursprünglichen Tiefe von sehr unterschiedlichen Brekzien, resultierend aus den Gesteinsvarietäten des Untergrundes (mesozoische und neogene Kalke und Mergel) aufgefüllt ist. Sehr unterschiedliche Mächtigkeit dürften die oberflächigen «Auswurfbrekzien» mit lehmiger Matrix in den flachen umgebenden Uferwällen haben (Dietrich et al. 2013).

Die Morphologie und die Dimensionen der eng benachbarten Kraterseen sowie der Dichtekontrast lassen vermuten, dass ein 10 bis 30 m grosser Meteorit in zwei grössere Fragmente explodierte, bevor er die Oberfläche erreichte.

Neuinterpretation der Prometheus-Sage

Mit der naturwissenschaftlichen Interpretation eines Meteoriteneinschlags, der zur Entstehung der Zwillingkraterseen führte, bekommt die Prometheus Sage der griechischen Mythologie einen realistischen Hintergrund. Geht ein Meteorit dieser Grösse auf der Erde nieder und wird beim Aufschlag an der Oberfläche evaporisiert, werden unglaubliche Energien innert Sekundenfrist freigesetzt. War der funkensprühende Sonnenwagen des Helios in Wahrheit ein Meteorit?

Wie man sich ein solches Ereignis vorzustellen hat, konnte völlig unerwartet am 15. Februar 2013 beobachtet werden, als ein leuchtender Meteorit über dem südlichen Ural mit einer Geschwindigkeit von 18 km/sec in die Atmosphäre mit einem Aufprallwinkel von 20° eintrat. Als Feuerball von zahlreichen Videokameras gefilmt, erschien er über der Stadt Tscheljabinsk und zerbarst mit drei mächtigen Explosionen in ca. 70 bis 30 km Höhe über dem Boden. Der ersten stärksten Explosion war ein Blitz von ca. 5 Sekunden vorausgegangen. Die Schockwelle dieser Explosion erreichte Tscheljabinsk 2 Minuten und 57 Sekunden später und zerstörte alle Fenster an 3700 Gebäuden, was wiederum zu über 1500 registrierten Unfällen führte. Die Explosionsenergie während des Zerberstens entsprach etwa 100–1000 Kilotonnen TNT, was vergleichbar mit einer 20–30fachen Energie der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki ist. Die «*National Aeronautics and Space Administration, NASA*» schätzte den Durchmesser des in die Atmosphäre eintretenden Meteoriten auf 20 m, mit einer Masse von etwa 10'000 Tonnen. In dem ca. 70 km südwestlich von Tscheljabinsk entfernten Streufeld (u.a. einem 6 m Loch im Boden des Chebarkul Sees) wurden über 100 Bruchstücke des Meteoriten bis zu einem Kilogramm von gewöhnlicher chondritischer Zusammensetzung gefunden.

(Zusammenfassende Einzelheiten in *Wikipedia.org 2013: Meteor von Tscheljabinsk*)

Griechenland und die Ägäis, Zonen höchster Geodynamik Europas

Erdbeben, Vulkanausbrüche und Tsunamis

Griechenland, die Ägäis und die westliche Türkei sind seit mindestens fünf Millionen Jahren Zonen höchster geodynamischer Aktivität in Europa. Ihre Ursachen liegen in plattentektonischen Vorgängen der Erdkruste und des oberen Erdmantels.

Auswirkungen an der Oberfläche sind krustale Hebungen und Senkungen, horizontale Verschiebungen und Meeresspiegelschwankungen, welche immer mit

Erdbeben und Überflutungen verbunden sind. Hinzu kommen Vulkanausbrüche, begleitet von Megaflutwellen (Tsunamis) und Klimabeeinflussung.

Zehntausend Jahre der prähistorischen und historischen Entwicklung im ostmediterranen Raum zeigen in eindrucksvollster Art und Weise die Auswirkungen von Naturkatastrophen, insbesondere die Folgen starker Erdbeben und des gewaltigen Vulkanausbruches von Santorin vor 3620 Jahren, zur Zeit der minoischen Kultur. Zu den (auch heute noch) von stärksten Erdbeben (Magnituden >7) betroffenen Regionen zählen:

- die Gebiete innerhalb des Gürtels der nord-anatolischen Bruchzonen, die durch Nordanatolien hindurchziehen, über Bosporus, Marmara See und Dardanellen in die Nordägäis einbiegen und schliesslich am Peliongebirge Ostgriechenlands enden;
- ein Erdbebengürtel, der sich von Rhodos über Kreta bis in den Peloponnes erstreckt und in den Ionischen Inseln endet;
- eine vom Golf von Patras nach Korinth Ost-West verlaufende Grabenbruchzone (GrZ, Abb. 5);
- sowie die ost-anatolische Bruchzone, welche von Zentralostanatolien in die Levante nach Süden verläuft.

Vulkanismus im südägäischen Inselbogen (Pliozän bis heute)

Das Gebiet der Ägäis stellt einen abgesunkenen Teil des Alpinen Orogens dar, welches sich von den Pyrenäen bis zum Himalaya erstreckt und heute die wohl höchste geodynamische Aktivität Europas aufweist. Die Lage der Erdbebenzentren (Hypozentren) definiert das Abtauchen von Resten ozeanischer Kruste (Subduktion und Benioff-Zone) des östlichen Mittelmeeres (Hellenische Mikroplatte als Teil der Eurasischen Platte) bis in maximale Tiefen von ca. 150 km unter die afrikanische Platte. Die interne Zone der Helleniden, mit eher geringerer Krustendicke von 25 bis 30 km, ist mit Ausnahme der Vulkane des ägäischen Inselbogen geodynamisch eher indifferent und seismisch ruhig, obwohl die Regionen der Vulkaninseln durch sehr hohen Wärmefluss gekennzeichnet sind.

Strukturkarte und Vulkaninseln im südägäischen Inselbogen (Dietrich & Hurni, 2002; GEOWARN, 2003). Die vulkanischen Inseln der Südägäis, Aegina A, Methana M, Poros, Milos M, Santorini S, Yali, Nisyros N und Kos K formen einen klassischen kontinentalen Inselbogen mit einer Ausdehnung von ca. 650 km, welcher das magmatische Resultat aktiver Subduktion der afrikanischen Platte unter die kontinentale Mikroplatte der Aegäis darstellt.

Im oberen Pliozän (ca. vor viereinhalb Millionen Jahren) setzte im westlichen Sektor des Inselbogens (Suzaki und Aegina) vulkanische Tätigkeit als Resultat aktiver Subduktion mit einer Benioffzone zwischen 100 und 130 km Tiefe ein (Fitikas et al. 1984). Innerhalb von vier Millionen Jahren entstanden in den zent-

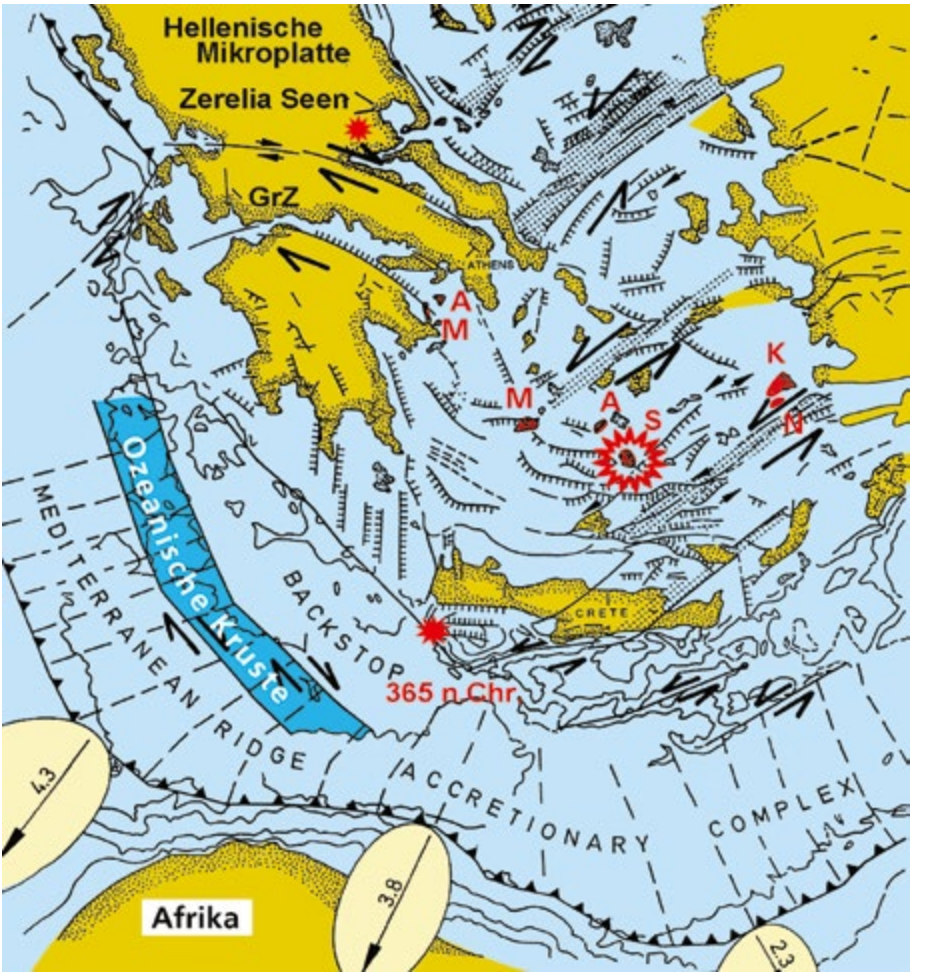


Abbildung 5: Tektonische Strukturkarte des östlichen Mittelmeers zwischen Griechenland und Nordafrika mit Lokalitäten der Zerelia Zwillingsseen als potentielle Meteoritenkrater, die Vulkaninseln des südägäischen Inselbogens (A Aegina, M Methana und Milos, A Antiparos, K Kos und N Nisyros) mit Santorin (S) und der Lage des Megabebens 365 AD mit Mw > 8. südöstlich von Kreta. Überschiebungsgeschwindigkeiten der Hellenischen Mikroplatte über die Afrikanische Platte in Millimeter/Jahr; Transversalbrüche und Grabenzonen sind mit schwarzen Pfeilen (GrZ = Patra – Korinth Grabenzone), der Überschiebungskontakt des mediterranen Akkretionskomplex mit schwarzen Dreiecken. Karte nach einem Entwurf von J. Makris (GEOWARN, 2003).

ralen und östlichen Sektoren die Vulkaninseln: Methana, Poros, Milos, Santorin, in der Halbinsel Kephalos auf Kos, Yali (Türkei) und Nisyros. Die Volumina der individuellen Vulkanzentren variieren zwischen 10 und 40 km^3. Alle Zentren scheinen an Schnittpunkte grösserer aktiver Bruchsysteme (z.B. NE-SW, E-W) gebunden

zu sein, also an krustale Schwächzonen und Dehnungserscheinungen. Die vulkanischen Eruptionsprodukte (Laven, Dome und Pyroklastika) gehören zur typischen kalk-alkalischen Differationsreihe aller Inselbögen an Kontinentalrändern, mit basaltischen bis rhyolithischen Gesteinen/Chemismen. Andesite und Dazite dominieren, während die basischen Vulkanite (Basalte und basaltische Andesite) weniger als 25% des gesamten Eruptivvolumens betragen.

Abbildung 6: Die Ringinsel Santorin heute. Die bis zu 600 m tiefe (380 m Wassertiefe und ca. 200 m Schlamm und Schutt) und 8 x 12 km Santorin-Caldera, mit zentralen Vulkaninseln Paleo und Nea Kameni. Während der kykladisch-minoischen Zeit von ca. 2000-1630 v.Chr. Kallisti (minoischer Name) wurde Santorin zum Kultur- und Handelszentrum des östlichen Mittelmeeres.

Einzig in Santorin wurden während der vergangenen 350'000 Jahren grosse Mengen basaltischer Magmen gefördert, was wahrscheinlich auf ein stärkes Aufsteigen (upwelling) der Astenosphäre und damit auf grössere krustale Dehnungserscheinungen zurückzuführen ist. Die jüngste Eruption erfolgte 1950 im Nea Kameni Vulkan, im Zentrum der Santorin Caldera. Magmatische Aktivität in Verbindung mit einer «seismischen Krise» scheint während 2011/2012 erfolgt zu sein (Lagios et al. 2013).

Die minoischen Eruption des Santorin Vulkans in der Frühzeit vor ca. 3630 Jahren

Atlantis und der Untergang der minoisch-kykladischen Hochkultur

Eine weitere Legende, der Untergang von Atlantis, hat ihren Ursprung wohl in der «Minoischen» Vulkankatastrophe von Santorin (1620 v.Chr.):

«Im Zeitraum eines einzigen Tages und einer Nacht wurde das ganze Heer auf einen Schlag von der Erde verschlungen und die Insel Atlantis selbst stürzte ins Meer und verschwand.» Platon (428–347 v.Chr.), Dialoge «Kritias & Timaio»

Die Legende von den «Keftiu» (Atlantiden), dem Volk der «grünen Inseln», entstammt den Erzählungen ägyptischer Priester, die der griechische Staatsmann Solon (560 v.Chr.) von seiner Reise nach Sais, einer Tempelstadt im Nildelta, heimbrachte. Platon benutzte die Überlieferung des Unterganges der Atlantiden, als göttliche Bestrafung, als Gleichnis und Warnung an das dekadente Leben der Athener. Sie diente der moralischen Erbauung und sittlichen Vervollkommnung, aber keinesfalls einer historischen Wiedergabe.

Santorin (minoisch «Kallisti») als Kultur- und Handelszentrum

Am zentralen Südrand der Kykladen liegt die ringförmige Vulkaninsel Santorin. Die Hauptinsel Thera, die Nachbarinsel Therasia und das Inselchen Aspronisi bilden einen Ring um einen zirka fünf mal zehn Kilometer weiten und bis zu 400 m tiefen, vom Meer gefüllten Krater, welcher vor 3630 Jahren, während des gewaltigen «minoischen» Ausbruchs, gebildet wurde. Vor dieser Eruption hatte die Vulkaninsel ein anderes Erscheinungsbild. Sie war eine blühende, mit üppiger Vegetation bedeckte Ringinsel, die ebenfalls einen Calderakrater und einen zentralen Schildvulkan umschloss. Diese Situation trug ihr den Namen «Kallisti» die «Schönste» aller Kykladeninseln ein. Anders als heute war die Caldera damals allerdings nur durch eine Meerenge im Südwesten zugänglich und von sehr geringer Wassertiefe. Der Krater dürfte vielen Schiffen Schutz geboten haben, obwohl die Stürme auch in der Caldera ihre Wirkung entfalten konnten. Jährlich dürften unzählige Schiffe aus der gesamten Ägäis die Insel aufgesucht haben. Der Handel brachte ihr Wohlstand, Reichtum und Ansehen. Beste Zeugen davon sind die wundervollen Fresken in den Ausgrabungen der Stadt Akrotiri auf Thera, auf denen das Leben auf der Ringinsel während der Blütezeit der minoisch-kykladischen Kultur eindrücklich dargestellt wird. Nur in einem Zentrum mit grossem Handels- und Kulturaustausch konnte ein derartiges Kunstschaffen entstehen.

Anders als heute, wo der Krater von mehreren hundert Meter hohen Steilwänden umgeben ist, gab es am Rand der damaligen Ringinsel nur kleinere Klippen mit flachen Stränden. Der letzte Ausbruch lag rund 17'400 Jahre zurück, und der Calderakrater war weitgehend mit Schutt aufgefüllt. Der langen vulkanischen

Ruhephase ist es auch zuzuschreiben, dass sich auf der Insel eine vielseitige Vegetation entwickeln konnte und fruchtbarer Boden Landwirtschaft ermöglichte.

Der Beginn des Untergangs von Santorin

Diese eigenständige und von vollkommener Harmonie gekennzeichnete Kultur sollte schon bald zu Ende gehen, und es war die Natur selbst, die ihren Untergang herbeiführte. Erste Anzeichen der nahenden Vulkankatastrophe stellten sich allmählich ein. Im Zentrum der Ringinsel Kallisti traten übelriechende Gase aus, das Wasser wurde siedend heiss und Erdbeben erschütterten die Ringinsel. Da niemand, auch nicht die weitgereisten Seefahrer, Vulkanausbrüche kannten, müssen diese Erscheinungen für die Bewohner unerklärbar gewesen und als Zeichen erzürnter Gottheiten angesehen worden sein. Während der minoischen Epoche existierten aktive Vulkane ca. 1500 Kilometer weit entfernt im östlichen Teil Kleinasiens (Hassan Dag), auf Sizilien und in den Phlegräischen Feldern bei Neapel.

Während mehreren Monaten muss es auf Kallisti Gas- und Wasserexplosionen sowie zunehmend stärkere Erdbeben gegeben haben. Als die Lebensbedingungen untragbar wurden, müssen nahezu alle Bewohner die Insel verlassen haben, ein Exodus, der offenbar nicht überstürzt ablief, da weder wertvolle Gegenstände noch Mobiliar zurückgelassen wurden. Gras auf den Dächern der zerstörten Gebäude deutet darauf hin, dass mindestens eine Regenzeit zwischen der Evakuierung und dem Beginn der Vulkaneruption liegen muss.

Die vulkanischen Ausbruchphasen

Die minoische Vulkankatastrophe bahnte sich also über Monate bis Jahre an. Der eigentliche Ausbruch wird heute in vier Phasen unterteilt, während derer ein Magmavolumen von ca. 40 km^3 eruptiert wurde (Druitt et al., 1999). Diese entspricht der vierzigfachen Menge der Mt. St. Helens Eruption 1980. Die *erste Phase* begann offenbar recht abrupt. Im Zentrum der Caldera setzten wasserdampfreiche Eruptionen ein, darauf folgend wurden während einigen Stunden etwa 1 km^3 Bims und Asche gefördert. Die Aschensäule erreichte bereits eine Höhe von 30–40 Kilometern. Der Himmel verdunkelte sich während Stunden, und eine mehrere Dezimeter mächtige Aschenschicht lagerte sich auf der Ringinsel ab. Wer noch auf der Insel war, erstickte nicht, sondern konnte sich auf Schiffe oder in Höhlen retten.

Nach einer Ruhepause von Tagen oder Wochen begann die *zweite, wesentlich stärkere Eruptionsphase*: Explosive, «phreato-magmatische» Eruptionen führten zu einer noch ausgedehnteren Aschensäule; Aschen-, Lapilli- und Bombenregen wechselten mit mächtigen Glutwolkenströmen ab, die sich über die Ringinsel ins Meer ergossen. Wie lange diese Phase dauerte, ist nicht bekannt. Starke Winde verfrachteten diese riesigen Aschenwolken weit über das östliche Mittelmeer; Aschen dieser Phase wurden in Kleinasien, Syrien, Israel und im Nildelta nachgewiesen.

Abbildung 7: Der Vulkanausbruch Santorins vor 3630 Jahren; Eruptionssäule mit radialen Ascheströmen. Insgesamt wurden 30–40 km³ Magmavolumen ausgeworfen. Fortpflanzung der Glutwolken und zahlreichen Riesenwellen (Tsunami) in alle Richtungen von Santorin ausgehend mit Geschwindigkeiten über 100 km/h und Wellenhöhen von 10–50 m beim Aufbranden an die Kykladeninseln und Nordküste Kretas. (Grafik: Dietrich, 2004).

Die *dritte Phase* ist durch zahlreiche Explosionen gekennzeichnet. Der Krater erreichte bereits eine ähnliche Grösse wie die heutige Caldera. Weit versprengte Bruchstücke des früheren Zentralvulkans zeugen von der Heftigkeit dieser Phase. Auch die vierte Phase ist durch pyroklastische Ströme, durchsetzt mit viel Fremd-

Abbildung 8: Tsunami-Ablagerungen mit unsortierten, Meter grossen Kalk- und Schieferblöcken in Hügeln und Klippen am Ost-Strand von Paläokastro (NE Kreta). Generell erheben sich die Klippen ca. 8 m über das heutige Meeres-Niveau und stellen Erosionsrelikte einer ehemaligen grösseren Ausdehnung dar. In ca. 1 km Entfernung, hinter den Klippen, beginnen die ausgegrabenen Fundamente der minoische Stadt Paläokastro.

material, Aschenwolken, die bis in die Stratosphäre reichten und Glutwolken in Bodennähe gekennzeichnet. Wahrscheinlich kam es bereits während der dritten und vierten Phase zu grösseren submarinen Hangrutschungen und damit zu Riesenwellen, Tsunamis genannt, wie sie auch beim Ausbruch des Krakatau im Jahre 1883 beobachtet wurden.

Calderaeinbruch und Tsunamis

Der grosse neugebildete Explosionskrater wurde nach dem Ausbruch mit Schutt und Schlamm aufgefüllt. Unklar ist, wann es zum Einbruch der Caldera kam. Auf Grund von jüngeren Beispielen kann angenommen werden, dass dies nach Tagen bis Monaten geschah, sicher jedoch nicht erst nach Jahren bis Jahrzehnten. Ein Bereich von 5 x 10 km sank, wahrscheinlich in mehreren Phasen, bis zu 800 m tief ein. In der Folge gab es in der näheren und weiteren Umgebung der Ringinsel grössere Schwankungen des Meeresspiegels. An den noch instabilen Calderawänden kam es zu Hangrutschungen und Felsstürzen, die Tsunamis auslösten. Über

Abbildung 9: Westliche Fortsetzung von Abb. 8, den Tsunami-Ablagerungen in den Klippen am Ost-Strand von Paläokastro. Die roten Pfeile deuten die Untergrenze der völlig unsortierten, chaotischen, multi-modalen, geröllreichen Tsunamiablagerungen an, welche kanal- und wannenartig die älteren alluvialen Küstenablagerungen der Paläokastro-Bucht überlagern.

die Höhe und Geschwindigkeit dieser Flutwellen sowie über ihr Zerstörungspotential wird immer noch kontrovers diskutiert. Sicher ist, dass mit diesen Wellen grosse Mengen an Bims und Schutt über weite Strecken verfrachtet wurden, fand man doch vom Wasser verfrachtete Bimse an der Westküste Zyperns, in Israel, an den nördlichen Küsten Kretas und im Nildelta. Bimsfunde in den Fundamenten der minoischen Siedlung Amnisos veranlassten den wohl berühmtesten griechischen Archäologen, Spiros Marinatos schon 1939 zur Annahme, die minoische Zivilisation sei durch die gewaltige Eruption Santorins untergegangen (Marinatos, 1939). Heute ist diese Hypothese aus den Dreissiger Jahren nach wie vor aktuell. Auf Kreta wurden die Orte Mallia, Phaistos, die bedeutende Flottenbasis Kato Zakro und im Osten die grosse minoische Ansiedlung Palaikastro zerstört, sowie auf Rhodos die Küstenstadt Kyrbe.

Gerade die Ausgrabungen, geoarchäologischen und geologischen Untersuchungen von Paläokastro ergaben ein umfassendes Bild der Tsunami Zerstörung und erlaubten realistische Modellierungen der Wellen an ihrem Ursprung: Amplituden

Abbildung 10: Tsunami Ablagerungen in einer vorgelagerten Landzunge, ca. 100 m nordwestlich der Ablagerungen des Ost-Strandes (Abb. 8 und 9). Hier erscheinen multimodale Ablagerungen mit Keramikbruchstücken, Resten von Mauer- und Pflastersteinen, sowie Viehknochen, welche mittels ^{14}C Datierungen als minoischen Alters bestimmt wurden. Zwischen den Ablagerungen liegen vereinzelt kleinere Einschnitte, aufgefüllt mit fluviatilem Feinmaterial, welche den Durchfluss von Wasser dokumentieren (Bruins et al. 2008).

von max +35m / –15 m und Wellenkronenlängen bis zu 15 km (Bruins et al. 2008) sowie Ausbreitungsgeschwindigkeiten von 50 bis 100 km/h.

Die jüngsten Tsunamikatastrophen bestätigen nur allzu deutlich die Katastrophenausmasse der Vergangenheit. Tsunamis zerstören in Minutenschnelle, transportieren und hinterlassen Schutt, zerstörte Vegetation und fluviatiles Material. Sofern der Schutt nicht in natürlichen oder künstlichen Vertiefungen (Höhlen, Karren, Fundamenten, Kellerräumen etc.) zurückgehalten und abgelagert wird, beseitigen natürliche Prozesse in Jahren bis Jahrzehnten sämtliche Relikte und Zeugnisse der Katastrophen. Die Tsunamiwellen des Sumatra-Andamanen-Überschiebungsbeben mit der Magnitude 9.1 vom 26.12.2004 erreichten an der Nordküste Sumatras eine Höhe von ca. 30 m und hinterliessen an allen Küsten des Indischen Ozeans verheerende Verwüstungen mit ca. 230‘000 Toten. Die Bilder der erschreckenden, alles vernichtenden Tsunamiwellen mit Brandungshöhen bis zu 38 m, ausgelöst durch das japanische 9.0 M_w Tōhoku-Erdbeben 2011 vom 11. März 2011, gingen rund um die Welt.

Zusammenbruch der Infrastruktur der kykladisch-minoischen Kultur

Die Flutwellenscharen, die während verschiedener Zyklen der minoischen Eruption Santorins ausgelöst wurden, können demnach als das zerstörerischste Element dieser Katastrophe angesehen werden. Im Mittelpunkt vieler Sagen und Überlieferungen tauchen denn auch mysteriöse Überflutungskatastrophen auf. So wird von zerstörerischen Wellen an der Küste Kretas und Rhodos, mit grossen Verwüstungen am Peloponnes, im Golf von Argolis, im Saronischen Golf und in Attika berichtet. Die Legende der Deukalionischen Flut (Deukalion, Stammvater der Hellenen, rettet sich aus der Flut, mit der Zeus die Menschen vernichten wollte) ist nur ein Beispiel.

Auch in Attika gibt es Überlieferungen, die auf eine gewaltige Überschwemmung hindeuten. So wird etwa von einem mythischen Kampf zwischen Athene und Poseidon um den Besitz Attikas berichtet; Athene schenkte dem Land einen Ölzweig, Poseidon liess eine Quelle entspringen. Athenes Gabe fand grösseren Beifall, und Poseidon, so berichtet Apollodor, überschwemmte, äusserst ergrimmt, die Thriasische Ebene (Kreuzer, 1812) und liess Attika in den Fluten der See versinken. Und noch bei einer zweiten Überlieferung geht es um eine Flutwelle, die den Saronischen Golf heimsuchte: Es handelt sich um jene Woge, die Poseidon aussandte, um Hippolytos zu ertränken.

Dem Ablauf der «minoischen» Eruption kommt grosse Bedeutung zu, will man den Zusammenbruch der minoisch-kykladischen Zivilisation verstehen (Dietrich, 2004). Dramatisch war insbesondere, dass der Lebensnerv der Kultur, der Handel und der Schifffahrt, vollständig zerstört wurde. Denn die Schiffe, mit denen die Flüchtenden mit ihrer Habe und Schätzen in den Häfen der umliegenden Inseln Schutz gesucht hatten oder mit denen sie noch auf der Flucht waren, konnten den Riesenwellen nicht standhalten. Wahrscheinlich waren nahezu alle geschützten Buchten und Landungsplätze der südlichen Ägäis mit Schiffwracks übersäht und alle Siedlungen auf Meereshöhe zerstört. Die gesamte kykladisch-minoische Infrastruktur wurde vernichtet.

Das Mega-Beben Kretas und dessen Tsunami 365 n.Chr.

Historische Überlieferungen

In unmittelbarer Nähe der südöstlichen Küste Kretas ereignete sich am 21. Juli 365 ein Überschiebungsbeben mit einer Stärke über 8 M_w in 40-45 km Tiefe, während einer Phase von ca. achtzig Jahren verstärkter seismischer Aktivität. Das Resultat waren, ohne genauere Angaben, Zerstörungen in vielen Siedlungen Kretas (gemäss einem Schreiben des Bischofs von Alexandria) sowie eine massive Anhebung des Südwestteiles der Insel bis zu 10 m (Stiros, 2001; Shaw et al. 2008). Allerdings waren die Ausmasse der Zerstörung durch Tsunamiwellen entlang der nordafrikanischen Küste von Apollonia (Libyen) bis Alexandria, in der Südküste Zyperns,

im Peloponnes (Argolis) und im Ionischen Meer und Adria bis nach Dubrovnik gravierender.

So brandeten die Riesenwellen gegen die Stadtmauern Alexandrias und begruben das königliche Viertel (Portus Magnus) und die gesamte Stadt unter sich, Schiffe wurden kilometerweit ins Landesinnere gespült und tausende Bewohner ertranken, da es keine Fluchthügel gab. Das Nildelta wurde flächenhaft verwüstet und alles Agrikulturland zerstört (Dietrich & Shahien, 2009).

Der römische Geschichtsschreiber Ammianus Marcellinus lieferte als Augenzeuge folgenden Bericht (*Römische Geschichte», Buch 26,10,15-19)*:

Kurz nach Tagesanbruch, eingeläutet von einer Folge heftiger Blitze, wurde die Grundfestigkeit der gesamten Erde erschüttert und schauderte, das Meer wurde weggetrieben, seine Wellen rollten zurück und verschwanden, sodass der Abgrund der Tiefen aufgedeckt wurde und verschiedene Arten von Seekreaturen im Schlamm stecken blieben; die große Einöde dieser Täler und Berge, die diese Bildung zwischen den tiefen Wasserstrudeln zurückgelassen hat, wie es auf uns gekommen ist, schauten in diesem Moment hoch zu den Sonnenstrahlen. Viele Schiffe strandeten wie auf trockenem Land und Menschen wanderten über die erbärmlichen Überbleibsel des Wassers um Fisch und dergleichen mit ihren bloßen Händen zu sammeln. Dann kehrte die tosende See wie beleidigt um und strich über die vielen Untiefen gewaltsam auf Inseln und Ausläufer des Festlandes und zerquetschte zahllose Gebäude in Städten oder wo auch immer sie anzutreffen waren. In diesem wütenden Kampf der Elemente wurde das Gesicht der Erde neu geformt, um wundersame Aussichten zu offenbaren. Als die Wassermassen zurückkehrten, dann als man sie am wenigsten erwartete, starben viele Tausende durch Ertrinken und mit den Wellen in die Höhe geschaukelt sah man, als sich der Ärger der See allmählich legte, einige Schiffe sinken und die Körper von Leuten, die in den Schiffswracks getötet wurden, lagen da, mit dem Gesicht nach oben oder unten. Andere riesige Schiffe strandeten aufgrund der irrsinnigen Kraft auf den Dächern von Häusern, wie in Alexandria geschehen, und andere wurden von der Küste fast zwei Meilen weitergespült, wie das Schiff aus Lakonien in der Nähe der Stadt Methone, das ich sah als ich vorbeizog, auseinanderklaffend durch den schleichenden Zerfall.

Der Feuerteufel und Waldbrände der Neuzeit

Einflüsse des Menschen auf das Klima

Seit Beginn der siebziger Jahre werden Griechenland wie auch alle europäischen mediterranen Länder jährlich in den Sommermonaten durch verheerende Waldbrände heimgesucht. Die Zahlen der Waldbrände haben sich seit dieser Zeit verdrei- bis verfünffacht. Die schwersten Waldbrände Griechenlands ereigneten sich Ende August 2007, bei Höchsttemperaturen um 40 °C. Sturmartige Winde ent-

fachten die Brände nahezu gleichzeitig in mehreren Regionen, in Attika im Norden und Osten Athens, auf dem Peloponnes und der Insel Euböa. Am 24. August waren es mehr als 190 Brände. Auch in den folgenden Jahren, insbesondere 2010 und 2011, litt das Land unter weiteren chaotischen Waldbränden, welche lediglich eingedämmt, aber nie gelöscht werden konnten. Neben zahlreichen Opfern geht der jährliche wirtschaftliche Verlust in die Milliarden Euro. Viele dieser Brände dürften ihren Ursprung in fahrlässiger oder auch krimineller Brandstiftung zugunsten von Bodenspekulationen haben. Der griechische Staat hat scharfe Gesetze erlassen, um vor allem Spekulationen zu verhindern aber bis zum heutigen Tag nur in einzelnen Fällen durchgesetzt.

Abbildung 11: Waldbrände auf dem Peloponnes, Athen und Euböa. NASA image 25. August 2007 (Wikipedia)

Die Ursachen der Waldbrände weltweit sind sehr komplexer Natur. Sicher liegen die Hauptfaktoren in der Zunahme von Temperatur (Brohan et al., 2006) und der Abnahme von Niederschlägen, die zu grösserer Trockenheit mit einem gehäuften Auftreten von Hitzewellen und Dürren führen. Hauptgrund ist der kontinuierliche anthropogene Eintrag an CO2 in die Atmosphäre, welcher vor allem auf den extremen Verbrauch von fossiler Energie durch die Industrieländer zurückzuführen ist; weltweit mit den Extremverursachern USA und China. Rodungen von Tropenwäldern mit kommerziellem Ziel haben bereits in zahlreichen äquatorianischen Regionen Mittel- und Südamerikas, Afrikas und Indonesiens zu Sauerstoffverarmung der Atmosphäre und Dürren geführt.

Neuere Klimamodelle rechnen mit einer starken Zunahme der Waldbrände in den kommenden Jahrzehnten durch stetigen Klimawandel und mit einer Verlängerung der Sommersaison mit Waldbrandgefahr. Dies dürfte vor allem auf die grossen Waldgebiete der USA, Brasiliens, Südeuropas, Mittelasiens und Südafrikas zutreffen.

2007 wurde durch den «*Inter-governmental Panel on Climate Change*» statuiert: «*Die klimatische Erwärmung ist eindeutig durch Daten der globalen Luft- und Meerestemperaturen belegt, weltweit ausgedehntem Abschmelzen der Gletscher und langsamen, aber kontinuierlichen Anstieg der Meeresspiegel.*»

Aber auch anthropogene Gründe sind für die Zunahme von Waldbränden, Wildfeuern und Buschbränden seit Jahrzehnten in grossem Masse verantwortlich: Auf allen Kontinenten häufen sich ökologische Wechsel, vor allem die stetige Landflucht der jüngeren Generationen, welche zur massiven Zunahme der Millionenstädte und Wohngebietsagglomerationen führt und die von grossräumigen Rodungen, Vegetationsfeuer und Rauch begleitet wird (Goldammer, 2012). Meist treten vermehrt fehlende Infrastrukturen der Gemeinden und Regionen auf. Es kommt zur fehlenden Kultivierung und Schutz der Wälder. Als Folgen stellen sich eine hohe Waldbelastung durch Brennstoffe aus Verkehrsmitteln ein und die Zunahme menschlicher Nachlässigkeit im Umgang mit Feuer.

Referenzen

Baudy, G. J., 1992: Die Wiederkehr des Typhon. Katastrophen-Topoi in nachjulianischer Rhetorik und Annalistik: zu literarischen Reflexen des 21 Juli 365 n.C.«, JAC 35, 47–82

Brohan, P., J. J. Kennedy, I. Harris, S. F. B. Tett, and P. D. Jones, 2006: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850, J. Geophys. Res., 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548

Bruins, H. J., MacGillivray, J.A., Synolakis, C., Benjamini, Ch., Keller, J., Kisch, H. J., Klügel, A. & van der Plicht, J., 2008: Geoarcheological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini. Journal of Archeological Sciences (JAS) 35, 191–212)

Dietrich, V. J., 2004:. Die Minoische Katastrophe, ein Vulkan verändert die Welt. Neujahrsblatt Naturf. Ges. Zürich 207., 149. Jahrg., 93 S.

Dietrich, V.J. & Gartzos, E., 2009: Twin meteorite impact craters in Thessaly Central Greece of Holocene age. *Proceedings of the 7th Swiss Geoscience Meeting, Neuchâtel*, November 2009.

Dietrich, V. & Hurni, L., 2002: Frühwarn-Informations-System für Vulkane. Spektrum der Wissenschaft, März 2002, 26–28.

Dietrich, V. J., Lagios, E., Reusser, E., Sakkas, V., Gartzos, E. and Kyriakopoulos, K.: (2013, online, under discussion) The enigmatic Zerelia twin-lakes (Thessaly, Central Greece): two potential meteorite impact Craters.

Dietrich, V.J. & Shahien, M., 2009: Report of the reconnaissance trip to Egypt November 23–30, 2008 within the 2008 Project: The Impact of the Minoan Eruption in Egypt. Foundation «Vulkaninstitut Immanuel Friedlaender», Zurich, Switzerland. Solid Earth Discuss., 5, 1511–1573, 2013. www.solid-earth-discuss.net/5/1511/2013/

Druitt, T.H., Edwards, L., Mellors, R.A., Pyle, D.M., Sparks, R.S.J., Lanphere, M., Davies, M., Barriero, B., 1999: Santorini Volcano. Geol. Soc. Mem. 19, 165.

Friedrich,W.L., Kromer, B., Friedrich, M., Heinemeier, J., Pfeiffer,T. & Talamo, S., 2006: Santorini Eruption Radiocarbon Dated to 1627–1600 B.C. Science 312. no. 5773, p. 548.

Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazuoli, R., Peccerilo, A., Villari. L., 1984: Tertiary to Quaternary evolution of the volcanism in the Aegean Region. In: Dixon J.E., Robertson A.H.F. (eds), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. London, Spec. Pub. 17, 687–699.

GEOWARN, 2003: Geowarn – Geospatial Warning Systems – Nisyros Volcano, Greece. www.geowarn.ethz.ch

Goldammer, J.G., 2012: Wildland fires in the Eastern Mediterranean and the Near Eeast from the perspective of the United Nations international strategy for disaster reduction. Climate change & forest fires in the Mediterranean basin:

management & risk reduction; January 26–26, 2012 NIR ETZION, Israel.

www.sviva.gov.il/InfoServices/.../p0625.pdf

Lagios, E., Sakkas, V., Novali, F., Bellotti, F., Ferretti, A., Vlachou, K., & V. Dietrich, V., 2013: Squee-SAR™and GPS ground deformation monitoring of Santorini Volcano (1992–2012): Tectonic implications, Tectonophysics (2013). http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195113001868

Keller, M., 2010: Die Sedimente der Zwillings-Impaktkraterseen in Thessalien, Griechenland. *Semesterarbeit FS 2010, Dept. Environmental Sciences, ETH Zurich, Switzerland*, 53S.

Kreuzer, F., 1812: Symbolik und Mythologie der alten Völker, besonders der Griechen. Vierter Band, S. 355 ff. Leipzig und Darmstadt bei Heyer und Leske.

Marinatos, S., 1939: The volcanic destruction of Minoan Crete. Antiquity 13, 426p.

Reinders, R. & Bottema, S., 1983: Investigations at Halos and Zerelia, preliminary report. *Bulletin Antieke Beschaving*, 58, 91–100.

Shaw, B., Ambraseys, N. N., England, P. C., Floyd, M. A., Gorman, G. J., Higham, T. F. G., Jackson, J. A., Nocquet, J.-M., Pain C. C. & Piggott, M. D., 2008: Eastern Mediterranean tectonics and tsunami hazard inferred from the AD 365 earthquake. Nature Geoscience 1, 268–276. www.nature.com/ngeo/journal/v1/n4/abs/ngeo151.html

Stiros, S.C., 2001: The AD 365 Crete earthquake and possible seismic clustering during the fourth to sixth centuries AD in the Eastern Mediterranean: a review of historical and archaeological data. Journal of Structural Geology 23, 545–562.

Beda A. Hofmann

Meteoriten und Impaktkrater – Zeugen von Kollisionen im All

Zusammenfassung des Vortrages vom 26. März 2013

Zusammenfassung

Meteoriten sind Fragmente von Himmelskörpern unseres Sonnensystems, vorwiegend von Asteroiden. Einige wenige stammen vom Mond und vom Mars. Diese Objekte sind vollgepackt mit Informationen über die frühe Geschichte des Sonnensystems. Die meisten sind seit ihrer Entstehung in der frühesten Zeit des Sonnensystems nur wenig verändert. Einige Meteoriten wurden später durch Impakt-Prozesse auf Asteroiden, Mars oder Mond, stark beeinflusst.

Meteoriten sind selten und nur wenige beobachtete Fälle pro Jahr liefern frische Meteoriten. Der Fall von Chelyabinsk, Russland, am 15.2.2013 ist einer der am besten dokumentierten und der grösste seit über 100 Jahren. Eine viel grössere Zahl wird jedoch bei systematischen Suchen in der Antarktis und in heissen Wüsten Nordafrikas und Arabiens gefunden. Die heutige hohe Fundrate ist ausserordentlich und grenzt an Raubbau. Ein sorgfältiger Umgang mit dieser einmaligen wissenschaftlichen Ressource ist anzustreben.

Einleitung

Meteoriten sind feste Objekte >10 mm, die auf die Oberfläche von Himmelskörpern fallen, nachdem sie sich mit mindestens der Fluchtgeschwindigkeit dem jeweiligen Körper genähert haben (11.2 kms^{-1} bei der Erde). Diese Definition von Rubin und Grossmann (2010) trifft auch auf Meteoriten zu, welche auf dem Mond und auf dem Mars gefunden, respektive beobachtet wurden. Ausgeschlossen sind hingegen Auswurfmassen (von Vulkanen und Meteoritenkratern), welche nach ballistischem Flug wieder auf dem gleichen Körper auftreffen. Lange Zeit wurden «Steine, die vom Himmel fallen» mit grosser Skepsis oder nachgerade mit Unglauben behandelt, bis um das Jahr 1800 eine Reihe von beobachteten und gut dokumentierten Fällen dazu führten, dass auch die grössten Skeptiker die Existenz von Meteoriten nicht mehr leugnen konnten (Siena, Italien 1794; Wold Cottage, England, 1795; L'Aigle, Frankreich 1803; Weston, Connecticut, 1807). Diese Fälle und daraus resultierende Publikationen überzeugten das wissenschaftliche Establishment und bildeten die Basis einer neuen Wissenschaft, der Meteoritenkunde («Meteoritics»). Es wurde auch sehr schnell klar, dass Meteoriten nicht eine spe-

zielle Art atmosphärischer Phänomene oder vulkanische Auswurfmassen darstellen, sondern dass sie extraterrestrischen Ursprungs sind. Ihre Seltenheit und die exotische Herkunft führten schnell dazu, dass Meteoriten gesuchte Sammlungsobjekte wurden und bald Bestandteil aller wichtigen Naturalienkabinette und frühen Museumssammlungen wurden.

Die Untersuchungen von Meteoriten zeigten auch sehr schnell, dass sich die meisten von allen bekannten irdischen Gesteinen unterscheiden, obwohl sie zu einem grossen Teil aus denselben Mineralien aufgebaut sind, welche auch auf der Erde vorkommen. Meteoriten blieben das einzige verfügbare extraterrestrische Material, bis in den Jahren 1969-1976 die Apollo- und Luna-Missionen total 382 kg Mondgestein zur Erde brachten. Bis heute kamen nur winzige Mengen von Kometen- und Asteroidenstaub zu dieser Sammlung von aktiv durch Raumfahrtmissionen gesammeltem exterrestrischem Material dazu.

Sehr viel von dem, was wir über die Entstehung, die Zusammensetzung, das Alter und die Evolution unseres Sonnensystems wissen, beruht auf der Untersuchung von Meteoriten. Meteoriten liefern vor allem Informationen über die Asteroiden, den Mars und den Mond: Chemische Zusammensetzung, Mineralogie, Alter, und Kollisionsgeschichte lassen sich aus ihnen herauslesen. Sie liefern sogar Informationen über Ereignisse vor der Entstehung des Sonnensystems. Das heute akzeptierte Alter der Erde von rund 4.5 Milliarden Jahren wurde erstmals 1953 anhand der Blei-Isotopenzusammensetzung des Cañon Diablo-Meteoriten von Prof. Fritz Houtermans in Bern berechnet (Houtermans 1953).

Neu aufgefundene Meteoriten stellen in jedem Fall wissenschaftlich interessantes Material dar und sollten klassifiziert werden, d.h. es sollte eine Bestimmung des Meteoritentyps durchgeführt werden. Alle Meteoriten erhalten ihren offiziellen Namen nach dem Fundort oder der Fundregion. Alle so klassifizierten Meteoriten sind in einer internationalen Datenbank der Meteoritical Society erfasst (http://tin.er.usgs.gov/meteor/metbull.php).

Wie kommen wir zu Meteoriten?

Bis ungefähr 1930 waren beobachtete Fälle und Zufallsfunde die einzigen Quellen für neue Meteoriten. Harvey H. Nininger (1887–1986) war der erste, der systematisch begann, nach Meteoriten zu suchen, indem er im Westen der USA Farmern Meteoriten zeigte und nach ähnlichen Steinen fragte. Um 1940 war die Hälfte aller bekannten Meteorite auf seine Bemühungen zurückzuführen! Trotzdem blieb die Rate neu entdeckter Meteoriten zwischen 1900 und 1962 auf einem niedrigen Durchschnitt von 15 pro Jahr. Die Entdeckung von zwei Meteoriten in der Antarktis im Jahr 1969 durch ein japanisches Team markiert den Beginn der Exploration des weissen Kontinents auf Meteoriten durch eigens dafür organisierte, logistisch aufwändige Expeditionen aus Japan, den USA, China, Deutschland und Belgien. Die japanischen und US-Programme sind dabei bei weitem am längsten aktiv.

Aufgrund dieser Suchaktionen in der Antarktis entstand die bisher grösste Sammlung klassifizierter Meteoriten: Mitte Mai 2014 waren 32977 antarktische Meteoriten in der Datenbank der Meteoritical Society erfasst. Die systematische Suche nach Meteoriten in heissen Wüsten begann um 1970 im Roosevelt Co, New Mexico und in der Nullarbor Plain Australiens und wurde später auf die Wüstengebiete Nordafrikas, Arabiens und Südamerikas ausgeweitet. Seit 2000 wurde «Nordwestafrika» (NWA) zum grössten Lieferanten von Meteoriten. Aufgrund ökonomischer Gründe begannen die Bewohner nordafrikanischer Länder erfolgreich mit der Suche nach Meteoriten. Die Vermarktung erfolgt dabei zu einem grossen Teil durch Kanäle, welche früher mit dem Handel mit Mineralien und Fossilien in Marokko etabliert wurden. Diese neue und sehr ergiebige Quelle von Meteoriten hat zur Entdeckung einer grossen Anzahl extrem seltener und gar neuer Meteoritentypen geführt. Zwischen 2000 und 2010 erhöhte sich die Zahl neu entdeckter und offiziell klassifizierter Meteoriten auf rund 1700 pro Jahr (Basis: Datenbank der Meteoritical Society), ein mehr als 100-fache Zunahme, verglichen mit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Der Nachteil der hohen Fundrate in Nordwestafrika ist das fast völlige Fehlen jeglicher Hintergrundinformationen zu den Funden. Da es unmöglich ist, in der grossen Masse der NWA-Meteoriten jene zu erkennen, welche zum gleichen Fallereignis gehören und deshalb nahe zusammen gefunden wurden, wird viel wissenschaftliche Arbeit geleistet, um das gleiche Material, welches oft über unterschiedliche Kanäle zu verschiedenen Institutionen gelangt, zu klassifizieren. Der grösste Teil der gewöhnlichen Chondrite aus Nordwestafrika wird gar nicht mehr regulär klassifiziert. Es wird deshalb nie möglich sein, eine saubere Statistik über die Häufigkeit der verschiedenen Meteoritentypen unter Zusammenfassung der zum gleichen Fall gehörenden Stücke zusammenzustellen. Die Situation ist vergleichbar mit Raubgrabungen in der Archäologie, bei welcher nur die exklusivsten Stücke gesammelt werden, aber sich niemand um die Tonnen von Scherben oder Mauerreste kümmert. Eine systematische Suche nach Meteoriten wird unter Leitung des Naturhistorischen Museums Bern seit 2001 im Sultanat Oman und z.T. in Saudiarabien durchgeführt *(Abb. 1)*. Der Zweck ist die Zusammenstellung einer gut dokumentierten und statistisch repräsentativen Sammlung von Wüstenmeteoriten. Im Gegensatz zu Nordwestafrika ist der Anteil unsystematisch gesammelter Meteorite in Arabien niedrig. Oman ist weltweit das Gebiet mit den meisten Meteoriten mit dokumentierter Fall-Lokalität und ist deshalb ein wissenschaftlich einzigartiges Beispiel der Meteoritenakkumulation. Die vielen antarktischen Funde sind hingegen vom Eis transportiert.

Meteoritenfälle und -Funde in der Schweiz

Aus der Schweiz sind nur acht verschiedene Meteoriten bekannt, eine geringe Zahl, wenn man sie mit der Fallhäufigkeit vergleicht, oder mit der Anzahl, welche

Abbildung 1: Meteorit «Khawr al Fazra 003» in Fundposition in der Rub' al-Khali-Wüste, Saudiarabien, Februar 2013. Es handelt sich um einen gewöhnlichen Chondriten von 33g, Typ L6.

in den Gebieten wie Oman, Nordwestafrika oder der Antarktis geborgen werden. Bezogen auf die Fläche entspricht sie jedoch etwa der Zahl bekannter Meteoriten in den umliegenden mitteleuropäischen Ländern. Vier der acht Schweizer Meteoriten sind beobachtete Fälle, alle aus der Zeit zwischen 1901 und 1928 *(Abb. 2)*. Nur vom Meteoriten «Twannberg», einem Eisenmeteoriten, sind mehrere Bruchstücke bekannt geworden.

Fallphänomene und Argumente für eine Herkunft aus unserem Sonnensystem

Etwas vom faszinierendsten an Meteoriten sind sicher die Phänomene, welche einen Meteoritenfall begleiten. Die Beobachtung und Auswertung von Bahnparametern beim Eintritt in die Erdatmosphäre zeigen, dass Meteoriten aus dem inneren Teil unseres Sonnensystems stammen, vor allem aus dem Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Das Abbremsen von Geschwindigkeiten zwischen 11.2 und 72 kms^{-1} relativ zur Erde zu einer terminalen Fallgeschwindigkeit von einigen 100 ms^{-1} (grössenabhängig) erfolgt innerhalb weniger Sekunden und führt

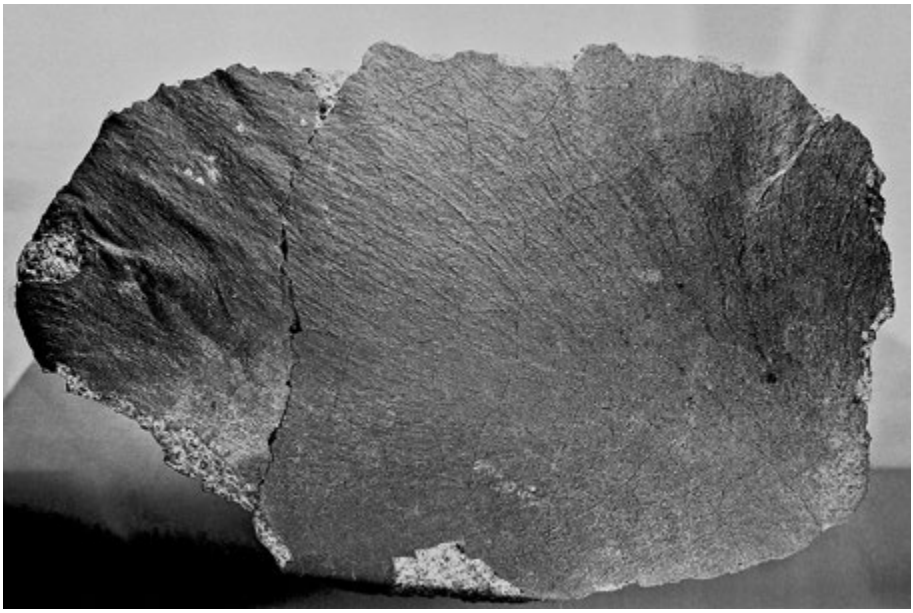


Abbildung 2: Der Meteorit Utzenstorf, ein gewöhnlicher Chondrit des Typs H5, gefallen am 16. August 1928. Diese historische Aufnahme aus dem Archiv des Naturhistorischen Museums Bern zeigt den praktisch vollständigen Meteoriten, bevor das kleine Bruchstück für Analysen zersägt wurde. Die Oberfläche zeigt die typische Schmelzkruste mit Fliesslinien, welche durch oberflächliches Aufschmelzen beim Durchtritt durch die Atmosphäre entstanden (Naturhistorisches Museum Bern, Inv. Nr. 7057). Die Breite des Meteoriten beträgt 21 cm. Das Hauptstück ist im Naturhistorischen Museum Bern ausgestellt.

zu extremen mechanischen Kräften und Reibungswärme. Diese führen zu einem teilweisen oder vollständigen Aufbrechen und Abschmelzen, des in die Atmosphäre eintretenden Himmelskörpers. Nur Meteoriten mit einer bestimmten Minimalgrösse können dies überstehen und erreichen den Boden. Durch die Fragmentierung von Meteoriten während des Fallereignisses in der Luft entstehen sogenannte Streufelder, typischerweise von elliptischer Form. Solche Streufelder können einige Kilometer bis über 50 km lang sein. Das Fehlen von beobachteten Meteoritenbahnen, welche auf eine Herkunft aus dem äusseren Sonnensystem oder sogar von ausserhalb des Sonnensystems hinweisen würden demonstriert, dass alle Meteoriten aus unserer unmittelbaren Umgebung, also dem inneren Sonnensystem stammen. Die Herkunftskörper sind im Wesentlichen die Asteroiden und in seltenen Fällen der Mond und der Planet Mars. Die Häufigkeit von Meteoritenfällen wird auf rund 80 Ereignisse pro Million Quadratkilometer und Jahr geschätzt, dies gilt für Meteoriten von mindestens 10 g (Hallyday et al. 1989).

Dies entspricht 3.3 Fällen pro Jahr auf die Fläche der Schweiz. Erstaunlicherweise erfolgte der letzte beobachtete Fall 1928 in Utzenstorf BE *(Abb. 2)*.

Der Meteoritenfall von Chelyabinsk, Russland, 15.2.2013

Am 15. Februar 2013, 09:20:32 Ortszeit, trat ein Meteorit von rund 20 m Durchmesser mit 19.16 kms^{-1} in die Atmosphäre ein und explodierte in einer Höhe von 29.7 km über der Stadt Chelyabinsk im Südural, Russland *(Abb. 3)*. In einem ellipsenförmigen Gebiet von 80 km Länge gingen Meteoritenbruchstücke nieder. Die Druckwelle der Explosion betraf ein Gebiet, in welchem über eine Million Personen wohnen. Viele Schäden und Verletzungen waren auf die Druckwelle zurückzuführen, von niederfallenden Meteoriten selbst wurde niemand getroffen. Kurz nach dem Fall wurden schon erste Stücke des Meteoriten gefunden, das grösste Objekt von 570 kg wurde aber erst am 16. Oktober 2013 aus dem Tschebarkul-See geborgen. Aufgrund der detaillierten Fallaufzeichnungen mit sogenannten Dashboard-Kameras in Autos wurde dieses Ereignis ungewöhnlich gut dokumentiert und auch quantitativ erfasst (Popova et al. 2013, Brown et al., 2013, Borovička et al. 2013). Das Material entspricht einem gut bekannten Meteoriten-Typ: Es handelt sich um einen sogenannten LL-Chondriten, ein Bruchstück eines Asteroiden. Der von der japanischen Sonde Hayabusa besuchte Asteroid Itokawa besteht,

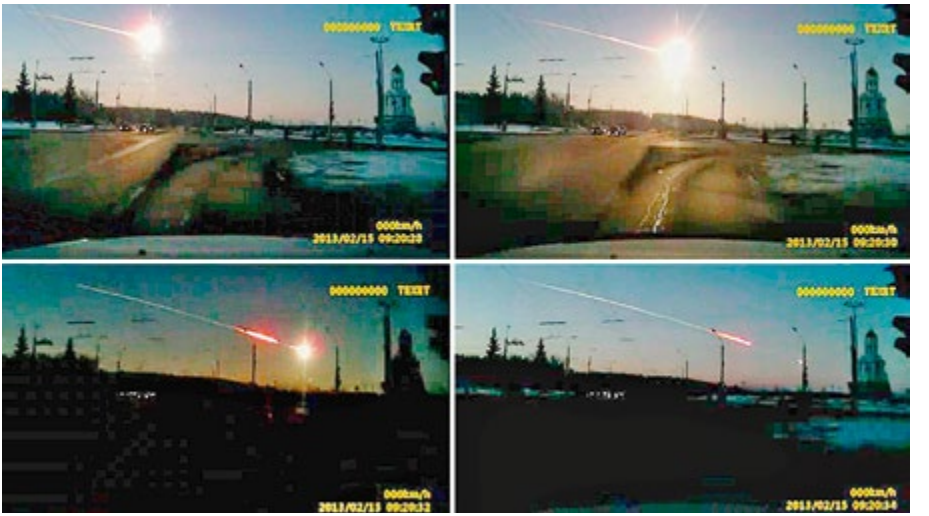


Abbildung 3: Ausschnitte aus einem Youtube-Video des Meteoritenfalls von Chelyabinsk, 15.2.2013. Auf diesen Aufnahmen ist das mehrfache Aufbrechen des Meteoriten in rund 29 km Höhe, verbunden mit explosionsartigem Aufleuchten, gut erkennbar, ebenso das weiterfliegende grösste Objekt, welches im Oktober 2013 aus dem Tschebarkul-See geborgen wurde (Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=AyunWUhyBps).

wie wahrscheinlich viele weitere Asteroiden, aus demselben Material (Nakamura et al. 2011).

Kleinere Fälle von Meteoriten sind eine alltägliche Sache. Je grösser aber ein Ereignis, desto seltener sind diese. Im 20 Jahrhundert ereigneten sich zwei besonders grosse Meteoritenfälle, das Tunguska-Ereignis vom 30.6.1908 und der Fall von Sikhote-Alin am 12.2.1947, beide in Russland. Tunguska wird heute als in der Atmosphäre explodierter («Airburst») Steinmeteorit interpretiert, Sikhote Alin war ein Eisenmeteoritenschauer. Die Grösse eines Ereignisses wird üblicherweise anhand der freigesetzten Energie klassifiziert. Tunguska entsprach der Energie von 15 MT (Millionen Tonnen) TNT; 1t TNT entspricht $4.2*10^9$ Joule. Sikhote Alin setzte je nach Quelle eine Energie entsprechend 4–25 kT (Tausend Tonnen) TNT frei. Das Ereignis von Chelyabinsk ist mit 470–590 kT TNT nach Tunguska das zweitgrösste Fallereignis in jüngerer historischer Zeit.

Meteoritentypen, Mineralogie und Prozesse auf den Herkunftskörpern

Die Klassifikation von Meteoriten entwickelte sich aus der Beschreibung einer erst nur beschränkten Anzahl von Meteoriten. Sie basiert auf wichtigen Merkmalen, welche direkt mit der Entstehung und der Geschichte von Meteoriten zusammenhängen. Chondrite sind Meteoriten, welche aus Bausteinen aufgebaut sind, welche älter sind als die Entstehung der grossen Himmelskörper wie Asteroiden oder gar Planeten. Diese Bausteine sind in den Chondriten anhand von Form und Zusammensetzung immer noch erkennbar. Aus chondritischem Material wurden grössere Protoplaneten aufgebaut, die dann teilweise oder vollständig aufschmolzen. Dabei bildeten sich ein metallreicher Kern und silikatisches Mantel- und Krustenmaterial, anlog der Erde. Solche «differenzierten» Himmelskörper sind der Herkunftsort der nicht-chondritischen Meteoriten (Achondrite und Eisenmeteorite). In Meteoriten erkennbare Prozesse, welche auf den Herkunftskörpern abgelaufen sind, sind Metamorphose, (partielle) Aufschmelzung und wässerige Alteration. Die «primitivsten» Meteorite, d.h. die relativ zum Sonnennebel am wenigsten veränderten, sind die kohligen Chondrite vom CI-Typ (C für carbonaceous, I für Ivuna, ein in Tansania gefallener Meteorit dieses Typs). Die Zusammensetzung der CI-Chondrite dient als Referenz-Zusammensetzung des Sonnensystems und wird beispielsweise bei der Interpretation von Analysen irdischer Gesteine als Normierungsbasis eingesetzt (sogenannte Chondrit-normalisierte Analysenwerte). Die Mineralogie der Meteoriten ist grob gesehen sehr ähnlich wie jene irdischer ultrabasischer Gesteine. Aus Meteoriten sind nur relativ wenige Mineralien bekannt geworden, welche auf der Erde nicht bekannt sind, die meisten davon stammen aus chemisch extrem reduzierten Meteoriten.

Chondrite: Das Geschichtsbuch des frühen Sonnensystems

Chondrite sind die häufigste Meteoritenklasse. Der namengebende Bestandteil sind die Chondren, kugelige Gebilde von typischerweise 0.2 bis 2 mm Grösse. Diese bestehen aus teilweise rekristallisiertem Mg,Fe-reichem Glas und liegen in einer feinkörnigen Matrix. CI-Chondrite bestehen nur aus einer Serpentin-reichen Matrix, während Chondren fehlen. Während die Matrix der Chondrite als das ursprünglichste Material des Sonnensystems betrachtet wird, werden die Chondren als erstarrte Tropfen einer Silikatschmelze interpretiert, welche durch lokale Aufschmelzung von Staub entstanden sind. Wo und aufgrund welcher Prozesse die Chondrenbildung erfolgt, ist aber bis heute ungeklärt. Ein dritter wichtiger Bestandteil der Chondrite ist Eisen-Nickel-Metall.

Nachdem sich chondritisches Material zu Asteroiden zusammengeballt hatte, wurde es durch eine Reihe von Prozessen wie Metamorphose, Aufschmelzung und Impakt-Prozesse in verschieden starkem Grade verändert *(Abb. 4)*. Es wird unterschieden zwischen drei Typen (H, L, LL) von «gewöhnlichen Chondriten», sogenannten «kohligen Chondriten» und einigen weiteren seltenen Typen. Die gewöhnlichen Chondrite machen den Grossteil aller Fälle und Funde aus.

Eisenmeteoriten: Kerne von Asteroiden

Das Aufschmelzen von grösseren Asteroiden (mindestens einige Kilometer Durchmesser) führte zu einer gravitativen Differentiation. Geschmolzenes Eisen-Nickel-Metall sammelte sich als schwerste Komponente im Zentrum und bildete einen Asteroidenkern, welcher von einer Hülle (Mantel und Kruste) aus Silikaten umgeben war. Fragmente solcher Asteroiden-Kerne sind die Eisenmeteoriten. Einige davon stammen wahrscheinlich auch aus Aufschmelzungszonen, die sich oberflächennah infolge von Impakt-Ereignissen bildeten. Eisenmeteoriten zeigen eine grosse Variabilität in ihrer Zusammensetzung, sowohl was den Nickel-Gehalt angeht, als auch die Spurenelemente. Die charakteristischen Texturen wie die Widmannstätten'schen Figuren sind Entmischungen, welche sich bei der Abkühlung bildeten.

Achondrite von Asteroiden

Differentiationsprozesse auf Asteroiden führten zur Ausbildung von drei Haupttypen von magmatischen Meteoriten-Gesteinen: Howardite-Eucrite-Diogenite (HED-Gruppe, bestehend aus Pyroxeniten, Gabbros und Basalten), Aubrite (stark reduzierte, d.h. praktisch Eisen-freie Pyroxenite) und Angrite (Basalte). Diese Gesteine enthalten nur geringe Mengen von metallischem Eisen. Die HED-Meteoriten stammen sehr wahrscheinlich vom Asteroiden Vesta.

Abbildung 4: Dünnschliff eines Chondriten (Rumuruti-Typ) aus dem Oman. Dieser Meteorit zeigt sehr deutlich den Effekt vieler Impaktereignisse auf dem Herkunfts-Asteroiden. Das Gestein ist stark zertrümmert (brekziiert), Bruchstücke aus verschiedener Tiefe im Asteroiden (erkennbar an unterschiedlicher Rekristallisation), liegen nebeneinander. Daneben sind deutlich die kugelförmigen Chondren erkennbar. Breite des Dünnschliffes: 34 mm.

Mars-Meteoriten

Eine spezielle Gruppe von Achondriten zeigt Eigenschaften, welche eine Herkunft vom Planeten Mars höchst wahrscheinlich machen, während andere Herkunftskörper praktisch ausgeschlossen werden können. Das wichtigste Argument für eine Herkunft vom Mars sind Einschlüsse von Gas, deren Zusammensetzung der Marsatmosphäre entspricht. Diese Gruppe zeigt einheitliche, aber von allen anderen Meteoriten abweichende Sauerstoff-Isotopenzusammensetzungen und besteht aus Basalten bis Gabbros (Shergottite), Klinopyroxeniten (Nakhlite), Duniten (Chassignite), einem Orthopyroxeniten und einer Gruppe von gepaarten Meteoriten (Bruchstücke des gleichen Fallereignisses), welche vermutlich kompaktierten Marsboden (Regolith) repräsentieren *(Abb. 5)*. Mitte Mai 2014 waren 131 Marsmeteoriten bekannt, welche rund 60 verschiedene Fallereignisse repräsentieren. 27 wurden in der Antarktis gefunden, 99 in heissen Wüsten und 5 sind beobachtete Fälle.

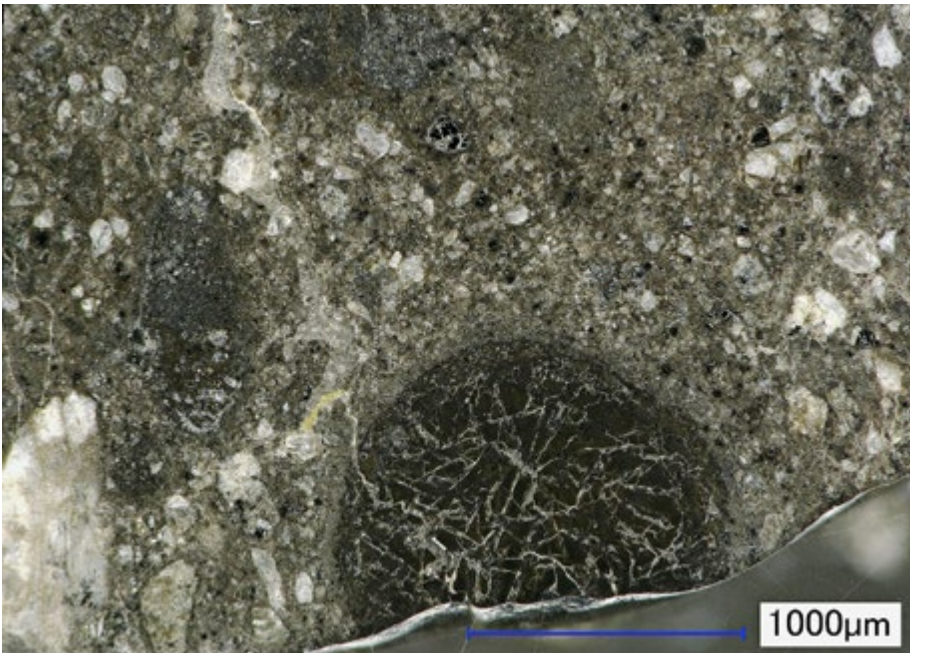


Abbildung 5: Ausschnitt einer polierten Fläche das Marsmeteoriten NWA 7907 («Black Beauty»). Dieses Gestein ist eine Art Bodenmaterial (Regolith) mit Gesteinsbruchstücken verschiedenster Herkunft. Das dunkle rundliche Gebilde ist ein Tropfen geschmolzenen Gesteins, welcher aus einem Mars-Meteoritenkrater stammt (Naturhistorisches Museum Bern, Inv. Nr. 42160).

Mondmeteoriten

Der erste Mondmeteorit wurde unter bereits früher gesammelten antarktischen Proben erst entdeckt, nachdem die Apollo-Missionen Mondgestein zur Erde gebracht hatten. Seither ist die Sammlung von Mondmeteoriten stark gewachsen. Mitte Mai 2014 sind 181 verschiedene Mondmeteoriten bekannt, die rund 100 Fallereignisse repräsentieren. 34 Mondmeteoriten stammen aus der Antarktis, die restlichen aus heissen Wüsten (64 davon aus dem Oman). Der Fall eines Mondmeteoriten wurde noch nie beobachtet. Der grösste Teil der Mondmeteoriten repräsentiert Gesteine, wie sie auch auch bei den Apollo und Luna-Missionen gesammelt wurden. Am häufigsten sind Anorthosite, d.h. Gesteine, welche vorwiegend aus dem Calcium-reichem Plagioklas-Feldspat Anorthit bestehen. Daneben kommen Mare-Basalte vor. Viele Mondmeteorite sind durch Impakt-Ereignisse veränderte Gesteine, am häufigsten Brekzien und Impakt-Schmelzen. Da alle Apollo- und Luna-Missionen Material aus einem relativ kleinen Gebiet des Mondes zur Erde brachten, sind die Mondmeteoriten eine wichtige Ergänzung, da sie ein «statistisches Mittel» der Mondoberfläche repräsentieren.

Meteoritenkrater und ihre Produkte

Impakt-Prozesse, d.h. alle Ereignisse, welche mit dem Einschlag grosser Himmelskörper zusammenhängen, sind heute die einzigen geologischen Prozesse auf Asteroiden und auch weitaus die dominantesten auf dem Mond und Mars. Entsprechend sind Impakt-Prozesse für das Verständnis vieler Meteoriten von Bedeutung. Viele Meteoriten sind Gesteine, welche durch Impakt-Prozesse stark verändert wurden (Brekzien, Brekzien mit Schmelzanteilen, geschockte Gesteine), häufig auch mit Schock-produzierten Hochruckphasen wie z.B. Ringwoodit, einer Hochdruckphase von Olivin mit Spinellstruktur. Die Schockeffekte, welche in Meteoriten beobachtet werden können, sind dieselben, welche auch in terrestrischen Gesteinen in der Nähe von Meteoritenkratern vorkommen. Für die Bildung von Meteoritenkratern ist die hohe kinetische Energie von Meteoriten bei hoher Geschwindigkeit ausschlaggebend. Impakt-Ereignisse mit Geschwindigkeiten von mindestens 11.2 $km.s^{-1}$ auf der Erde führen zu einer praktisch vollständigen Verdampfung (kurzzeitige Umwandlung in ein Gas) des Meteoriten. Die aus der Volumenexpansion resultierende Explosion ist im Wesentlichen für die Kraterbildung verantwortlich. Vom Meteoriten bleibt bei einem solchen Ereignis typischerweise nichts Erkennbares übrig, in den aufgeschmolzenen Gesteinen kann jedoch oft eine meteoritische chemische Signatur nachgewiesen werden (z.B. erhöhte Iridium-Gehalte). Nur bei den kleinsten Kratern (einige 10er Meter Durchmesser) findet man häufig Reste des Einschlagkörpers, in diesem Fall meist Eisen. Damit ein Krater entstehen kann, muss ein Meteorit mit kosmischer Geschwindigkeit, d.h. von der Atmosphäre im Wesentlichen ungebremst auf die Erdoberfläche treffen. Nur dann ist die kinetische Energie gross genug, um einen Explosionskrater entstehen zu lassen. Kleine Meteoriten geben ihre Energie vollständig in der Atmosphäre ab und fallen mit geringer Geschwindigkeit (normale Fallgeschwindigkeit im Gleichgewicht mit Luftwiderstand), es entstehen deshalb keine Krater, und die Meteoriten bleiben erhalten.

Die Häufigkeit von Meteoritenkratern auf der Oberfläche verschiedener Himmelskörper ist im Wesentlichen vom Alter der Oberfläche abhängig. Eine abnehmende Kraterdichte von Mond und Merkur>Mars>Venus>Erde ist bedingt durch eine zunehmende geologische Aktivität auf diesen Körpern. Auf der Erde sind nur rund 200 Impakt-Strukturen bekannt, weil sie durch Verwitterung und tektonische Prozesse meist über geologisch kurze Zeiträume zerstört werden.

Wie sind Meteoriten erkennbar?

Oft werden Objekte gefunden und für Meteoriten gehalten. Viele landen dabei zur Bestimmung auf dem Pult von Experten in Museen oder Universitäten. Einige einfache Kriterien erlauben es, mögliche Meteoriten von Objekten zu trennen,

welche sicher keine sind. Meteoriten zeigen oft die folgenden Eigenschaften (aber nicht immer alle gleichzeitig):

- Magnetismus
- Dünne, dunkle Kruste an der Oberfläche (Schmelzkruste), in Innern sind sie heller
- Aufbau aus 0.2–2 mm grossen Kügelchen
- Eisenmeteoriten besitzen ein hohes spezifisches Gewicht, sind magnetisch und oft rostig
- Die Oberfläche ist oft gerundet, ohne scharfe Kanten

Sicher keine Meteoriten sind Objekte mit folgenden Eigenschaften:

- Auffällig hohes spezifisches Gewicht, metallisch, aber nicht magnetisch
- Dunkle Objekte, magnetisch, mit vielen Löchern im Innern
- Deutlich rostige Objekte, die aber nicht magnetisch sind
- Hohle Steine
- Vollständig aus Glas bestehende Objekte

Meteoritenfunde sind überall möglich, und fragliche Objekte sollten geprüft werden!

Zitierte Literatur

Borovička, J., Spurny, P., Brown, P., Wiegert, P., Kalenda, P., Clark, D., and Shrbeny, L., 2013. The trajectory, structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor. 35–237.

Brown, P. G., Assink, J. D., Astiz, L., Blaauw, R., Boslough, M. B., Borovička, J., Brachet, N., Brown, D., Campbell-Brown, M., Ceranna, L., Cooke, W., Groot-Hedlin, C. d., P.Drob, D., Edwards, W., Evers, L. G., Garces, M., Gill, J., Hedlin, M., Kingery, A., Laske, G., Pichon, A. L., Mialle, P., Moser, D. E., Saffer, A., Silber, E., Smets, P., Spalding, R. E., Spurny, P., Tagliaferri, E., Uren, D., Weryk, R. J., Whitaker, R., and Krzeminski, Z., 2013. A 500-kiloton airburst over Chelyabinsk and an enhanced hazard from small impactors. 238–241.

Halliday, I., Blackwell, A. T., and Griffin, A. A., 1989. The flux of meteorites on the Earth's surface. 173–178.

Houtermans, F. G., 1953. Determination of the age of the Earth from the isotopic composition of meteoritic lead. 1623–1633.

Nakamura, T., Noguchi, T., Tanaka, M., Zolensky, M. E., Kimura, M., Tsuchiyama, A., Nakato, A., Ogami, T., Ishida, H., Uesugi, M., Yada, T., Shirai, K., Fujimura, A., Okazaki, R., Sandford, S. A., Ishibashi, Y., Abe, M., Okada, T., Ueno, M., Mukai, T., Yoshikawa, M. and Kawaguchi, J., 2011. Itokawa dust particles: A direct link between S-type asteroids and ordinary chondrites. 1113–1116.

Popova, O. P., Jenniskens, P., Emel'yanenko, V., Kartashova, A., Biryukov, E., Khaibrakhmanov, S., Shuvalov, V., Rybnov, Y., Dudorov, A., Grokhovsky, V. I., Badyukov, D. D., Yin, Q.-Z., Gural, P. S., Albers, J., Granvik, M., Evers, L. s. G., Kuiper, J., Kharlamov, V., Solovyov, A., Rusakov, Y. S., Korotkiy, S., Serdyuk, I., Korochantsev, A. V., Larionov, M. Y., Glazachev, D., Mayer, A. E., Gisler, G., Gladkovsky, S. V., Wimpenny, J., Sanborn, M. E., Yamakawa, A., Verosub, K. L., Rowland, D. J., Roeske, S., Botto, N. W., Friedrich, J. M., Zolensky, M. E., Le, L., Ross, D., Ziegler, K., Nakamura, T., Ahn, I., Lee, J. I., Zhou, Q., Li, X.-H., Li, Q.-L., Liu, Y., Tang, G.-Q., Hiroi, T., Sears, D., Weinstein, I. A., Vokhmintsev, A. S., Ishchenko,

A. V., Schmitt-Kopplin, P., Hertkorn, N., Nagao, K., Haba, M. K., Komatsu, M. and Mikouchi, T., 2013. Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization. 1069–1073.

Rubin, A. E. and Grossman, J. N., 2010. Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions. 117–125.

Ivan Mercolli[1], Alfons Berger[1] und Thomas Burri[2]

Feuer aus dem Erdinneren: Vulkanismus und Fluide am Kaiserstuhl

Bericht zur Exkursion vom 13.–14. April 2013

Die 22 Exkursions-Teilnehmer treffen sich Samstagmorgen vor der Türe des Instituts für Geologie der Universität Bern. Mit drei Minibussen reisen wir von Bern via Basel und Freiburg in den Kaiserstuhl. Nach einem bisher zu kalten und nassen Frühling erwarteten uns die ersten warmen Frühlingstage.

Samstag, den 13. April

Stop 1. Vogelsangpass oberhalb Bötzingen

Dieser Halt am süd-östlichen Hang des Kaiserstuhls wurde zur Aussicht und Besprechung der zwei Hauptthemen der Exkursion genutzt *(Abb. 1)*: (1) Die Entstehung des Oberrheintalgrabens und (2) dessen Verknüpfung mit dem gleichzeitigen Vulkanismus. Trotz des noch eher trüben Wetters und tiefsitzenden Wolken erlaubte der Aussichtspunkt am Vogelsangpass einen guten Blick über die Morphologie des Oberrheintalgrabens. Dieser bildet eine 30–40 km breite flache Ebene zwischen dem Schwarzwald im Osten und den Vogesen im Westen. Beide Gebirge weisen höchste Erhebungen von mehr als 1000 m über Meer auf (Grand Ballon 1424 m.ü.M, Feldberg 1493 m.ü.M).

Diese Morphologie von Graben und flankierenden Gebirgen ist Folge der tertiären Tektonik im Zusammenhang mit der Alpenbildung, welche nördlich des Alpenvorlandes eine Intraplattentektonik initiiert hat. Die hervorgerufen Spannungen in der Erdkruste führen zu grossen Bruchsystemen: Der Oberrheintalgraben gehört zu einem Gürtel von Extensionsgräben, die sich vom Mittelmeer bis an die Nordsee erstrecken *(Abb. 2)*. Diese Extensionsbewegungen umfassen die ganze Lithosphäre (d.h. die kontinentale Kruste (30–40 km mächtig) und den darunterliegenden lithosphärischen Mantel (ca. 150 km mächtig)). Die kontinentale Kruste wird durch diese Bewegung im Oberrheintalgraben bis auf 25 km ausgedünnt und der Mantel fliesst von unten in die entstehende Lücke hinein.

[1] Prof. emer. Dr. Ivan Mercolli; PD Dr. Alfons Berger, Institut für Geologie, Universität Bern
[2] Dr. Thomas Burri, Naturhistorisches Museum Bern

Abbildung 1: Blick vom Vogelsangpass nach Osten mit der Ebene des Oberrheintalgrabens und dem Schwarzwald.

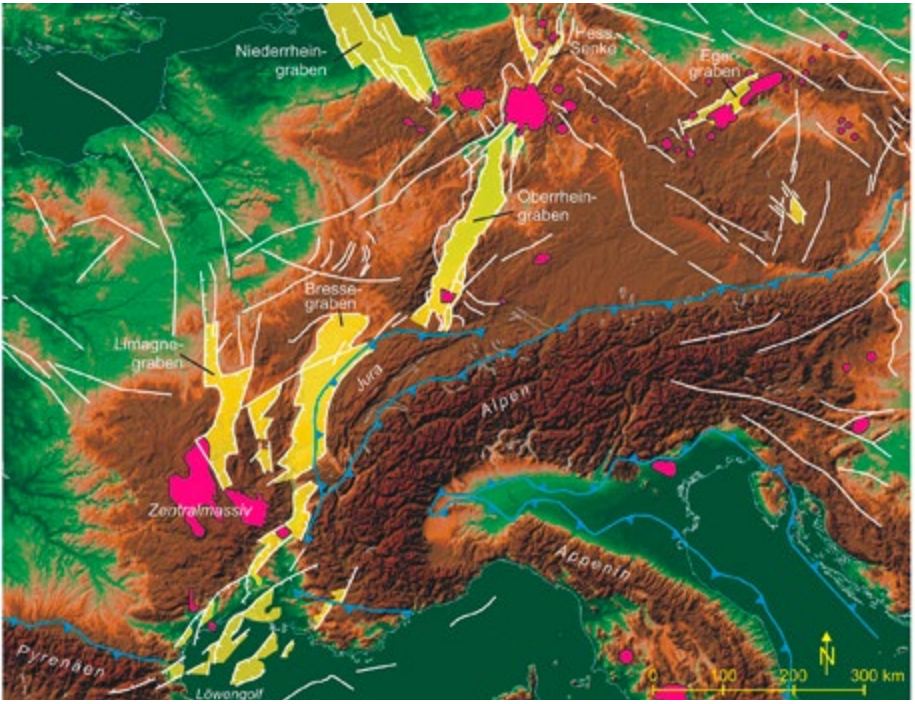


Abbildung 2: Konfiguration des Tertiären Grabensystems. Wichtig ist die klare Korrelation zwischen Grabenbildung (gelb) und Vulkanismus (rosa). (Abbildung aus www.oberrheintalgraben.de)

Die Grabendynamik der Lithosphäre ist verantwortlich für die Entwicklung der vulkanischen Aktivität *(Abb. 2)*. Die Hebung des Mantels unterhalb des Grabens induzierte eine partielle Aufschmelzung der peridotitischen Gesteine, die den Mantel aufbauen (Dekompressionsschmelze). Die Tiefe der Aufschmelzung und die Zusammensetzung der Peridotite bestimmten den chemischen Charakter der neugebildeten silikatischen Schmelzen, der so genannten primären oder primitiven Schmelze. Im Falle des Kaiserstuhl handelt es sich um sehr SiO_2 arme (untersättigte) Schmelzen mit einer Zusammensetzung nahe eines Olivin-Nephelinits. Diese Schmelzen stiegen durch den Mantel und die Kruste auf (hier spielten die erwähnten tiefreichenden Brüche der Grabendynamik eine wichtige Rolle) und nahmen an der Oberfläche in Form von Vulkanen platz. Teile dieser Schmelzen erstarrten auch in der Tiefe als Plutone. Die Hügel des Kaiserstuhls sind die erodierten Überreste eines kleinen vulkanischen Zentrums, das sich im Oberrheintalgraben vor 18 bis 16 Millionen Jahren gebildet hatte (Burdigalian; frühes Miozän; Keller, 1984; Wimmenauer 2003). Diese primitiven Schmelzen wurden aber während ihres Aufstieges zur Erdoberfläche häufig in ihrer Zusammensetzung verändert. Wichtige Prozesse waren dabei das mechanische Abtrennen von früh gebildeten Mineralien (Fraktionierung), aber auch die Mischung unterschiedlicher Schmelzen und die Kontamination mit Nebengestein (Assimilation). Die Fraktionierung (auch Differentiation genannt) ist der Grund warum wir weltweit an der Oberfläche eine sehr grosse Vielfalt an vulkanischen und plutonischen Gesteinen beobachten, obwohl die primitiven Schmelzen aus dem Mantel nur geringe Unterschiede in ihrer Zusammensetzung aufweisen. Generell haben magmatische Gesteine, die in Zusammenhang mit Extensionstektonik vorkommen, gemeinsame geochemische Merkmale – sie werden der sogenannten Alkali-Serie zugeordnet. Ein typisches Beispiel einer solchen Alkali-Serie bildet der Kaiserstuhl. Neben kleinen Mengen der primitiven Olivin-Nephelinite und Basanite (lokal Limburgite genannt) findet man grössere Mengen fraktionierter Gesteine wie Tephrite und Phonolithe *(Abb. 3)*. Noch vielfältiger sind kleinere Intrusivkörper und die zahlreichen, aber

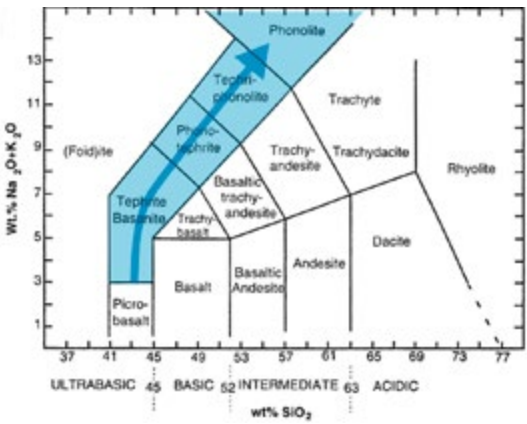


Abbildung 3: Chemische Klassifikation der Vulkanite. In blau sind die am Kaiserstuhl angetroffenen Gesteine hervorgehoben. Der blaue Pfeil zeigt den Trend der Fraktionierung von primitiven Basaniten bis zu stark differentierten Phonoliten.

volumetrisch untergeordneten subvulkanischen Gänge. Typische Gesteine wie Foid-Monzodiorit (= Essexite), Foid-Gabbro (= Theralite), Monzonite und Syenite koexistieren mit sehr seltenen Gesteinstypen mit oft lokalen Namen (z.B.: Mondhaldeit, Tinguait, Ledmorit, Bergalit). Einige davon wurden nur aus dem Kaiserstuhl beschrieben (siehe Wimmenauer 2003).

Der Vielfalt der Gesteine wiederspiegelt auch die Vielfalt der Mineralien, die diese Gesteine aufbauen *(siehe Tab. 1)*.

Mineralgruppe	Mineral	Formel
Foide und Feldspäte	Nephelin	$NaAlSiO_4$
	Leucit	$KAlSi_2O_6$
	Albit	$NaAlSi_3O_8$
	Orthoklas	$KAlSi_3O_8$
	Sodalit	$Na_8\ Al_6Si_6O_{24}\ Cl_2$
	Nosean	$Na_8\ Al_6Si_6O_{24}\ SO_4$
	Haüyn	$(Na,Ca)_{4\text{-}8}\ (Al_6Si_6O_{24})\ (SO_4,S)_{1\text{-}2}$
	Analcim	$Na\ AlSi_2O_6\ H_2O$
Amphibole	Richterit	$(Na,K)\ NaCa\ (Mg,Fe,Ti)_5\ Si_8O_{22}\ (OH,F)_2$
	Katophorit	$(Na,K)NaCa(Mg,Fe,Ti)_4AlAlSi_7O_{22}(OH,F)_2$
Pyroxene	Diopsid	$Ca\ (Mg,Fe)\ Si_2O_6$
	Augit	$(Ca,Na,Mg,Fe,Mn,Al,Ti)\ (Si,Al)_2O_6$
	Aegirin	$Na\ Fe^{3+}\ Si_2O_6$
Karbonate	Calcit	$CaCO_3$
	Siderit	$FeCO_3$
	Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$
Schichtsilikate	Phlogopit	$K_2\ (Mg,Fe,Ti)_6\ Si_6Al_2O_{20}\ (OH,F)_4$
Orthosilicates	Melilith	$(Ca,Na)_2(Mg,Al)(Si_2O_7)$
	Titanit	$CaTi\ SiO_4\ (OH,F)$;
	Allanit	$(Ca,Ce)_2\ Fe\ Al_2O\ (Si_2O_7)\ (SiO_4)\ OH$
	Olivin	$(Mg,Fe)_2\ SiO_4$
	Zircon	$ZrSiO_4$
Phosphate	Apatit	$Ca_5\ PO_4\ (OH,F,Cl)$
	Monazit	$(Ca,La,Th)\ PO_4$
Oxide	Pyrochlor	$Ca_2Nb_2O_7$
	Perovskit	$(Ca,Na,Fe,Ce)(Ti,Nb)\ O_3$
	Priderit	$(K,Ba,Cs)_{1\text{-}2}\ (Fe,Cr,Al,V,Ce)_{1\text{-}2}\ (Ti,Nb)\ O_6$

Tabelle 1: Häufige Mineralien in den Gesteinen der Alkali-Serie (meistens auch im Kaiserstuhl vorhanden).

Stop 2. Karbonatit und subvulkanische Breckzie am Ohrberg, Schelingen

Abbildung 4: Auf dem Weg zum Karbonatit-Steinbruch bezauberten Küchenschellen die botanisch interessierten Teilnehmer. Küchenschellen bevorzugen kalkreiche Standorte.

Auf dem Weg zum ersten Aufschluss erwarten uns erst einmal einige seltene Frühlingsboten – violette Küchenschellen in ihrer zartweissen flaumigen Behaarung *(Abb. 4)*. Der erste Gesteinsaufschluss führt uns nicht nur ins geographische Zentrum des Kaiserstuhls, sondern auch in den Kern des Vulkangebäudes. Nach der Eruption der tephritischen Laven und Pyroklastika und dem Aufbau eines Vulkans sind hier Karbonatite intrudiert. Diesen seltenen und speziellen Gesteinen verdankt der Kaiserstuhl seine Berühmtheit. Der Karbonatit ist ein von Calcit dominiertes magmatisches Gestein, das bei der Kristallisation einer CO_2-reichen Schmelze entstanden ist. Das heisst, diese Gesteine haben nichts mit den karbonatischen Sedimenten (Kalke und Dolomite) zu tun, wie sie entlang der Vorbergzone oder auf den Abdachungen des Schwarzwaldes und der Vogesen anstehen. Noch bis in die 1960‘er Jahre war die Genese der Karbonatite Thema anhaltender Diskussionen. Man stritt sich um einen sedimentären versus einen magmatischen Ursprung. Das weisse grobkörnige Gestein erinnert tatsächlich eher an einem Marmor (metamorpher Kalk) als an einen Magmatit *(Abb. 5)*.

Abbildung 5: Der alte Karbonatit-Steinbruch am Ohrberg. Der weiss-gräuliche Karbonatit zeigt keine sedimentäre Schichtung sondern eine magmatische Fliessbänderung, die durch die Ansammlung von hauptsächlich Magnetit und Silikaten (meistens Pyroxene) gebildet wird.

Der geochemische Charakter und die Beobachtung von aktivem karbonatitischem Vulkanismus (der Vulkan Ol Doinyo Lengai im Ostafrikanischen Graben) haben aber die Karbonatite als magmatische Gesteine etabliert. Experimente haben gezeigt, dass Karbonat-reiche Schmelzen nicht mit silikatischen Schmelzen mischbar sind. Dieser Befund, zusammen mit der sehr engen zeitlichen und räumlichen Verknüpfung der Karbonatite mit den Alkaligesteinen der nephelinitischen Familie, hat zur heutigen gängigen Hypothese geführt: Diese besagt, dass während ihres Aufstiegs aus dem Mantel primitive karbonathaltige, nephelinitische Schmelzen die Mischbarkeitsgrenze (Solvus) des Systems überschreiten und dabei entmischen und zwei getrennte Schmelzen bilden. Diese Gesteine sind so selten, weil die Konzentration von CO_2 in Mantelgesteinen gering ist. Darum ist die potentielle Quelle für die Bildung von karbonatischen Schmelzen im Mantel limitiert. Karbonatite sind selten, aber ökonomisch von Bedeutung. Während des Entmischungsprozesses wandern vielen Spurenelemente präferenziell in die karbonatische Schmelze und werden dort angereichert. Deswegen sind Karbonatite sehr wichtige Träger von Elementen wie seltene Erden und Niobium. Niobium wurde zum Beispiel während des Krieges für die Stahlindustrie in dem Steinbruch am Ohrberg abgebaut.

Der Karbonatit-Körper ist in einen etwas älteren Essexit-Körper intrudiert. Dadurch ist am Rande des Karbonatit-Körpers eine Intrusionsbrekzie entstanden. Der Essexit wurde zerbrochen und die eckigen Bruchstücke mit karbonatitischem Magma zementiert. Solche Brekzien konnten wir in Blockhaufen in der Nähe des Steinbruches ansehen, auf den ersten Blick hätte man sie auch für Magerbetonfundamentsbrocken halten können.

Stop 3. Phonolith Steinbruch bei Endhalden (SWW Eichstätten)

Oberhalb Bötzingen ist ein kleiner alter Steinbruch in einem Phonolith-Stock erhalten geblieben. Ein viel grösserer und immer noch aktiver Steinbruch befindet sich weniger als ein Kilometer weiter südlich.

Die Phonolithe sind hellgraue, sehr feinkörnige, poröse Gesteine mit einzelnen, ± gut sichtbaren Feldspäten. Die Phonolithe stellen das Endglied der Fraktionierung der primitiven basaltischen Magmen dar. Sie sind also sehr stark an Silizium und Alkalien angereichert und in Magnesium abgereichert. In diesem Teil des Kaiserstuhls bilden sie kleine subvulkanische Stöcke. Die starke Anreicherung in Silizium verursachte eine enorme Erhöhung der Viskosität des Magmas. Dieses wird praktisch fliessunfähig und kann damit keine richtigen Lavaströme bilden. Kuppelförmige Stöcke und Dome sind die typischen Erstarrungsformen von solchen stark fraktionierten Magmen. Die sehr hohe Viskosität der phonolithischen Magmen führte aber auch häufig zu explosiver Förderung dieser Magmen. Im westlichen Kaiserstuhl bei Breisach wurden phonolitische Tuffe gefunden, die eine explosive Aktivität während der Platznahme der Phonolithe bezeugen.

Die hohe Porosität der Phonolithe ist verursacht durch die hohe Viskosität der Magmen – entmischende Gase konnten nicht entweichen und haben einen Porenraum geschaffen. Dies hat eine starke hydrothermale Umwandlung der Gesteine begünstigt. Die glasige Matrix und viele Mineralien (hauptsächlich Feldspäte und Foide) wurden zu Zeolithen umgewandelt. Diese Mineralien sind der Grund der Wirtschaftlichkeit der Phonolithe (aktiver Steinbruch bei Bötzingen) weil sie, dank ihrer ganz besonderen Eigenschaften, intensiv genutzt werden.

Stop 4. Löss und Weinbau westlich Ihringen

Der grösste Teil des Kaiserstuhls ist von Löss bedeckt, diesem feinkörnigen, sehr fruchtbaren Flugsediment, welches sein Dasein der letzten Eiszeiten verdankt. Diese Tatsache, in Kombination mit der besseren Bodenbearbeitbarkeit von Löss gegenüber den verwitterten Magmatiten, führte zur Konzentration von Weinbau

Abbildung 6: Typischer Zeilenweinbau mit Drahtanlage.

auf den Lössböden. Dagegen blieben die Magmatite auf den Kuppen oft bewaldet. In den Lössen wurde in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts eine grosse Flurbereinigung durchgeführt, welche die Landschaft des Kaiserstuhls grundlegend veränderte *(Abb. 7)*. Sie führte zur heutigen Terrassenlandschaft mit ihrem Weinbau. Der Weinbau ist, typisch für Deutschland, in einem Zeilenweinbau ausgeführt und der Wein wird mit Hilfe einer Drahtanlage gestützt *(Abb. 6)*. Die Exkursion führte uns in die Zeit nach dem Rebschnitt und dem Biegen der Reben, aber vor der eigentlichen Wachstumsphase. Der typische Rebschnitt und die Bodenbearbeitung konnten deshalb diskutiert werden.

Abbildung 7: Weinberg-Terrassen wurden in die Löss-Bedeckung der Vulkanite eingeschnitten. Die neugestaltete Landschaft wurde auch schon mit einer Bergbau-Terrassenlandschaft verglichen.

Der Kaiserstuhl ist berühmt für seinen Grauen Burgunder und ist allgemein dominiert von Rebsorten der Burgunderfamilie (Spätburgunder, Frühburgunder, Weisser- und Grauer Burgunder). Allerdings wurden und werden auch immer andere Rebsorten angebaut. Dabei werden verschiedene Neuzüchtungen (oft aus dem Anfang des 20. Jahrhundert, z.B. Scheurebe und Müller-Thurgau) sowie andere traditionelle Rebsorten in untergeordneter Menge angebaut.

Stop 5. Besuch der Genossenschaft in Achkarren

Nach den Betrachtungen des Magmatismus und des Weinbaus im Feld, unternahmen wir eine geführte Weinprobe in der Winzergenossenschaft Achkarren. Dieser Ort ist einer der wenigen Orte im Kaiserstuhl mit vorwiegend Weinbau auf den Vulkaniten. Die Weinprobe beinhaltete 8 Weine aus Achkarren:

Abbildung 8: Weindegustation oder Studien in Sachen Stein&Wein in der Winzergenossenschaft Achkarren. Eloquent erläutert unser Führer die Machart und die Geschmacksrichtungen der verschiedenen Weine und studiert selbst eifrig mit.

– 2011er Spätburgunder QbA
– 2011er Rosé QbA
– 2012er Grauer Burgunder Spätlese
– 2011er Scheurebe Kabinett
– 2011er Spätburgunder Kabinett
– 2012er Sauvignon Blanc QbA
– 2012er Ruländer Kabinett
– 2011er Gewürztraminer Auslese

Diese wurden in einem Rundgang von Anlieferungshalle, Kelterhalle, Fassweinkeller und Raritäten Flaschenweinkeller durchgeführt *(Abb. 8)*. Ein Mitarbeiter der Winzergenossenschaft gab kompetent Auskunft zu den Weinen und dem Weinbau. Die Dominanz der verschiedenen Burgundertrauben wurde beschrieben. Die Weine und Anbautechniken wurden an manchen Stationen intensiv diskutiert und degustiert. Alle Weine kamen von einem magmatischen Untergrund (Achkarrer Schlossberg) und der Vergleich zu den Weinen auf dem Löss konnte leider nicht getestet werden. Nach der Weinprobe konnten wir das Abendessen und die Nacht im Achkarrener Hotel «Zur Krone» geniessen.

Sonntag, den 14. April

Der Frühling hat uns erreicht – sonniges Wetter empfing uns an diesem Morgen. Es sollte uns den ganzen Tag begleiten.

Stop 6. Tephritische Lava-Ströme westlich Ihringen

Dieser Aufschluss erlaubte uns die Tephrite zu beobachten; der volumenmässig wichtigste Typ von Vulkaniten im Kaiserstuhl. Es handelt sich um ein dunkelgraues, häufig poröses Gestein mit sichtbaren augitischen Pyroxenen als Einsprenglinge. Manchmal sind auch kleine Leucite, seltener etwas Plagioklas und Magnetit sichtbar.

Tephrite sind in Bezug auf ihre Fraktionierung ein intermediäres Gestein. Grob gesagt werden sie durch die Abtrennung von Olivin aus dem primitiven Olivin-Nephelinit reicher in Silizium und ärmer in Magnesium. Die Fraktionierung findet in verschiedenen Magmen-Reservoirs (Magmakammer) auf dem Weg zwischen der Quelle (ca. 90 bis 150 km Tiefe) und der Oberfläche statt. Die Tiefe, Dynamik und Dauer des Aufenthalts des Magmas im Reservoir sind wichtige Faktoren, die die Art und Intensität der Fraktionierungsprozesse beeinflussen.
Gut sichtbar an diesem Aufschluss war die typische Architektur eines Lava-Stromes. Die Basis des Stromes ist durch eine 30 bis 60 cm mächtige lockere Brekzie definiert, die aus Bruchstücken des überliegenden massigen Teils des Stromes besteht. Die Brekzie bildete damit eine Art Kugellager auf dem sich den Strom einfacher bewegen konnte. Der massige Teil ist in der Regel von Abkühlungsrissen durchgezogen. Falls die Abkühlung regelmässig erfolgen kann (abhängig von der Homogenität des Material und der Dynamik der Platznahme), ordnen sich die Abkühlungsrisse und bilden die typischen Kolonnaden. Der oberste Teil des Stromes ist häufig wiederum brekziiert, weil die spröde abgeschreckte Oberfläche der Lava unter der Spannung der Fliessbewegung zerbrach *(Abb. 9)*.

Abbildung 9: Blockig-brekziöse Oberfläche des Lavastromes. Die weissen Farben weisen auf starke Alteration hin und wohl auch auf das Wachstum von Zeolithen und/oder Tonmineralien als Sekundärmineralien.

Viele Parameter beeinflussen die Morphologie von Lava-Strömen und die meisten sind in einer komplexen Weise miteinander verknüpft. Als Beispiel soll die Viskosität erwähnt werden, welche massgeblich die dynamischen Eigenschaften des Magmas beeinflusst. Sie ist direkt abhängig von der Zusammensetzung und der Temperatur des Magmas. Magmen sind keine reine Flüssigkeiten, sondern ein Gemisch von silikatischer Schmelze und Mineralien. Darum ist die Viskosität auch von der Anzahl, Grösse und Form der Mineralien im Gemisch und von der komplexen polymerartigen Struktur der Schmelze beeinflusst. In einem fliessenden Strom verändert sich aber die Temperatur ständig mit einer sehr heterogenen Geometrie. Damit verändert sich wieder die Anzahl, Grösse, Form und Verteilung der Mineralien was erneut die Viskosität beeinflusst.

Stop 7. Tephritische pyroklastische Ablagerungen am Burgberg westlich Burkheim

Wir befanden uns hier im Westen des eigentlichen Vulkans, wo kleinere vulkanischen Zentren auftreten. Eine direkte Verbindung mit dem zentralen Kaiserstuhl-Vulkan ist nicht aufgeschlossen, aber sowohl genetisch wie auch zeitlich sind diese eng mit dem grossen Vulkangebäude verbunden.

Die Gesteine in unserem Aufschluss im alten Steinbruch zeigten einen enormen Unterschied in der Korngrösse, die von mm grossen (Aschen) über cm grossen (Lapilli) bis zu m grossen (Blöcke) Bruchstücken variierte. Dazu war in der Wand keine präferenzielle Anordnung der Komponenten sichtbar. Das lässt erahnen, dass diese Tuffe sehr nahe am Eruptionszentrum abgelagert wurden, ohne das durch den Transport eine Einregelung der Komponenten einsetzen konnte. Das Fehlen von deutlichen Diskontinuitäten in der Wand deutet daraufhin, dass die gesamte sichtbare Mächtigkeit der Ablagerungen während eines einzigen Ereignisses akkumuliert wurde.

An einer grossen Steilwand konnte man die internen Strukturen von pyroklastischen Ablagerungen sehr gut betrachten. Zusammen mit Lava-Strömen bilden diese Gesteine den Hauptanteil der Magmen, die im Kaiserstuhl gefördert wurden. Sie stellen aber eine Änderung dar, was den Stil der vulkanischen Aktivität anbelangt. Lava-Ströme entstehen während dem ruhigen Ausfliessen der Magmen (effusive Aktivität); pyroklastische Ablagerungen sind hingegen die Produkte einer explosiven Aktivität. Diese beiden Arten der Magmenförderung alternieren gewöhnlich während des Lebens eines Vulkans. Manchmal bilden sie klar getrennte Zyklen, aber manchmal sind diese komplex miteinander verknüpft. Es gibt zwei verschiedene Typen von vulkanischer Explosivität. Die «magmatische Explosivität» bezieht die Energie der Explosion aus den im Magma gelösten Fluiden (hauptsächlich H_2O). Im Gegensatz dazu wird die «phreato-magmatische Explosivität» durch die Expansion von externem phreatischem Wasser ausgelöst, welches durch den Aufstieg des Magmas in die obersten Schichten der Kruste aufgeheizt wird.

Abbildung 10: Die pyroklastische Breckzie im Steinbruch am Burgberg bei Burkheim. Deutlich sind die eckigen und/oder schlecht gerundeten Blöcke unterschiedlicher Grössenordnung in der weissgrauen, wohl stark zeolithisierten Matrix erkennbar. In den grösseren Blöcken sind helle Mineralien, wohl Feldspäte erkennbar. Bildbreite ca. 2.5 m.

Die Produkte einer explosiven Eruption sind die pyroklastischen Gesteine oder Tuffe. Es handelt sich um mehr oder weniger verfestigte Brekzien. Das heisst Gesteine die aus eckigen bis schlecht gerundeten Bruchstücken von vulkanischen Gesteinen (manchmal auch von nicht-vulkanischen Nebengesteinen) in einer feinkörnigen Matrix bestehen *(Abb. 10)*. In der Regel ist auch die Matrix nichts anderes als sehr stark fragmentiertes juveniles vulkanisches Material. Die Analyse der Granulometrie (Korngrössenverteilung) von pyroklastischen Ablagerungen erlaubt häufig die Rekonstruktionen der vulkanischen Aktivität. Sie bildet auch die Grundlage für die Klassifikation der Intensität der explosiven Eruptionen.

Stop 8a. Nephelinitische pyroklastische Ablagerungen am Limberg bei Sasbach

Die Hügel des Limberg an der nordwestlichen Ecke des Kaiserstuhls sind auch ein Relikt eines kleinen isolierten Vulkans. Die Magmen, die hier auftreten sind die primitivsten des ganzen Kaiserstuhls. Es handelt sich um sehr SiO_2-untersättigte und kaum fraktionierte Olivin-Nephelinite. Diese relativ seltenen Gesteine wurden früher

als «Limburgite« bezeichnet und werden als mögliche primäre Schmelze verstanden, aus der die höher fraktionierten Tephrite und Phonolithe entstanden sind.

Im Aufschluss hinter der Burgruine ist wiederum eine Abfolge von Tuffen vorhanden. Im Gegensatz zu Aufschluss 7 erkennt man hier eine gewisse Strukturierung der Ablagerungen. Dies deutet auf die Mehrphasigkeit der Eruptionen hin und möglicherweise auf unterschiedliche Transportmechanismen. Die feinkörnigen homogenen Lagen könnten auf Fallablagerung hinweisen. Das heisst gut gravitativ sortierte Komponenten, die aus Luft abgelagert wurden. Die groben chaotischen Lagen deuten hingegen mehr auf proximale pyroklastische Ströme hin.

Stop 8b. Basanitischer Lava-Strom mit Peridotitknollen am Limberg bei Sasbach

Am südlichsten Ende des Limberg entlang der Hauptstrasse ist ein kleiner Teil eines basanitischen Lavastromes aufgeschlossen. Die Besonderheit dieses Aufschlusses sind die zahlreichen, faustgrossen Peridotitknollen *(Abb. 11).*

Abbildung 11: Basanit Lava-Strom mit Peridotitknollen am Limberg. (a) Übersichtfoto: die gelben Farbtupfer bestehen aus Mantelperidotiten, die als Schollen in den aufsteigenden basanitischen Magmen eingeschlossen wurden. (b) Detail einer solchen Peridotitscholle.

Peridotite sind Gesteine des Erdmantels, die vorwiegend aus Olivin und Pyroxen bestehen. Als Einschlüsse in den basanitischen Vulkaniten bezeugen sie die Mantelherkunft der Magmen und stellen als solche die Reste der Quelle dar. Solche seltenen Funde sind von enormer Bedeutung für die Petrologie, da diese die Mantelzusammensetzung direkt belegen. Ansonsten müssen solche Zusammensetzung indirekt mit geochemischen Methoden modelliert werden. Es ist interessant zu bemerken, dass weltweit solche Peridotitknollen fast ausschliesslich in Basalten der Alkali-Serie in Extensionsgräben zu finden sind. Die Peridotitknollen in diesem Aufschluss sind sehr stark alteriert, wobei die internen Teile noch perfekt die Mantelmineralogie erkennen lassen.

Stop 9. Breisach

Der isolierte Hügel im Zentrum von Breisach ist der südlichste Zeuge der vulkanischen Aktivität im Kaiserstuhl. Wie für die Vulkane des Limbergs und Burgbergs ist eine direkte Verbindung zum grossen Vulkankomplex in der Mitte des Kaiserstuhls nicht aufgeschlossen. Der Charakter der Gesteine lässt sie aber eindeutig dem Kaiserstuhl Ereignis zuordnen.

Das Münster von Breisach erhebt sich zuoberst auf dem Hügel und ist ein Archiv historischer als auch geologischer Daten. Wir haben die Bausteine des Münsters in Augenschein genommen. Die hauptsächlichen Bausteine sind Vulkanite aus dem Kaiserstuhl und Buntsandsteinblöcke (Sedimente der Trias) aus der dem Schwarzwald vorgelagerten Vorbergzone. Dazu finden sich reliktisch Pflastersteinbeläge aus Quarzgeröllen aus dem Rhein. Peter Heitzmann erläutert einige historische Fakten zur Verwendung der Bausteine.

Vom Münsterplatz geniesst man eine wunderschöne Sicht über den Oberrheingraben auf die Berge des Schwarzwaldes, des Kaiserstuhls und die Vogesen. Genau die perfekte Stelle, um auf einige abschliessende Punkte einzugehen: Der Rheingraben ist nicht nur für Geologen und Weinbauern eine spannende Gegend, die geologischen Gegebenheiten haben auch ganz konkrete Auswirkungen auf die Menschen, die heute in diesem Gebiet leben. Jeder tektonische Graben würde eigentlich eine topographische Senke darstellen, doch diese haben in der Regel nicht lange Bestand. Wie generell alle Gelände-Depressionen werden sie meist rasch mit dem Schutt der umgebenden Hochzonen verfüllt. Oftmals halten Absenkung und Auffüllung sich die Waage, so auch im Rheingraben. Wäre dies nicht der Fall, so würde sich heute zwischen Vogesen und Schwarzwald ein riesiger Binnensee erstrecken. Tatsächlich gibt es so etwas wie ein See in dieser Region, allerdings liegt er innerhalb der Lockergesteinsfüllungen des Rheingrabens – es ist ein See aus Grundwasser! Während den Vergletscherungszeiten wurden Kiese und Sande, die teils aus den Alpen und teils aus dem Schwarzwald und den Vogesen selbst stammen, in den Graben geschüttet. Diese Kies- und Sandkörper weisen häufig einen grossen Porenraum auf und sind gut durchlässig, so dass sich im Oberrheingraben einer der grössten Grundwasserkörper Zentraleuropas bilden konnte *(Abb. 12)*. In unverfüllten und aufgelassenen Kiesgruben und in naturnahen Bereichen des Rheines liegt das Grundwasser heute offen zutage. Für die Menschen im Gebiet sind diese Grundwasservorkommen von eminenter Wichtigkeit, denn nicht alle können mit frischem Quellwasser aus den Mittelgebirgen versorgt werden. Auch für die alternative Gewinnung von Energie durch Grundwasserwärmepumpen bietet der Oberrheingraben ideale Voraussetzungen.

Für die Geothermie bietet der Rheingraben ideale Voraussetzungen. Wie bereits oben erläutert, führte die Ausdünnung der Kruste durch die Grabenbildung zu einem Aufstieg des heissen Erdmantels. Zudem führten auch die magmatischen

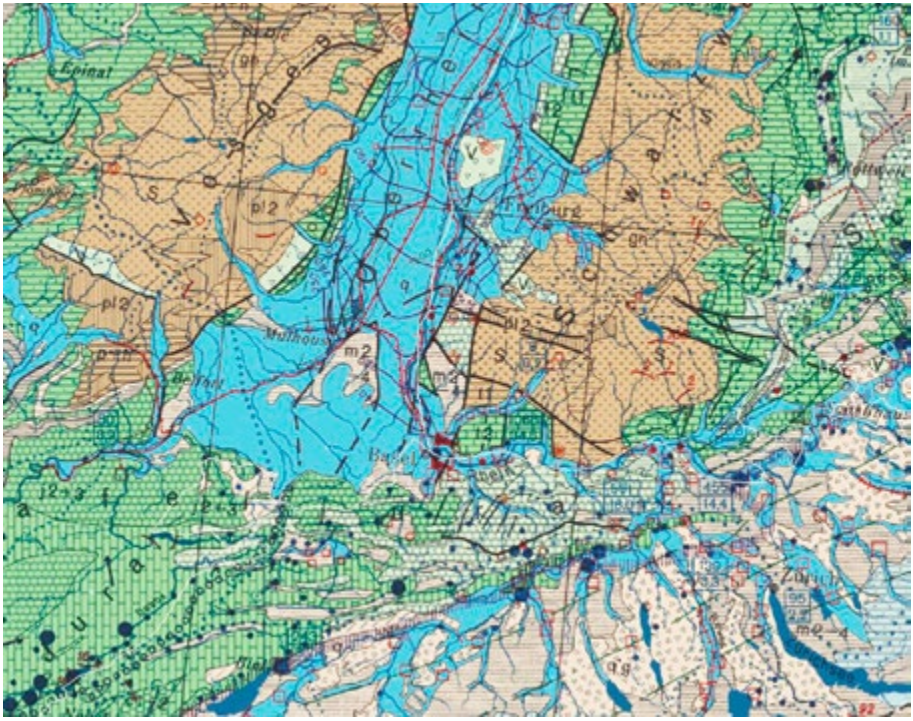


Abbildung 12: Ausschnitt aus der Internationalen Hydrogeologischen Karte von Europa (1:1.500.000; IHME1500). In blau sind gut durchlässige Lockergesteins-Grundwasserkörper eingezeichnet. Deutlich kommen die Grössenverhältnisse zwischen «normalen» schweizerischen Grundwasserkörpern und demjenigen des Oberrheingrabens zur Geltung (Planet Earth – Earth Science for Society).

Tätigkeiten zu Wärmeanomalien. In der Summe bedeutet dies, dass im Oberrheingraben ein erhöhter Wärmefluss besteht – ideale Voraussetzungen für geothermische Projekte *(Abb. 13)*. Es wundert daher auch nicht besonders, dass das momentan wohl spannendste Geothermieprojekt Europas, dasjenige von Soultz-sous-Forêt, mitten in diesem Bereich liegt.

In Soultz-sous-Forêt haben mehrere Bohrungen bereits vor einigen Jahren die angestrebte Endtiefe von 5'000 Metern erreicht. Dort herrschen Temperaturen um die 200°C. Zur Erschliessung wurde die sogenannte «Hot-Dry-Rock-Technologie» angewandt. Dabei wird kaltes Wasser hinuntergepumpt und durch den geologischen Wärmetauscher auf hohe Temperaturen erhitzt. Das mit bis ca. 175°C gefördert Wasser wird in einem Kraftwerk mit spezieller Technologie zur Stromerzeugung genutzt und dann abgekühlt wieder in die Tiefe gepumpt. Der Rheingraben bietet also ein Riesenpotential für geothermische Kraftwerke – ein Versprechen für die Zukunft.

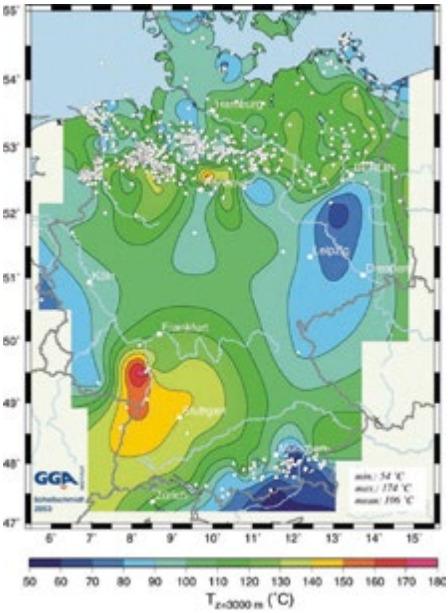


Abbildung 13: Die Wärmeverteilung in Zentraleuropa in 3000 m Tief. Deutlich tritt die Wärmebeule im Bereich des Oberrheingrabens in orange-rot hervor (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik – LIAG, ehemals GGA-Institut [Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben]).

Noch diesem Überblick bleibt noch Zeit für einen Rundgang durch Breisach und die Heimfahrt nach Bern, welches wir gegen 19 Uhr erreichen.

Teilnehmerliste:

Abrecht, Jürgen
Baars, Günter
Berger, Alfons
Bienz, Rudolf
Burri, Thomas
Fritschi, Jörg
Fritschi, Susanna
Füllemann, Ferdinand
Gaston, Adamek
Hauser, Damaris
Heitzmann, Anni
Heitzmann, Peter
Herwegh, Marco
Huber, Birgit
Hubmann, Max
Kaufmann, Urs
Keese, Reinhart
Leutwyler, Walter
Mätzler, Christian
Mercolli, Ivan
Nyffenegger, Franziska
Stucki, Rudolf

Literatur-Hinweise:

Berger, J.-P. et al., 2005. Paleogeography of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB) from Eocene to Pliocene. Intern. Journal of Earth Sciences, 94(4): 697–731.

Dèzes, P., Schmid, S.M. and Ziegler, P.A., 2004. Evolution of the European Cenozoic Rift System: interaction of the Alpine and Pyrenean orogens with their foreland lithosphere. Tectonophysics, 389(1–2): 1–33.

Europäische Union – INTERREG III A Oberrhein Mitte-Süd und PAMINA; MONIT, Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben, (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2006).

Europäische Union – INTERREG IV Oberrhein; GeORG: Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben (LGRB Informationen Band 28, 2013).

Keller, J., 1984. Early Tertiary Volcanism in Southwestern Germany – Excursions in Kaiserstuhl and Hegau. Fortschritte der Mineralogie, 62(2): 2–35.

Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB); Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg), 2007.

Schumacher, M.E., 2004. Upper Rhine Graben: Role of preexisting structures during rift evolution. Tectonics, 21(1): 1–17.

Wimmenauer W., 2003. Geologische Karte von Baden-Württemberg, Erläuterungen zum Blatt Kaiserstuhl. 280 p., Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br.

Ziegler, P. and Dèzes, P., 2005. Evolution of the lithosphere in the area of the Rhine Rift System. International Journal of Earth Sciences, 94(4): 594–614.

Buchtipp:

«Der Text ist jedoch m.E. nur für Leser geeignet, die vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten der Geologie, Botanik und Zoologie besitzen. Nicht entsprechend vorgebildete Leser werden das Buch wahrscheinlich bald frustriert zur Seite legen.» So die Rezension des Kunden Flyfisher auf Amazon zum Buch «Der Kaiserstuhl: Einzigartige Löss- und Vulkanlandschaft am Oberrhein» von Rainer Groschopf et al.

Was einige Kunden abschrecken könnte, dürfte Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaften geradezu magisch anziehen. Wer mehr zur Landschaft Kaiserstuhl, zu deren Entstehung, zur Geologie, Flora und Fauna erfahren möchte, ist mit diesem Buch sehr gut beraten. Hervorragende Bebilderung, spannende Texte, lässt sich auch gut zu einem Glas Kaiserstühler geniessen.

Thorbecke Verlag der Schwabenverlag AG
ISBN-10: 3799508392
Preis ca. 35.– CHF

Armand Baeriswyl[1]

Der Umgang mit dem Feuer im Mittelalter: Kochen, Heizen, Hausbau und Brandschutz im Blickfeld von Archäologie und Geschichte

Zusammenfassung des Vortrags der NGB-Jahresversammlung vom 25. Mai 2013

Archäologie als historische Disziplin

Das Gebiet des heutigen Kantons Bern ist eine seit Jahrtausenden besiedelte Kulturlandschaft, reich an historischen Zeugnissen vom Leben unserer Vorfahren, Städten, Kirchen, Klöstern und Wohnbauten. Vieles ist aber im Lauf der Jahrhunderte durch Abbruch, Brand oder Krieg untergegangen. Spuren dieser nicht mehr sichtbaren Vergangenheit haben vielerorts im Verborgenen überlebt. Zum einen liegen unter Strassen, Plätzen und Feldern der heutigen Landschaft, aber auch hinter jungen Fassaden, modernen Verputzen und Tapeten bestehender Gebäude, archäologische Befunde in Form von Mauern, Holzbalken, Fundamenten, Schichten, Gruben und Gräbern. Zum anderen sind in diese Schichten und Gruben Funde wie Tonscherben, Bruchstücke von Glas, Knochen und Metallgegenstände eingelagert. Kurz: Unter dem Strassenpflaster und hinter den Tapeten schlummert ein historisches Archiv voller ungelesener archäologischer «Urkunden». Diese Urkunden zu bergen und zu lesen, ist der Zweck von archäologischen Ausgrabungen oder Bauuntersuchungen.

Die moderne Archäologie versteht sich als historische Disziplin. Zwar bedient sie sich mehr und mehr naturwissenschaftlicher Methoden, gesucht werden aber Antworten auf historische Fragen – die Erforschung der materiellen Hinterlassenschaften des Menschen soll Fragen zu seiner Vergangenheit beantworten. Die archäologischen Reste sind eine Quellengattung wie die Schrift- oder Bildquellen. Sie sind ein Teilbereich der materiellen Quellen, die gewisse Lebensausschnitte der Vergangenheit widerspiegeln. Aus diesem Grund ist die Archäologie heute nicht mehr nur auf die Urgeschichte beschränkt, sondern kümmert sich auch um das Mittelalter und gar um jüngere Zeiten. Neben der Überwindung dieser Epochengrenzen bestimmt noch ein zweiter Aspekt die moderne Archäologie. Das archäologische Archiv im Boden wird durch jede moderne Baumassnahme zerstört. Das ist meistens nicht zu verhindern, denn es ist das gute Recht unserer Gesellschaft,

[1] PD Dr. Armand Baeriswyl, Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Leitungen in den Boden zu verlegen, unterkellerte Wohnbauten zu errichten und Parkhäuser unterirdisch anzulegen. Entscheidend ist aber, dass vor den Bauarbeiten eine archäologische Ausgrabung stattfindet. Sie kann wenigstens dafür sorgen, dass die Urkunden – um beim Bild des Archivs zu bleiben – vor ihrer Vernichtung gelesen und abgeschrieben werden. Wir sprechen hier von sogenannten Not- oder Rettungsgrabungen. Was nicht unmittelbar bedroht ist, sollte als archäologisches Denkmal für kommende Generationen im Boden erhalten bleiben. Denn auch eine methodisch einwandfreie archäologische Ausgrabung zerstört die archäologischen Überreste zum allergrössten Teil. Das erklärt sich aus dem Wesen der Archäologie. Es geht immer um die gleichen Grundfragen, eine Siedlungsgeschichte eines bestimmten Platzes, eine Abfolge von Bau – Benutzung – Umbau – Benutzung – Zerstörung – Neubau – Benutzung – Umbau etc. Diese Abfolge, Bau- oder Benutzungsphasen genannt, lagert sich im Boden und an den Wänden von Häusern in Form von Schichten ab. Bei einer Ausgrabung wird jede dieser Schichten einzeln freigelegt, analysiert, dokumentiert sowie die Funde daraus geborgen – und anschliessend abgebaut *(Abb. 1)*. Nur so kann die nächstuntere Schicht analysiert und dokumentiert werden. Das wird so lange wiederholt, bis der von Menschenhand nicht berührte Untergrund erreicht wird. Damit ist die Ausgrabung beendet und die Archäologie am Ort entsorgt – an dieser Stelle muss nie wieder archäologisch gegraben werden. Alles, was übrig bleibt, ist die Dokumentation der Befunde in Form von Planzeichnungen, Fotos und Beschreibungen und einige Kisten voller Funde, Knochen, Tonscherben und rostiger Metallgegen-

Abbildung 1: Archäologisches Arbeiten bedeutet vor allem auch Dokumentieren, u.a. das massstabsgetreue Zeichnen, wie auf dem Bild sichtbar (Abbildung Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

stände. Diese Befunde und Funde werden sorgfältig archiviert und gelagert, denn sie sind nach der Zerstörung der originalen Fundstelle zur Primärquelle geworden. Falls es die Zeit und die Finanzen erlauben, werden Funde und Befunde in einem Prozess der Auswertung verwoben und publiziert, damit die interessierte Öffentlichkeit an den so gewonnenen archäologischen und historischen Erkenntnissen teilhaben kann.

Der Umgang mit Feuer im Mittelalter – das Feuer als Segen

Heizungen und Feuerstellen

Das Feuer war für den Menschen des Mittelalters in erster Linie ein Segen. Es spendete Wärme und Behaglichkeit, verbreitete Helligkeit, ermöglichte warme Nahrung, führte zu einer gründlicheren Reinigung des Körpers und der Kleidung und diente als Basis einer Vielzahl von handwerklichen Prozessen. Die ersten beiden Punkte könnte man auch unter dem Begriff der Wohnkultur zusammenfassen. Diese begann im Mittelalter schon damit, dass man in den Städten im Süden und Westen des Deutschen Reiches nach dem Vorbild der Mönche und des Adels nicht auf dem Erdboden hauste, sondern in den Obergeschossen wohnte. Ganz entscheidend war aber das Heizen. Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Feuerstellen. Bei den offenen Feuerstellen reicht die Spannweite vom einfachen Holzfeuer auf dem nackten Boden über Glutbecken bis zur gemauerten, erhöhten und mit einem Kaminhut versehenen Anlage. Offene Feuerstellen kamen vor allem in Form von Cheminées vor *(Abb. 2)*. Sie finden sich in unserem Raum im Mittelalter meist in Küchen und in grossen repräsentativen Sälen, vor allem auf Burgen.

Geschlossene Feuerstellen, auch Heizöfen genannt, unterscheiden sich untereinander in Bezug auf die Umschliessung und in der Art, wie sie die Wärme übertragen. Es gibt Lehmöfen, Keramiköfen, Steinöfen, Metallöfen und Luftheizungen. Der erfolgreichste Typ der geschlossenen Feuerstelle ist der Kachelofen, eine Erfindung des 11. Jahrhunderts aus dem mitteleuropäischen Raum, der ab dem 12. Jahrhundert seinen Siegeszug antrat und bald in jeder Stube von städtischen Wohnbauten, Burgen, in Ratsstuben, in Klöstern und schlussendlich auch in Bauernhäusern zu finden war *(Abb. 3)*. Als unübersehbares festes Möbel und geschmückt mit Becherkacheln, später mit monochrom, dann bunt glasierten Blattkacheln, war er nicht nur Heizung, sondern auch Statussymbol der mittelalterlichen Mittelschicht.

Ein anderer Weg wurde mit der Luftheizung beschritten. Diese Art Wärme strömte unsichtbar durch kaum sichtbare Löcher im Boden in den Raum. Die Feuerstelle lag im Keller darunter und erhitzte eine Steinpackung, durch die Luft strömte, erwärmt wurde und so den Raum darüber heizte. Luftheizungen waren vor allem im Hanseraum an der Nord- und der Ostsee verbreitet und fanden sich dort auch in Bürgerhäusern der Oberschicht und in fast allen Rathäusern. In unserem Raum kennt man sie nur in einigen Klöstern.

Abbildung 2: Das Cheminée heizte repräsentative Säle, hier den Rittersaal im Schloss Burgdorf, um 1200 (Abbildung Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

Abbildung 3: Rekonstruktion eines Kachelofens, eines sogenannten Turmofens aus Chur, 14. Jahrhundert (Abbildung Archäologischer Dienst des Kantons Graubünden).

Gekocht wurde bis ins 17./18. Jahrhundert hinein ausschliesslich auf offenen Feuerstellen, einem mit einem Steinkranz umgebenes Rund oder Quadrat auf dem Fussbodenniveau, später auf einem vielleicht einem halben Meter hohen gemauerten Sockel, auf welchem das Feuer brannte *(Abb. 4)*. Kochen bedeutete also damals auch immer, sich bücken zu müssen. Gekocht wurde zum einen in grossen Metalltöpfen, die an Haken über dem Feuer hingen, zum anderen in Keramiktöpfen, die direkt ins Feuer bzw. in die Glut gestellt wurden. Dazu gab es Gitterroste zum Grillen und Braten. Grössere Küchen hatten auch gemauerte Backöfen; oft aber kaufte man das Brot beim Bäcker oder brachte den selbstgemachten Teig zu ihm und liess sich dort das Brot backen. Auf dem Land gab es oft Gemeinschaftsbacköfen. Ursprünglich gehörten sie dem Herrschaftsherrn, und es war Pflicht, dort zu backen.

Erzeugung von Licht und warmem Wasser

Die mittelalterlichen Häuser waren dunkel, die Fenster waren klein, um möglichst wenig Kälte hineinzulassen. Fensterverglasung durch Butzenscheiben kam erst im Lauf des Mittelalters auf und war bis weit in die Neuzeit hinein so teuer, dass sich diese nur die vermögende Oberschicht leisten konnte. Der Lichtmangel wurde durch künstliche Beleuchtung ausgeglichen. Seit der Zeit um 1200 waren es vor allem Lämpchen, mit denen Licht in die Dunkelheit gebracht wurde: mit Öl oder Tierfett gefüllte Schalen, in denen ein aus Schnur oder einem Stück Lumpen gedrehter Docht schwamm *(Abb. 5)*. Wachskerzen waren teuer und eher der Oberschicht vorbehalten. Kerzenwachs war als «Zehnt» eine weit verbreitete Abgabe an Kirchen und Klöster. Für die Wachskerzen brauchte es entsprechende Leuchter aus Metall.

Wasser zum Baden musste erst erwärmt werden, was auf dem Herdfeuer in der Küche eine mühsame Sache war. Wer es sich leisten konnte, badete deshalb nicht zu Hause, sondern im Badehaus. Dort gab es grosse Ofenanlagen, die das Wasser erhitzten. Man badete in hölzernen Badezubern, die von den Bademägden durch Nachschütten von heissem Wasser wohltemperiert gehalten wurden. Seit dem Spätmittelalter gab es Waschherde, in denen das Wasser zum Wäschewaschen erhitzt wurde. Das allerdings konnte sich nur die vermögende Oberschicht leisten, während die ärmeren Leute ihre Wäsche am Bach oder an öffentlichen Waschplätzen mit kaltem Wasser waschen mussten.

Feuer und Handwerk

Viele Herstellungsprozesse von Handwerk und Gewerbe benötigen Wärme oder Hitze und entsprechende Ofenanlagen, so die Herstellung von Keramik, die Verarbeitung von Metall, das Backen oder das Brauen. Gerade beim Thema Gewerbe und Handwerk stösst die Archäologie oft an ihre Grenzen: Zum einen werden in vielen Grabungen Öfen und Feuerungsanlagen freigelegt, deren Funktion schleierhaft ist, zum anderen werden in Schriftquellen mit Feuer hantierende Berufszweige genannt, deren archäologischer Nachweis bisher nicht gelungen ist.

Abbildung 4: Blick in eine Küche im späten 15. Jahrhundert mit der Feuerstelle auf einem gemauerten Sockel (Mendelsche Zwölfbrüderstiftung um 1475, Abbildung Stadtbibliothek Nürnberg).

Abbildung 5: Mittelalterliche Öllämpchen. Archäologische Funde des 13. bis 15. Jahrhunderts aus dem Kanton Bern (Abbildung Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

Das Feuer im Rechtswesen

Eine ganz andere Rolle spielte das Feuer im Rechtswesen. Die Menschen des Mittelalters hatten Vorstellungen über Verbrechen und Sühne, die von unseren heutigen stark abweichen. So verstiess im Mittelalter, wer eine schwere Straftat beging, gegen die göttliche Ordnung. Eine Missetat konnte unter Umständen das ganze Land beflecken und göttliche Strafen in Form von Unwettern oder Seuchen nach sich ziehen. Deshalb musste jede böse Handlung durch eine vergleichbare Strafe vergolten werden. Deswegen wurde Brandstiftung durch Verbrennung bestraft. Darüber hinaus galt der verbrecherische Mensch als vom Teufel verführt, und das Feuer sollte als reinigendes Element das Böse, also alle Spuren des Verbrechens und des Täters tilgen. So war der Tod auf dem Scheiterhaufen die Regel bei religiösen (Ketzerei, Hexerei) und bei sexuellen Verbrechen (Homosexualität, Sodomie, Blutschande etc.).

Das Feuer als Fluch

Das Problem Brennholz

Der intensive Umgang mit dem Feuer war im Mittelalter und der Neuzeit aber nicht nur von Segen. So führten alle diese Nutzungen seit dem 12. Jahrhundert zu einem enormen Verbrauch von Holz, welche viele Gegenden im beginnenden 17. Jahrhundert weitgehend entwaldet zurückliess. Ausserdem trugen die vielen Feuer mit ihren Rauchabgasen mit dazu bei, dass die Städte im Allgemeinen und die Produktionsstätten im Besonderen sehr ungesunde Orte waren. Das Brennholz musste ausserdem zuerst zu den Öfen und Feuerstellen getragen werden. Untersuchungen an Skeletten von ergrabenen Friedhöfen zeigen deutlich, dass das Schleppen von schweren Lasten, u.a. Brennholz, eine der Hauptgründe für die rasche Abnützung der Gelenke ebenso wie häufige Schlüsselbeinbrüche von Knechten und Mägden gewesen sein dürfte.

Brandkatastrophen

Der grösste Fluch des Feuers war aber die permanente Gefahr von Feuersbrünsten. Die Umgebung des mittelalterlichen Menschen war voller brennbarer Dinge, es wurde andauernd mit offenem Feuer hantiert und wenn ein Brand einmal ausgebrochen war, fehlten effiziente Löschmittel. Die Konstruktionsweise mittelalterlicher Gebäude trug sehr viel zur Brandgefahr bei. Ein Grossteil der Häuser bestand aus Holz oder Fachwerk und auch Steinhäuser hatten zwar gemauerte Aussenwände, alles andere bestand aber genauso aus Holz, so Geschossbalkenlagen mit Decken und Fussböden, Binnenwände mit oder ohne Täferung, Dachstühle, Einrichtungen und Möbel. Darüber hinaus wurden grosse Mengen von Brennholz in den Dachstöcken gelagert und nicht zuletzt bestanden die Kaminhüte und manchmal sogar die Kamine selbst aus Holz. Die Dächer waren oft mit Schilf, Stroh oder Schindeln gedeckt statt mit den feuerfesten, aber teuren Dachziegeln.

In jedem Haus brannte auf dem Herd offenes Feuer; vieles wurde stundenlang gekocht. Weitere Feuerquellen waren die Gewerbeöfen im Hof hinter dem Haus, da es noch keine Trennung von Wohnen und Arbeiten gab und die beiden Nutzungen meist im selben Haus bzw. auf derselben Parzelle stattfanden. Nachts hielt man das Herdfeuer als Glut unter einem Keramikdeckel, dem Glutstulp am Leben. In der Dunkelheit zündete man Lämpchen und Kerzen an, die man auch in der Hand hielt, wenn man dunkle Räume oder die Keller betrat. Ein Misstritt genügte, und das Feuer breitete sich auf dem hölzernen, wenn möglich noch mit Binsen oder Stroh bestreuten Boden aus. So konnte jederzeit ein Brand ausbrechen, und da seit dem 14./15. Jahrhundert geschlossene Häuserzeilen bestanden, die Brandmauern aber oft nicht weit genug hinaufreichten, um die Bauten wirksam zu trennen, konnten sich auch kleine Brände rasch über ganze Gassen und Quartiere ausbreiten *(Abb. 6)*.

Die Brandschatzung kam vor allem auf dem Land vor. Die Zerstörung ganzer Dörfer durch Feuerlegen war ein gängiges Mittel im Krieg. Man spricht vom «all-

Abbildung 6: Der Stadtbrand von Bern im Jahr 1405 (Abbildung Burgerbibliothek Bern).

täglichen Krieg» zwischen grossen Schlachten oder Belagerungen, bei dem es darum ging, den Feind durch die Zerstörung seiner landwirtschaftlichen Ressourcen zu schädigen.

Stand ein Haus einmal in Flammen, war es nur schwer zu löschen. Wasser musste mit Ledereimern im nächsten Brunnen oder im Stadtbach geschöpft, mittels Eimerketten zum Brandherd gebracht und einzeln ins Feuer gegossen werden. Es gab keinen Wasserdruck und damit auch keine Leitungen oder Schläuche. Wenn also ein Haus in Brand geraten war und dazu noch ein Wind wehte, standen im Nu ganze Häuserzeilen in Flammen. Die einzige Chance, das Feuer zu stoppen, bestand darin, Häuser in Brandrichtung abzubrechen, um so Feuerschneisen zu schaffen.

Der archäologische Nachweis von Bränden ist oft schwierig. Gründliches Aufräumen und eine Neubebauung von brandzerstörten Bereichen beseitigten oft alle Spuren. Ansonsten finden sich brandgerötete Lehmböden oder Mauerreste, massive Holzkohleschichten, in denen oft noch Balken- oder Brettreste liegen, geschwärzte Keramik, deren Glasur Blasen geworfen hat, sowie geschmolzenes Metall und Glas. Interessant ist übrigens, dass der chronikalische Bericht über einen Brand oft nicht mit dem archäologischen Befund übereinstimmt. Zum einen hinterlassen auch grosse Brände keine nachweisbaren archäologischen Spuren, zum anderen findet die Archäologie immer wieder Reste von Brandkatastrophen, die keinen schriftlichen Niederschlag gefunden haben.

Schriftliche wie archäologische Quellen belegen, dass unmittelbar nach jedem Brand der Wiederaufbau in Angriff genommen wurde. Zu dessen Förderung wurde Geld verteilt. Aber es gab auch rechtliche Gründe: Die Hausplätze gehörten damals der Stadt bzw. dem Stadtherrn und die Bürger hatten sie nur zur Nutzung erhalten. Wer nicht innert eines Jahres ein neues Haus baute, verlor seinen Hausplatz.

Im Gefolge von Brandkatastrophen erliess der städtische Rat meist neue Bauvorschriften, die der Brandverhütung bzw. der Verminderung des raschen Ausbreitens von Feuer dienen sollten. So wurde der Bau gemauerter Gebäude gefördert, sei es mit Geld oder mit Baumaterial, das zur Verfügung gestellt wurde. Zürich besass dafür einen eigenen Steinbruch bei Wollerau; in vielen Städten bestanden städtische Ziegeleien. So konnte die Stadtregierung kostenlos das Material für ein neues Ziegeldach bereitstellen, weit verbreitet war die hälftige Beteiligung der Stadt. Man versuchte, den Holzbau zurückzudrängen, schrieb Brandmauern vor, verlangte die Verschalung der offenen Unterseiten der vorspringenden Dächer («Vogeldielen») und verbot Aufzugsgiebel. Auch Vorschriften zum Feuerschutz und zur Feuerbekämpfung wurden erlassen, so durfte nachts kein offenes Feuer brennen und Nachtwächter in den Gassen wie auf Kirchtürmen hatten permanent Ausschau zu halten. Jeder Bürger musste einen Ledereimer besitzen und an zentralen Stellen der Stadt wurden Äxte, Haken und Leitern deponiert, mit denen das Einreissen von Bauten zur Anlage von Brandschneisen möglich war.

Weiterführende Literatur:

Archäologische Methode:

Manfred K. H. Eggert, Archäologie. Grundzüge einer historischen Kulturwissenschaft (UTB 2728), Tübingen 2006.

Feuerstellen, Heizungen und Kachelöfen:

Eva Roth Heege/Monika Dittmar, Ofenkeramik und Kachelofen. Typologie, Terminologie und Rekonstruktion im deutschsprachigen Raum (CH, D, A, FL) mit einem Glossar in siebzehn Sprachen (Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 39), Basel 2012.

Klaus Bingenheimer, Die Luftheizungen des Mittelalters (Antiquitates - Archäologische Forschungsergebnisse 17), Hamburg 1998.

Küche und Kochen:

Ulrich Klein/Michaela Jansen/Matthias Untermann u.a. (Hrsg.), Küche – Kochen – Ernährung. Archäologie, Bauforschung, Naturwissenschaften. Tagung Schwäbisch Hall, 6. bis 8. April 2006 (Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit 19), Paderborn 2007.

Körperhygiene und Bäder:

Birgit Tuchen, Öffentliche Badhäuser in Deutschland und der Schweiz im Mittelalter und der Frühen Neuzeit, Petersberg 2003.

Handwerk:

Walter Melzer (Hrsg.), Archäologie und mittelalterliches Handwerk – Eine Standortbestimmung. Beiträge des 10. Kolloquiums des Arbeitskreises zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerks (Soester Beiträge zur Archäologie 9), Soest 2008.

Rechtswesen:

Jost Auler (Hrsg.), Richtstättenarchäologie, 2 Bde., Dormagen 2008–2010.

Stadtbrände:

Martin Körner (Hrsg.), Stadtzerstörung und Wiederaufbau, Bd. 1: Zerstörungen durch Erdbeben, Feuer und Wasser, Bern 1999.

Marie Luisa Allemeyer, Fewersnoth und Flammenschwert: Stadtbrände in der Frühen Neuzeit, Göttingen 2007.

Peter Bochsler[1]

Viel Neues unter der Sonne

Zusammenfassung des Vortrags vom 4. Juni 2013

*Auch wenn es laut Prediger I/9 nichts Neues **unter** der Sonne gibt, liefert die Forschung **über** die Sonne fast alljährlich neue Überraschungen. Die Sonne bietet ein interdisziplinäres Forschungsgebiet par excellence: Moderne Sonnenmodelle ruhen auf vielen Pfeilern, und neue Erkenntnisse über einzelne Teilgebiete bringen gelegentlich frühere, als gesichert geglaubte Grundlagen wieder ins Wanken. An Einzelbeispielen aus dem 20. Jahrhundert soll gezeigt werden, wie die Astrophysik und die Sonnenforschung aus Erkenntnissen von verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaften profitiert haben und – umgekehrt – Gebiete ausserhalb der Sonnenforschung und Astrophysik befruchtet haben.*

Seit dem 19. Jahrhundert ist bekannt und akzeptiert, dass die Energieumsetzung im Sonneninnern nicht auf chemischen Reaktionen, also einem «Feuer», basieren kann. Seit 80 Jahren hat man auch verstanden, dass die Produktion von Sonnenenergie letztlich auf Kernfusion beruht; aber trotz intensiver Bemühungen über die letzten sechs Jahrzehnte hinweg ist es nicht gelungen, diesen Prozess auf der Erde friedlich nutzbar zu machen. Schliesslich soll nicht verschwiegen werden, dass es im modernen Forschungsbetrieb, trotz aller Bemühungen zur Interdisziplinarität, schwierig geworden ist, die Übersicht über die vielen neuen Ergebnisse zu behalten und diese richtig zu gewichten.

Feuer und Sonne: Unterschiede der Energieumsetzung

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat man verstanden, dass die Sonne ihre Strahlungskraft nicht aus einer gewöhnlichen Verbrennung, wie etwa aus einem Kohlefeuer, aufrechterhalten kann. Bis gegen Ende des 19. Jh. hielt sich dann die These, die Strahlungsleistung werde aus der Umsetzung von Gravitationsenergie gespiesen, d.h. durch die Kontraktion der Sonne und durch den Einfall von Meteoriten auf die Sonne. Lord Kelvin hat aufgrund dieser Überlegung das Alter der Sonne auf etwa 20 Millionen Jahre geschätzt. Dieser Wert war aber im Widerspruch zu einer neueren Schätzung, die Charles Darwin aufgrund der Erosion einer geologischen Formation («Weald») in Südostengland gemacht hatte.

[1] Prof. Dr. Peter Bochsler, Physikalisches Institut, Universität Bern und Space Science Center, University of New Hampshire, Durham NH, USA

Er veranschlagte deren Alter auf einige hundert Millionen Jahre, womit genug Zeit für die Evolution der Spezies durch natürliche Selektion vorhanden gewesen wäre, was aber bedingt hätte, dass die Erde älter als die Sonne wäre.

Dieser Widerspruch konnte erst mit der Entdeckung der speziellen Relativitätstheorie zu Beginn des 20. Jahrhunderts geklärt und beseitigt werden. Man hatte gelernt, dass im Prinzip Materie in Energie umgewandelt werden kann. Gleichzeitig hatte man mit Hilfe der natürlichen Radioaktivität von gewissen Elementen genauere Methoden zur Bestimmung des Alters von Gesteinen entwickelt.

Friedrich Georg Houtermans, Professor am Physikalischen Institut der Universität Bern von 1955 bis 1966, hat zu beiden Forschungszweigen, zur Nukleosynthese und zur Altersbestimmung von Erde und Meteoriten, massgeblich beigetragen: Zusammen mit Robert Atkinson publizierte er 1929 einen Artikel, in welchem die Details der nuklearen Verbrennung mit Hilfe des von George Gamow untersuchten Tunneleffektes erklärt werden. Gamow hatte mit Hilfe der Quantentheorie beschrieben, wie mit Hilfe dieses Effektes geladene Heliumkerne gelegentlich den Potenzialwall eines Atomkerns durchdringen und so zum Alpha-Zerfall des Kernes führen können. Atkinson und Houtermans spekulierten, dass dieser Effekt auch zu einer umgekehrten Kernreaktion führen könnte und so aus vier Wasserstoffkernen ein Heliumkern gebildet werden könnte. Später hat Houtermans, anhand von Blei-Blei-Altern, das Alter der Erde und des Sonnensystems mit vorher unerreichter Präzision auf 4.6 Milliarden Jahre bestimmt.

Vergleichen wir den Metabolismus der Sonne mit demjenigen eines gewöhnlichen Kohlefeuers, so finden wir die folgenden Bilanzen:
Proton-Proton-Zyklus im Sonneninnern *(vgl. Abb. 1)*: Brutto werden aus vier Protonen ein Heliumkern erzeugt, dabei werden 26.7 MeV freigesetzt. Auf ein kg He sind dies 200'000 MWh. Dabei gehen gemäss der Einstein'schen Formel, $E=mc^2$, sieben Gramm Materie verloren.

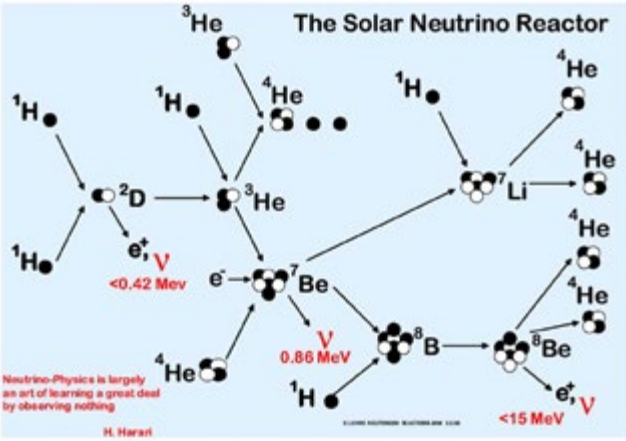


Abbildung 1: Schema des Proton-Proton-Zyklus.

In einem Feuer werden beim Verbrennen von 1 kg Kohle 8.3 kWh Energie frei (und es gehen 0.3 Mikrogramm Materie verloren). Aus dem Vergleich dieser Zahlen wird sofort klar: Selbst wenn die ganze Sonne aus Kohle bestünde, würde bei der gegenwärtigen Strahlungsleistung dieses Brennmaterial nicht sehr weit reichen. Betrachtet man aber den Metabolismus der Sonne als Ganzes, so stellt man fest, dass dieser viel langsamer ist als beispielsweise bei einem Menschen, der ca. 100 W Leistung bei 70 kg Körpergewicht umsetzt. Im Fall der Sonne sind dies lediglich 0.014 W in 70 kg Sonnenmaterie. Die Tatsache, dass die Sonne mit ihrem riesigen Energievorrat so sparsam umgeht, mag mit dazu beigetragen haben, dass genügend Zeit vorhanden war, damit auf der Erde Leben entstehen und sich entwickeln konnte. Der tiefere Grund dafür, dass dieser Prozess derart langsam verläuft und die Sonne nicht wie ein Strohfeuer abbrennt, bzw. in Form einer Supernova-Explosion ihren ganzen Energievorrat in Kürze freisetzt, liegt in der Teilchenphysik. Der erste Schritt im Protonzyklus, die Vereinigung von zwei Protonen zu einem Deuteriumkern unter Freisetzung eines Positrons (ganz links im Schema von Abbildung 1), ist sehr langsam: Ein durchschnittliches Proton in der Sonne hat eine Lebenserwartung von 10 Milliarden Jahren, bevor es sich mit einem anderen Proton vereinigt; entsprechend langsam ist der Verbrauch des Brennstoffs, und entsprechend lang ist die Lebensdauer der Sonne als «gewöhnlicher» Stern. So vergehen bei relativ konstanter Strahlungsleistung etwa 10 Milliarden Jahre, bevor die Sonne nach Erschöpfung des Wasserstoffvorrates zum roten Riesen anwächst und dabei die innersten Planeten verschluckt.

Bei all den Reaktionen, die in *Abbildung 1* dargestellt sind, wird den Teilchen kinetische Energie vermittelt, die letztlich in Wärme- und Lichtstrahlung umgewandelt wird. Diese Strahlung dringt allmählich zur Sonnenoberfläche. Tatsächlich wird die Strahlung auf dem Weg vom Sonneninnern zur Oberfläche immer wieder durch Atomkerne und Elektronen vom Weg abgelenkt. Strahlung kann auch als ein Fluss von Lichtteilchen (=Photonen) verstanden werden: Diese Lichtteilchen bewegen sich zwar mit Lichtgeschwindigkeit und könnten die Sonne auf direktem Weg spätestens zwei Sekunden nach ihrer Entstehung verlassen; in Wirklichkeit werden sie aber so häufig von ihrer Flugrichtung abgelenkt, dass sie erst nach einigen tausend Jahren den Weg durch das Labyrinth der streuenden Kerne und Elektronen in den Weltraum finden.

In den äusseren Zonen der Sonne herrschen kühlere Bedingungen. Das hat zur Folge, dass die schwereren Elemente (schwerer als Helium) nicht mehr voll ionisiert sind. Sie bieten der Strahlung einen stärkeren Widerstand, und die Temperaturunterschiede zwischen innen und aussen sind so gross, dass sich wie in einer Pfanne mit heissem Wasser Konvektion entwickelt: Es gibt am Boden dieser Zone heisse Gaszellen, die sich dank des Auftriebes wie Heissluftballone zur Oberfläche bewegen; sie dehnen sich dabei aus, kühlen sich ab und geben am Schluss ihren Wärmeinhalt an die Umgebung in den oberen Schichten ab. Umgekehrt schiesst abgekühltes Material am Rand der aufsteigenden Konvektionszellen wieder in die Tiefe.

In *Abbildung 1* ist dargestellt, dass in der Reaktionskette vom Wasserstoff, bzw. dessen Atomkernen – den Protonen – bis zum Helium noch andere Teilchen freigesetzt werden: Die Neutrinos, dargestellt mit dem Symbol ν, entstehen überall dort, wo auch Elektronen (e^-) oder Positronen (e^+) involviert sind. Die Neutrinos sind sehr leichte, elektrisch neutrale Teilchen, die mit anderen Teilchen nur ganz selten reagieren. Entsprechend können sie – anders als die Photonen – praktisch ungehindert aus dem Sonneninnern entweichen. Dies macht sie für die Astrophysik interessant: Einerseits können sie auch – anders als die Photonen – direkt von den Vorgängen im Sonnenzentrum unverfälschte Informationen übermitteln, andererseits sind sie wegen ihrer schwachen Reaktionsfähigkeit mit Materie ausserordentlich schwierig nachzuweisen. Bereits in den fünfziger Jahren ist es jedoch gelungen, die energiereicheren unter ihnen – z.B. solche, die bei der Entstehung von Berylliumkernen *(siehe Abb. 1)* entstehen – dank ihrer grossen Menge auf der Erde nachzuweisen. Das Problem war aber, dass man deutlich kleinere Neutrinoflüsse als erwartet fand. Während fast drei Jahrzehnten haben sich die Astro- und Teilchenphysiker bemüht, eine Erklärung für das Neutrinodefizit zu finden. Das Problem löste sich allmählich in den neunziger Jahren: Erstens wurde festgestellt, dass auch die niederenergetischen Neutrinos, die im ersten Schritt im Proton-Proton-Zyklus bei der Fusion von Wasserstoff zu Deuterium freigesetzt werden und die im Reaktionspfad von Wasserstoff in keinem Fall vermieden werden können, auf der Erde nicht im vollen Umfang ankamen. Zweitens stellte sich heraus, dass Neutrinos eine wenn auch geringe, doch nicht verschwindende Masse hatten und sich deshalb von einer Teilchensorte in eine andere verwandeln konnten. Dieser Vorgang war auch schon bei anderen Elementarteilchen beobachtet worden. Die elektronischen Neutrinos werden in der Sonne nach dieser Vorstellung zwar im vollen Umfang produziert. Sie verändern aber auf dem Weg von der Sonne zur Erde ihren Charakter und werden in sogenannt müonische oder tauonische Neutrinos verwandelt. In dieser Gestalt waren sie für die bestehenden Neutrino-Detektionsanlagen unsichtbar. Erst später konnten sie in Kamiokande in Japan mit Hilfe eines Detektors, der keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Neutrinoarten macht, eindeutig nachgewiesen werden. Schliesslich konnte mit einer neuen Methode – der Helioseismologie – gezeigt werden, dass die bestehenden Sonnenmodelle sehr präzise Voraussagen über die Bedingungen im Sonnenzentrum gemacht hatten. Nur am Rande sei erwähnt, dass im Sonnenzentrum neben dem Proton-Proton-Zyklus auch der Kohlenstoff-Stickstoff-Sauerstoff-Zyklus mit dem gleichen Endergebnis – Fusion von Wasserstoff zu Helium – läuft. Dieser Prozess läuft aber bei den in der Sonne herrschenden Verhältnissen viel langsamer und trägt wenig zur Leistungsbilanz der Sonne bei.

Sonneneruptionen

Der weitaus grösste Teil der nuklearen Energieumsetzung im Sonnenfeuer endet schliesslich wie bei einem gewöhnlichen Feuer in Licht- und Wärmestrahlung. Ein kleinerer Teil der Energie geht in die Neutrinoflüsse und ein sehr geringer Teil endet in der Beschleunigung und Heizung von Teilchen (vor allem Protonen und Heliumkernen) aus der Sonnenatmosphäre. Während von diesen die niederenergetischen Teilchen im sogenannten Sonnenwind kontinuierlich von der Sonne wegfliessen, werden Teilchen mit höherer Energie – je nach Phase des Sonnenzyklus – mehr oder weniger häufig in Eruptionen weggeschleudert. Spektakuläre Ereignisse dieser Art, welche durch den Ausbruch starker Magnetfelder aus der Sonnenoberfläche verursacht werden, können mit optischen Instrumenten (Koronagraphen) beobachtet werden. Ein Beispiel einer solchen Eruption ist im linken Teil der *Abbildung 2* dargestellt: Dieser Ausbruch ereignete sich am 27. November 2013, während sich der Komet ISON (rechts unten in der linken Bildhäfte) der Sonne näherte.

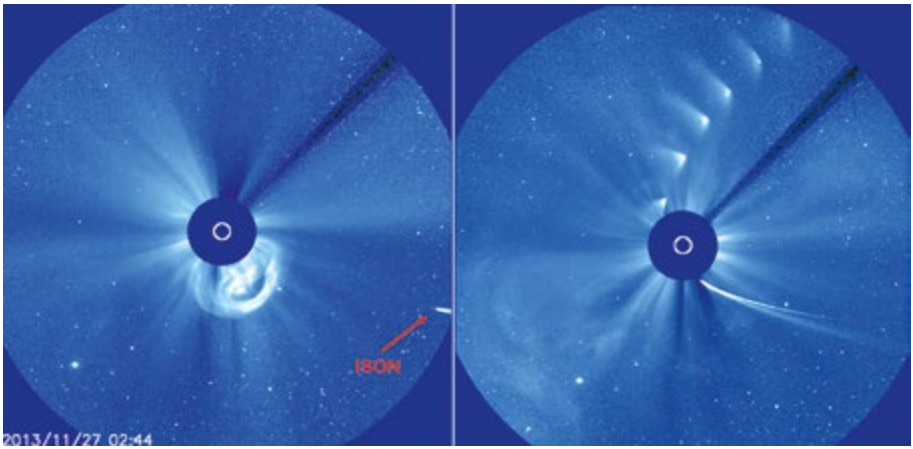


Abbildung 2: Sonneneruption vom 27. November 2013: Im linken Bildteil sieht man nebst der Sonneneruption auch den Kometen ISON auf dem Weg zur Sonne. Der Bildteil rechts ist eine Montage von einigen Bildern, welche in Zeitabständen von ca einer Stunde von LASCO/C3 auf SOHO aufgenommen wurden. Der Komet hat die enge Begegnung mit der Sonne zwar überlebt, ist aber nach dem «Auskochen» in der enormen Hitzestrahlung deutlich schwächer geworden. (Die Sonne selbst ist in diesen Bildern durch eine Kreisscheibe abgedeckt, der weisse Kreis deutet die Grösse der Sonne an.)

Helioseismologie

Dieser junge Zweig der Astrophysik hat wesentlich dazu beigetragen, dass die Prinzipien des Sternaufbaus und der Sternentwicklung gefestigt werden konnten. Die physikalischen Grundlagen dazu sollen im Folgenden kurz erklärt werden:

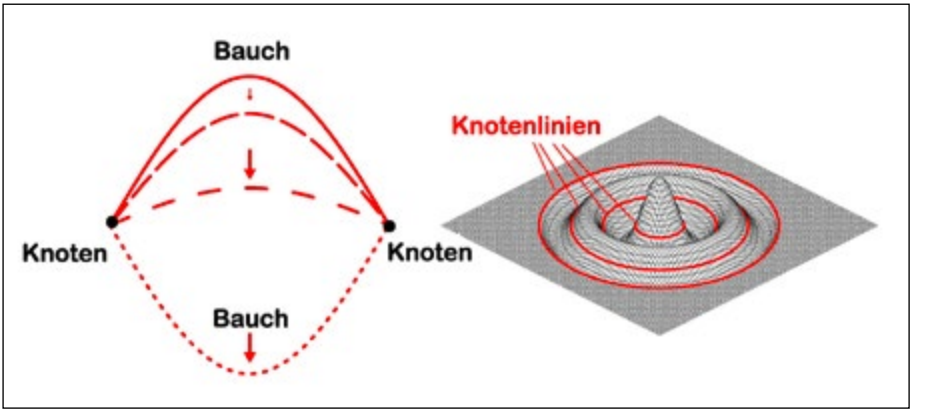


Abbildung 3: Eindimensionale Schwingung einer Saite und zweidimensionale Schwingung einer Membran.

Zupft man eine Saite, so beginnt diese zu schwingen, und es entsteht je nach Spannung (Kraft pro Querschnittfläche), Dichte und Länge der Saite ein Ton einer bestimmten Frequenz. Genauer gesagt entstehen je nach Art der Anregung ein Grundton und eine Reihe von Obertönen, die dem Ton eine charakteristische Klangfarbe geben. Eine mathematisch ideale, ungedämpfte Saite behält während der Schwingung ihre Form: An den «Knoten» verschwindet die Auslenkung, an den «Bäuchen» ist sie gross. Eine solche Schwingung kann auch als Überlagerung von zwei durch die Saite laufenden Wellen dargestellt werden, die an den Fixpunkten reflektiert werden. Die Wellenlänge entspricht genau der Saitenlänge und die Schwingungsperiode entspricht der Zeit mit der eine Schallwelle vom einen Ende der Saite zum andern Ende läuft. Eine Membran, beispielsweise das gespannte Fell einer Pauke, schwingt nach dem gleichen Prinzip; nur ist in diesem zweidimensionalen Beispiel ein Knoten nicht ein Punkt, sondern es bildet sich eine Knotenlinie, beispielsweise eine Kreislinie, wenn die Membran wie eine Wasseroberfläche schwingt, nachdem ein Stein ins Wasser geworfen wurde. Eine solche zweidimensionale Schwingung kann mit zwei charakteristischen Zahlen beschrieben werden: mit der Anzahl von kreisförmigen Knotenlinien (in *Abb. 3* rot gezeichnet) und mit der Zahl radialer Knotenlinien, die durchs Zentrum der Membran verlaufen. (In der in *Abb. 3* dargestellten Schwingung gibt es keine radialen Knotenlinien.)

Ein (näherungsweise) kugelförmiger Körper wie die Sonne kann dreidimensionale Schwingungen ausführen, welche mit drei charakteristischen Zahlen, der Anzahl von «Knotenflächen», beschrieben werden kann. Drei Beispiele von möglichen Kugelschwingungsmustern, wie sie auf der Sonnenoberfläche wahrgenommen werden könnten, sind in *Abbildung 4* dargestellt. Die Stellen maximaler Auslenkung (nach aussen und nach innen) sind rot und blau dargestellt. Man kann sich einfach vorstellen, wie im Laufe einer Schwingung das Schwingungsmuster

zwar erhalten bleibt, aber die roten Flächen in blaue übergehen und umgekehrt, d.h. wo am Anfang eine Ausstülpung ist, ist nach einer halben Schwingungsperiode eine Eindellung etc. Derartige Schwingungsmuster können im Prinzip auch auf der Sonne beobachtet werden. Allerdings werden nicht die lokalen Erhöhungen und Vertiefungen beobachtet, sondern man misst mit Hilfe des Dopplereffektes die geordneten Bewegungen des Materials an der Sonnenoberfläche. Im Sonneninnern verhalten sich die Schwingungen vorwiegend wie Schallwellen, sie manifestieren sich dem Beobachter natürlich nur übers Licht.

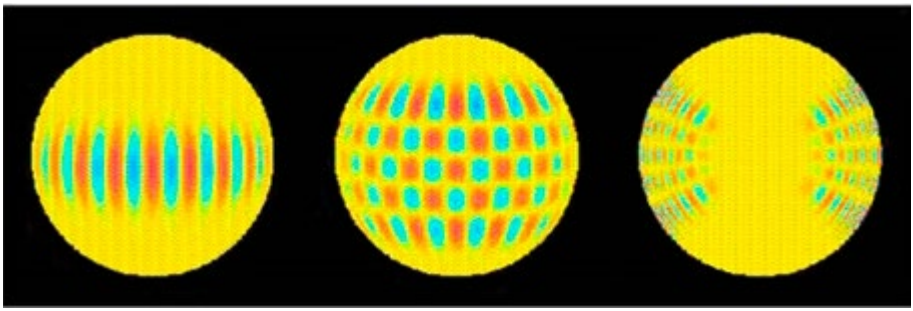


Abbildung 4: Schwingungsmuster auf einer Kugeloberfläche.

Das grosse wissenschaftliche Interesse an der Helioseismologie besteht darin, dass man ähnlich wie bei der herkömmlichen Seismologie, aus den Schwingungsmustern und der Frequenz der angeregten Schwingungen viel über die Materialbeschaffenheit und die physikalischen Prozesse im Sonneninnern lernen kann. So erhält man beispielsweise Aufschluss über die komplizierten Verhältnisse der Sonnenrotation in der Tiefe (die Sonne rotiert nicht wie ein starrer Körper !) Die differenzielle Rotation erzeugt ihrerseits das Magnetfeld der Sonne und ist damit die Ursache der wechselnden Sonnenaktivität. Die Ergebnisse stimmen, wie bereits erwähnt, auch gut mit den neueren Ergebnissen der Neutrinobeobachtungen überein.

Neue Schwierigkeiten der Interpretation

Aus der bisherigen Schilderung des Standes der Sonnenforschung erhält man den Eindruck, das «Sonnenfeuer» sei im Wesentlichen verstanden, und es gäbe nichts Neues unter der Sonne. Dies ist aber nicht so: In letzter Zeit sind einige dieser als bisher gesichert geltenden Ergebnisse wieder in Frage gestellt worden. Insbesondere haben vertiefte Untersuchungen über die Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre ergeben, dass diese wesentlich weniger schwere Elemente zu enthalten scheint als bisher angenommen. Dies hat einige Astrophysiker zu wilden

Spekulationen über den Aufbau des Sonneninnern und sogar über die Entstehung der Sonne verführt.

In der modernen Welt der Wissenschaft scheint es manchmal so, dass besonders aufregende Hypothesen besondere Beachtung finden und, wenn sie zusätzlich mit der nötigen PR-Wirkung vorgetragen werden, auch besondere Berücksichtigung bei der Zuteilung finanzieller Mittel geniessen. Beispielsweise wurde kürzlich behauptet, die Sonne sei eben kein gewöhnlicher Stern ihrer Spektralklasse, sondern sie unterscheide sich von vielen anderen Sternen des gleichen Typs durch die Besonderheit, dass sie von Planeten umgeben sei. Es zeigt sich damit mindestens, dass Sonnenforschung ein wirklich interdisziplinäres Thema geworden ist. Dies hat nicht nur Vorteile: Es wird für viele hochspezialisierte Forscherinnen und Forscher schwierig, den Überblick über die aktuellen Ergebnisse der verschiedenen Zweige zu behalten. Vergleicht man Artikel in heutigen Fachzeitschriften mit denjenigen aus früheren Jahrgängen, so fällt auf, dass – auch im Sinn der Pluralität der Meinungen – heute deutlich mehr unausgegorene Spekulationen veröffentlicht werden, die einer kritischen Betrachtung aus den verschiedenen Blickwinkeln des Forschungsgebietes kaum standhalten können.

Beat Wermelinger[1]

Wiederbesiedlung der Waldbrandfläche Leuk durch Insekten

Bericht zur Exkursion vom 22. Juni 2013

Leider musste der Exkursionsleiter Beat Wermelinger aus zeitlichen Gründen auf das Ausarbeiten eines Beitrages für die Mitteilungen verzichten. Damit diejenigen Mitglieder, die auf die Exkursion verzichten mussten, trotzdem einen Einblick erhalten, stellte uns Herr Wermelinger freundlicherweise den folgenden Artikel zur Verfügung. Er entspricht einem bereits auf der Homepage des WSL publizierten Bericht[2] von Marco Moretti, Beat Wermelinger und Martin Obrist.
Für die Redaktion TB

Am 13. August 2003 brannte oberhalb von Leuk eine Waldfläche von rund 300 ha nieder. Zurück blieben verkohlte Stämme und eine dicke Schicht Asche. Als Teil einer grösseren Untersuchung zur Wiederbesiedlung der Fläche durch Flora und Fauna wird die Sukzession von wirbellosen Tieren in regelmässigen Abständen untersucht (=ökologische Resilienz).

Methode

Entlang von drei verschiedenen Höhenstufen (1200, 1450 und 1700 m ü.M.) wurden Transekte mit je drei Sektoren und sechs Fallenstandorten eingerichtet: zwei Standorte im Sektor Brandflächenmitte, zwei Standorte im Sektor Brandflächenrand (100–150 m vom Waldrand) und zwei Standorte im Sektor angrenzender Bestand. An jedem Standort werden eine Kombifalle (Kombination von passiver Flugfalle und Gelbschale) und eine Trichterfalle eingesetzt. Bis jetzt wurde die Fauna in den Jahren 2004, 2005, 2006, 2008 und 2013 beprobt. Das wöchentlich gesammelte Material wird nach verschiedenen taxonomischen Gruppen sortiert und bestimmt.

[1] Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungseinheit Walddynamik
[2] http://www.wsl.ch/fe/oekosystem/insubrisch/projekte/waldbrand_insekten/index_DE

Erste Resultate

Im ersten Jahr 2004 wurden in den Fallen des untersten Transekts auf 1200 m Höhe insgesamt 13'432 Individuen gefangen. Die häufigsten Gruppen waren die Käfer (Coleoptera, 4'063 Individuen), Stechimmen (Aculeata, 3'853 Individuen), Zweiflügler (Diptera, 1'879 Individuen) und die Schlupfwespen (Terebrantes, 1'129 Individuen). 10'025 Individuen wurden funktionellen Gruppen zugeordnet: davon waren 50,2 % Bestäuber und 28,5% Räuber. Weniger zahlreich vertreten waren mit 11,9 % die Herbivoren (Pflanzenfresser), mit 8 % die Xylophagen (Holzfresser) und mit 1,4 % die Detritivoren (Zersetzer).

Die höchsten Fangzahlen wurden am Rand der Brandfläche erreicht. Dabei zeigten die funktionellen Gruppen unterschiedliche Muster: Bestäuber, flugaktive Räuber, Herbivoren und Holzfresser waren deutlich häufiger am Rand und in der Mitte der Brandfläche als im angrenzenden Wald. Die bodenlebenden Räuber und Zersetzer hingegen fanden sich viel häufiger im intakten Wald.

Ein Jahr nach dem Brand waren zahlreiche Wirbellose bereits sehr aktiv auf der Brandfläche, v.a. an deren Rand. Dort war das Feuer wahrscheinlich weniger intensiv. In Bezug auf die Fauna spielen Waldränder drei wichtige Rollen: *1)* Als Übergangszone zwischen ungebrannten und gebrannten Habitaten; *2)* als Übergangszone zwischen offenen und geschlossenen Habitaten; *3)* als Durchgangszone für die Wiederbesiedlung der Brandflächen. Diese drei Komponenten führen

Abbildung 1: Bild mit Falle: Insektenfalle in der abgebrannten Fläche. Die verkohlte Rinde ist 7 Jahre nach dem Brand am Abfallen, die Stämme bleiben noch eine Zeitlang stehen.

Abbildung 2: Bild mit Weidenröschen: Als typischer Pionierbesiedler von Störungsflächen hat sich das Weidenröschen *(Epilobium angustifolium)* grossflächig ausgebreitet.

Abbildung 3: Schwebfliegen als blütenbesuchende Insekten profitierten extrem vom reichhaltigen Blütenangebot auf der Brandfläche und zeigten eine viel höhere Artenvielfalt als im Vergleichswald.

dazu, dass Ränder von Brandflächen sehr reich an Individuen und auch an Arten sind. Solche Ökotone sind auch wichtig für Arten, die ihre Larvenentwicklung im Holz machen, als Adulttiere jedoch auf blütenreiches Offenland angewiesen sind (z.B. Bockkäfer).

Die offenen Brandflächen bieten Ressourcen für viele heliophile Pionier- und Ruderalarten wie auch für xylobionte (holzbewohnende) Arten. Beispiele hierfür sind der Mulmbock *(Ergates faber)* oder die Rotflüglige Schnarrschrecke *(Psophus stridulus).* Ähnliche Resultate wurden auch in Brandflächen in Tessiner Kastanien-Niederwäldern festgestellt.

Claudia Kuenzer[1], Corinne Frey[1], und Jianzhong Zhang[2]

Kohleflözbrände im internationalen Kontext: Ursachen, Auswirkungen und geowissenschaftliche Methoden der Detektion und nachhaltigen Überwachung

Zusammenfassung des Vortrags vom 23. September 2013

Einleitung

Sie werden Kohleflözbrände, Kohlebrände oder auch Kohlefeuer genannt: unterirdisch oder an der Geländeoberfläche schwelende und brennende Feuer in verdeckten oder freigelegten Kohleflözen, Kohlelagerhalden, oder Abraumhalden. Eine Umweltkatastrophe, der wenig Beachtung zukommt, die jedoch in vielen Ländern der Erde zu finden ist. In den USA, China, Indien, Australien, Südafrika, und auch in einigen Ländern Europas: überall existieren Kohlebrände, die zu verheerenden ökologischen und wirtschaftlichen Schäden führen. Ca. 0,1 bis 0,3% der jährlichen, globalen, anthropogen verursachten CO_2 Emissionen gegen auf solche Kohleflözbrände zurück. Der Ausstoss an Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid, Schwefeldioxid und Methan liegt in der Grössenordnung der durch den deutschen Autoverkehr verursachten Emissionen.

Kohlebrände: Definition, Genese und Klassifikation

Aber was sind Kohlebrände genau?

Kohle enthält in erster Linie Kohlenstoff, und dieser oxidiert mit dem Sauerstoff der Luft in einer exothermen chemischen Reaktion, bei der Energie in Form von Wärme frei gesetzt wird. Existiert nun ein Kohlevolumen – ganz gleich ob ein Kohlehaufen auf einem grossen Frachter, eine Kohlehalde an Land, ein freigelegtes Flöz an der Geländeoberfläche, oder aber ein unterirdisches Flöz – das mit Sauerstoff in Kontakt gerät, so steht die Chance gut, dass sich die Kohle nach einiger Zeit von selbst entzündet. Dieser Prozess der Selbstentzündung oder auch Spontanentzündung (auf Englisch «self ignition» oder auch «spontaneous com-

[1] Dr. Claudia Künzer, Dr. Corinne Frey, Earth Observation Center, EOC, des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, DLR, Oberpfaffenhofen, 82234 Wessling, Deutschland
[2] Dr. Jianzhong Zhang, Beijing ESKY Technology Ltd, Beijing, China

bustion» genannt), der bereits bei 80°C auftreten kann, wird durch verschiedene Faktoren begünstigt. Geologische, klimatologische, und anthropogene Einflüsse, die die Selbstentzündung fördern, sind unter anderem eine geringe Qualität der Kohle mit hohen Schwefelanteilen und Verunreinigungen, eine hohe Angriffsoberfläche für den Sauerstoff (e.g. lockere Schüttung oder Belüftung in Minen), eine hohe Aussentemperatur, häufiges Durchfeuchten und Austrocknen (dadurch interne Quellung und Schrumpfung und somit Vergrösserung der inneren Oberfläche). Nicht zuletzt führt auch menschliches (Fehl-)Verhalten zur Entzündung von Kohle: Müllverbrennung in der Nähe von Kohleflözen, Grubengasexplosionen, Kurzschlüsse oder eine achtlos weggeworfene Zigarette; auch diese Ereignisse können zur Entzündung eines Flözes oder einer Kohleschüttung führen. Aber auch Waldbrände oder Blitzeinschlag oberhalb eines Kohleflözes kommen als Ursache der Entzündung in Frage. In der Mehrheit der Fälle sind es aber nicht menschliches Fehlverhalten oder ein externer Brand, der die Kohle entfacht. Die Mehrheit der Kohlebrände entsteht ganz unspektakulär. Das Kohlevolumen ist – durch Geologie, Erosion, Bergbau, oder Transport – der Luft ausgesetzt, Sauerstoff und Koh-

Abbildung 1: (A, B): Unterirdische Kohleflözbrände in Wuda, Innere Mongolei, China; (C): Feuer in einer Abraumhalde im Witbank Abbaugebiet in Südafrika; (D): Unterirdischer Kohlebrand unter einer zerstörten Strasse in Centralia, Pennsylvania, USA. Fotos: C. Kuenzer (A,B) and G. Stracher (C,D). Quelle: Kuenzer & Stracher 2011.

lenstoff oxidieren, Wärme wird freigesetzt, und wenn diese nicht abgeführt werden kann, dann beginnt die Kohle zu schwelen und schliesslich zu brennen. Dieser Prozess findet tagtäglich zum Beispiel auf offenen Frachtschiffen statt, die Kohle transportieren, aber auch auf Lager- und Abraumhalden der grossen Bergbaugebiete. Dieser Prozess findet sich auch überall dort, wo Kohleflöze durch Erosion oder Bergbau an der Erdoberfläche exponiert frei liegen («ausstreichen» wie der Geologe sagt).

Aufgrund Lokation, Alter und Charakteristika kann man die Brände in verschiedene Typen klassifizieren. Als Obergruppe kann man Brände natürlichen Ursprungs von solchen anthropogenen Ursprungs unterscheiden. Je nach Alter unterscheidet man rezente- von Paläokohlefeuern (letztere sind immer natürlichen Ursprungs) und je nach Ort des Vorkommens kann man nun weiter in unterirdische Kohlebrände, oberirdische Flözbrände sowie Brände auf Lager- und Abraumhalden unterscheiden. Unterirdische Kohlebrände sind dabei die am schwierigsten zu erfassenden und zu kontrollierenden Brände. In der einen oder anderen Form tritt das Phänomen dabei in fast jedem Land auf, welches über Kohlelagerstätten verfügt.

Globale Verbreitung der Brände

Der bekannteste Kohlebrand der Welt wütet in den USA, im Bundesstaat Pennsylvania, unterhalb der Stadt Centralia. Centralia war einst eine florierende Kleinstadt, bis vor mehreren Jahrzehnten eine Müllkippe in Brand geriet, die dann ihrerseits das unter der Stadt liegende Kohleflöz entfachte. Langsam schwelte das Kohleflöz im Untergrund dahin – die Kohle verwandelte sich in Asche. Durch den Volumenschwund im Untergrund gaben unerwartet die Deckschichten über dem Kohleflöz nach, und es kam zu klaffenden Erdspalten in Gärten und Strassen. Nun erst wurde man sich des Problems bewusst. Teure Schäden an Infrastruktur und Spalten in der Erde, aus denen heisser, schwefelig riechender Dampf austrat, waren ein starkes Warnsignal. Mit verschiedenen Methoden versuchte man das Feuer im Untergrund zu löschen. Ziel war es, dem Feuer den Sauerstoff zu entziehen. Dies versuchte man durch Wasserinjektion, Verschüttung der Spalten mit Sanden und Schlacken und sogar der Injektionen von Feuer-bekämpfenden Spezialschäumen zu erreichen – ohne Erfolg. Das Flöz im Untergrund brannte weiter, und man bekam das Problem nicht in den Griff. Einbrüche in der Geländeoberfläche nahmen zu, die toxischen Gase beeinträchtigten die Gesundheit der Einwohner, und schliesslich wurde die ganze Kleinstadt evakuiert und umgesiedelt. Das Kohleflöz unter Centralia brennt dagegen bis heute.
Auch im amerikanischen Bundesstatt Colorado existieren an über 50 Lokationen kleinere Kohlebrände. In dem Staat, der ehemals stark von Kohle- und Erzabbau lebte, entzünden sich die Brände besonders in still gelegten, nicht professionell

Abbildung 2: Locust Avenue Centralia. Zwischen den beiden Aufnahmen liegen 20 Jahre (links 1983, rechts 2001). Die beiden Aufnahmen zeigen eindrücklich, wie drastisch sich die Stadt aufgrund des Kohleflözbrandes innerhalb von bloss 20 Jahren verändert und entvölkert hat (Fotos David DeKok / Centralia Photo Archive).

versiegelten Minen. Aber auch Waldbrände führen in Colorado oft zur Entzündung unterirdischer Flöze. Die «Colorado Division of Reclamation, Mining & Safety» erfasst diese Brände regelmässig und propagiert – wo möglich und wirtschaftlich sinnvoll – die Löschung. Ebenfalls der Bundesstaat Wyoming ist von Bränden betroffen. Hier gibt es sogar Regionen, in den nachgewiesen werden kann, dass schon vor tausenden von Jahren die Flöze brannten: durch unterirdische Asche- als auch Klinker-Schichten. Als «Clinker» bezeichnen amerikanische Kohlegeologen ein rötliches, ziegelähnliches Gestein, welches durch starke Hitzeeinwirkung entsteht. Im deutschsprachigen Raum nennen wir dies auch pyrometamorphes Gestein: Gestein, dass durch Feuer verändert wurde. Kohlebrände erreichen Temperaturen von über 1000°C, und so kommt es zur Pyrometamorphose des umliegenden Gesteines, welches durch die Hitzeeinwirkung Farbe, Mineralogie und Textur verändert – teilweise kommt es sogar zur partiellen Aufschmelzung. Auch weitere Staaten verzeichnen Kohlebrände. Jedoch sind aktuelle amerikanische Abbauregionen aufgrund guter Vorsichtsmassnahmen nicht nennenswert betroffen, so dass sich (ausser in Centralia) der wirtschaftliche Schaden durch die verlorene Ressource in Grenzen hält. Besorgt zeigt man sich eher um die Sicherheit der Zugänglichkeit in ehemaligen Minenregionen, aber auch um die Emission von

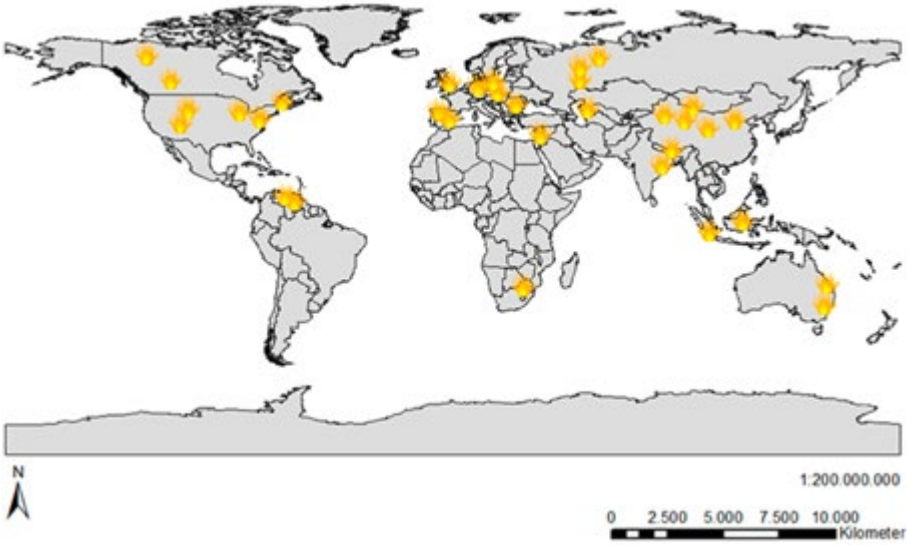


Abbildung 3: Bekannte Kohlebrandregionen weltweit. Quelle: Kuenzer et al. 2013

toxischen Gasen sowie die Möglichkeit der Entzündung von Waldbränden durch Kohlebrände. Selbiges gilt für unterirdische Brände in Australien.

In anderen Ländern der Erde kämpft man dagegen verbittert gegen die Feuer. In Indiens Nordosten schwelen in dem grossen Kohleabbaugürtel bei der Stadt Jharia Millionen Tonnen Kohle seit Jahrzehnten vor sich hin. Der Abbau geht derweil unter gefährlichen Umständen weiter. Immer wieder stürzen Häuser und Hütten ein; verschwinden Strassen in Einbrüchen des Deckgesteins, der durch den Volumenschwund im Untergrund induziert wird. Die arme ländliche Bevölkerung lebt in unmittelbarer Nähe von Spalten und Rissen, aus denen neben den klimawirksamen Gasen Kohlendioxid und Methan auch Schwefel-, Arsen- und Selen-haltige Dämpfe entweichen. Bronchialkrankheiten und Lungenkrebsraten sind in der Region erhöht. Selbiges gilt für die Brandregionen in China: Hier sind zahlreiche Kohlebrände in grossen Abbauregionen wie Wuda in der Inneren Mongolei, Ruqigou in der Provinz Ningxia, oder Keerjian in der autonomen Region Xinjiang bekannt. Schätzungen zufolge verbrennen allein in China jährlich 200.000 Tonnen Kohle. Das Zehnfache dieser Menge jedoch geht verloren, da auch die nicht brennende Kohle im Umfeld der brennenden Flöze aufgrund des Gefahrenrisikos so gut wie nicht mehr abbaubar ist. Bei Preisen von durchschnittlich 65 USD für hochqualitative amerikanische Kohle aus den Appalachen im Dezember 2013, entgeht damit einem Land mit Kohleverlusten von zwei Millionen Tonnen ein Geschäft (je nach Qualität der brennenden Kohle) von 80–130 Millionen USD. Auch in vielen anderen Schwellen- und Entwicklungsländern wie Vietnam, Süd-

afrika, Venezuela und Indonesien, für die die Energieversorgung mit Kohle, als auch der Export des Rohstoffs eine wichtige Rolle spielt, kämpft man seit Jahren gegen die schwer zu kontrollierenden Brände und erprobt neuartige Löschmethoden.

Löschmethoden

Generell gibt es drei Ansätze, der Feuer Herr zu werden. Man kann dem Brand das Brandmaterial entziehen (die Kohle), ihm den Sauerstoff entziehen, oder ihm die Energie entziehen. Ersteres geschieht meist durch Ausgrabung der brennenden Kohle und Transport an einen anderen Ort. Dies ist ein gefährliches Unterfangen; müssen doch grosse Mengen glühender Kohle abgebaggert, auf LKWs verladen und an einen sicheren Ort zum Verbrennen transportiert werden (in China z.B. oft in die Wüste). Ein sichererer Weg ist es, den brennenden Teil eines Flözes von dem noch nicht betroffenen Teil eines Flözes abzutrennen – zum Beispiel durch Aushebung eines grossen Grabens. Jedoch unterliegen auch die isolierten, noch nicht brennenden Flözbereiche nach wie vor dem Risiko der Spontanentzündung. Der zweite mögliche Weg – die Löschung durch den Entzug von Sauerstoff – geschieht meist durch Verfüllung aller Belüftungswege zu dem unterirdischen Flöz. Spalten und Risse im Deckgestein werden mit Sanden, Löss, oder Schlämmen verfüllt. Teils werden sogar teure synthetische Schäume injiziert. Diese Methoden kamen und kommen in China, Indien und Südafrika häufig zum Einsatz – jedoch sind hier die Erfolgsaussichten stark davon abhängig, wie professionell die Löschung geplant und durchgeführt wird und wie akribisch ein einmal gelöschter Bereich überwacht wird. Es hat sich nämlich häufig gezeigt, dass einmal gelöschte Bereiche nach einiger Zeit wieder anfangen zu glimmen, schwelen und brennen. Dies liegt daran, dass selbst gut verfüllte Deckgesteinsschichten sich weiterhin verändern können. Einstürze und neue Risse über unterirdischen Ascheschichten führen zu neuen Zugangswegen für Luft und somit Sauerstoff. Die Löschung unterirdischer Kohlebrände ist hier ein Sisyphos-Unterfangen. Auch der dritte mögliche Weg zur Löschung – der Energieentzug durch Kühlung mit Wasser – ist oft langfristig nicht erfolgreich. Nicht nur ist Wasser in vielen ariden Abbauregionen nicht in grossen Mengen verfügbar, sondern die Kühlung hält auch nur so lange an, wie das Wasser injiziert wird. Zudem kann die Durchnässung zu Quellungs- und (bei Trocknung) Schrumpfungsprozessen führen, die dann wiederum die spätere Spontanentzündung wahrscheinlicher machen.

Trotz auch langfristig erfolgreicher Löschaktivitäten in ausgewählten Regionen sind Rückschläge doch häufiger, so dass in vielen Ländern dazu übergegangen wurde, die Kohle im Umfeld der Brände so schnell es geht abzubauen. «So viel wie möglich, so schnell wie möglich aus den Minen herauszuholen», ist das Motto vieler Bergbauunternehmen in den stark betroffenen Entwicklungs- und Schwellenländern. Gefährliche Arbeitsbedingungen für die Minenarbeiter werden dabei teils bewusst in Kauf genommen.

Kohlebrandforschung

Rohstoffkonzerne, lokale Behörden und Kohleminen haben sich in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen in grossen Projektverbünden dem Thema mit dem Ziel angenommen, die Brände frühzeitig zu detektieren, zu quantifizieren, zu löschen und Löscherfolge nachhaltig zu überwachen. Zum Beispiel koordinierte das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) vom Jahr 2000 bis 2009 verschiedene bilaterale Verbundprojekte, in deren Kontext die Brände mit Satelliten gestützter Fernerkundung und verschiedenen geophysikalischen Methoden von multidisziplinären Wissenschaftlerteams erforscht wurden. Gemeinsam mit zahlreichen chinesischen Partnerinstitutionen aus Wirtschaft, Administration und Forschung wurden hier insbesondere die verheerenden Brände in China untersucht – allen voran die Berg-

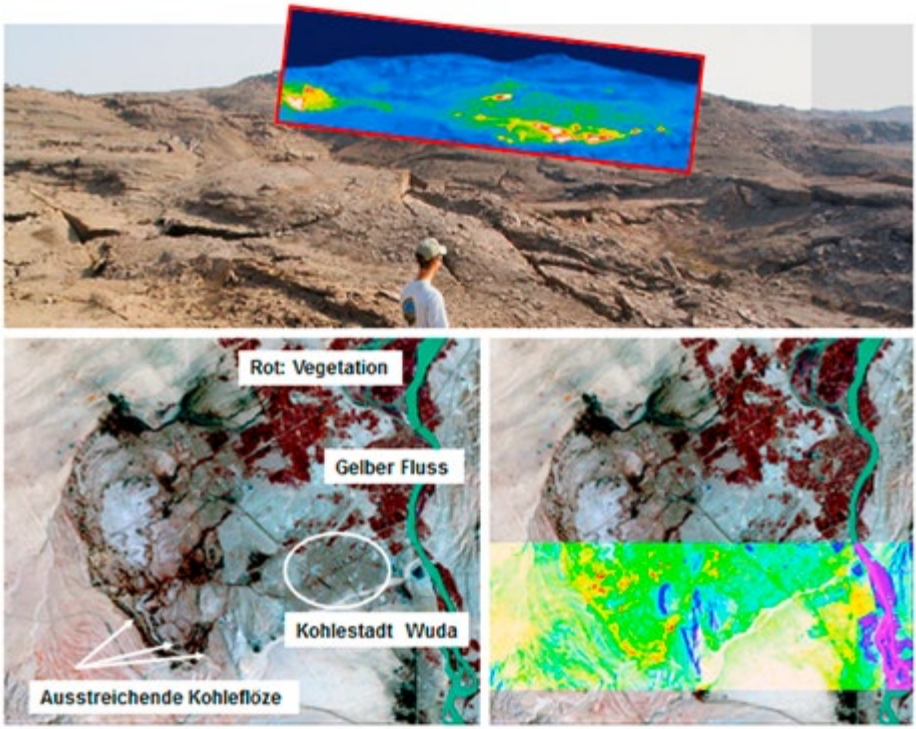


Abbildung 4: Kohlefeuer in der chinesischen Region Wuda. Oben: optisches Foto und überlagertes in-situ Thermalbild, bei dem deutlich die Spalten sichtbar werden, aus denen unsichtbare heisse Luft und Gase austreten. Unten links: die Kohlestadt Wuda (hier ein Falschfarben-Infrarotbild des Satelliten Landsat von 2001) liegt am Ufer des Gelben Flusses, direkt neben einer Ohrförmigen Synklinale, in der zahlreiche Kohleflöze ausstreichen. In diesen Flözen brennen auch heute noch über 10 Kohlebrände. Unten rechts: der Teil eines Thermalbildes wurde dem optischen Bild überlagert. Die Brandzonen sind durch rötliche Färbung zu erkennen.

bauregionen um Wuda und Baijigou in der Inneren Mongolei, die Abbaugebiete um Ruqigou in Ningxia sowie Brandregionen in der nordwestlichen autonomen Region Xinjiang. Doch was können Geowissenschaften zur Lösung des pressierenden Umweltproblems beitragen?

Von Satelliten aus gewonnene Erdbeobachtungsdaten können nicht nur mit Instrumenten erfasst werden, die optische Bilder liefern (typische Satellitenbilder analog derjenigen auf GoogleEarth), sondern auch mittels Thermalsensoren. Thermalsensoren liefern digitale Temperaturbilder der Erdoberfläche. Solche Daten können analysiert werden, um Auffälligkeiten – sogenannte Thermalanomalien – oberhalb von kohleführenden Schichten frühzeitig zu erkennen. Die Schwierigkeit bei unterirdischen Kohlebränden liegt in dem an der Erdoberfläche nur geringen thermalen «Fussabdruck». Während bei einem Waldbrand riesige Areale der Erdoberfläche sehr stark erhitzt sind und Flächen von mehreren Kilometern offen brennen, können bei einem Kohlebrand zwar unterirdisch in mehreren 10-er Metern Tiefe ebenfalls grosse Bereiche brennen – an der Erdoberfläche manifestiert sich das aber aufgrund der dicken, isolierenden Deckgesteinsschichten möglicherweise nur durch einige wenige Spalten, an denen extrem heisse Gase austreten. Diese Anomalien von wenigen Zentimetern oder Metern Ausdehnung müssen nun heiss genug sein, um die integrale Temperatur eines z.B. 100 mal 100 m grossen Bildelements (eines sogenannten Pixels) deutlich im Vergleich zu den Umgebungspixeln zu erhöhen. Satelliten, die über einen oder mehrere Thermalkanäle in guter Auflösung verfügen sind unter anderem die amerikanische Landsat Reihe, die neueren chinesisch-brasilianischen CBERS Satelliten (China-Brazil Earth Resources Satellite) sowie – aufgrund seiner geringeren räumlichen Auflösung – für gewisse Fragestellungen der amerikanische MODIS Sensor (Moderate Resolution Imaging Spektrometer). Fernerkundliche Arbeiten im Bereich der Kohlebrandforschung umfassen die automatisierte Detektion von Risikoregionen zur automatischen Erkennung thermaler Anomalien, zur Quantifizierung der an der Oberfläche abgestrahlten Energie sowie zur Untersuchung der Brandauswirkungen auf die Umgebung. Weit ausgedehnte Spaltenfelder, Dolinen-ähnliche Einbrüche, grossflächige Landabsenkungen, die Auskristallisation fumaroler Minerale, aber auch Vegetationsdegradation und pyrometamorphes Gestein weisen auf die Nähe zu Bränden hin.

Für thermale Untersuchungen eignen sich hier besonders bei Nacht aufgenommene Thermaldaten, bei denen der Einfluss der Sonne (und somit Tagesgang- und Relief-abhängige solare Effekte) minimiert sind. Bezüglich der Jahreszeit eignen sich Thermalaufnahmen im späten Herbst und frühen Winter, wenn die Geländeoberfläche kalte Temperaturen aufweist (aber noch nicht beschneit ist), während die unterirdischen Brandtemperaturen über das Jahr nur gering variieren. Bessere Daten als Satelliten gestützte Daten liefern natürlich vom Flugzeug oder Helikopter aus aufgenommene Thermalbilder. Jedoch sind Flugzeugkampagnen extrem

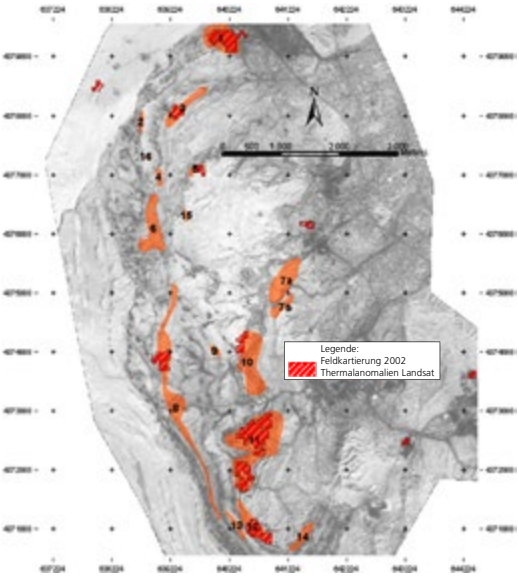


Abbildung 5: Die Synklinale westlich von Wuda. Orange: im Gelände kartierte unterirdische Brände. Gestreift: Thermalanomalien, die mittels thermaler Landsat Satellitendaten erfasst werden konnten.

kostenintensiv, nicht jedes Land verfügt über eigene Thermalscanner, und grossflächige Areale können so nicht erfasst werden. Eine nachhaltige Untersuchung und ein langfristiges Monitoring einer Region beinhalten jedoch wenn möglich immer verschiedene Beobachtungsskalen: von Satellitendatenauswertung optischer und thermaler Daten über flugzeuggestützte Aufnahmen oder Aufnahmen von erhöhten Standorten (Berggipfel etc., soweit vorhanden), bis hin zu geophysikalischen Analysen im Gelände.

Geophysikalische in-situ Methoden umfassen die Kartierung von Thermalanomalien mittels handgehaltenen Thermalkameraaufnahmen und Radiometer-Messungen sowie die unterirdische Lokalisation von Brandzentren mittels Geoelektrik, Geomagnetik, und Mikro-Seismik. Auch geophysikalische Modellierungen kommen zum Einsatz. Mittels geomagnetischer Messungen können beispielsweise Areale kartiert werden, die bis über den Curie Punkt erhitzt wurden. Der Curie Punkt ist eine materialabhängige Temperatur, bei der sich die magnetischen Anteile in einem Gestein neu nach dem aktuellen Nordpol ausrichten und somit eine andere Magnetisierung aufweisen als nicht erhitzte Gesteine. Wie schon zuvor angedeutet können unterirdische Feuer so heiss werden, dass umgebendes Gestein (z.B. Tonschiefer oder Sandsteine etc.) partiell aufgeschmolzen wird und so eine Re-Magnetisierung stattfindet. Mittels grosser Elektromagneten lassen sich in-situ im Gelände oder auch vom Helikopter aus Bilder erzeugen, die die Zonen unterschiedlicher Magnetisierung aufzeigen und somit Rückschlüsse auf rezente Brandherde zulassen. Ebenfalls mit dem Ziel der Brandherdbestimmung fusst die Mikroseismik (oder auch Seismo-Akustik) auf einem ganz anderen Prinzip. Mit

Abbildung 6: Geomagnetische Messungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) aus Hannover, Deutschland, in der chinesischen Kohlebrandregion Wuda. Fotos: BGR

Abbildung 7: oben links: Kohlestadt Ruqigou. Zwischen den eindrucksvoll geschichteten Sandstein und Schieferschichten liegen zahlreiche Kohleflöze. Eine Abraumhalde überragt die Stadt. Oben rechts: Minenarbeiter und Mineneingang in einer ländlichen Region Chinas. Unten links: eine Mischung aus Löss, Asche und Wasser wird zur Löschung in den Untergrund gepresst. Unten rechts: Geophysikalische Messungen zur Bestimmung der Kohlequalität mittels eines Spektrometers. Alle bis auf unten rechts: C. Kuenzer. Unten rechts: J. Zhang.

verschiedenen in der Erde um den Brand herum vergrabenen Mikrofonen wird das Feuer sozusagen «belauscht», und die akustischen Aufzeichnungen von unterirdischem Knistern und Knacken auf verschiedenen Richtungen erlauben dann – ähnlich wie beim Prinzip der GPS Satelliten – eine Eingrenzung der Ursprungsregion der Geräusche.

Allen Untersuchungen ist ein Ziel gemein: die Ausdehnung des unterirdischen Feuers als auch das Brandzentrum genau zu lokalisieren, um zu gewährleisten, dass Löschaktivitäten zielgerichtet ausgeführt werden können. Wenn beispielsweise über Bohrlöcher Lösch-Schäume in den Untergrund injiziert werden, ist es sehr wichtig, dass die Lokationen dieser Zugangswege so optimal wie möglich gewählt sind. Auch bei der Verfüllung und Abdeckung von Brandzonen erlauben fernerkundliche Kartierungen einen guten Überblick über die Verteilung von Spalten und Absenkungen sowie über bestmögliche Zugangswege. Im Nachgang ist dann wichtig Löschzonen regelmässig zu überwachen («Monitoring»), um direkt reagieren zu können, falls ehemalige Brandzonen erneut zu schwelen beginnen. Löschaktivitäten und ein nachgeschaltetes Monitoring von Kohlebrandregionen wird dabei entweder von privatwirtschaftlichen Unternehmen finanziert, die in einem Gebiet die Konzessionen zum Kohleabbau haben oder aber (in der Mehrheit der Fälle) von der Regierung des jeweiligen Landes direkt oder via Mittel der Entwicklungshilfe indirekt. Die Löscherfolge sind dabei umso besser, je grösser der Anteil der Fördergelder, die wirklich in die Löschung fliessen, je besser ausgebildet das lokale Personal und je besser die lokalen Gegebenheiten charakterisiert sind. Hier kann geowissenschaftliche Forschung also einen direkten Beitrag zu Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz leisten.

Literaturempfehlungen für den interessierten Leser (nur «Science Citation Index» gelistete Journal Paper und ISBN Buchkapitel):

SCI Journal Beiträge:

Kuenzer, C. and Stracher, G.B., 2011: Geomorphology of Coal Seam Fires. Geomorphology, 138, doi:10.1016/j.geomorph.2011.09.004, 209–222.

Kuenzer, C., Bachmann, M., Mueller, A., Lieckfeld, L. and Wagner, W. 2008: Partial unmixing as a tool for single surface class detection and time series analysis. In: International Journal of Remote Sensing, DOI: 10.1080/01431160701469107, i first article, pp. 1–23.

Kuenzer, C., Hecker, C., Zhang, J., Wessling, S. and Wagner, W., 2008: The potential of multi-diurnal MODIS thermal bands data for coal fire detection. In: International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, 923–944, DOI: 10.1080/01431160701352147.

Kuenzer, C., Zhang, J., Li, J., Voigt, S., Mehl, H. and Wagner, W., 2007: Detection of unknown coal fires: synergy of coal fire risk area delineation and improved thermal anomaly extraction. In: International Journal of Remote Sensing, , DOI: 10.1080/01431160701250432, Vol. 28, pp. 4561–4585.

Kuenzer, C., Zhang, J., Sun, Y., Jia, Y., and S. Dech, 2012: Coal fires revisited: the Wuda coal field in the aftermath of extensive coal fire research and accelerating extinction activities. International Journal of Coal Geology, 102, 75–86, doi: 10.1016/j.coal.2012.07.006.

Kuenzer, C., Zhang, J., Tetzlaff, A., Voigt, S., Van Dijk, P., Wagner, W. and Mehl, H., 2007: Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: Investigating two arid mining environments in north-central China. In: Applied Geography, Vol. 27, pp. 42–62.

Van Dijk, P., Zhang, J., Jun, W., Kuenzer, C. and K.H. Wolf, 2011: Assessment of the contribution of in-situ combustion of coal to greenhouse gas emission; based on a comparison of Chinese mining information to previous remote sensing estimates. International Journal of Coal Geology, Special Issue RS/GIS, DOI: 10.1016/j.coal.2011.01.009; pp. 108–119.

Wessling, S., Kuenzer, C., Kessels, W., and Wuttke, M., 2008: Numerical modelling to analyze underground coal fire induced thermal surface anomalies. International Journal of Coal Geology, Vol. 74, DOI 10.1016/j.coal.2007.12.005, pp. 175–184

Zhang, J. and Kuenzer, C., 2007: Thermal surface characteristics of coal fires 1: Results of in-situ measurements. Journal of Applied Geophysics, DOI:10.1016/j.jappgeo.2007.08.002, Vol. 63, pp. 117–134.

Zhang, J., Kuenzer, C., Tetzlaff, A., Oettl, D., Zhukov, B. and Wagner, W., 2007: Thermal characteristics of coal fires 2: Results of measurements on simulated coal fires. Journal of Applied Geophysics, DOI:10.1016/j.jappgeo.2007.08.003, Vol. 63, pp. 135–147.

Zhang, X., Zhang, J., Kuenzer, C., Voigt, S. and Wagner, W., 2004: Capability evaluation of 3–5µm and 8–12,5µm airborne thermal data for underground coalfire detection. In: International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 12, pp. 2245–2258.

ISBN Buchkapitel:

Hecker, C., Kuenzer, C., and Zhang, J., 2007: Remote sensing based coal fire detection with low resolution MODIS data. In: Stracher, G.B. (Ed.) Geology of Coal Fires: Case Studies from Around the World, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, v. XVIII, doi: 10.1130/2007.4118(15), pp. 229–239.

Kuenzer, C. Zhang, J., Tetzlaff, A., and S. Dech, 2013: Thermal Infrared Remote Sensing of Surface and underground Coal Fires. . In (eds.) Kuenzer, C. and S. Dech 2013: Thermal Infrared Remote Sensing – Sensors, Methods, Applications. Remote Sensing and Digital Image Processing Series, Volume 17, 572 pp., ISBN 978-94-007-6638-9, pp. 429–451.

Kuenzer, C., 2007: Coal Mining in China. In: Schumacher-Voelker, E., and Mueller, B., (Eds.), 2007: BusinessFocus China, Energy: A Comprehensive Overview of the Chinese Energy Sector. gic Deutschland Verlag, 281 pp., ISBN: 978-3-940114-00-6, pp. 62–68.

Kuenzer, C., Zhang, J., Hirner, A., Bo, Y., Jia, Y. and Sun, Y., 2008: Multitemporal in-situ mapping of the Wuda coal fires from 2000 to 2005 – assessing coal fire dynamics. In: UNESCO Beijing, 2008, Spontaneous coal seam fires: mitigating a global disaster. ERSEC ecological book series, Vol. 4, 602 pp., ISBN 978-7-302-17140-9, pp. 132–148.

Kuenzer, C., Zhang, J., Tetzlaff, A. Voigt, S, and Wagner, W., 2008: Automated demarcation, detection and quantification of coal fires in China using remote sensing data. In: UNESCO Beijing, 2008, Spontaneous coal seam fires: mitigating a global disaster. ERSEC ecological book series, Vol. 4, 602 pp., ISBN 978-7-302-17140-9, pp. 362–380.

Stracher, G.B., Kuenzer, C., Hecker, C., Zhang, J., Schroeder, P.A., and McCormack, J.K., 2012, Wuda and Ruqigou Coalfield Fires of Northern China in Stracher, G.B., Prakash, A., and Sokol, E.V., eds., Coal and Peat Fires: A Global Perspective, Volume 2: Photographs and Multimedia Tours, Elsevier.

Rolf Witschi, Niederwichtrach

International Fire Academy ifa

Exkursion vom 2. November 2013

Es war der Vorschlag unseres Archivars Michael Helfer gewesen, im Rahmen des Jahresthemas «Faszination Feuer» die «International Fire Academy ifa» in Balsthal zu besuchen. Am 2. November trafen 19 Personen, die mit dem ÖV angereist waren, auf dem ehemaligen Von Roll Areal in der Klus bei Balsthal ein.

Wir wurden von Herrn Walter Meister, Leiter Betrieb empfangen. Er stellte uns die ifa in einem Vortrag, einem kurzen Film und einem Rundgang durch die Anlagen vor. Korrekte Selbstrettung zu vermitteln war dem Referenten ein wichtiges Anliegen.

Geschichte der ifa

1994 entschieden sich die beiden monopolistischen Gebäudeversicherungen von Basellandschaft und Solothurn – als oberste schweizerische Feuerwehrinstanzen – ein gemeinsames Ausbildungszentrum zu schaffen, die ifa, damals Interkantonales Feuerwehr-Ausbildungszentrum genannt. 1998 erfolgte der erste Spatenstich, 2000 die Einweihung, 2001 die ersten amtlichen Feuerwehrkurse und seit 2002 werden Ausbildungsmodule den Wehrdiensten der ganzen Schweiz angeboten.

Nach den beiden schweren Tunnelunglücken im Mt. Blanc- und Tauerntunnel 1999 bildete das Bundesamt für Strassen (Astra) im Jahre 2000 eine Task Force zur Überprüfung der Tunnelsicherheit in der Schweiz. 2001 ereignete sich das Unglück im Gotthardtunnel. Das Astra überprüfte im Anschluss sämtliche Tunnel mit einer Länge von über 600 m und setzte 2004 neue SIA Normen in Kraft. Bis ins Jahr 2018 sollen alle Tunnel für 1,2 Mrd. nachgerüstet werden.

Nach einer öffentlichen Ausschreibung 2005 erhielt die ifa den Zuschlag für den Bau von Übungsanlagen für unterirdische Verkehrswege und für die Erarbeitung eines Ausbildungs- und Trainingsprogramms. Die beiden Anlagen in Lungern (Gasser Felstechnik AG) und Balsthal wurden für 34 Mio. Franken gebaut, 2009 fertig gestellt und mit internationaler Zusammenarbeit wurde eine Einsatzlehre entwickelt. Für die Übungsanlagen wurde eine neue Trägerschaft gegründet, die International Fire Academy, ebenfalls ifa genannt.

2007 schloss die SBB mit der ifa-Balsthal einen Partnerschaftsvertrag ab, um die Betriebsfeuerwehren der Bundesbahnen wirklichkeitsnah trainieren zu lassen.

Für alle «tunnelpflichtigen» Berufs-, Portal-, Betriebs- und Ortsfeuerwehren der Schweiz (ca. 4000 Mann) ist der Kursbesuch obligatorisch und wird vom Bund bezahlt.

Infrastruktur in der ifa Klus (Balsthal)

Zum Interkantonalen Feuerwehr-Ausbildungszentrum gehören ein 3-stöckiges Brandhaus, ein 3-stöckiges Parkhaus, ein Pionierübungsplatz, eine Rauchdurchzündungsanlage, sowie eine grosse, offene Plattform für Flüssigbrände. Zur International Fire Academy gehören die beiden je 260 m langen Tunnelanlagen.

Der Strassentunnel hat 3 Portale, ein- und zweispurige Strassenabschnitte im Originalquerschnitt, einen parallel verlaufenden, Überdruck-belüfteten Stollen, einen Schutzraum und diverse Querschläge. Mit gasbefeuerten Fahrzeugattrappen, Personen-, Liefer-, Lastwagen und einem Reisebus lassen sich verschiedene Szenarien nachstellen. Die Attrappen können einzeln betrieben oder zu Lauffeuer und Feuersprüngen kombiniert werden.

Europaweit steht nur in Balsthal ein Bahntunnel mit ein- und zweispurigen Streckenabschnitten und einer Bahnstation zur Verfügung. Es können beliebig anspruchsvolle Situationen 1:1 aufgebaut werden.

Doch bevor es in die Praxis geht, darf die Theorie nicht fehlen. Eine umfangreiche Infrastruktur mit Taktikzentrum, Lehrpfaden und Schulungsräumen stehen bereit. Da die Kurse 2–4 Tage dauern, logieren die Teilnehmer in modernen Unterkünften mit Doppelzimmern, einem Freizeitraum, Cafeteria und Bar.

Kursangebote der ifa Balsthal

Die ifa verfügt über einen Pool von 40 Instruktoren aus der Schweiz und dem europäischen Ausland. Es wird in Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch ausgebildet. Es werden taktische Kurse für Führungskräfte und praktische Ausbildungs- und Trainingskurse für Feuerwehr-Verbände angeboten (Strasse oder Strasse/Bahn kombiniert).

Nutzen der ifa

1) Die Tunnelübungsanlagen stehen Feuerwehren aus ganz Europa zur Verfügung.
2) Mehr (Rechts-) Sicherheit für alle Feuerwehren durch eine einheitliche Vorgehensweise.
   Die heute von der IFA vermittelten und trainierten Taktiken und Techniken wurden gemeinsam mit Feuerwehren aus der Schweiz, Deutschland, Österreich, Italien, Frankreich und Belgien entwickelt und immer weiter optimiert.

So entstand eine im Kern einheitliche Vorgehensweise. Das gibt – insbesondere den Einsatzleitern – auch mehr Rechtssicherheit.

3) Schnelligkeit ist entscheidend
Je schneller der Brand gelöscht wird, desto grösser ist die Chance, Menschen zu retten und die Sach- und Folgeschäden zu begrenzen.

4) Empirische Lehrmethode: Richtig ist, was passt
Die IFA lehrt nicht, was ihrer Meinung nach das Richtige ist, sondern sie bietet eine Erfahrungswelt, in der Feuerwehren für sich herausfinden können, was am besten zu ihren Bedürfnissen und Möglichkeiten passt.

5) Persönliche Erfahrungswelt
Jeder Teilnehmer, ob in Führungsposition oder als Mannschaftsmitglied, erfährt mit all seinen Sinnen seine psychischen und physischen Stärken, Schwächen aber auch seine Grenzen zu erkennen.

Der Verfasser dankt Frau Ullmer für die Zustellung von Tonmaterial und Herrn Hans Keller für das freundliche Gegenlesen des Manuskripts.

Sämtliche Abbildungen Marco Herwegh.

Abbildung 1: Unser Führer Herr Meister (Bildmitte) liefert den Exkursionsteilnehmern spannende Informationen zum Aufgabenbereich der ifa.

Abbildung 2: Eigentlicher Brandherd. Die beiden Stahldummies vorne rechts, können durch kontrolliert entweichendes Gas in Vollbrand gesetzt werden. Dadurch können Brandsituationen im realen Umfeld, bei Temperaturen von mehreren 100°C trainiert werden.

Abbildung 3: Bahnübungstunnel. Eine Zugkomposition mit einem gar gekippten Wagen dient zum Üben von Bränden. Vor allem das Fortbewegen im geneigten Wagen stellt eine grosse Anforderung an den Gleichgewichtssinn, wie sich die Teilnehmer alle persönlich überzeugen konnten. Die Feuerwehrleute machen diese Übung bei Rauchentwicklung mit Atemschutz in Vollmontur – eine Strapaze, welcher wir zum Glück nicht ausgesetzt wurden.

Abbildung 4: Brandplatz mit mehrstöckigem Übungsgebäude und Güterwagen mit Gefahrengütern. Die Brandspuren an Gebäude und Güterwagen illustrieren die Übungstätigkeiten auf dem ifa-Gelände in der Klus.

Marco Conedera[1]

Die Schweiz in Flammen? – Klimawandel und zukünftige Entwicklungen der Waldbrände

Zusammenfassung des Vortrages vom 26. November 2013

Einleitung

Waldbrände erwecken oft zwiespältige Gefühle: Einerseits vernichtet das Feuer den Wald wie auch einige der in ihm lebenden Pflanzen und Tiere. Vorübergehend sind uns Menschen wichtige Waldfunktionen wie der Schutz vor Naturgefahren nicht mehr gewährleistet und als Folge können Gefahren für Siedlungen, Verkehrswege und Bevölkerung entstehen. Anderseits ist Feuer auch eine natürliche Störung, die zur Dynamik der Ökosysteme beiträgt. In von Feuer betroffenen Ökosystemen *herrschen veränderte Wettbewerbsbedingungen und je nach Feuerintensität entstehen kleinräumige Waldstrukturen, die die Artenvielfalt und die funktionalen Gleichgewichte der Lebensgemeinschaften neu gestalten und dabei die Biodiversität erhöhen können. Wie oft, wann und wie stark es in einem Gebiet brennt, hängt vorwiegend vom Zusammenspiel zwischen Klima, Wetter und menschlichen Tätigkeiten ab. Das Klima beeinflusst das Feuergeschehen indem es die vorherrschende Vegetation und deren Zusammensetzung mitsteuert. Über das Wetter werden vor allem die Feuerauslösung (momentaner Feuchtigkeitsgehalt des Brandgutes) und das Feuerverhalten (windgesteuerte Feuerausbreitung) beeinflusst. Der Mensch beeinflusst das Feuergeschehen entweder indirekt über die Landnutzung und das Brandgut-Management oder direkt durch das Auslösen oder Löschen von Feuern.*

In der Vergangenheit waren in der Schweiz vor allem die Alpensüdseite und die Zentralalpen von Waldbränden betroffen. Waldbrände werden aber seit einigen Jahren vermehrt auch aus anderen Landesregionen gemeldet und es ist naheliegend, dass als Folge des Klimawandels die waldbrandfördernden Trockenperioden auch auf der Alpennordseite in Zukunft häufiger auftreten dürften. Dank den Erfahrungen, die in den vergangenen Jahrzehnten in den Brandgebieten gesammelt wurden, sind wir in der Schweiz glücklicherweise in der Lage, geeignete Massnahmen zur Vorbeugung und Bekämpfung zu planen und durchzuführen. Dies haben die meisten Kantone unter der Koordination des Bundes und der Unterstützung der Forschung in den letzten Jahren bereits eingeleitet.

[1] Dr. Marco Conadera, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bellinzona

Waldbrände zwischen Natur und Kultur

Wald- und Buschbrände entstehen durch komplexe Wechselwirkungen zwischen natürlichen und menschlichen Faktoren. Ein wichtiger Parameter ist das Brandgut, dessen Menge und Struktur einerseits von den Umweltbedingungen wie dem herrschenden Klima und den Standortseigenschaften und andererseits von der Landnutzung abhängen. Unterschiedliche Standorte und Vegetationstypen weisen deshalb unterschiedliche Brandvoraussetzungen auf. Feuer wird somit zu einem extrem unregelmässigen und heterogenen Phänomen. Je nach vorherrschender Wetterlage und Brandtypologie können ganz unterschiedliche Feuertypen entstehen wie zum Beispiel Bodenfeuer (Schwelfeuer, welche das unterirdische Brandgut langsam verbrennen), Lauffeuer (schnell voranschreitende Oberflächenfeuer, die nur das Brandgut auf der Bodenoberfläche verbrennen) und Kronenfeuer (heftige Flammen, die bis zum Kronenbereich der Bäume reichen) oder Kombinationen dieser Typen.

Die Kombination von Feuertyp und -intensität (wie?) sowie deren Häufigkeit (wie oft?) und Saisonalität (wann?) drückt sich im Feuerregime eines Gebietes aus (Krebs et al. 2010).

Feuerregime sind nicht konstant und können sich zusammen mit den sich ändernden Rahmenbedingungen verändern. Dies ist zum Beispiel der Fall bei einer sozioökonomischen Entwicklung eines bestimmten Gebiets und der daraus folgenden Änderung in der Landnutzung und im Umgang mit Feuer (Pyne et al. 1996; Bürgi und Stuber 2003). Auch der Klimawandel und die damit verbundene Zunahme von Extremereignissen wie Stürmen, Trockenheit und Dürreperioden können das herrschende Feuerregime direkt beeinflussen. Bei einer allgemeinen Zunahme von Dürreperioden (zeitlich und räumlich als Folge des Klimawandels) ist nicht nur mit einer Zunahme von extremen Brandereignissen zu rechnen, sondern auch mit einer grösseren Brandanfälligkeit von Wäldern, in denen Feuer bisher kaum eine Rolle spielte. Auf nicht geräumten Windwurfflächen ist das Brandrisiko in Dürrezeiten durch die Akkumulation von liegendem Holz besonders hoch. Entzündet sich das Brandgut, können grosse Feuerintensitäten entstehen, die das Feuer unkontrollierbar machen (Wohlgemuth et al. 2008).

Langzeit-Feuergeschehen in der Schweiz

Der menschliche Einfluss auf die Landschaft und das Feuergeschehen ist in Mitteleuropa und somit auch in der Schweiz seit Jahrtausenden sehr stark. Es ist deshalb schwierig, die Bedeutung der natürlichen Waldbrände für diesen Raum abzuschätzen. Mit der Studie von Pollen-, Holzkohle- und Makroresten (Früchte, Samen, Holzreste) mittels paläoökologischer Methoden konnte man aber die Feuer- und Vegetationsgeschichte der schweizerischen Hauptregionen, deren

Wechselwirkung, sowie den menschlichen Einfluss grob rekonstruieren (Tinner et al. 2005a).

Die Ergebnisse aus den paläoökologischen Studien deuten auf eine gleichartig verlaufende Waldbrand-Langzeitgeschichte hin, jedoch mit unterschiedlicher Prägung betreffend Brandhäufigkeit und Intensität. Vor der menschlichen Einwirkung im Neolithikum waren natürliche Brände vor allem in den Gebirgen (Zentralalpen, südlichen Voralpen) relativ häufig. Vor ungefähr 5'000-6'000 Jahren hat der Mensch begonnen, das Waldbrandregime zu prägen, vor allem in den unteren Stufen des Mittellandes und der Alpensüdseite. Trotz gleichartigem Verlauf des Brandgeschehens ist auf der brandanfälligen Alpensüdseite die Feuerfrequenz immer deutlich höher als im Mittelland gewesen (Tinner et al. 2005b). So war zum Beispiel der mittlere Holzkohle-Influx im Sottoceneri während des Neolithikums 25-mal höher als im Schweizerischen Mittelland. In der Bronzezeit war der Unterschied weniger ausgeprägt, aber im Süden waren die Waldbrände immer noch um Grössenordnungen häufiger *(Abb. 1)*. Anthropogene Waldbrandphasen sind auch in den Nord- und Zentralalpen in den paläoökologischen Daten verzeichnet, die sind aber eindeutig später (um 3'700 vor heute) und weniger ausgeprägt aufgetreten (Tinner et al. 2005a) und hatten entsprechend unterschiedliche Auswirkungen auf die Landschaft und die herrschende Vegetation.

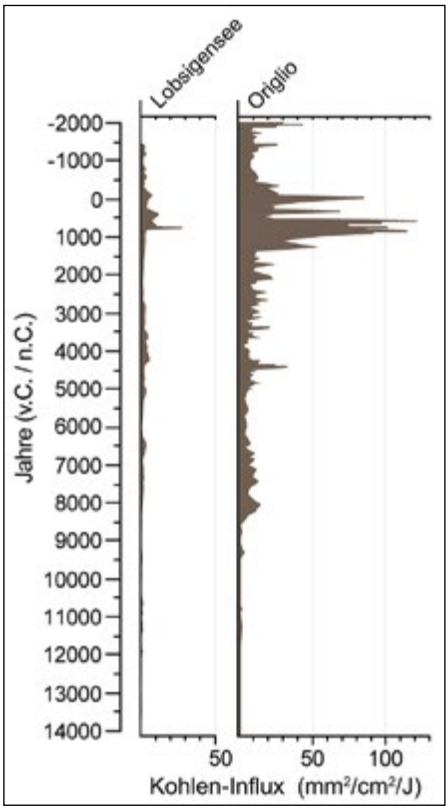


Abbildung 1: Vergleich zwischen dem Mikrokohlenpartikel-Influx aus dem Lobsingersee (Alpennordseite) und Lago di Origlio (Alpensüdseite). Quelle: Tinner et al. (2005).

Ökologische Folgen von Waldbränden

Die Lebewesen haben verschiedene Strategien entwickelt, um sich passiv (Überleben von den betroffenen Individuen) oder aktiv (Entstehung einer neuen Generation) von der schädlichen Wirkung der Flammen und hohen Temperaturen zu schützen. Währendem die mobilen Tiere der Feuerfront meistens entfliehen können, bestehen die passiven Resistenzstrategien der Pflanzen eher aus dem Schutz des lebenden Gewebes. So können zum Beispiel einzelne alte Birken oder Lärchen dank der dicken Borke ein Lauffeuer problemlos überstehen *(Abb. 2a)*. Aktive Stimulierung zur Bildung einer Generation kann bei Feuer vegetativ passieren, indem ein Individuum die verlorenen oberirdischen Teile durch Stockausschlag oder Wurzelbrut ersetzt *(Abb. 2b)*, oder durch einen feuerstimulierten Keimungsschub reagiert *(Abb. 2c)*. Die höchste Stufe der Feueradaptation besteht aus einer totalen Feuerabhängigkeit, das heisst aus einer obligaten Feuerstimulierung, um den Verjüngungsprozess einzuleiten. Solche extreme Fälle existieren in der Schweiz nicht, obwohl eine fakultative Feuerart, die salbeiblättrige Zistrose *(Cistus salviifolius)*, im Tessin ein eindeutig feuerabhängiges Areal aufweist (Moretti et al. 2006).

In den Jahrtausenden unter menschlichem Feuerdruck kam es als Folge der unterschiedlichen Feuertoleranz der Pflanzen zu einer Selektion in der natürlichen

Abbildung 2: Überlebensstrategien nach Feuer: ***a)*** Schutz durch grobe Borke bei der Lärche (Leuk - VS, Bild M. Conedera); ***b)*** Stockausschlag bei der Edelkastanie (Cugnasco – TI, Bild M. Conedera); ***c)*** Massenverjüngung vom Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobium angustifolium* L.) nach Feuer (Leuk - VS, Bild U. Wasem).

Pflanzenzusammensetzung. Feuerresistentere Arten wurden bevorzugt, feuerempfindliche Arten nahmen ab. In den Nordalpen und der Südschweiz führten anthropogene Waldbrände zum Verschwinden ganzer Waldgemeinschaften der kaum feuerresistenten Art *Abies alba (Weisstanne)*. Trotz deutlich tieferer Feuerfrequenz führten auch im tieferen Mittelland die Feuer zu einer Abnahme feuerempfindlicher Taxa wie *Ulmus (Ulme)*, *Fraxinus excelsior (Gem. Esche)* oder *Tilia (Linde)*. In den kontinentaleren Zentralalpen hingegen haben die regelmässigen und relativ häufigen Waldbrände dazu geführt, dass dort lebende Pflanzen , wie zum Beispiel die Bergföhre (*Pinus mugo ssp uncinata*), besser feuerangepasst sind. Diese Differenzierung in der Feuerresistenz bis Feueranpassung ist noch heute in der Waldvegetation gut erkennbar, wie aus *Tabelle 1* und aus der rezenteren Literatur ersichtlich ist (Grund et al. 2005; Conedera et al. 2009; Wohlgemuth et al. 2010).

Die zerstörende Aktion eines Waldbrandes und die Öffnung der Waldstrukturen verursacht vorübergehend eine signifikante Erhöhung der Artenvielfalt von Vegetation, Wirbellosen und Vögeln (Wohlgemuth et al. 2010). Bei bereits durch Feuer abgetöteten oder abgeschwächten Bäumen steigt in den unmittelbar folgenden Jahren die Anzahl und Diversität von parasitischen Pilzen und Insekten enorm an (Conedera et al. 2007; *Abb. 3*). Anders sieht es in häufig von Feuer betroffenen Flächen aus: Dort überlebt eine feuerangepasste Vegetation (z.B. Adlerfarn, Besenginster usw.), die schnell nach dem Brand die offenen Flächen besiedelt und kaum ruderal- und Pionierpflanzen mehr zulässt (Conedera et al. 2009).

Vor allem auf Böden lösen Brände verheerende Folgen aus. Häufig kommen auf einem steilen Hang bereits während eines Brandes Steine ins Rollen. Je nach Feuertyp können auch signifikante Humusschichten und Nährstoffe verloren gehen. Die schlimmeren Folgen eines Brandes treten aber erst nach dem Feuer ein. Die fehlende Bedeckung durch Boden- und Baumvegetation lässt die Regentropfen direkt auf den Mineralboden prallen. Dadurch werden die Bodenstrukturen zerstört und es setzen Erosion und Auswaschung ein. Der nackte Boden trocknet schneller aus, die Bodenoberfläche wird wasserundurchlässig, der Regen neigt dazu oberflächlich abzufliessen und den Boden rillenartig zu erodieren. Diese negativen Wirkungen zeigen sich vor allem in den ersten Monaten nach einem Feuer und überwiegend in Gebieten, in denen seit längerer Zeit keine Waldbrände oder anderen Störereignisse stattfanden (Marxer 2003). Das Fehlen von störungsangepassten, schnell reagierenden Pflanzenarten führt in diesen Fällen dazu, dass der Boden längere Zeit der Erosionsgefahr ausgesetzt ist. In extremen Fällen kann dies auch zu katastrophalen Murgängen führen. Dies war 1997 in Ronco s/Ascona der Fall, wo einige Monate nach dem Waldbrand durch ein kleines Starkregenereignis (10 Jahre Wiederkehrperiode) ein zweihundertjähriger Murgang mit Geschiebetransport ausgelöst wurde (Conedera et al. 2003).

Pollen-Typ	**Paläoökologische Feuerempfindlichkeit**		**Vergleich mit ökologischen Studien** (nur für mittlere Feuerhäufigkeit)	
	Mittlere Feuerhäufigkeit	Hohe Feuerhäufigkeit	Betroffenen Arten	Übereinstimmung
Abies	1	1	*Abies alba* (Weisstanne)	+
Acer	2	2	*Acer campestre* (Feldahorn)	+
			Acer pseudoplatanus (Berga-	++
Alnus glutinosa t.	5	3	horn)	+
Betula	5	3-4	*Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle)	++
Calluna	4-5	6	*Betula pendula* (Hänge-Birke)	+
Castanea	5	?	*Calluna vulgaris* (Besenheide)	++
Corylus	5	3-4	*Castanea sativa (*Edelkastanie)	-
Fagus	3	3	*Corylus avellana* (Gemeine	++
Fraxinus excelsior t.	2	2	Hasel)	++
Hedera	1	1	*Fagus sylvatica* (Rotbuche)	++
Ilex	1	1	*Fraxinus excelsior* (Gem. Esche)	++
Quercus (laubwerfend)	4	3	*Hedera helix* (Gem. Efeu)	+/-
			*Ilex aquifolium (*Eur. Stechpal-	+/-
Salix	5	3	me*)*	+
Sambucus nigra t.	5	5	*Quercus pubescens* (Flaumeiche)	?
			Quercus petraea (Steineiche)	
Tilia	2	2	*Salix caprea* (Sal-Weide)	++
			Sambucus nigra (Schwarzer	+
Ulmus	2	2	Holunder)	+
Vitis	2	2?	*Tilia cordata* (Winter-Linde)	?
			Tilia platyphyllos (Sommer-Lin-	
Monolete Farnsporen	5	6	de)	?
Pteridium aquilinum	6	6	*Ulmus glabra* (Bergulme)	++
Viele Krautarten	5	5	*Vitis sylvestris* (Wilde Weinrebe)	++
(e.g. Poaceae, Asteraceae				
Rosaceae, *Anemone nemoro-*			?	
sa, Humulus t., Potentilla t.,			*Pteridium aquilinum* (Adlerfarn)	
Trifolium repens t. etc.)			Viele Arten	

Übereinstimmungssymbole: - = Nicht in Übereinstimmung mit ökologischer Literatur
+ = Übereinstimmung mit einer Quelle
++ = Übereinstimmung in mehr als einer Quelle
? = keine Daten vorhanden

Feuerempfindlichkeitsskala: 1 = feuerintolerant
2 = feuerversehrt
3 = feuersensitiv
4 = feuerindifferent
5 = feuergefördert
6 = feuerangepasst

Tabelle 1: Ausgewählte Beispiele von Feuerempfindlichkeitsschätzungen aus paläoökologischen und vegetationskundlichen Studien aus der Südschweiz, nach Tinner et al. (2000).

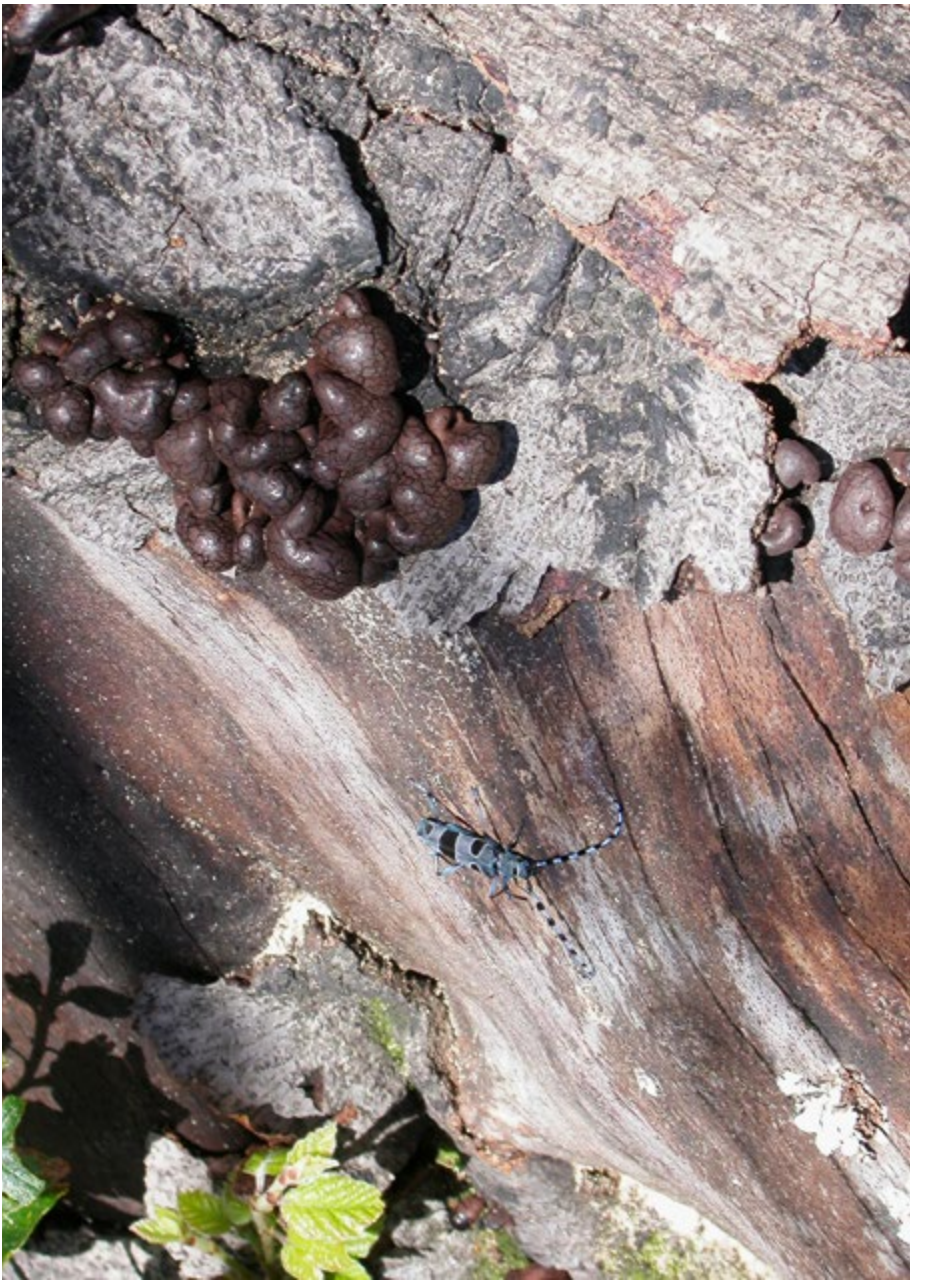


Abbildung 3: Der auf verbrannten Buchen spezialisierte Kugelpilz (*Daldinia* spp.) und der sonst seltene Alpenbock (*Rosalia alpina* L.) sind auf nach Feuer sterbenden Buchen öfters zu sehen (Cugnasco – TI, Bild M. Conedera).

Aktuelles und zukünftiges Feuergeschehen in der Schweiz

Leider existiert für die Schweiz keine zentrale, langjährige und systematische Waldbranddatenbank mit lückenlosen und nach einem standardisierten Protokoll erfassten Waldbranddaten. Ein solches Instrument wurde erst 2008 im Auftrag des Bundes in Betrieb gestellt (Pezzatti et al. 2010). Detailinformationen über die Entwicklung des Feuergeschehens im letzten Jahrhundert existieren nur für das Tessin und das Wallis, dies dank Archivstudien, die in den letzten Jahren auf diesen Gebieten durchgeführt worden sind (Conedera et al. 1996; Gimmi et al. 2004; Zumbrunnen et al. 2010; Pezzatti et al. 2013). Diese Daten lassen bei den Waldbränden im Laufe des 20. Jahrhunderts auf Veränderungen schliessen: In den tieferen Lagen haben sowohl Feuerfrequenzänderungen (Zunahmen im TI ab 1955, in VS ab 1940 und ab 1989; Abnahmen im TI ab 1990) wie auch Feuerausmassänderungen (Zunahmen der Brandfläche im TI ab 1930 und ab 1955, in VS ab 1942; Abnahmen im TI ab 1980) stattgefunden, welche hauptsächlich von menschlichen Faktoren wie Landnutzung, Waldbrandprävention und Feuerwehrorganisation abhängig sind. In den höheren Lagen (ab 1500 m ü.M., *Abb. 4*) wird das Feuergeschehen zunehmend von den klimatischen Verhältnissen gesteuert (Zumbrunnen et al. 2010; Pezzatti et al. 2013). Ähnlich geht es mit den Blitzschlagbränden, welchen weder durch gesetzliche Bestimmungen noch mit kurzfristigen waldbaulichen Massnahmen vorgebeugt werden kann. Der in *Abbildung 5* gezeigte Zusammenhang zwischen Trockenheitsverhältnissen im Sommer und abgebrannten

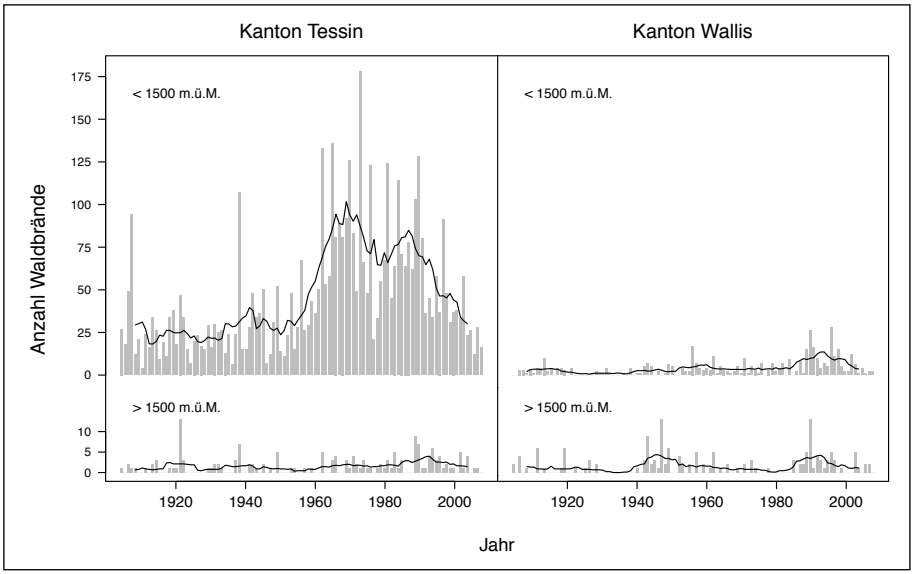


Abbildung 4: Entwicklung des Waldbrandgeschehens in den letzten 100 Jahren in den unteren (<1500 m ü.M.) und oberen Stufen im Tessin und Wallis (Quelle: Pezzatti et al. 2013).

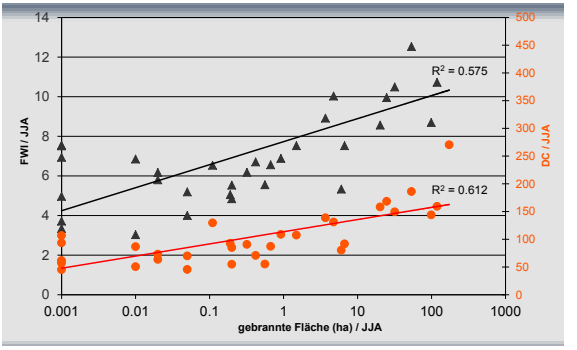


Abbildung 5: Jährlich durch Blitzschlagbrände abgebrannte Fläche im Hochsommer (Juni, Juli, August) im Tessin in der Periode 1980–2013 als Funktion von zwei Indexen, die den Wassermangel in der Streuschicht und im Boden simulieren und für die Vorhersage der Feuergefahr benutzt werden: der FWI (Canadian Fire Weather Index) und der DC (Drought Code).

Flächen zeigt eindeutig, wie bei einer allgemeinen Zunahme von Dürreperioden (zeitlich und räumlich als Folge des Klimawandels) mit einer Zunahme von Blitzschlagbränden im Alpenraum zu rechnen ist (Conedera et al. 2006). Im Falle einer solchen Klimaveränderung entsteht auch eine grössere Brandanfälligkeit von Wäldern, in denen Feuer bisher kaum eine Rolle spielte. Hierzu zählen z.B. die Buchenmischwälder auf der Alpennordseite, deren trockenes Laub im Winter leicht entzündbar ist *(Abb. 6)*. Zunehmend brandgefährdet sind mittelfristig Föhren- und generell Nadelwälder der Zentralalpen und der Alpennordseite (Wohlgemuth et al. 2008).

Abbildung 6: Vom Feuer heimgesuchter Buchenbestand. In Zukunft eine immer häufigere Erscheinung? (Cugnasco – TI, Bild L. Lucini).

Was wir dagegen tun können: Feuermanagement in der Schweiz

Langjährige Anstrengungen Feuer systematisch zu bekämpfen, ohne deren natürliche Rolle in der Natur zu erkennen und zu respektieren, hat in vielen Fällen zu dem sogenannten Feuer-Paradox geführt: Je effizienter die Brandbekämpfung ist, desto verheerender wirken die wenigen Brände, die dem sofortigen Löschen entgehen. Diese Erfahrungen haben die Fachleute inzwischen überzeugt, dass es wichtig ist, den Faktor Feuer aktiv im Landmanagement zu integrieren und vom Feuerlösch-Ansatz zum Feuermanagement-Ansatz überzugehen. So definiert ist Feuermanagement ein Ansatz zur Integration von biologischen, ökologischen und technischen feuerbezogenen Aspekten in der allgemeinen Landschaftsplanung unter Berücksichtigung der Nutzungsaktivitäten. Die Implementierung von solch theoretischen Ansätzen im Feuermanagement ist eine schwierig zu lösende Aufgabe, die ein detailliertes Verständnis der früheren Landschaftsdynamik und insbesondere der natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren voraussetzt.

Unter diesen Rahmenbedingungen soll das Ziel des Feuermanagements nicht das absolute Vermeiden jegliches Waldfeuers sein, sondern das Vorbeugen vor intensiven und grossflächigen Waldbränden. Um diese Ziele zu erreichen, sollten die begrenzten Ressourcen möglichst effizient und gezielt aufgrund einer umfassenden Waldbrandrisiko-Analyse eingesetzt werden. Eine erste konkrete Massnahme dazu ist die Analyse der herrschenden Feuerregime in einem Gebiet. In der Schweiz übernimmt die Waldbranddatenbank Swissfire diesbezüglich eine zentrale Rolle. Die systematische zentralisierte Erfassung der Waldbranddaten soll die Bereitstellung der jährlich aus internationalen Verpflichtungen verlangten Waldbranddaten sichern und Grundlage für die Erstellung der Waldbrandstatistik für das statistische Jahrbuch Wald und Holz sein (Pezzatti et al. 2010). Gleichzeitig stellt die Waldbranddatenbank die Informationsquelle für die kurzfristige Prävention (automatische Berechnung von Waldbrand-Wetter Index, Ableitung von Schwellenwerte auf Grund der Waldbrandstatistik) und der langfristigen Waldbrand Prävention (Ermittlung der Waldbrandgefahren und -risikogebieten der Schweiz) dar. Dabei hat die Schweiz den grosse Vorteil, dass bereits heute feueranfällige Gebiete, wie die Alpensüdseite oder die inneralpinen Täler, als ideale Studien-Objekte für die mutmasslich zukünftigen Feuerprobleme der Alpennordseite dienen können.

Literatur:

Bürgi, M.; Stuber, M., 2003: Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Waldfeldbau, Waldfrüchte und Harz. Schweiz. Z. Forstwes. 154, 9: 360–375.

Conedera, M.; Marcozzi, M.; Jud, B.; Mandallaz, D.; Chatelain, F.; Frank, Carmen; Kienast, F.; Ambrosetti, P.; Corti, G., 1996: Incendi boschivi al Sud delle Alpi: passato, presente e possibili sviluppi futuri. In: Rapporto di lavoro del Programma Nazionale di Ricerca «Mutamenti climatici e catastrofi naturali» PNR 3. Zürich, vdf Hochschulverlag. 143 S.

Conedera, M.; Peter, L.; Marxer, P.; Forster, F.; Rickenmann, D.; Re, L., 2003: Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the Riale Buffaga, Ticino, Switzerland. Earth Surf. Process. Landf. 28: 117–129.

Conedera, M.; Cesti, G.; Pezzatti, G.B.; Zumbrunnen, T.; Spinedi, F., 2006: Lightning-induced fires in the Alpine region: An increasing problem. In: Viegas, D.X. (ed) V International Conference on Forest Fire Research, 27–30 November 2006, Figueira da Foz, Portugal. [CD-ROM]. Portugal, ADAI/CEIF University of Coimbra. 9 S.

Conedera, M.; Lucini, L.; Holdenrieder, O., 2007: Bäume mit Brandwunden. Pilze als Pioniere nach Feuer. Wald Holz 88, 11: 45–48.

Conedera, M.; Neff, C.; Moretti, M., 2009: Ökologische Folgen von Waldbränden in der Südschweiz. Geogr. Rundsch. 61, 4: 26–31.

Gimmi, U.; Bürgi, M.; Wohlgemuth, T., 2004: Wie oft brannte der Walliser Wald im 20. Jahrhundert? Schweiz. Z. Forstwes. 155, 10: 437–440.

Grund, K.; Conedera, M.; Schröder, H.; Walther, G.-W., 2005: The role of fire in the invasion process of evergreen broad-leaved species. Basic Appl. Ecol. 6: 47–56.

Krebs, P.; Pezzatti, G.; Mazzoleni, S.; Talbot, L.M.; Conedera, M., 2010: Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. Theory Biosci. 129: 53–69.

Marxer, P., 2003: Oberflächenabfluss und Bodenerosion auf Brandflächen des Kastanienwaldgürtels der Südschweiz mit einer Anleitung zur Bewertung der post-fire Erosionsanfälligkeit (BA EroKaBr). Physiogeographica 33: 217 S.

Moretti, M.; Conedera, M.; Moresi, R.; Guisan, A., 2006: Modelling the influence of change in fire regime on the local distribution of a Mediterranean pyrophytic plant species (*Cistus salviifolius*) at its northern range limit. J. Biogeogr. 33: 1492–1502.

Pezzatti, G.B.; Reinhard, M.; Conedera, M., 2010: Swissfire: die neue schweizerische Waldbranddatenbank. Schweiz. Z. Forstwes. 161, 12: 465–469.

Pezzatti, G.B.; Zumbrunnen, T.; Bürgi, M.; Ambrosetti, P.; Conedera, M., 2013: Fire regime shifts as a consequence of fire policy and socio-economic development: An analysis based on the change point approach. For. policy econ. 29: 7–18.

Pyne, S.J.; Andrews, P.L.; Laven, R.D., 1996: Introduction to Wildland Fire. 2nd edition revised, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 808 S.

Tinner, W.; Allgöwer, B.; Ammann, B.; Conedera, M.; Gobet, E.; Lotter, A.F.; Stähli, M., 2005a: Ausmass und Auswirkungen der Waldbrände auf die Vegetation der Schweiz im Laufe der Jahrtausende. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 9: 325–330.

Tinner, W.; Conedera, M.; Ammann, B.; Lotter, A.F., 2005b: Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. Holocene 15, 8: 1214–1226.

Wohlgemuth, T.; Conedera, M.; Kupferschmid Albisetti, A.; Moser, B.; Usbeck, T.; Brang, P.; Dobbertin, M., 2008: Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald. Schweiz. Z. Forstwes. 159, 10: 336–343.

Wohlgemuth, T.; Brigger, A.; Gerold, P.; Laranjeiro, L.; Moretti, M.; Moser, B.; Rebetez, M.; Schmatz, D.; Schneiter, G.; Sciacca, S.; Sierro, A.; Weibel, P.; Zumbrunnen, T.; Conedera, M., 2010: Leben mit Waldbrand. Merkbl. Prax. 46: 16 S

Zumbrunnen, T.; Bürgi, M.; Bugmann, H., 2010: Le régime des incendies de forêt en Valais: influences climatiques et anthropiques. Schweiz. Z. Forstwes. 161, 11: 442–449.

Madleina Caduff

Wird aus Bern *Biber*n?

1. Einleitung

Die Berner Biber feiern ihr Comeback!

Nachdem der letzte Biber (Castor fiber) der Schweiz bereits im 19. Jahrhundert erlegt worden war, wurden 1956 erstmals wieder Biber im Kanton Genf ausgesetzt, danach folgten weitere Aussetzungsaktionen in der ganzen Schweiz. In Bern liessen sich die Biber, dem üblichen Klischee gehorchend, viel Zeit. So wurde bei der gesamtschweizerischen Biber-Bestandeserhebung 2008 entlang der Aare, im Gebiet Elfenau bis Worblaufen, keine einzige Biberspur vorgefunden. Dem Biber standen damals wohl noch weitaus geeignetere Gebiete zur Verfügung. Wie aber von anderen Beispielen hinlänglich bekannt ist, sind Biber sehr anpassungsfähig und wissen ihre Umgebung jeweils so zu verändern, dass sie darin leben können. So auch in Bern, denn ein ganz anderes Bild ergab sich gerade mal fünf Jahre später, im Jahre 2013. Jetzt wimmelte es nur so von Biberspuren entlang der Aare in Bern – abgenagte Zweige, angeknabberte Äste und gefällte Bäume (als Nahrungs- und Baumaterial) soweit das Auge reichte.

Nur, wie viele Biber leben tatsächlich in Bern und wie stehen ihre Zukunftschancen? Diese Fragen sollten im Rahmen einer Maturaarbeit beantwortet werden. Als Betreuer dieser Arbeit konnte glücklicherweise Christof Angst von der «Biberfachstelle» des Bundesamts für Umwelt BAFU am Centre Suisse de Cartographie de la Faune CSCF gewonnen werden.

2. Fragestellungen

Um eine Aussage über die Verbreitung der Biber in Bern und ihre Zukunft machen zu können, wurden für diese Arbeit die folgenden beiden Fragestellungen formuliert:

- Wie sieht die aktuelle Situation in Bern bezüglich der Verbreitung der Biber aus? Wie viele Reviere finden sich im kartierten Gebiet, wie viele Biber leben in den einzelnen Revieren? Wie viele Biber leben im kartierten Gebiet insgesamt?
- Wird der Biber aufgrund des Nahrungsangebots in Bern bleiben können? Welche Massnahmen bräuchte es allenfalls, um dieses Ziel zu erreichen?

3. Vorgehen

Das Hauptziel dieser Arbeit war es, mehr über die aktuelle Verbreitung der Biber in Bern herauszufinden. Zu diesem Zweck wurden sämtliche entlang der Aare und am Dalmazibach vorgefundenen Biberspuren im Gebiet von der Fähre Bodenacker bei der Elfenau bis zur Tiefenaubrücke in Worblaufen kartiert. Anschliessend wurden die Spuren ausgewertet, d.h. es wurde eine Reviereinteilung und eine Bestandessschätzung durchgeführt. Anbetracht der enormen Entwicklung der Biberpopulation zwischen 2008 und 2013 stellte sich zudem die Frage, ob sich der Biber in Bern zu halten vermag. Dafür wurde eine Schätzung des Nahrungsangebots durchgeführt denn, so banal es auch klingen mag, wenn der Biber nicht genug zu fressen hat, muss er gehen.

3.1 Biberspurenkartierung

3.1.1 Methode

Biber kann man nicht direkt beobachten und zählen. Daher benutzt man die indirekte Methode, welche die Kartierung der Spuren im Gelände, deren Auswertung und schliesslich die Abschätzung der Anzahl Tiere umfasst. Als Methode für die Biberspurenkartierung wurde dieselbe gewählt, welche auch bei der im Winter 2007/2008 durchgeführten gesamtschweizerischen Biber-Bestandeserhebung angewendet wurde (Angst, 2010). Erfasst wurden Punktdaten (Beobachtungen mit den dazugehörigen Koordinaten), da diese sowohl zeitlich als auch regional jederzeit nachvollzieh- und vergleichbar sind. Für jede Spur wurde ein eigenes, eindeutiges Symbol verwendet.

3.1.2 Erfassung der Reviergrösse

Zur Abschätzung der Revierpopulation wurde bei jeder Spur nach Zahnspuren gesucht und deren Breiten gemessen. Da sich die Breiten der Schneidezähne von Jungtieren und erwachsenen Individuen unterscheiden, ist diese Messung wichtig für die anschliessende Einteilung in Einzel-, Paar- oder Familienreviere und somit für die Schätzung des Bestandes. Wie Mathis Müller von der Arbeitsgruppe Biber Thurgau festgestellt hat (zitiert in Angst, 2007), beträgt die Breite der beiden Schneidezähne von erwachsenen Bibern im Durchschnitt 10 mm ± 3.2 mm, bei Jungtieren (bis 1 Jahr alt) dagegen im Durchschnitt 5.6 mm ± 1.0 mm (siehe *Abb. 1*). Findet man beide Zahnspuren eindeutig bei einer Spur, so handelt es sich um eine Biberfamilie. Sind hingegen nur die Zahnspuren von erwachsenen Tieren auffindbar, so handelt es sich wahrscheinlich um ein Einzel- oder Paarrevier. Die Unterscheidung Einzel- oder Paarrevier ist bei der indirekten Methode allerdings praktisch nicht möglich (Angst, 2010).

Abbildung 1: Unterschiedliche Zahnspurenbreiten je nach Alter des Bibers: Abgebildet sind oben die Zahnspuren eines Jungtiers, unten die eines erwachsenen Bibers.

3.1.3 Spurentypen

Im Folgenden werden die verschiedenen, im Kartiergebiet aufgefundenen Typen von Spuren kurz beschrieben und anhand von charakteristischen Fotos illustriert. Die Nomenklatur der Spuren erfolgt gemäss Angst (2007) und Zahner et al. (2009). Einige Spuren wie z.B. Trittsiegel, Fluchtröhren oder Kunstbauten, die bei der gesamtschweizerischen Bestandeserhebung ebenfalls erfasst wurden, konnten bei der Kartierung in Bern nicht vorgefunden werden und sind deshalb hier nicht weiter erläutert.

Aktiver Fällplatz (Abb. 2)
Der Biber fällt im Winter Bäume, um die Knospen sowie die zarte und dünne Rinde der jungen Zweige als Nahrung zu erreichen. Fällplätze liegen meist weniger als 10 m von einem Gewässerufer entfernt. Eine Spur wird als Fällplatz bezeichnet, wenn mindestens ein grosser Baum mit einem Stammesdurchmesser ab 15 cm gefällt wird; wenn mehr als drei kleine Bäume mit einem Stammesdurchmesser von 10–15 cm auf mehreren Quadratmetern verteilt gefällt oder wenn viele kleinere Bäumchen mit Stammesdurchmesser 5–10 cm auf grosser Fläche gefällt werden.

Frassplatz (Abb. 3)
Wenn der Biber kleine Stecken, grosse Äste oder auch ganze gefällte Bäume entrindet hat, lässt er die Reste liegen. Solche meist ruhigen Stellen am Ufer, im Wasser oder auch auf dem Bau bezeichnet man als Frassplätze. An Frassplätzen kann alles gefunden werden, was der Biber frisst.

Abbildung 2: Fällplatz beim Altenberg.

Abbildung 3: Frassplatz bei Worblaufen.

Abbildung 4: Ein für das ungeübte Auge kaum erkennbarer Ausstieg beim Altenberg.

Abbildung 5: Eine Markierung in der Belpau (Foto Beatrice Bäriswyl).

Abbildung 6: Ein Mittelbau beim Marzili.

Abbildung 7: Ein verlassener Bau bei Worblaufen.

Einzelne Nagespur (siehe Abb. 1)

Eine Spur wird als Nagespur bezeichnet, wenn fingerdicke abgebissene Zweige und Triebe, abgebissene Äste, angenagte Sträucher und Bäume, stark genutzte

Weidesträucher mit fingerdicken Trieben oder 1–3 gefällte Bäumchen mit einem Stammesdurchmesser bis 15 cm vorgefunden werden. Nagespuren findet man vor allem im Gehölz, am Ufer und an freien Wurzeln oder Ästen, die ins Wasser ragen.

Ausstieg, Schlipf (Abb. 4)
Da Biber häufig an derselben Stelle aus dem Wasser steigen, können diese Ausstiege mit der Zeit zu sichtbaren Spuren bis tiefen Gräben heranwachsen. Ausstiege findet man überall direkt am Ufer, wo der Biber aktiv ist.

Bibergeil/Castoreum/ Markierung (Abb. 5)
Der Biber scharrt ein kleines Häufchen aus Sand, Schlamm, Erde, Gras, Ästchen oder Laub zusammen und markiert es mit einem Drüsensekret, dem sogenannten Bibergeil oder Castoreum. Dieses hat einen sehr starken und charakteristischen Duft und dient als Markierung zur Abgrenzung der Reviere. Markiert wird vor allem Ende Winter und Anfang Frühling auf kleinen Sandstränden, stets sehr nahe am Wasser, an strategischen Stellen im Territorium und an der Territoriumsgrenze.

Mittelbau (Abb. 6)
Der Mittelbau entsteht aus einem Erdbau, dessen Dach eingestürzt ist. Die Kammer liegt dabei normalerweise unterhalb der Erdoberfläche. Der Biber hat das Dach mit Ästen wiederhergestellt. Der Aufbau kann dabei recht massiv sein.

Verlassener Bau (Abb. 7)
Es kann sein, dass das Dach eines Baus einstürzt und vom Biber nicht mehr repariert wird. Der Bau wird dann verlassen.

3.1.4 Datenaufnahme

Die Spuren wurden auf einer Karte im Massstab 1:10'000 aufgezeichnet. Zusätzlich zur Karte wurde jeweils ein «Protokollblatt für Zusatzinformationen» nachgeführt, auf dem Details wie z.B. die Fläche eines Fällplatzes oder die Breite der Zahnspuren notiert wurden.

Die Kartierung erfolgte an sechs verschiedenen Tagen vom Februar bis April 2013. Derselbe Zeitraum wurde auch bei der gesamtschweizerischen Bestandeserhebung genutzt (Angst, 2010). Die Zeit zwischen spätem Winter bis Frühjahr eignet sich sehr gut zur Kartierung, da die Biberspuren dann besonders leicht zu erkennen sind. Der Biber, welcher sich im Sommer vorzugsweise von krautigen Pflanzen, Wasserpflanzen, Jungtrieben und Blättern von gewässernahen Gehölzen ernährt, muss im Winter seine Nahrung auf Baumrinde umstellen, wodurch auch die auffälligen Spuren entstehen (Zahner et al., 2009). Der späte Winter bietet zusätzlich den Vorteil, dass der Biber bereits den ganzen Winter lang aktiv war und sich so besonders viele Spuren angesammelt haben (Angst, 2007). Kartiert wurden grundsätzlich nur frische Spuren vom Winter

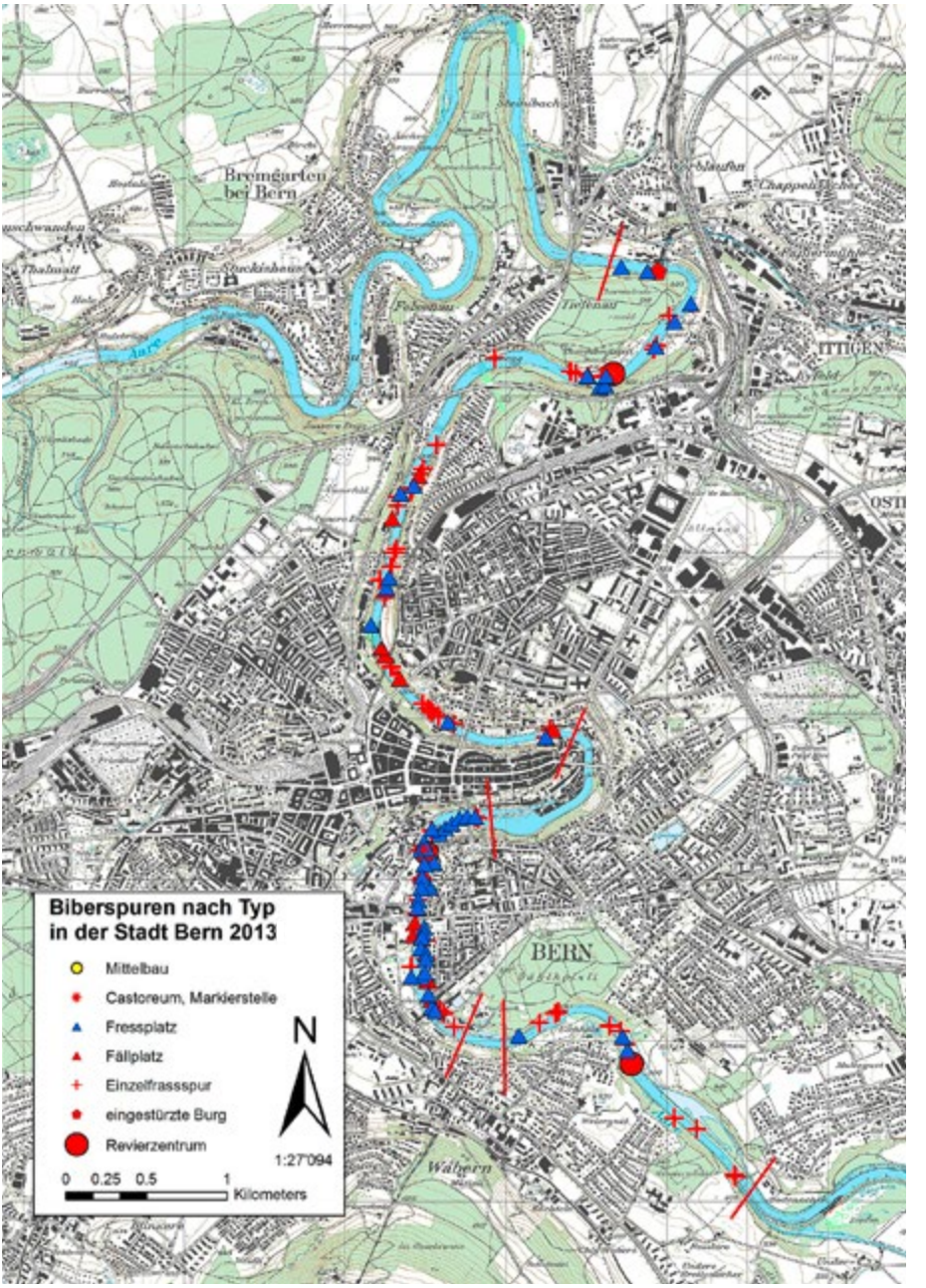


Abbildung 8: Darstellung des kartierten Gebietes in Bern (begrenzt durch die roten Markierungen). (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA14053))

2012/2013, da eine Momentaufnahme der Biberverbreitung gemacht werden sollte.

Die kartierte Strecke reicht von der Fähre Elfenau bis zur Tiefenaubrücke Worblaufen. Diese Grenzen wurden nicht im Voraus festgelegt, vielmehr wurde mitten in der Stadt begonnen und dann so weit nach draussen kartiert, wie es vom Zeitaufwand her möglich war. Kartiert wurde grundsätzlich nur an der Aare, mit Ausnahme des Dalmazibachs, da hier der Biber besonders aktiv ist. Somit wurde praktisch der gesamte Aarelauf innerhalb des Stadtgebietes untersucht *(Abb. 8)*.

Beide Aareseiten wurden mindestens einmal abgegangen, bei Unsicherheiten ein zweites Mal. Manche Stellen, die nicht zugänglich waren, wurden vom gegenüberliegenden Ufer mit dem Feldstecher nach Spuren abgesucht.

3.1.5 Auswertung

3.1.5.1 Reviereinteilung

Nach Abschluss der Kartierung wurden die Spuren zur weiteren Bearbeitung in ein Geografisches Informationssystem (GIS) des Centre Suisse de Cartographie de la Faune CSCF übertragen. Dessen Website «www.webfauna.ch» erlaubt den Administratoren des CSCF Zugriff auf diese Daten. Im GIS des CSCF werden die Tiergruppe (Säuger), die Tierart (europäischer Biber – *Castor fiber*), die Beobachtungsmethode (die einzelne Spur: z.B. Frassplatz/Fällplatz/Mittelbau etc.), die Erhebungsmethode (Sichtbeobachtung) das Datum sowie der Flurname und die Genauigkeit der Angabe in Metern erfasst. Im Anschluss erstellte Christof Angst zur grafischen Darstellung eine Karte, bei der zur besseren Übersicht die Symbole für die Spuren in verschieden farbige Punkte (je nach Revierzugehörigkeit) umgewandelt wurden. Weiter erstellte er für jedes Revier eine detaillierte Karte, bei der die Symbole abgebildet sind.

3.1.5.2 Auswertung der Zahnspurenbreiten

Anhand der Messung der Zahnspurbreiten kann eine Aussage darüber gemacht werden, ob es sich um ein Einzel-/Paarrevier oder um ein Familienrevier handelt. Zur Schätzung des Biberbestandes wurden folgende Durchschnittswerte benutzt (Angst, 2010): Für Einzel- und Paarreviere wurde der Multiplikationsfaktor 1.5 (der Durchschnitt zwischen Einzel- und Paarrevier), für Familienreviere der Faktor 5 verwendet. Die letztere Zahl ist «*ein Erfahrungswert aus dem Bayerischen Bibermanagement, wo ganze Biberreviere leer gefangen werden. Im Durchschnitt gehen dabei 5 Tiere in die Falle*» (Angst, 2010).

3.2 Schätzung des Nahrungsangebots

3.2.1 Methode

Für die Erhebung des Nahrungsangebots wurde die Methode von Hummel (2012) gewählt, bei welcher die Winternahrungsverfügbarkeit als limitierender Faktor für die Anwesenheit einer Biberfamilie angenommen wurde. Die Bewertung eines Biberhabitats erfolgte anhand der Parameter Nahrung, Ufer und Fortbewegung. Aus zeitlichen Gründen fokussierte sich diese Maturaarbeit lediglich auf den Parameter Nahrung.

Bei der Nahrung wird zwischen Wasserpflanzen, Krautschicht (bis 1.5 m), Strauchschicht (1.5–5 m), Baumschicht (>5 m), Grünfläche (Rasen), Feldfruchtfläche (in Bern nicht vorhanden) und nicht nutzbarer Fläche (asphaltierte oder für Biber nicht zugängliche Flächen) unterschieden. Bei der Baumschicht findet zusätzlich eine Unterteilung in Weichholz und Hartholz statt. Unter Weichholz versteht man Pappeln und Weiden, welche der Biber als Winternahrung nutzt und im Unterschied zu Hartholz stark bevorzugt. Bei Hartholz und Weichholz wurde wiederum zwischen Bäumen mit Stammesdurchmessern unter und über 20 cm unterschieden wird, da der Biber dünne, junge Bäumchen gegenüber dicken, alten Bäumen mit verholzter Borke bevorzugt. (Hummel, 2012; Wikipedia, Suchbegriffe Stratifikation, Grünfläche, Version vom 12.07.2013).

Hummel (2012) unterteilte das Ufer in Einheiten und schätzte dann die jeweilige Prozentzahl der einzelnen Nahrungsangebote. Für diese Arbeit wurde eine vereinfache Aufnahme durchgeführt: für jedes Nahrungsangebot wurde eine andere Farbe gewählt und dann direkt auf der Karte die ungefähre Fläche eingezeichnet. Die erstellten Karten sind im Anhang 1a–d ersichtlich.

3.2.2 Umsetzung

Die Schätzung des Nahrungsangebots fand im Juli 2013 statt, was sich als idealer Zeitpunkt erwies, da zu dieser Zeit die Bäume aufgrund des Laubes gut unterscheidbar sind. Die Aare wurde beidseitig abgegangen und die einzelnen Nahrungsangebote in die Karte eingezeichnet. Das Nahrungsangebot wurde nur in einem 15 m breiten Uferstreifen erfasst; was ausserhalb lag, wurde nicht berücksichtigt (Hummel, 2012). In jedem Revier wurde das Nahrungsangebot nur für das Gebiet innerhalb der ersten und letzten Biberspur geschätzt. Das Gebiet zwischen den Revieren wurde nicht erfasst.

Zusätzlich wurde während der Schätzung darauf geachtet, wo noch freie Flächen für Weichholzpflanzungen vorhanden sind, für den Fall, dass das Nahrungsangebot nicht ausreicht.

3.2.3 Auswertung der Felddaten

Nach der Kartierung des Nahrungsangebotes wurde auf der Website «www.map.geo.admin.ch» mithilfe des Zusatzinstruments «Flächen» die Fläche der einzelnen

Nahrungsangebote errechnet. Die resultierenden Flächen täuschten jedoch eine falsche Genauigkeit vor, da einerseits das Nahrungsangebot nur grob geschätzt wurde und es andererseits sehr schwierig war, mit dem Flächenmessinstrument so geringe Distanzen (15 m breiter Uferstreifen) exakt zu erfassen. Die Zahlen sind somit mit Vorsicht zu gebrauchen, weshalb die Flächenangaben in Aren auf- oder abgerundet wurden, wie dies auch schon Hummel gemacht hat (Hummel, 2012).

4. Ergebnisse

Im kartierten Gebiet innerhalb der Stadt Bern wurde zum Zeitpunkt der Maturaarbeit von vier Biberrevieren ausgegangen. Wie sich aber im Verlaufe des letzten Jahres gezeigt hat, ist eher von «bloss» drei Revieren auszugehen: zwei Familienreviere und ein junges (neues) Familienrevier. Unter Verwendung der oben genannten Multiplikationsfaktoren ergibt sich im kartierten Gebiet ein Bestand von etwa 13–14 Bibern.

Die auskartierten Reviere wurden entsprechend der Quartiernamen benannt. Am weitesten Aare-aufwärts liegt das Elfenaurevier, Aare-abwärts folgen das Marzilirevier und schliesslich das Worblaufenrevier. Die Karte in Abbildung 9 ist das Ergebnis der Spurenkartierung und zeigt die aktuelle Verbreitung der Biber in der Stadt Bern. Als grosse rote Punkte sind die Revierzentren eingezeichnet, die einzelnen Spuren sind je nach Revierzugehörigkeit mit unterschiedlicher Farbe eingefärbt.

Das Diagramm in Abbildung 10 stellt die Schätzung des Nahrungsangebots dar. Auf der y-Achse kann die Fläche des auf der x-Achse angegebenen Nahrungstyps abgelesen werden. Die verschiedenfarbigen Balken repräsentieren die unterschiedlichen Reviere.

4.1 Elfenaurevier

Das Elfenaurevier reicht von der Fähre Bodenacker bei der Elfenau bis zum Schönausteg. Anhand der Messungen der Zahnspurenbreiten konnte es als ein Familienrevier eingeteilt werden. Dieses Revier gibt aber insofern Rätsel auf, als dass es ziemlich wenig Spuren hat, vor allem, weil es von einer Familie bewohnt wird, welche meistens viele Spuren hinterlässt. Ausserdem ist nicht bekannt, wo sich der Bau befindet. Es handelt sich um ein relativ grosses Revier, bewohnt von etwa 5 Bibern. Es umfasst 61 a Weichholz mit einem Stammesdurchmesser von über 20 cm und 48 a unter 20 cm. Dies ergibt eine Gesamtfläche von 1.09 ha Weichholz. Krautschicht und Grünfläche fehlen im kartierten Gebiet fast vollständig, mit Ausnahme der Grünfläche im Freibad Eichholz (siehe Anhang 1a).

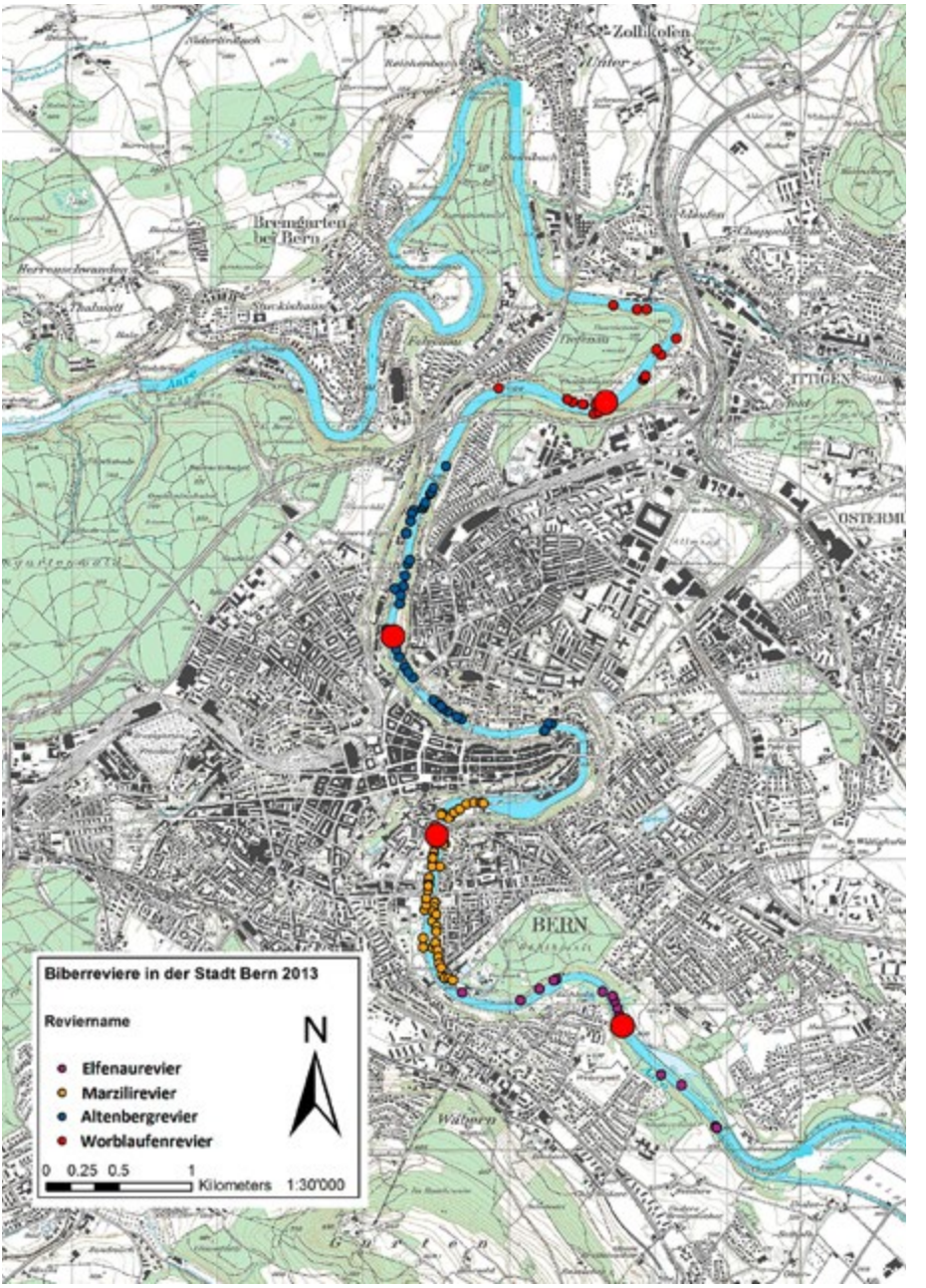


Abbildung 9: Aktuelle Verbreitung der Biber in Bern. Das Altenberg- und Worblaufenrevier bilden zusammen ein einziges Revier. (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA14053))

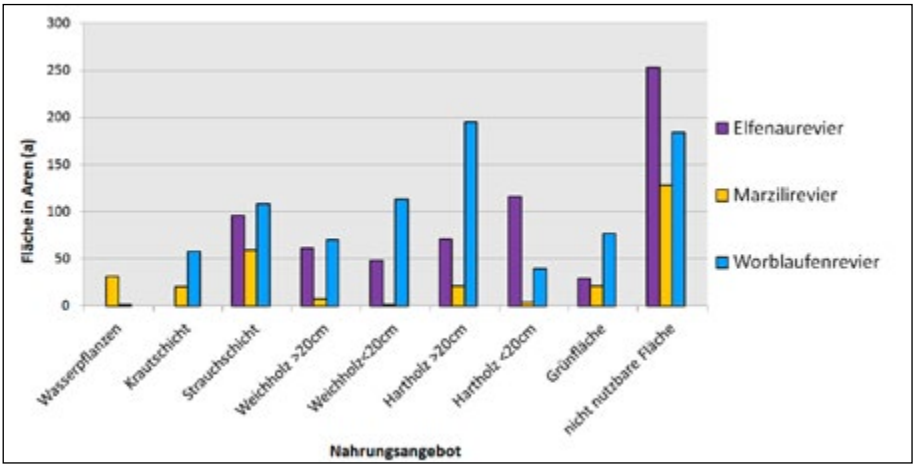


Abbildung 10: Fläche des Nahrungsangebots in Relation mit dem jeweiligen Nahrungstyp und dem jeweiligen Revier.

4.2 Marzilirevier

Das Marzilirevier reicht vom Schönausteg bis zum Schwellenmätteli in Bern. Zusätzlich nutzen die Biber in diesem Revier auch den Dalmazibach (den Abschnitt vom Tierpark Dälhölzli bis zur Mündung in die Aare). Das Marzilirevier wurde zum Zeitpunkt der Kartierung von einem Biberpärchen besiedelt. Allerdings wurde im Frühjahr 2013 aus dem Rechen des Kraftwerks der Matte ein Jungtier gerettet, welches wahrscheinlich aus diesem Revier stammt. Es handelt sich daher um ein vermutlich junges Familienrevier mit 3–4 Bibern (Durchschnitt 3.5), denn laut Zahner et al. (2009) gebären europäische Biber bei ihren ersten Würfen meist nur 1–2 Junge. In diesem relativ kleinen Revier finden sich zahlreiche Spuren. Den Marzili-Bibern stehen ca. 7 a Weichholzangebot mit einem Stammdurchmesser über 20 cm und 1 a Weichholz mit einem Stammdurchmesser unter 20 cm zur Verfügung. Ausser im Marzilibad finden sich kaum Krautschicht oder Grünfläche (siehe Anhang 1b).

4.3 Worblaufenrevier

Das Worblaufenrevier beginnt 200 m flussabwärts der Untertorbrücke und reicht bis zur Tiefenaubrücke bei Worblaufen. Diese Biber nutzen somit ein sehr grosses Gebiet, wobei sie allerdings jeweils über die Staumauer wechseln müssen, um das Gebiet beim Altenberg nutzen zu können. Das Revier wird von einer Biberfamilie besiedelt, es wohnen also ca. 5 Biber in diesem Revier. Es umfasst ca. 113 Aren Weichholz mit einem Stammdurchmesser unter 20 cm und ca. 70 Aren mit einem Stammdurchmesser über 20 cm. Zusätzlich verfügt dieses Revier auch über relativ viel Krautschicht, Wasserpflanzen und Grünfläche (siehe Anhang 1c–d).

5. Diskussion

Gemäss Hummel (2012) ist die Winternahrungsverfügbarkeit der limitierende Faktor für die Anwesenheit einer Biberfamilie. Der Biber ist im Winter in seiner Nahrungswahl stärker eingeschränkt, daher ist es entscheidend, dass die Winternahrungsfläche ausreichend gross ist. Der Biber bevorzugt in der Regel Weichholz wie Weiden und Pappeln, Hartholz frisst er hingegen nur in Ausnahmefällen; und dann meist Sträucher wie Hasel und Hartriegel, Buchen dagegen nur ganz selten (z.B. in der Belpau (pers. Mitt. B. Baeriswyl, 2014)). Somit kann man unter Winternahrung im Wesentlichen das Angebot an Weichholz verstehen (pers. Mitt. Angst, 2013). In der Angabe, wie viel Weichholz benötigt wird, um eine permanente Besiedelung eines Gebietes durch eine Biberfamilie zu gewährleisten, scheiden sich die Geister. Heurich (2004) spricht von 4.5–5.5 ha Gehölzbestockung mit günstiger Durchmesserstruktur. Nolet und Rosell (1994) berechnen eine Fläche von 1.8–6 ha Gehölzangebot. Pagel (1994) betrachtet eine Fläche von 2.5–3 ha als nötig. Zahner (1996) findet, dass 2–3 ha Weideflächen ausreichend seien. Diese verschiedenen Einschätzungen beruhen vor allem auf den unterschiedlichen Annahmen der Autoren z.B. bezüglich Masse an benötigter Bibernahrung, Nutzungsdauer, Regenerationszeit des Gehölzes etc. Ein grosser Bestand an Sommernahrung (Krautschicht, Grünfläche, Wasserpflanzen, Feldfruchtfläche) kann die Winternahrung jedoch auch schonen. Wenn nämlich viel anderes Futter im Sommer vorhanden ist, kann sich der Biber einerseits einen Sommerspeck anfressen, sodass er besser durch den Winter kommt, andererseits wird dadurch auch die Winternahrung geschont, welche ansonsten im Sommer gefressen würde.

Im Folgenden werden die Perspektiven für die 3 Biberreviere aufgezeigt. In der Diskussion wird der Wert von 1.8 ha (Nolet und Rosell, 1994) als Minimalwert betrachtet.

5.1 Diskussion Elfenaurevier

Der Wert der Gesamtfläche von 1.09 ha Weichholz ist im Elfenaurevier (heute ein Familienrevier) deutlich kleiner als das benötigte Minimum an Weichholz von 1.8 ha (Nolet und Rosell, 1994). Da Krautschicht und Grünfläche nur im beschränkten Masse vorhanden sind, werden sich die Biber hier schlecht einen Sommerspeck anfressen können, sodass sie ganz auf Winternahrung angewiesen sind. Aber: Diese Biber nutzen auch den angrenzenden See des Elfenauparks (pers. Mitt. Angst 2013). Dieses Gebiet bietet zusätzliches Weichholz, Wasserpflanzen, Krautschicht und einen relativ naturbelassenen Lebensraum. Damit sieht die Lage für diese Biber nicht so schlecht aus. Dennoch sollten als Hilfestellung zusätzlich Weiden gepflanzt werden.

Abbildung 11: Ein mit Draht umzäunter Baum im Marzilibad.

5.2 Diskussion Marzilirevier

Im Marzili leben momentan etwa 3–4 Biber. Bei einer Fortpflanzung im Jahr 2014 könnte die Familiengrösse allerdings auf ungefähr 5 Biber steigen. Abgesehen von der Tatsache, dass Biber die dicken, verholzten Stämme, welche hier die Mehrheit ausmachen, eher meiden, ergibt sich nur ein winziges Winternahrungsangebot von 8 a. Weiter fällt auf, dass im gesamten Revier viele ältere schöne Bäume, wie zum Beispiel der Baum auf Abbildung 11, als Schutz gegen die Biber mit Gittern umzäunt wurden. Meist macht eine solche Umzäunung durchaus Sinn, da man mitten in der Stadt nicht möchte, dass ein Baum plötzlich auf der Strasse liegt. Auch dienen einige dieser Bäume als Erosionsschutz (Wissmann, 2013) und im Marzilibad natürlich als Schattenspender.

Die Marzili-Biber haben zusätzlich das Problem, dass sie ihr Revier nicht einfach vergrössern können, da flussabwärts, hinter dem Schwellenmätteli, praktisch nur Hartholz zu holen ist, und flussaufwärts bereits eine andere Biberfamilie haust. Im Marzilibad könnte man die Krautschicht nach Möglichkeit teilweise stehen lassen. Um diese Biberfamilie in der Stadt zu halten, müssen jedoch zusätzlich unbedingt neue Weichhölzer gepflanzt werden. Viel Platz dafür bleibt allerdings nicht: Vereinzelt finden sich grössere Flächen, jedoch ist praktisch jeder Quadrat-

meter bereits mit einer anderen Nutzung versehen. Objektiv betrachtet verfügt das Marzilirevier also nicht über ein genügendes Nahrungsangebot, um das Überleben einer Biberfamilie langfristig zu sichern.

5.3 Diskussion Worblaufenrevier

Die Biberfamilie, welche das Worblaufenrevier bewohnt, hat mit 1.83 ha Weichholz vergleichsweise viel Nahrung zur Verfügung. Zudem wurde ein Teil des Reviers aufgrund fälschlicher Annahmen bei der Schätzung des Nahrungsangebots nicht berücksichtigt, das tatsächliche Nahrungsangebot ist demnach noch etwas grösser. Die Biber werden sich hier dank relativ viel Krautschicht und Wasserpflanzen durchaus einen Sommerspeck anfressen können, sodass die Winternahrung geschont wird. Dank dem ausgedehnten Revier ist die langfristige Besiedelung durch diese Biber somit sehr wahrscheinlich.

5.4 Fazit

In Bern bleibt kein Platz für neue Biber, dies hat die Biberspurenkartierung deutlich gezeigt. Innerhalb des Stadtgebietes von Bern wurden drei Reviere vorgefunden, womit Bern relativ durchgehend besetzt ist. Es hat zwei Familienreviere mit vermutlich 5 Bibern und ein junges Familienrevier mit 3–4 Bibern. Es ergibt sich somit ein Gesamtbestand von etwa 13–14 Bibern. Die Abstände zwischen der letzten Spur des einen Reviers und der ersten Spur des anderen sind klein (max. 1000 m, min. 80 m), und es kann davon ausgegangen werden, dass der Zwischenraum durch beide Reviere früher oder später genutzt werden wird. Die Zahl der Biber wird sich, wenn überhaupt, nur minimal erhöhen. Unter der Annahme, dass das Marzilirevier (aktuell mit 3–4 Bibern) bereits 2014 wie die anderen Familienreviere auch 5 Biber beherbergen wird, kann sich der Biberbestand somit auf maximal 15 Biber erhöhen.

In der aktuellen Situation bezüglich Nahrungsangebot und Biberzahl ist eines der drei gefundenen Reviere (das Worblaufenrevier) sicher langfristig besiedelbar, ein Revier eher nicht (Elfenaurevier) und ein Revier (das Marzilirevier) sicher nicht. Um das Abwandern dieser Biber zu verhindern, müsste die Stadt Bern aktiv Gegenmassnahmen ergreifen. Eine erste einfache Massnahme wäre eine Erhöhung der Verfügbarkeit von Krautschicht und Grünfläche. Praktisch entlang der gesamten Aare in der Kernstadt zieht sich ein schmaler Randstreifen mit einer nahrungsattraktiven Krautschicht, welcher das Ufer vom Weg trennt. Allerdings wird häufig schnell mal der Mäher gezückt und alles abgeschnitten. Hier könnte man sicher Verbesserungen bringen: Nicht alles sollte gleich runtergemäht werden, sondern man könnte die Krautschicht an einigen Stellen stehen lassen. So können sich die Biber einen Sommerspeck anfressen und verbrauchen ihren Winternahrungsvorrat nicht so schnell. Eine weitere sinnvolle Massnahme wäre das Anpflanzen von Weiden oder Pappeln entlang der Aare. So würden der Weichholzbestand und damit auch die Winternahrung aufgestockt.

Falls die empfohlenen Massnahmen angewendet würden, wären zwei Reviere mit grösster Wahrscheinlichkeit langfristig besiedelbar. Nur beim Marzilirevier könnte es immer noch knapp werden, da hier ein sehr grosses Manko an Weichholz besteht. Diese Biber werden in Zukunft wohl ab und zu keinen Nachwuchs aufziehen können, im schlimmsten Fall würden sie das Revier verlassen. Dann würde der Weichholzbestand nachwachsen und irgendwann käme wohl ein neuer Biber. Fakt ist: Wenn die Stadt will, dass die Biber bleiben, dann muss sie etwas dafür tun. Die Aussichten dafür sind gut: Sabine Tschäppeler von der Stadtgärtnerei sagt, dass sich die Bevölkerung über den Biber freut. Deshalb wird seine Anwesenheit unterstützt (Wissmann, 2012).

Mein persönliches Fazit: Im Moment könnte man Bern gut in *Biber*n umtaufen, leben doch mehr Biber als Bären in der Stadt. Dennoch: Wenn alles so bleibt wie es ist, dann müsste man den Namen bald wieder ändern. Und auch wenn Massnahmen ergriffen werden, klingt Bern doch viel schöner als *Biber*n, und besorgte *Biber*ner – nein, Berner – müssen sich keine Sorgen um den Namen ihrer Stadt machen.

6. Quellenverzeichnis

Angst, Christof (2007): Gesamtschweizerische Biber-Bestandeserhebung Winter 2007/2008: Anleitung für die Feldarbeit; Biberfachstelle (Neuenburg) und Schweizer Zentrum für Kartographie der Fauna (Neuenburg).
http://www.cscf.ch/files/content/sites/cscf/files/shared/documents/castor/deutsch/Dossier_d.pdf

Angst, Christof (2010): Mit dem Biber leben. Bestandeserhebung 2008, Perspektiven für den Umgang mit dem Biber in der Schweiz, Bundesamt für Umwelt (Bern) und Schweizer Zentrum für Kartographie der Fauna (Neuenburg).
http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01543/index.html?lang=de

Heurich, Marco (2004): Einfluss des Bibers (Castor fiber albicus) auf Zusammensetzung und Struktur der gewässerbegleitenden Gehölzvegetation eines Mittelgebirgsbachs (Beiträge zur Naturkunde in Osthessen 40, S. 23–46.)

Hummel, Sarah (2012): Methodenentwicklung zur Qualifikation von Biberhabitaten, Semesterarbeit, Wädenswil (Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW)

Nolet, Bart. A; Rosell, Frank (1994): Territoriality and time budgets in beavers during sequential settlement. Canadian Journal of Zoology, 1994, 72(7): 1227–1237, 10.1139/z94–164

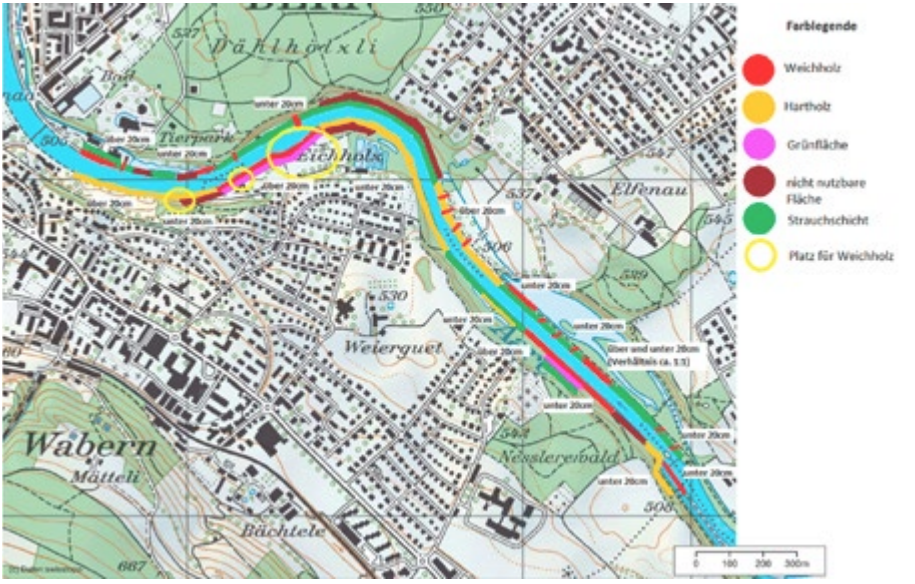
Wikipedia, die freie Enzyklopädie (2013): Stratifikation, Download am 12.07.2013 von
http://de.wikipedia.org/wiki/Stratifikation_(%C3%96kologie)

Wissmann, Reto (2013): In Bern wird es eng für den Biber, *Der Bund;* Ausgabe vom 28.02.2012

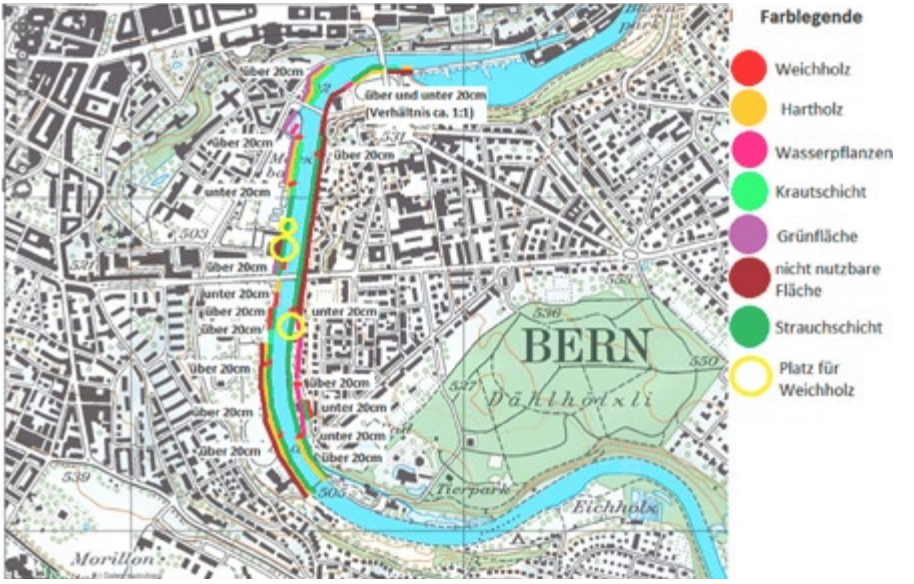
Zahner, Volker (1996): Einfluss des Bibers auf gewässernahe Wälder; Ausbreitung der Population sowie Ansätze zur Integration des Bibers in die Forstplanung und Waldbewirtschaftung in Bayern, München, Herbert Utz Verlag Wissenschaft.

Zahner, Volker; Schmidbauer, Markus; Schwab, Gerhard (2005): Der Biber. Die Rückkehr der Burgherren, Amberg, Buch & Kunstverlag Oberpfalz.

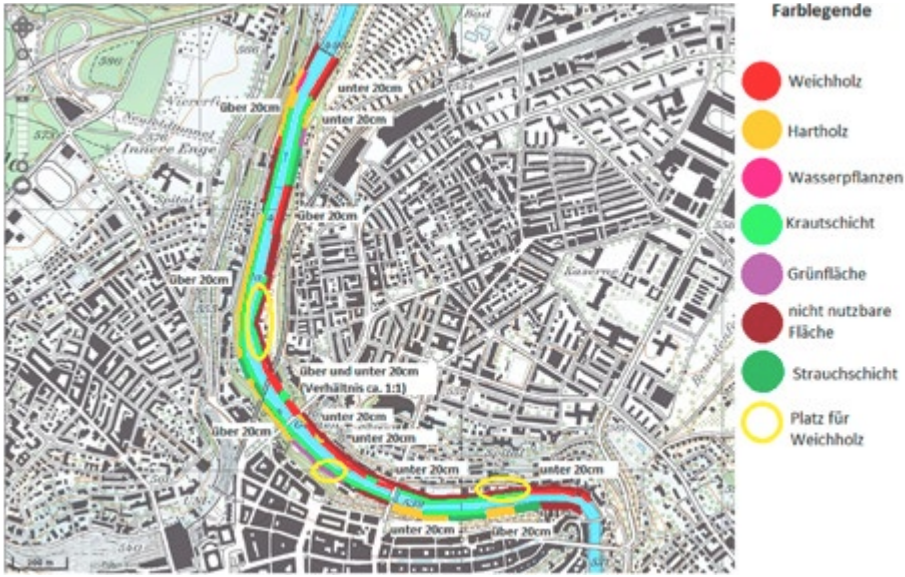
Anhang 1a–d: Kartierung des Nahrungsangebotes



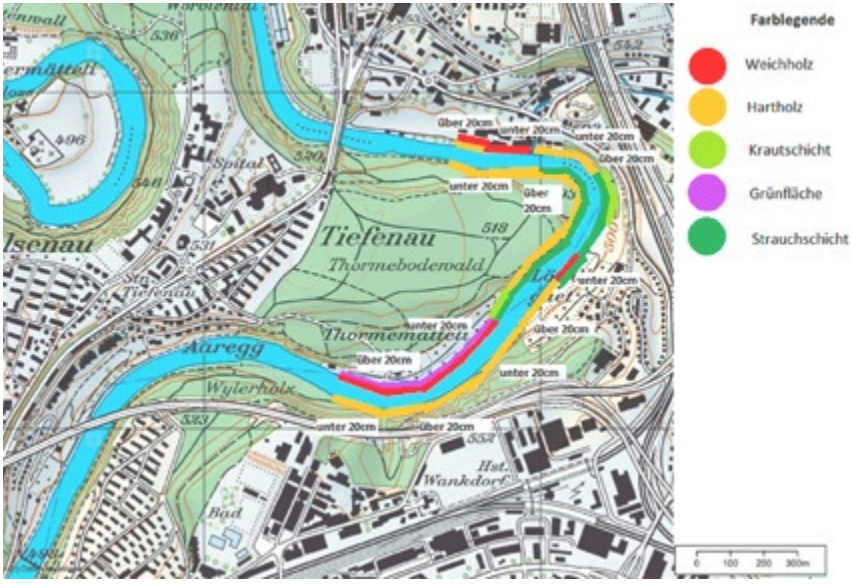
Anhang 1a Kartierung des Nahrungsangebotes im Elfenaurevier.
(Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [BA14053])



Anhang 1b Kartierung des Nahrungsangebotes im Marzilirevier.
(Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [BA14053])



Anhang 1c Kartierung des Nahrungsangebotes im Worblaufenrevier.
(Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [BA14053])



Anhang 1d Kartierung des Nahrungsangebotes im Worblaufenrevier.
(Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [BA14053])

Sarah Hummel[1], Andreas Boldt[2], Katrin Bieri Willisch[2] und Christian Willisch[2]

Der Rothirsch kehrt ins Mittelland zurück – Charakterisierung von Tageslagern im Sommereinstandsgebiet

Zusammenfassung

Nach der erfolgreichen Wiederbesiedlung des Schweizer Voralpen- und Alpenraums breitet sich der Rothirsch (Cervus elaphus) langsam wieder im Mittelland aus. Dessen Lebensbedingungen unterscheiden sich jedoch grundlegend vom Berggebiet. Die Fragmentierung der Lebensräume und die anthropogene Störungsbelastung sind um ein Vielfaches höher, was Änderungen im Verhalten der dort ansässigen Rothirsche bedingen könnte. Weil fundierte Grundlagen zur Beurteilung solcher Verhaltensänderungen bisher jedoch fehlten, wurde in der vorliegenden Studie erstmals die Tageseinstandswahl (Rückzugsflächen) von Rothirschen im Mittelland näher untersucht. Dazu standen GPS-Daten von drei besenderten Rothirschen (♂ =2, ♀=1) aus dem Berner und Solothurner Mittelland zur Verfügung. Insgesamt konnten für den Zeitraum Juni bis Juli im Wald (n=28) und Kulturland (n=12) 40 Liegeplätze aufgenommen und mit dem umliegenden Lebensraumangebot verglichen werden.

Die Liegeplätze der Hirschkuh in den Monaten Juni–Juli lagen gut zur Hälfte ausserhalb des Waldes in Raps- und Maisfeldern, während die beiden Stiere ausschliesslich Liegeplätze im Wald wählten. Bei den Liegeplätzen im Wald wurde eine Bevorzugung von Dickungsflächen festgestellt; von 28 untersuchten Einständen befanden sich 27 innerhalb einer Dickung (junger Baumbestand mit einer Bestandeshöhe >1.3 m und einem Brusthöhendurchmesser der Stämme <12 cm). Weder Mikroklima, Äsungsangebot noch Distanzen zu Strassen oder Waldrand hatten einen relevanten Einfluss auf die Wahl der Liegeplätze. Der einzige Faktor, welcher die Wahl der Tiere nachweislich beeinflusste, war der Sichtschutz. So war die Sichtdistanz in den Tageseinständen enorm niedrig und im Durchschnitt auf 6 m beschränkt. Das Bedürfnis nach Sichtschutz scheint daher im Mittelland im Vordergrund zu stehen. Durch die Wahl von Liegeplätzen in Dickungen wird dies auf idealste Weise gewährleistet, weshalb diese Waldentwicklungsstufe auch beim Management der Tiere berücksichtigt werden sollte.

[1] Universität für Bodenkultur, Wien. [2] FaunAlpin GmbH, Bern

1. Einleitung

Mitte des 19. Jh. war der Rothirsch *(Cervus elaphus)* in der gesamten Schweiz vollständig ausgerottet. Hauptursachen waren der zunehmende Jagddruck auf Grund verbesserter Schusswaffen, Hungersnöte in Folge der Französischen Revolution, der schlechte Ruf der Rothirsche als Schädlinge der Land- und Forstwirtschaft sowie die massive Übernutzung der Wälder. Erst dank eines konsequenten Schutzes durch die Bundesverfassung von 1874 setzte die Wiederbesiedlung der Schweiz ein. Ab 1961 stiessen erste Tiere über den Brünig in den Kanton Bern vor und breiteten sich aus (Righetti & Huber, 1983). Im Kanton Bern ist der Bestand seither einem stetigen Wachstum unterworfen, wobei heute wieder von rund 1'100 Tiere ausgegangen wird (BAFU, 2013). Der Hauptbestand beschränkt sich jedoch noch immer auf die Voralpen- und Alpenregionen des Kantons (Ruhlé & Juesy, 2006), die Populationsgrösse im Berner und Solothurner Mittelland blieb hingegen sehr gering und wird im Grossraum zwischen Burgdorf, Solothurn, Langenthal und Olten auf nur gerade 15–20 Individuen geschätzt (Willisch & Boldt, 2012).

Die Wiederbesiedlung des Mittellandes ist also eine relativ neue Entwicklung. Noch 1977 und 1997 sahen die Hirschkonzepte des Kantons Bern vor, die flächendeckende Ausbreitung des Rothirsches ins Mittelland zu verhindern. Erst die Jagdverordnung von 2003 erliess die gesetzlichen Rahmenbedingungen, um eine natürliche waldverträgliche Verbreitung des Rothirsches über den ganzen Kanton zu ermöglichen (Ruhlé & Juesy, 2006).

Die Lebensbedingungen im Mittelland unterscheiden sich grundlegend von jenen der Voralpen- und Alpenregionen. Die ganzjährig grössere Verfügbarkeit und höhere Qualität der Nahrungsressourcen sowie die geringeren Schneemengen dürften physiologische Vorteile bieten und sich positiv auf die Konstitution auswirken. Andererseits sind die Lebensräume viel stärker fragmentiert und auch die anthropogene Störungsbelastung durch Freizeitaktivitäten wird in den entsprechenden Gebieten um einiges höher eingeschätzt (Righetti, 2002). Es war deshalb zu vermuten, dass der Rothirsch im Mittelland ein gegenüber den Voralpen und Alpen angepasstes Verhalten zeigt/aufweist, welches ihm ermöglicht, mit den besonderen Umweltbedingungen einer stark genutzten und fragmentierten Landschaft zurecht zu kommen. Aufgrund des allgemein hohen Sicherheitsbedürfnisses des Rothirsches konnten dabei insbesondere Unterschiede in der Selektion der Tageseinstände (tagsüber genutzte Rückzugsorte des Wildes) erwartet werden.

Rothirsche weisen als Wiederkäuer normalerweise einen 24-h-Aktivitätsrhythmus auf, bei dem sich Nahrungsaufnahme, Wiederkäuen und Ruhephasen abwechseln (Kamler et al., 2007). In Lebensräumen mit einer hohen anthropogenen Nutzungsintensität verschieben sie ihre Hauptaktivitätsphasen jedoch auf die Dämmerung und Nacht und treten praktisch nur noch im Schutz der Dunkelheit zur Nahrungsaufnahme auf offene Flächen aus (Zweifel-Schielly et al., 2009;

Kamler et al., 2007; Georgii, 1980). Ungestörte Liegeplätze während des Tages sind daher von zentraler Bedeutung, da Rothirsche, besonders während Phasen des Wiederkäuens, sehr sensibel auf Störungen reagieren (Georgii, 1980). Optimale Tageseinstände müssen daher Schutz vor Störungen durch potenzielle Prädatoren und menschliche Aktivitäten gewährleisten, daneben werden aber auch weiteren Faktoren wie den mikroklimatischen Verhältnissen und der Nahrungsverfügbarkeit eine zentrale Rolle zugeschrieben (Adrados et al., 2008; Borkowski & Ukalska, 2008; Millspaugh et al., 1998; Peek et al., 1982; Georgii, 1980).

In dieser Studie wurde angenommen, dass die Standortwahl für ein Tageslager innerhalb des Waldes durch die Rothirsche nach bestimmten Kriterien erfolgt. Als Tageslager wird dabei ein punktueller Aufenthaltsort des Wildes während des Tages bezeichnet (wird auch synonym mit Liegeplatz verwendet). Ziel dieser Arbeit war es, die dafür ausschlaggebenden Auswahlkriterien (Äsungsangebot, Störungsschutz und/oder Mikroklima) herauszuarbeiten und die Einstände zu charakterisieren.

2. Untersuchungsgebiet

Das Mittelland ist die am dichtesten besiedelte Region der Schweiz, deren Erschliessungsdichte (Länge der Waldstrassen pro Hektare Wald) beträgt ungefähr 59 m/ha (im Vergleich dazu der Alpenraum mit einer Erschliessungsdichte von ca. 13 m/ha) (LFI3, 2004/06). Das dichte Siedlungs-, Strassen- und Eisenbahnnetz sowie die intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung führen zu einer starken Fragmentierung der Lebensräume und zu einer hohen anthropogenen Störungsbelastung, nicht zuletzt durch unser Freizeitverhalten. Innerhalb des Perimeters ist der Verlauf der Autobahn A1 für das Wild besonders einschneidend, da diese wichtige Wanderkorridore zwischen dem Mittelland und dem Jura unterbricht.

Für die Untersuchung der Tageseinstände standen Daten von drei mit GPS-Halsbändern ausgerüsteten Rothirschen im Grossraum zwischen Burgdorf, Solothurn, Olten und Langenthal zur Verfügung, welche von FaunAlpin für Projekte im Auftrag des BAFU und der Kantone Bern und Solothurn gesammelt worden waren (Willisch & Boldt, 2012; Willisch et al., 2011). Die Grenzen des Untersuchungsgebietes entsprachen daher diesem Projektgebiet, welches auf der bekannten Verbreitung des Rothirsches im Berner und Solothurner Mittelland basiert. Aktuell wird in diesem Gebiet von einer Population von 15–20 Individuen ausgegangen (Willisch & Boldt, 2012).

Aufgrund der GPS-Daten der drei besenderten Tiere ergaben sich für die Erhebung der Tageseinstände Schwerpunktgebiete in den Gemeinden Kestenholz – Niederbuchsiten – Wolfwil des Bezirks Gäu (SO), in den Gemeinden Subingen – Deitingen des Bezirks Wasseramt (SO) sowie im Gebiet zwischen den Gemeinden Willadingen und Ersigen im nördlichen Teil des Verwaltungskreises Emmental (BE).

3. Methode

3.1 GPS-Daten

Für die Projekte «Rothirschförderung im Jurabogen» und «Rothirsch Mittelland» wurden 2011 und 2013 zwei Stiere und eine Hirschkuh im Berner und Solothurner Mittelland mit GPS-Telemetrie-Halsbändern ausgestattet, deren Daten für diese Arbeit zur Verfügung standen *(Abb. 1)*.

Der Fang und die Besenderung des Hirschstiers Ardy erfolgte im Frühjahr 2011. Dessen Lokalisationsdaten waren also während der Feldbegehung (2013) bereits zwei Jahre alt. Die anderen beiden Tiere, Wika und Yano, wurden im Frühjahr 2013 besendert. Es handelte sich deshalb um aktuelle Positionsdaten. Nächtliche Sichtbeobachtungen im Untersuchungszeitraum haben gezeigt, dass Yano meist alleine unterwegs war, während Wika ein Kalb führte und teilweise in Begleitung eines Schmaltiers (weibliches Rotwild im zweiten Lebensjahr) beobachtet werden konnte.

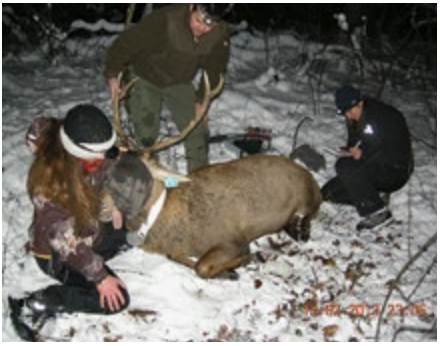


Abbildung 1: Besenderung von Yano (links) und Wika (rechts) im Winter 2012–13 durch Mitarbeitende von FaunAlpin sowie Helfer der Kantone Bern und Solothurn. Alle Tiere wurden beim Fang mit einem GPS-Telemetrie-Halsband ausgestattet, daneben erhielten sie nummerierte Ohrmarken zur individuellen Identifizierung im Feld (Foto: C. Willisch, Faun-Alpin GmbH, Bern).

In der Regel sind die Hirsche im Mittelland nachtaktiv, so dass tagsüber nur selten grössere Ortsverschiebungen stattfinden. Die Halsbänder waren deshalb so programmiert, dass tagsüber weniger GPS-Lokalisationen erfolgten als nachts. Bei Ardy wurde tagsüber alle zwei Stunden eine Position erhoben, bei Wika und Yano jede Stunde. Aus diesem Grund standen bei den beiden letztgenannten Tieren auch mehr Positionsdaten für die Ermittlung der Tageseinstände zur Verfügung.

3.2 Bestimmung der Stichprobenflächen

3.2.1 Eingrenzung der Tageseinstände

Da die Vegetation im Frühsommer noch im Wachstum begriffen und weniger stark ausgeprägt ist als im Sommer, wurde der Zeitraum der Aufnahmen auf die Monate Juni und Juli 2013 eingegrenzt. Dies v.a. um die Vergleichbarkeit der Aufnahmen zu gewährleisten.

Für die Bestimmung der Tageseinstände wurde der Zeitraum zwischen 7.00 und 18.00 Uhr festgelegt, da in diesem Zeitfenster normalerweise grossräumige Ortsverschiebungen der Tiere ausblieben. Als erstes wurden auf einer Karte Standorte mit einer Häufung von Positionen visuell eingegrenzt und anschliessend die einzelnen Tageseinstände definiert. Als abgrenzbare Tageseinstände galten nur Standorte, welche mindestens 4 (Ardy) bzw. 8 (Yano & Wika) aufeinanderfolgende Lokalisationen mit einem maximalen Abstand von 50 m enthielten. Sofern ein Standort Positionsdaten von mehreren Tagen mit einem Maximalabstand von 50 m enthielt, wurden diese zu einem einzelnen Tageseinstand zusammengefasst.

Beim Übertagen der Tiere auf dem offenen Feld waren die Verschiebungen grösser. Tageseinstände liessen sich daher nicht so einfach eingrenzen wie im Wald. Die Bedingungen innerhalb einer Kulturfläche blieben im Gegensatz zum Wald mit seinem kleinräumigen Bestandesmosaik hingegen relativ konstant. Der Maximalabstand wurde daher in diesen Fällen auf 200 m vergrössert.

Um die Erhebung von Einständen zu verhindern, welche nur auf Grund von Störungen (z.B. durch Hunde oder Spaziergänger) aufgesucht worden waren, wurden nur Einstände untersucht, welche mindestens während zwei Tagen (aufeinanderfolgend oder unabhängig) durch die Hirsche genutzt worden waren. Dies galt allerdings nicht für Tageslager auf dem Feld, dort erfolgte auf Grund des minimierten Aufwandes und der Besonderheit der Liegeplätze eine Aufnahme sämtlicher Einstände.

3.2.2 Ermittlung der Zentren von Tageseinständen und Referenzflächen

Nach der im vorangehenden Kapitel beschriebenen visuellen Eingrenzung der Tageseinstände erfolgte die Ermittlung von deren hypothetischen Mittelpunkten. Diese wurden mittels dem Spatial Statistics Tool «Mean Center» (geografischer Mittelpunkt der einzelnen GPS-Positionen) in ArcGIS 9 berechnet und bildeten das Zentrum der Stichprobenflächen für die anschliessenden Feldaufnahmen.

Aus den Aufnahmen der Tageseinstände lässt sich nicht auf das generelle Lebensraumangebot in diesem Waldstück schliessen. Um das generelle Lebensraumangebot zu quantifizieren und dieses mit den durch die Hirsche selektierten Einständen vergleichen zu können, wurde jedem Tageseinstand eine Stichprobenfläche als Referenz zugeordnet, auf welcher identische Aufnahmen wie in den Tageseinständen durchgeführt wurden.

Das Zentrum der Referenzfläche wurde durch Würfeln bestimmt, indem die gewürfelte Augenzahl die Himmelsrichtung vorgab, in welcher der Mittelpunkt der Referenzfläche im Bezug zum Zentrum des Tageslagers in einer Distanz von 200 m zu liegen kam (1=Norden, 2=Osten, 3=Süden, 4=Westen). Wurde eine Augenzahl von 5 oder 6 gewürfelt oder kam das Zentrum der Referenzfläche ausserhalb des Waldes, auf einem Weg, einer Wasserfläche, einer anthropogenen Einrichtung (z.B. Grillplatz) oder innerhalb eines 100 m Radius von anderen Tageseinständen zu liegen, wurde der Würfelvorgang so oft wiederholt, bis sämtliche Kriterien erfüllt waren.

3.3 Vorgehen im Feld

3.3.1 Aufsuchen der Stichprobenflächen

Mittels GPS-Gerät, Kompass und Karte konnten die Zentren der Stichprobenflächen aufgesucht und auf 3–11 m genau bestimmt werden. Diese vom GPS-Gerät angegebene Genauigkeit war in erster Linie vom Kronenschlussgrad (Mass für die Flächenbesetzung der Baumkronen in einem Wald) abhängig.

Bei den Referenzflächen sowie den Lagerplätzen von Ardy diente das berechnete «Mean center» als Zentrum der Aufnahmefläche. Bei den Einständen von Wika und Yano wurde hingegen im näheren Umkreis nach Anzeichen für die Liegeplätze der Tiere Ausschau gehalten. Diese dienten dann als Zentrum, wodurch Fehler bei der anschliessenden Aufnahme der Standortfaktoren (z.B. Besonnung der Liegefläche) minimiert werden konnten.

Die Aufnahme der Standortfaktoren fand innerhalb eines 10-m-Radius um den mit einem Pylon (Verkehrskegel) markierten Mittelpunkt herum statt, was ungefähr einer Stichprobenfläche von 300 m^2 entsprach.

3.3.2 Erhebung der Standortfaktoren

Auf den einzelnen Stichprobenflächen wurde eine Reihe von Standortfaktoren erhoben *(Tab. 1)*.

Die Bestandesansprache des Waldes beruht auf den Kriterien der Wegleitung Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald «NaiS» (Frehner et al., 2005). Die Schätzung der Deckungsgrade erfolgte mit Unterstützung der Hilfstafel von Gehlker (1977).

Distanzen zwischen Aufnahmefläche und Waldrand sowie zur nächstgelegenen Strasse wurden mittels ArcGIS ermittelt, während die Sichtbarkeitsdistanz im Feld mit Hilfe eines Laser-Entfernungsmessgeräts bestimmt wurde. Dazu wurde die Distanz zu einem im Zentrum aufgestellten Pylon schrittweise vergrössert, bis dieser in einer Höhe von 1 m zum letzten Mal erkennbar war. Dieser Vorgang wurde für alle vier Haupthimmelsrichtungen wiederholt. Lag der Mittelpunkt der Aufnahmefläche in der Nähe eines Waldrandes, so dass die Sichtdistanz theoretisch uneingeschränkt war, so wurde ein Maximalwert von 100 m eingetragen.

Die Sichtbarkeit des Pylons vom nächsten Weg aus wurde durch Abschreiten eines 100-m-Transektes bestimmt. Der Strassenabschnitt mit der kleinsten Distanz zum Aufnahmezentrum diente als Ausgangspunkt des Transektes. Ausgehend von diesem Punkt wurde der Weg in der Mitte in beide Richtungen auf einem Transekt von 50 m abgeschritten und die jeweilige Sichtbarkeit des Pylons in Sichtbarkeitskategorien festgehalten.

Zum Schluss wurde der Pylon entfernt und an dieser Stelle ein Sonnenkompass (forstwirtschaftliches Instrument zur Bestimmung der Sonneneinstrahlung an einem bestimmten Standort) platziert, um die Anzahl Sonnenstunden sowie die Sonnenzeiten für den Monat Juli auf dem Liegeplatz der Hirsche zu erfassen.

Die Deckungsgrade wurden in 5% –, die Höhe der Strauchschicht in 5 cm – und die Anzahl Sonnenstunden in 0.5-h-Schritten erhoben.

Aspekt	**Aufnahme**	**Standortfaktoren**
Bestandesansprache		
nach NaiS (Frehner et al., 2005)	10 m Radius	Entwicklungsstufe des Waldes
		Zusammensetzung des Bestandes
		Kronenschlussgrad
Äsungsangebot		
	10 m Radius	Deckungsgrad Krautschicht <0.5 m (%)
		Dominierende Arten Krautschicht
		Höhe der Krautschicht (m)
		Deckungsgrad Strauchschicht <1.5 m (%)
		Dominierende Arten Strauchschicht
Störungsschutz		
	Distanzmessung	Distanz zum Waldrand (m)
		Distanz zu Strassen/Wegen (m)
	Kategorie	Strassen- bzw. Wegkategorie
	Distanzmessung	Sichtdistanz in 1 m Höhe (m)
	100 m Transekt	Sichtbarkeit vom nächstgelegenen Weg (%)
Mikroklima		
	10 m Radius	Deckungsgrad Strauchschicht <5 m (%)
		Deckungsgrad Baumschicht (%)
	Mean center	Sonnenzeiten im Juli (Zeitfenster)
		Anzahl Sonnenstunden im Juli (h)

Tabelle 1: Beschreibung der auf den Tageseinständen und Referenzflächen erhobenen Standortfaktoren.

3.4 Statistische Analyse der Daten

Die Frage nach dem Einfluss der erhobenen Standortfaktoren auf die Wahl der Tageseinstände sollte durch ein Modell ermittelt werden, welches die multifaktorielle Struktur der Daten berücksichtigt.

Für die statistische Analyse (mittels der Statistiksoftware R) standen jedoch eine grosse Anzahl Parameter zur Verfügung, welche nicht alle sinnvoll in ein multifaktorielles Modell integriert werden konnten. Einige der unabhängigen Variablen wiesen eine hohe Korrelation auf, so dass eine Reduktion notwendig war. Bei Variablen mit einer hohen Korrelation (Spearman $r > 0.7$) wurde daher nur die jeweils ökologisch aussagekräftigere ins Modell aufgenommen. Das heisst entweder die besser quantifizierbare Variable (z.B. Sichtdistanz über Entwicklungsstufe) oder diejenige, welche die Voraussetzungen für die andere bildete (z.B. Baumdeckungsgrad über Lichteinfall). Durch dieses Reduktionsverfahren blieben schlussendlich noch die folgenden Standortfaktoren für die Analyse übrig:

Äsungsangebot:
– Nahrungsindex (Produkt aus Deckungsgrad und Höhe der Krautschicht)

Störungsschutz:
– Distanz zum Waldrand
– Distanz zu Strassen/Wegen
– Sichtdistanz

Mikroklima:
– Deckungsgrad der dominierenden Bestockung (DG Strauch- oder Baumschicht)

Für die multifaktorielle Analyse wurde das sogenannte «Generalized Linear Mixed-Effects Modell (GLMM)» mit binomial verteilten Fehlern verwendet. Die Nutzung einer Stichprobenfläche als Tageseinstand (Hirscheinstand ja/nein) wurde in Abhängigkeit der oben genannten Faktoren modelliert. Diese flossen als sogenannte Fixed Effects ins Modell ein. Die Variablen Standort (Paare mit dem Tageseinstand und der dazugehörigen Referenzfläche) sowie die drei Individuen (Ardy, Wika und Yano) wurden als Random Effects ins Modell integriert (Crawley, 2007). Die Ausgangslage für die Bestimmung der relevanten Faktoren bildete ein Voll-Modell, welches alle fünf oben aufgeführten Faktoren enthielt. In der Folge wurden schrittweise alle Faktoren ohne signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable eliminiert. Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl eines Modells diente der AIC-Wert (Akaike Information Criterion). Da es sich um eine relativ kleine Stichprobengrösse handelte und die Parameterzahl im Vergleich zu dieser relativ umfangreich war, wurde der Bias-korrigierte AIC_{corr} verwendet (Crawley, 2007). Von zwei Modellen wurde jeweils dasjenige mit dem tieferen AIC_{corr}-Wert verwendet, wobei bei einer Differenz <2 das sparsamere Modell mit weniger Faktoren ausgewählt wurde.

4. Ergebnisse

Insgesamt wurden zwischen dem 19.7. und dem 7.8.2013 6 Tageseinstände von Ardy, 23 von Wika (12 auf dem Feld, 11 im Wald), 11 von Yano sowie die dazugehörigen Referenzflächen aufgenommen. Bei den aktuellen Positionsdaten von Wika und Yano gelang es dank des berechneten «Mean centers», in sämtlichen Fällen die tatsächlichen Liegeplätze ausfindig zu machen. Die Abweichung der Liegeplätze zum berechneten «Mean center» betrug nie mehr 10 m, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass auch die berechneten Tageseinstände von Ardy ähnlich verlässlich waren.

Auf dem Feld war es nicht möglich, alle «Mean center» aufzusuchen, da dies vor allem in den Rapskulturen zu erheblichen Flurschäden geführt hätte. Diese Einstände mussten daher vom Rand her beurteilt werden, was aber auf Grund der Homogenität der Felder gut möglich war.

4.1 Tageseinstände in landwirtschaftlichen Kulturen

Wika hielt sich in den Monaten Juni und Juli während insgesamt 26 Tagen auf dem offenen Feld auf. Das heisst, sie kehrte tagsüber nicht in den Wald zurück, sondern suchte sich ein Tageslager innerhalb einer Kultur. Bis Mitte Juli waren dies ausschliesslich Rapsfelder, als jedoch ab Woche 29 mit der Ernte dieser Felder begonnen wurde, verlegte sie ihre Einstände in Maiskulturen *(Abb. 2)*.

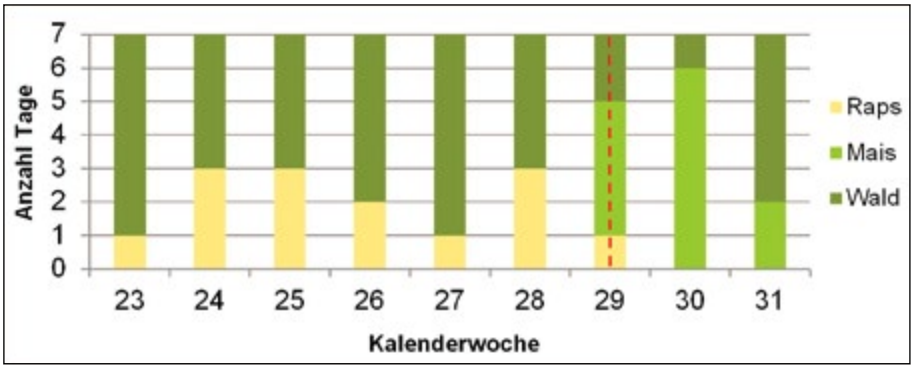


Abbildung 2: Anzahl der Tageslager von Wika während der Monate Juni und Juli innerhalb von Raps- bzw. Maiskulturen und im Wald (rot gestrichelte Linie: Zeitpunkt der Rapsernte).

Die Höhe der beiden Kulturen, die Seitentriebe und der Blütenstand des Rapses sowie die breiten hängenden Blätter des Maises bilden ein schwer einsehbares Dickicht, welches den Tieren bereits wenige Meter im Innern gute Deckung gewährt.

So war keines der Tageslager von einem Weg aus einsehbar, obwohl die Distanzen zu vorbeiführenden Wegen und Strassen mit durchschnittlich 40 m (Raps)

bzw. 75 m (Mais) relativ niedrig waren. Die Distanzen zum Wald als potenziellen Zufluchtsort bei massiven Störungen im Tageseinstand waren hingegen mit bis zu einem Kilometer überraschend hoch *(Tab. 2)*.

	Kultur	**Raps**		**Mais**	
	Anzahl Aufenthaltstage	14		12	
	Standortfaktoren	m	sd	m	sd
Äsungsangebot	Deckungsgrad Krautschicht	8 %	6	0 %	0
	Höhe der Krautschicht	5 cm	0	0 cm	0
Störungsschutz	Distanz zum Weg/Strasse	40 m	19	75 m	36
	Distanz zum Wald	435 m	296	885 m	168
	Sichtdistanz	10 m	0	14 m	0
	Lager vom Weg aus sichtbar	0 %	0	0 %	0
	Höhe der Kultur	1.4 m	0	2.2 m	0.3
Mikroklima	Deckungsgrad der Kultur	80 %	0	55 %	0

Tabelle 2: Erhobene Standortfaktoren zu den Parametern Äsungsangebot, Störungsschutz und Mikroklima im Vergleich zwischen Raps- und Maiskulturen (m = Mittelwert, sd = Standardabweichung).

4.2 Tageseinstände im Wald

4.2.1 Bestandesansprache

Bei einer auf rein waldbaulichen Kriterien beruhenden Charakterisierung der Stichprobenflächen kann bei der Wahl der Tageseinstände eine Bevorzugung von Dickungsflächen festgestellt werden *(Abb. 3)*. In den Referenzflächen waren die Waldbestände relativ gleichmässig über die unterschiedlichen Altersklassen verteilt, im Gegensatz dazu befanden sich von 28 untersuchten Rothirschtageseinständen 27 innerhalb einer Dickungsfläche (Bestandeshöhe >1.3 m, Brusthöhendurchmesser der Stämme <12 cm). Dabei war die Dominanz der jeweiligen Bestockung massgebend für die Einteilung in die verschiedenen Altersklassen; knapp $^{2}/_{3}$ der Einstände bestanden aus reinen Dickungen, ungefähr $^{1}/_{3}$ wies noch Überhälter auf (ältere, höhere Bäume), was auf die gewählte waldbauliche Methode bei der Waldverjüngung zurückzuführen ist.

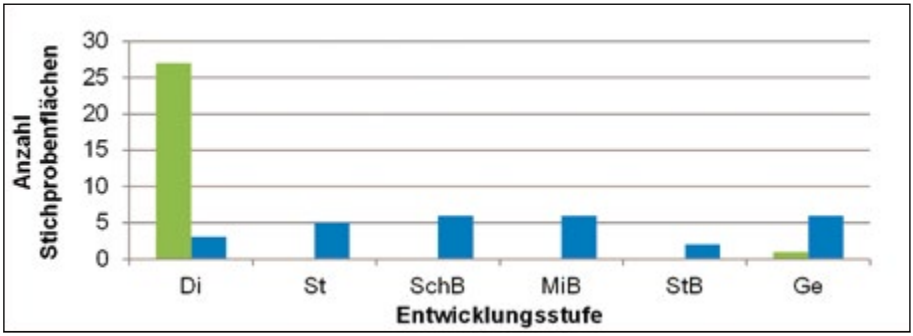


Abbildung 3: Verteilung der Altersklassen der dominanten Bestockung in den Tageseinständen (grün) und Referenzflächen (blau) (Di = Dickung, St = Stangenholz, SchB = Schwaches Baumholz, MiB = Mittleres Baumholz, StB = Starkes Baumholz, Ge = Gemischt).

Sowohl die Bestandeszusammensetzung als auch der Kronenschlussgrad auf den Stichprobenflächen waren in den Tageseinständen und Referenzflächen ähnlich verteilt *(Abb. 4)*. Es fällt einzig das weitgehende Fehlen von Mischbeständen in den Tageseinständen auf, was allerdings auf die Dickungsflächen zurückzuführen ist. Diese sind räumlich meist auf wenige Aren beschränkt und die verjüngungsökologischen Verhältnisse (Licht, Beschattung, Samenbäume) sowie das waldbauliche Verjüngungsziel haben meist die Dominanz einzelner Arten zur Folge, was allerdings nichts über die Textur (beschreibt Anteil der vorhandenen Baumarten und ihre Mischungsform) des Gesamtbestandes aussagt.

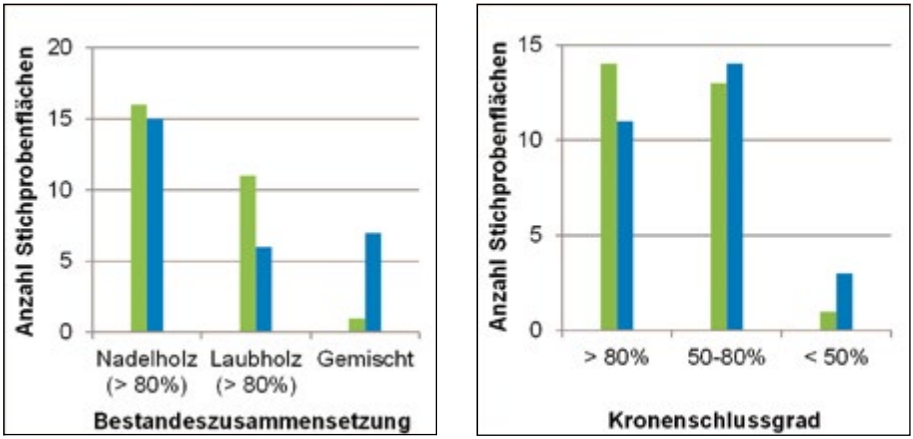


Abbildung 4: Bestandeszusammensetzung und Kronenschlussgrad in den Tageseinständen (grün) und den Referenzflächen (blau).

4.2.2 Zusammensetzung des Äsungsangebotes

Die Arten der Kraut- und Strauchschicht waren in den Tageseinständen und den Referenzflächen ähnlich zusammengesetzt. Je nach Lichtverhältnissen dominierten in der Krautschicht Brombeeren, Farne oder Sauergräser. Die Strauchschicht wurde vor allem von Fichten, Tannen und Rotbuchen geprägt *(Abb. 5)*. Da in den untersuchten Nadeldickungen noch keine Durchforstung und Wertastung (Entfernung der Äste im Stammbereich zur Verhinderung des Einwachsens; erfolgt normalerweise ab einem Brusthöhendurchmesser von 10–15 cm) durchgeführt worden war, waren diese Bäume fast bis zum Boden hin beastet. Der Deckungsgrad der Strauchschicht fiel bis in eine Höhe von 1.5 m auch entsprechend höher aus als in Bestockungen mit älteren Altersklassen. Für die Berechnung des Äsungsangebotes wurde die Strauchschicht jedoch nicht berücksichtigt, da die Äsung von Laub- und Nadelhölzern anteilsmässig vor allem in den Wintereinständen von Bedeutung ist (Suter et al., 2004; Buchli, 1983).

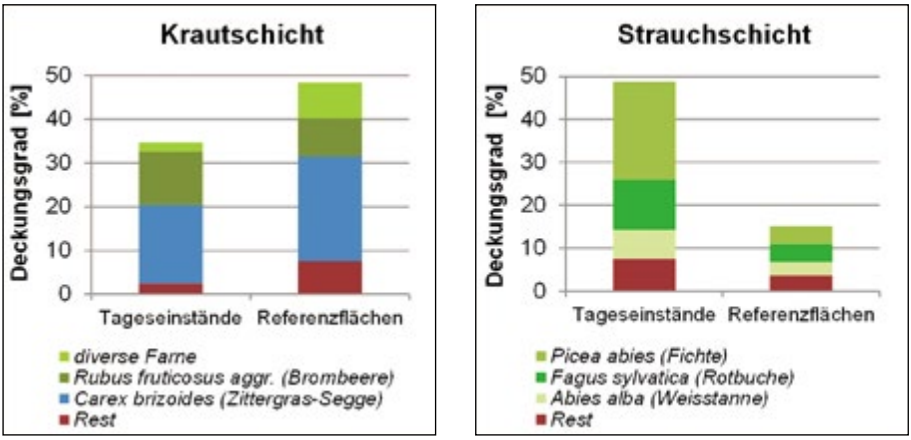


Abbildung 5: Vegetationszusammensetzung der Krautschicht (<0.5 m) und der Strauchschicht (<1.5 m) in den Tageseinständen und Referenzflächen (dominanten Pflanzenarten mit Stetigkeit >25%).

4.2.3 Einfluss der Standortfaktoren auf die Selektion des Tageseinstandes

Die GLMM-Analyse ergab, dass einzig der Faktor Sichtdistanz einen signifikanten Einfluss auf die Selektion von Tageseinständen hat (estimate = –0.44, se = 0.139, z = 3.162, p = 0.0016, N_{total} = 56, $N_{Tageseinstände}$ = 28, $N_{Referenzflächen}$ = 28; wobei estimate = Schätzwert, se = Standardfehler, z = Standardwert, p = Überschreitungswahrscheinlichkeit und N = Stichprobenumfang). Je stärker die Sicht durch Vegetation oder topographische Elemente eingeschränkt wird, desto eher wird demzufolge ein Waldstandort als Tageseinstand ausgewählt. Die übrigen Faktoren, d.h. Nahrungsindex, Distanz zum Waldrand, Distanz zu Strassen/Wegen und

Deckungsgrad der dominierenden Bestockung (DG Strauch- oder Baumschicht), haben hingegen alle keinen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Liegeplatzes der drei Rothirsche.

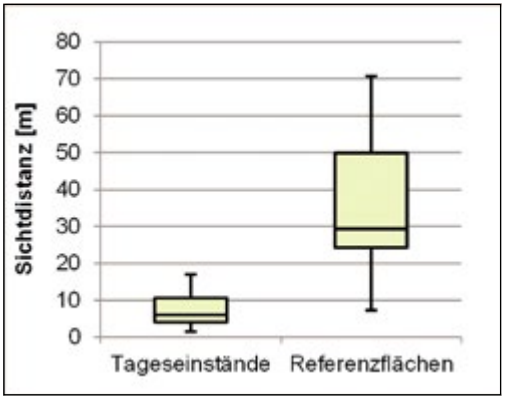


Abbildung 6: Sichtdistanz (in m) ausgehend vom Zentrum der Stichprobenfläche im Vergleich zwischen Tageseinständen und Referenzflächen.

Während die Sichtdistanz in den Referenzflächen mit abwechselnd sehr offenen und eher dichten Beständen eine starke Streuung aufwies, waren die Sichtdistanzen in den Tageseinständen im Mittel auf 6 m beschränkt, was die enorme Dichte der Vegetation auf Augenhöhe eines liegenden Tieres (1 m) vermittelt *(Abb. 6 und 7)*.

Auf Grund dieser dichten Bestockung in den Tageseinständen war auch kein einziger untersuchter Liegeplatz von einer Strasse oder einem Weg her einsehbar.

Abbildung 7: Die Liegeplätze lagen meist in unzugänglichen Dickungsflächen, die dichte Vegetation schränkte entsprechend auch die Sichtdistanz erheblich ein. Das Zentrum des Liegeplatzes wurde für die Aufnahmen jeweils mit einem Pylon-Strassenkegel markiert (linkes Bild).

4.3 Strukturelemente

Im Gegensatz zu den Referenzflächen wiesen die Tageslager häufig Strukturelemente in Form von liegendem Totholz oder Baumstrünken auf. Diese waren meist so ausgerichtet, dass sie eine seitliche Begrenzungslinie des eigentlichen Liegeplatzes bildeten *(Abb. 8)*. Besonders häufig war dies bei den Tageseinständen von Yano zu beobachten, dort enthielten 7 der insgesamt 11 untersuchten Einstände ein entsprechendes Strukturelement *(Abb. 9)*.

Abbildung 8: Die Liegeplätze von Wika und Yano wiesen häufig Strukturelemente in Form von Baumstrünken oder liegendem Totholz auf.

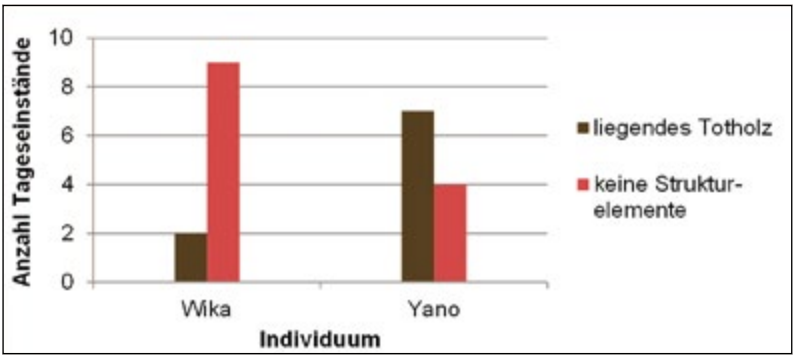


Abbildung 9: Anzahl Tageseinstände mit Strukturelementen auf der Liegefläche im Vergleich zwischen den Individuen Wika und Yano.

4.4 Bemerkungen zu Nutzungsintensität und Verbiss

Die Nutzungsintensität der einzelnen Tageslager variierte relativ stark. Besonders die Einstände von Wika waren durch ein dichtes Netz an Wechseln, Liegeplätzen und Frassspuren gekennzeichnet. Da ihre Einstände häufig mehrere, deutlich voneinander abgesetzte Liegeflächen aufwiesen, kann davon ausgegangen werden, dass diese häufig von mehreren Tieren gleichzeitig benutzt werden. Im Gegensatz dazu fanden sich bei Yano meist nur ein bis zwei Liegeplätze, wobei meist einer davon als Hauptlager identifiziert werden konnte.

Deutliche Schäl- oder Fegeschäden (unter Schälen versteht man das Abreissen ganzer Rindenstücke zur Nahrungsaufnahme, als Fegen bezeichnet man das Abreiben der absterbenden Geweihhaut (Bast) an Bäumen) konnten in keinem Einstand gefunden werden. Hingegen waren fast überall deutliche Frassspuren in der Krautschicht auszumachen. Am besten war dies an Brombeerstauden und Farnen zu erkennen, welche häufig auf dem Liegeplatz selbst und im direkten Umkreis vollständig abgebissen waren.

Je nach Nutzungsintensität und Baumartenzusammensetzung in den Einständen waren auch die Verbissschäden unterschiedlich. Seitentriebe von Laubbäumen (Buche, Lorbeere, Ahorn, Haselstrauch, Eiche) in direktem Umkreis der Liegefläche waren häufig abgefressen, jedoch meist ohne dass die Terminaltriebe beschädigt waren. Kleinere Weisstannen bis auf eine Höhe von 1 m waren meist stark verbissen (Terminal- und Seitentriebe), wobei es sich dabei immer um Einzelbäumchen handelte. Bei Einständen innerhalb von Weisstannendickungen konnten hingegen keine grösseren Verbissschäden an den Bäumen ausgemacht werden.

Die einzigen nennenswerten Verbiss- und Schälschäden konnten in feuchten Habitaten festgestellt werden. Zwei der untersuchten Einstände von Wika befanden sich in der unmittelbaren Nähe zu Bachläufen innerhalb von Eschendickungen. Hier waren sämtliche Bäume in einem Umkreis von 10–20 m um die Liegeplätze herum stark beschädigt oder abgestorben.

5. Diskussion

5.1 Übertagung in landwirtschaftlichen Kulturen

Bisher war das Bild des Rothirsches durch die Vorstellung geprägt, die Tiere würden tagsüber dichte, bewaldete Flächen bevorzugen und normalerweise nur nachts zur Nahrungsaufnahme auf offene Flächen austreten (z. B. Zweifel-Schielly et al., 2009; Patthey, 2003; Catt & Staines, 1987). Zwar sind Hirsche zum Beispiel im Schweizer Nationalpark auch tagsüber auf alpinen Weiden zu beobachten, allerdings handelt es sich dabei um Gebiete ohne menschliche Störungen (Zweifel-Schielly et al., 2009). Dass Wika mit ihrem Kalb während gut der Hälfte aller Tage innerhalb des Beobachtungszeitraums Tageseinstände ausserhalb des Waldes in Raps- oder Maiskulturen wählte, ist daher insbesondere für das Mittelland mit seiner hohen anthropogenen Störungsintensität überraschend und relativiert möglicherweise das geläufige Bild des stark an Wälder gebundenen Rothirsches.

Ähnliche Beobachtungen aus anderen Ländern sind nur schlecht mit den Schweizer Verhältnissen vergleichbar. Laut einer Studie von Brook (2010) an nordamerikanischen Rothirschen *(Cervus canadensis)* nutzt beispielsweise ein grosser Anteil der Hirschkühe im Sommer landwirtschaftliches Gebiet als wichtiges Tageshabitat, allerdings nur vereinzelte Tiere als exklusiven Lebensraum oder gar als Setzgebiet. Das Gebiet wird allerdings intensiv landwirtschaftlich genutzt, Wälder

sind nur noch als kleine, isolierte Überreste vorhanden. Die einzige bekannte europäische Ausnahme bilden Hirschpopulationen in den spärlich besiedelten Teilen Englands und Schottlands, welche ausschliesslich in den offenen Hügel- und Moorlandschaften anzutreffen sind. Wälder sind allerdings auch hier kaum vorhanden (Catt & Staines, 1987; Clutton-Brock et al., 1982).

Tageslager ausserhalb des Waldes unterscheiden sich in zwei wesentlichen Punkten von Einständen im Wald. Einerseits bieten landwirtschaftliche Nutzflächen komplett andere Nahrungsbedingungen als Wälder, andererseits ist auch die Störungssituation insbesondere durch anthropogene Nutzung eine andere.

Im Sommer sind die menschlichen Aktivitäten im Wald besonders hoch und beschränken sich auch häufig nicht auf die Wege. Es ist daher anzunehmen, dass dichte Kulturen wie Mais und Raps ab einer gewissen Höhe, im Gegensatz zu Waldgebieten, das ungestörtere Habitat darstellen. Menschliche Aktivitäten beschränken sich weitgehend auf die Wege und sind für die Tiere somit relativ leicht einzuschätzen. Laut Georgii (1980) zeigen Rothirsche, die in sehr guter Deckung liegen, keine sichtbaren Reaktionen auf menschliche Aktivitäten in ihrer Umgebung. Sie scheinen sich sogar an örtlich fixierte Störungen gewöhnen zu können. Godvik et al. (2009) erklären die Wahl von besonders dichten Habitaten durch die Kühe im Sommer damit, dass Kälber in den ersten Lebenswochen in ihrer Mobilität eingeschränkt sind und dass gute Verstecke das Prädationsrisiko der Kälber senken. Die Resultate bei der Wald- und Wegdistanz lassen darauf schliessen, dass sich Wika auf den Schutz der jeweiligen Kultur verliess und dass die Fluchtdistanz zum Wald, als potenzieller Rückzugsort bei Störungen, bei der Wahl ihrer Tageseinstände offensichtlich keine Rolle spielte.

Auch wenn Rothirsche in der Schweiz mehrheitlich nachtaktiv sind, ist eine regelmässige Nahrungszufuhr entscheidend, um die Mikroorganismenzusammensetzung im Pansen zu stabilisieren und eine Maximierung der Verdauungseffektivität zu ermöglichen (Clutton-Brock, 1982). Daher ist auch der Aspekt der Nahrungsaufnahme während des Tages zu berücksichtigen, da insbesondere Kühe für die Laktation und Aufzucht des Kalbes während der Sommermonate energetisch hochwertige Nahrung benötigen (Millspaugh et al., 1998). Vor diesem Hintergrund sind Mais- und Rapsfelder durchaus interessante Kulturen. Raps gilt als protein- und energiereiche Nahrungspflanze des Rothirsches und auch die Maiskolben spielen ab einem gewissen Reifegrad eine wichtige Rolle (Gebert & Verheyden-Tixier, 2001). Natürliche Äsungsgelegenheiten innerhalb der Felder sind nur marginal vorhanden, da sowohl Mais als auch Raps als extreme Monokulturen bewirtschaftet werden. Das Aufkommen einer Ackerbegleitflora in der Krautschicht wird durch den flächendeckenden Einsatz von Herbiziden (Weindl, 2013) und den geringen Lichteinfall unterbunden. Daher boten Maiskulturen erst ab Mitte Juli eine geeignete Nahrungsgrundlage, da die Maiskolben zuvor noch sehr klein und unreif waren. Dies könnte erklären, warum sich Wika bis zur Rapsernte Mitte Juli ausschliesslich in Rapskulturen aufhielt obwohl beide Kulturen bezüglich

Sichtschutz, der Ruderalflora und den thermischen Bedingungen bereits ab Anfang Juni vergleichbare Voraussetzungen boten.

Die Verdaulichkeit der Waldvegetation sinkt mit Verfestigung der Stützgewebe und Verholzung der Pflanzen ab Ende Mai rasch ab (Buchli, 1983). Daher bieten offene, landwirtschaftlich genutzte Flächen qualitativ hochwertigere Nahrungsbedingungen als Waldhabitate (Edge et al., 1987), was besonders für laktierende Kühe von Bedeutung sein dürfte (Clutton-Brock et al., 1982). Wanderungen zwischen geeigneten Tageseinständen im Wald und den optimalen Äsungsflächen können allerdings schnell 1–2 km betragen, wobei potentielle Gefahrenquellen im offenen Gelände dank besserem Überblick wahrscheinlich schon aus grösserer Distanz wahrgenommen und eingeschätzt werden können als bei Ortsverschiebungen im Wald. Die Entscheidung des Alttiers tagsüber Deckung in landwirtschaftlichen Kulturen zu suchen, könnte also auch damit erklärt werden, dass dadurch unnötige räumliche Verschiebungen vermieden werden können, welche besonders für das Kalb ein erhöhtes Prädationsrisiko mit sich bringen. Solche Tageseinstände könnten somit als Optimierung zwischen Feindvermeidung und optimalen Nahrungsbedingungen verstanden werden.

5.2 Übertagung im Wald

Die Liegeplätze von Wika und Yano waren zum Aufnahmezeitpunkt in allen Fällen deutlich zu erkennen. Durch die intensive Nutzung waren klar abgrenzbare Flächen entstanden (verdorrtes Gras, Erdmulden, vegetationslose Stellen), welche die Liegeflächen kennzeichneten. Dies auch, wenn zwischen der letzten Nutzung durch die Tiere und der Aufnahme mehrere Wochen vergangen waren. Dies lässt auf eine relativ starke Standorttreue der Tiere während des Tages schliessen und unterstreicht die zentrale Stellung von geeigneten Liegeplätzen im Untersuchungsgebiet. Laut Náhlik et al. (2009) ist diese Minimierung des tagsüber genutzten Aktionsraumes von Rothirschen typisch für Gebiete mit einer hohen menschlichen Nutzungsintensität. Die ausschlaggebenden Selektionsfaktoren müssen demzufolge im unmittelbaren Umkreis des Liegeplatzes zur Verfügung stehen und auch im Tagesverlauf erhalten bleiben.

Relevante Aspekte bei der Wahl eines Tageslagers dürften insbesondere eine gute Nahrungsverfügbarkeit für die Gewährleistung einer regelmässige Nahrungsaufnahme, geeignete mikroklimatische Bedingungen (Schutz vor ungünstigen Witterungseinflüssen) sowie Störungsverminderung auf Grund des ausgeprägten Sicherheitsbedürfnisses und der Sensibilität während dem Wiederkäuen sein. Da ein einzelner Einstand praktisch nie alle diese Voraussetzungen erfüllen kann, kommt es bei der Wahl eines geeigneten Tageseinstandes zu sogenannten Tradeoffs, also einem Abwägen zwischen Kosten und Nutzen eines bestimmten Standorts durch Gewichtung der einzelnen relevanten Aspekte (z. B. Godvik et al., 2009; Adrados et al., 2008).

Um eine periodische Nahrungsaufnahme zu gewährleisten, befinden sich Tageslager oftmals in unmittelbarer Nähe zu ergiebigen Äsungsgelegenheiten (Borkowski & Ukalska, 2008; Patthey, 2003; Mysterud & Østbye, 1999). Im Untersuchungsgebiet konnte hingegen kein signifikanter Unterschied zwischen dem Äsungsangebot in den Tageseinständen und den Referenzflächen gefunden werden, dies unter den Annahmen, dass das Äsungsangebot ausschliesslich die Ausprägung der Krautschicht umfasst und dass die Rothirsche ihre Tageseinstände für die Nahrungsaufnahme nicht weiträumig verlassen. Im Durchschnitt war das Krautschichtangebot in der unmittelbaren Umgebung der Tageslager sogar kleiner als auf den Referenzflächen, was mit der zum Teil dichteren Beastung der Dickungsflächen und dem damit verbundenen geringeren Lichteinfall auf den Boden erklärt werden kann. Allerdings ist die Vegetation im Wald während des Sommers üppig ausgeprägt und relativ gleichmässig verteilt und daher zumindest im Mittelland wahrscheinlich kein limitierender Faktor. Brombeer- oder Sauergrasvorkommen waren fast in allen Tageseinständen vorhanden und Frassspuren an Stängeln und Blätter im unmittelbaren Umkreis der Läger wiesen auf eine Nutzung durch die Hirsche hin. Zum Teil schien es tatsächlich so, als würden die Tiere im Liegen an den erreichbaren Pflanzen äsen. Auch Patthey (2003) geht davon aus, dass Rothirsche tagsüber in unmittelbarer Umgebung ihres Tageslagers fressen. Das Vorhandensein und die offensichtliche Nutzung der Krautvegetation in den Einständen erklären auch die geringen Verbissschäden an den Nadelbäumen.

Im Winter ist die Situation im Wald bezüglich des Nahrungsangebots sicherlich weniger günstig. Die Nadelbaumdickungen bieten allerdings dank ihrer bodennahen Beastung den Vorteil, dass ganzjährig erreichbare Nahrung zur Verfügung steht. Blätter, Nadeln und Borke spielen im Sommer nur eine untergeordnete Rolle in der Nahrungszusammensetzung (≤10%; Suter et al., 2004), weshalb sie für die Betrachtung des Äsungsangebotes ausser Acht gelassen wurden. Falls die gleichen Einstände allerdings auch im Winter benutzt werden, dürfte dieser Aspekt von Bedeutung sein.

Vom Kronenschlussgrad her waren Referenzflächen und Tageseinstände vergleichbar, allerdings wies nur ein einzelner Einstand einen Deckungsgrad von weniger als 50% auf. Als ideal werden in der Literatur Einstände mit einem Deckungsgrad zwischen 50–100% beschrieben (Millspaugh et al., 1998; Brown, 1994; Leckenby, 1984), was im Mittelland allerdings auf die meisten Waldflächen zutrifft. Es ist daher schwierig festzustellen, welchen Einfluss klimatische Faktoren auf die Wahl der Tageslager hatten. Allerdings wird die Notwendigkeit von thermischem Schutz für Hirsche im Sommer auch kontrovers diskutiert (Mysterud & Østbye, 1999; Millspaugh et al., 1998; Peek et al., 1982). Nordamerikanische Rothirsche können beispielsweise auch in kontinental geprägten Gebieten existieren, die wenig oder gar keinen Schutz vor thermischen Einflüssen bieten (z.B. in den Grassteppen Washingtons und Idahos).

Während die Monatsmitteltemperatur im Juni 2013 etwa dem Normwert (1981–2010) entsprach, wurde im Juli ein deutlicher Wärmeüberschuss von 1–2.5° C mit

25 Sommertagen registriert, was seit Messbeginn (1864) erst dreimal übertroffen worden war (MeteoSchweiz, 2013). Bis auf einige Flächen, in denen sogenannte Überhälter die Dickung als dominierende Bestockung überragten, war die Höhe der Bäume über den Einständen auf 5–6 m beschränkt. Da das Mikroklima unter anderem von der Bestandesstruktur abhängt, ist davon auszugehen, dass innerhalb dieser niedrigen Bestockungen klimatische Extreme (v.a. Luft- und Bodentemperatur) nicht gleich stark gemildert werden wie dies in höheren Beständen der Fall ist. Die thermische Deckung in den untersuchten Einständen dürfte daher tatsächlich nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben.

Auf Grund ihres ausgeprägten Sicherheitsbedürfnisses würde es plausibel erscheinen, dass sich die Tiere für Ruhephasen ins Innere des Waldes zurückziehen und die Nähe zu Strassen oder anderen anthropogenen Störungsquellen meiden. Es gibt denn auch eine Reihe von Studien, die eine Meidung von Strassen und Gebäuden feststellen konnten, zum Teil abhängig vom Strassentyp, Verkehrsaufkommen und der Topographie (z. B. Patthey, 2003; Rowland et al., 2000). In anderen Studien konnte hingegen kein diesbezüglicher Effekt nachgewiesen werden (Theuerkauf, 2008; Millspaugh et al., 1998; Edge et al., 1987), was auch den Ergebnissen dieser Studie entspricht. Es konnten weder signifikante Unterschiede zwischen Tageseinständen und Referenzflächen bezüglich Distanz zu Strassen/Wegen noch zum Waldrand festgestellt werden. Die Minimaldistanz zwischen einem Weg und einem Tageseinstand betrug nur gerade 20 m. Bei geeigneten Habitatstrukturen sind Rothirsche anscheinend in der Lage, sich an örtlich fixierte Störungsquellen zu gewöhnen (Georgii, 1980). Ardy hielt sich beispielsweise im Sommer 2011 während 4 Tagen in unmittelbarer Nähe (<20 m) zu einer Vita-Parcours-Station auf.

Bei den klassierten Strassen und Wegen im Untersuchungsgebiet handelte es sich grösstenteils um forstliche Erschliessungsstrassen und Wege, welche nicht stark durch Fahrzeuge frequentiert werden, sondern hauptsächlich der Freizeitnutzung dienen. Allerdings ist die Nutzungsintensität durch Sportler, Spaziergänger und Hunde nur schwer zu erfassen. Der tatsächliche Störungseinfluss eines einzelnen Verkehrsweges war daher im Rahmen dieser Arbeit nicht zu bestimmen, ist in den untersuchten Waldgebieten jedoch generell sehr hoch.

Das Sicherheitsbedürfnis der Tiere wird daher wohl weniger durch die Distanz zu Störungsquellen als durch optimale Deckungseigenschaften der gewählten Einstände befriedigt. Mehr als die Hälfte aller untersuchten Tageseinstände lagen in Dickungsflächen mit einem Nadelbaumanteil von über 90% und einer bis fast zum Boden reichenden Beastung. Die Deckungseigenschaften dieser Einstände bleiben im Gegensatz zu Laubholzflächen ganzjährig konstant, in den Misch- und Laubholzflächen dürften sich die Bedingungen im Herbst mit dem Abwurf der Blätter bezüglich Nahrung und Deckung hingegen stark verschlechtern. Ob diese Einstände im Winter ebenfalls genutzt werden ist daher fraglich, bei den Nadelholzflächen ist eine ganzjährige Nutzung hingegen sehr wahrscheinlich.

Dickungen formen ein schwer einsehbares und gleichzeitig auch schwer begehbares Unterholz. Die Sichtdistanz innerhalb dieser Bestockungsenklaven ist, besonders in Nadeldickungen, auf einige wenige Meter beschränkt. Die dichte Vegetation bietet aber nicht nur einen hervorragenden Sichtschutz, sie verunmöglicht auch eine lautlose Annäherung an das ruhende Tier, Bewegungen innerhalb dieses Dickichtes können durch die Rothirsche daher nicht nur frühzeitig gehört, sondern wahrscheinlich auch in ihrer Distanz sehr gut eingeschätzt werden.

Von Aussen scheinen Dickungen ein homogenes Geflecht aus Ästen und Stämmen zu bilden, im Innern zeigen sie aber eine kleinräumige Mosaikstruktur. Bevor die Flächen durchforstet werden *(Abb. 10)* um eine regelmässige Verteilung der Bäume herbeizuführen, sind die einzelnen Bäumchen truppweise gruppiert. Dadurch entsteht auf engstem Raum ein Patchwork aus unterschiedlichsten Bedingungen (Mikroklima, Licht, Nahrung) mit inneren Waldrändern und kleinen Lichtungen, welche eine üppige Krautschicht aufweisen. Diese können zur Äsung genutzt werden, ohne dass die Tiere den Schutz der Dickung verlassen müssen und Verschiebungen von wenigen Metern reichen aus, um entweder der vollen Sonne ausgesetzt zu sein oder komplett im Schatten zu liegen. Diese Flächen bieten somit die Möglichkeit, Trade-offs zwischen Sicherheitsbedürfnis, optimalen Nahrungsbedingungen und Thermoregulationskosten zu optimieren.

Abbildung 10: Fichtendickungen vor (linkes Bild) und nach (rechtes Bild) der Dickungspflege, welche eine drastische Reduktion der Vegetation auf Sichthöhe der Hirsche zu Folge hat. Dies dürfte die Qualität als Tageseinstand drastisch reduzieren. Beide Flächen hatten im Sommer 2011 noch Liegeplätze von Ardy enthalten.

Erstaunlich ist die grosse Anzahl von Tageseinständen auf kleinstem Raum. Die Rothirsche verfügen auch in kleinen Waldgebieten über ein engmaschiges Netz an verschiedenen ähnlich stark frequentierten Einständen. Nach welchen Gesichtspunkten die einzelnen Einstände je nach Tag ausgesucht werden, ist nicht ersichtlich, es ist aber vorstellbar, dass zum Beispiel das Wetter dabei eine Rolle spielt. Ausserdem können die Tiere so bei Störungen oder waldbaulichen Eingriffen auf einen anderen nahegelegenen Einstand ausweichen. Die Bedingungen innerhalb dieser Einstände bleiben aber über die Jahre hinweg nicht konstant. Besonders

waldbauliche Eingriffe (Dickungspflege, Wertastung) können einen guten Einstand zerstören – sie führen zu sofortigen drastischen Veränderungen sämtlicher Standortbedingungen (Sichtdistanz, Sichtbarkeit des Lagers, Deckungsgrad, Bodenvegetation, Sonneneinstrahlung). Vor allem die dichte Vegetation auf Sichthöhe geht durch eine Läuterung verloren, wodurch diese Einstände für die Hirsche wahrscheinlich nicht mehr interessant sind *(Abb. 10)*. Detaillierte Ortskenntnisse der Tiere in ihrem Streifgebiet und ein dynamisches Netzwerk an Tageseinständen sind daher wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung.

5.3 Fazit

Generell kann gesagt werden, dass die vorliegende Studie erstmals wichtige Anhaltspunkte zum Verhalten der aktuell im Mittelland ansässigen Rothirsche liefert, in dem zahlreiche Tageseinstände detailliert untersucht worden sind. Nicht ganz unerwartet war demnach das starke Bedürfnis der Individuen nach Deckung. Der Schutz vor Störung scheint somit das zentrale Hauptelement bei der Wahl der Tageseinstände im Mittelland zu sein. Interessant ist hierbei, dass die Nähe zu Strassen und Waldwegen offenbar keine besondere Bedeutung für die Einstandswahl im Wald hatte. Keine oder bloss eine geringe Relevanz sind zudem dem Angebot an verfügbarer Nahrung im Tageseinstand wie auch den mikroklimatischen Bedingungen zuzumessen.

Der Sichtschutz der Liegeplätze in Form von dichter Vegetation ist gemäss unserer Studie also der dominante Faktor bei der Selektion der Tageseinstände im Mittelland. Aus Sicht des Managements liegt der Schluss deshalb nahe, dass die räumliche Verteilung der Rothirsche wohl bis zu einem gewissen Grad durch waldbauliche Massnahmen gesteuert werden kann, indem entsprechende Lebensraumstrukturen geschaffen bzw. erhalten werden. Demnach dürfte eine landschaftlich homogene Verteilung von frühen Waldentwicklungsstufen (Jungwuchs, Dickung) förderlich für die Verbreitung und Verteilung der Rothirsche sein.

Sehr überraschend, sowohl aus Sicht der Ökologie als auch in Bezug auf das Management der Rothirsche, ist die Erkenntnis dieser Studie, wonach Rothirsche ihre Tageslager durchaus auch ausserhalb des Waldes in landwirtschaftlichen Kulturen haben können, sofern ihnen diese ausreichend Sichtschutz bieten. Das geläufige Bild des stark an die Wälder gebundenen Rothirsches wird deshalb womöglich relativiert und somit auch die Vorstellung, dass grossflächige Waldstrukturen für die Eignung der Lebensräume als Hirschhabitat von überragender Bedeutung sind. Ein zentraler Aspekt des künftigen Rothirsch-Managements in der Schweiz wird basierend auf den Erkenntnissen dieser Studie daher sicherlich eine Neu-Beurteilung der geeigneten Rothirsch-Lebensräume im Mittelland sein.

Ob sich im Schweizer Mittelland mittel- bis langfristig eigenständige, sich selbst tragende Populationen etablieren können, muss abgewartet werden. Neben der Verfügbarkeit geeigneter Tageseinstände dürften hierbei noch zahlreiche andere ökologische Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Nicht zuletzt wird wohl auch

vieles davon abhängen, inwieweit der Mensch bereit ist, die Rothirsche in dieser stark genutzten Umwelt zu tolerieren.

Dank

Wir danken allen Personen, welche in irgendeiner Form zur Realisierung dieser Studie beigetragen haben. Ein besonderer Dank gilt denjenigen, welche uns beim Einfang der Hirsche geholfen haben. Dies sind insbesondere M. Struch und M. Tschan (beide Kanton Solothurn), aber auch N. Marreros und H. Rutishauser (beide ehemals FaunAlpin), Marie-Pierre Ryser-Degiorgis und ihr Team (Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Universität Bern), sowie die Wildhüter des Kantons Bern und die Jagdgesellschaften des Kantons Solothurn. Die Studie fand im Rahmen des Projektes «Rothirsch Mittelland» statt, welches durch das BAFU und die Kantone Bern und Solothurn getragen und finanziert wird. Die vorliegende Studie ist eine Zusammenfassung der Abschlussarbeit von S. Hummel im Rahmen des CAS-Kurses Säugetiere – Artenkenntnis, Ökologie & Management an der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Wädenswil (ZHAW). Gedankt sei daher ebenfalls C. Signer (Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA), welcher diese Arbeit seitens der ZHAW betreute.

Literaturverzeichnis

Adrados, Ch., Baltzinger, Ch., Janeau, G., Pépin, D. (2008): Red deer Cervus elaphus resting place characteristics obtained from differential GPS data in a forest habitat. European Journal of Wildlife Research, 54(3): 487–494.

BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2013): Eidgenössische Jagdstatistik. http://www.wild.uzh.ch/jagdst/ (Abgerufen am 01.09.2013).

Borkowski, J., Ukalska, J. (2008): Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest. Forest Ecology and Management, 255: 468–475.

Brown, J. R. (1994): Effects of timber management practices on elk. Arizona Game and Fish Department, Technical Report, 10.

Brook, R. K. (2010): Habitat selection by parturient elk (Cervus elaphus) in agricultural forested landscapes. Canadian Journal of Zoology, 88: 968–976.

Buchli, Ch. (1983): Äsungsverhalten und Nahrungsbedarf von Reh und Rothirsch. Bündner Wald, 36(2): 218–228.

Catt, D. C., Staines, B. W. (1987): Home range use and habitat selection by Red Deer (Cervus elaphus) in a Sitka Spruce Plantation as Determined by Radio-Tracking. Journal of Zoology, 211:681–693.

Clutton-Brock, T. H., Guinness, F. E., Albon, S. D. (1982): Red deer. Behavior and ecology of two sexes. Wildlife behavior and ecology series. The University of Chicago Press, Chicago.

Crawley, M. J. (2007): The R book. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

Edge, D. W., Marcum, L. C., Olson-Edge, S. L. (1987): Summer habitat selection by elk in Western Montana: A multivariate approach. Journal of Wildlife Management, 51(4): 844–851.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Gebert, C., Verheyden-Tixier, H. (2001): Variations of diet composition of Red Deer (Cervus elaphus L.) in Europe. Mammal Review, 31(3): 189–201.

Gehlker, H. (1977): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgrad und Artmächtigkeit. Mitteilung der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft, 19/20: 427–429.

Georgii, B. (1980): Einflüsse menschlicher Störungen auf Standortwahl und Aktivitätsmuster weiblicher Rothirsche (Cervus elaphus L.). Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie , Freising-Weihenstephan, 7: 163–168.

Godvik, I. M. R., Loe, L. E., Vik, J. O., Veiberg, V., Langvatn, R., Mysterud, A. (2009): Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. Ecology. 90(3): 699–710.

Kamler, J. F., Jedrzejewska, B., Jedrzejewski, W. (2007): Activity patterns of red deer in Białowieża National Park, Poland. Journal of Mammalogy, 88(2): 508–514.

Leckenby, D. A. (1984): Elk use and availability of cover and forage habitat components in the Blue Mountains, northeast Oregon 1976–1982. Wildlife Research Report, No. 14. Oregon Dep. Fish and Wildlife.

LFI3 (2004/06): Schweizerisches Landesforstinventar 3, Erschliessungsdichte: Hoch-/Tieflagen – Eigentum – Biogeographische Region, Zustand 2004/06. www.lfi.ch (Abgerufen am 05.09.2013).

MeteoSchweiz (2013): Klima Schweiz: Klimawerte an Stationen. http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz.html (Abgerufen am 04.09.2013).

Millspaugh, J. J., Raedeke, K. J., Brundige, G. C., Willmott, Ch. C. (1998): Summer bed sites of elk (Cervus elaphus) in the Black Hills, South Dakota: Considerations for thermal cover management. American Midland Naturalist, 139(1): 133–140.

Mysterud, A., Østbye, E. (1999): Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. Wildlife Society Bulletin, 27(2): 385–394).

Náhlik, A., Sándor, G, Tari, T., Király, G. (2009): Space use and activity patterns of red deer in a highly forested and in a patchy forest-agricultural habitat. Acta Silvatica & Lingaria Hungarica, 5: 109–118.

Patthey, P. (2003): Habitat and corridor selection of an expanding red deer (Cervus elaphus) population. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne.

Peek, J. M., Scott, M. D., Nelson, L. J., Pierce, J. D. (1982): Role of cover in habitat management for big game in Northwestern United States. North American Wildlife and Natural Resources Conference. Transactions, 47: 363–373.

Righetti, A. (2002): Die Zukunft des Rothirsches im Kanton Bern. Stellungnahme erarbeitet im Auftrag des Jägervereins Lauterbrunnen, des Patentjägervereins Seeland und der Pro Natura Bern.

Righetti, A., Huber, W. (1983): Ausrottung und Wiedereinwanderung des Rothirsches (Cervus elaphus L.) im Kanton Bern (Schweiz). Revue suisse Zool. 90(4): 863–870.

Rowland, M. M., Wisdom, M. J., Johnson, B. K., Kie, J. G. (2000): Elk distribution and modelling in relation to roads, Journal of Wildlife Management. 64(3): 672–684.

Ruhlé, Ch., Juesy, P. (2006): Rothirschkonzept 2006 des Kantons Bern. Jagdinspektorat, Bern.

Suter, W., Suter, U., Krüsi, B., Schütz, M. (2004): Spatial variation of summer diet of red deer Cervus elaphus in the eastern Swiss Alps. Wildlife Biology, 10(1): 43–50.

Theuerkauf, J., Rouys, S. (2008): Habitat selection by ungulates in relation to predation risk by wolves and humans in the Białowieża Forest, Poland. Forest Ecology and Management, 256: 1325–1332.

Weindl, S. (2013): Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Pflanzenschutz, Unkrautbekämpfung. http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/ (Abgerufen am 17.10.2013).

Willisch, Ch., Boldt, A. (2012): Ökologie und Verhalten des Rothirsches im Schweizer Mitteland. Evaluation Fangsaison 2011–12. FaunAlpin GmbH, Bern.

Willisch, Ch., Mareros, N., Bieri, K., Boldt, A. (2011): Rothirschförderung im Jurabogen mittels Übersiedlung an der A1. Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). FaunAlpin GmbH, Bern.

Zweifel-Schielly, B., Kreuzer, M., Ewald, K. C., Suter, W. (2009): Habitat selection by an Alpine ungulate: the significance of forage characteristics varies with scale and season. Ecography 32:103–113.

Sabine Tschäppeler[1]

Neuer Amphibienweiher in der unteren Aaregg

Begleitwort der Redaktion

Die Naturforschende Gesellschaft Bern verfügt über ein bescheidenes Vermögen in Form von Stiftungsgeldern bzw. Fonds. Diese zweckgebundenen Fonds dienen in erster Linie der Publikation unserer «Mitteilungen», der Entfaltung einer regen Vortragstätigkeit oder der Förderung von ausgewählten Naturschutzprojekten. Zu letzterem Zweck wird der La Nicca-Naturschutzfonds eingesetzt, der auf einem Stiftungskapital von Richard La Nicca (1794–1883) beruht. Richard La Nicca war als leitender Ingenieur verantwortlich für die erste Juragewässerkorrektion.

Am 5. März 2013 gelangte Stadtgrün Bern mit einem Finanzierungsgesuch für einen Amphibienteich mitten in Bern an die Naturforschende Gesellschaft. In der Vorstandssitzung vom 18. März 2013 wurde dem Beitragsgesuch von CHF 5'000.– entsprochen. Dieses Projekt konnte in der Zwischenzeit nicht zuletzt dank unseres substanziellen Beitrags erfolgreich umgesetzt werden.

Wir möchten zukünftig die Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft über aussergewöhnliche Projekte informieren, die unsere Gesellschaft mit ihren beschränkten Mitteln unterstützt. Mit dem vorliegenden Bericht von Sabine Tschäppeler von Stadtgrün Bern beginnen wir diese Berichterstattung.
Für die Redaktion TB

Im Frühling 2012 gelangte der Hinweis eines Anwohners, dass viele Amphibien auf dem Unteren Aareggweg überfahren werden, an die Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch) und an die Stadt. Eine Überprüfung der Situation zeigte folgendes Problem: Zwei Biotope in einem Privatgrundstück lockten zahlreiche Grasfrösche und Erdkröten aus dem unterhalb gelegenen Hangwald an. Der direkte Zugang zu den Gewässern war jedoch aus topografischen Gründen verwehrt. Um zu den Biotopen zu gelangen, mussten die Amphibien etliche Meter auf der Strasse zurücklegen.

Die karch organisierte daraufhin sofort die Erstellung eines mobilen Leitzauns und konnte die Anwohnerschaft zum Hinübertragen der geschützten Tiere gewinnen. Es wurde schnell klar, dass dieses Vorgehen während ein-zwei Jahren eine Lösung sein konnte, mittelfristig jedoch eine permanente Lösung gefunden werden musste: Einerseits liess sich der mobile Leitzaun an der Hangkante nicht

[1] Sabine Tschäppeler, Stadtverwaltung, Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün, Stadtgrün Bern

vollständig an den Boden anschliessen, es gelangten immer noch einzelne Tiere auf die Strasse. Andererseits deklarierten die Beteiligten, dass sie die Rettungsaktionen nicht längerfristig übernehmen werden.

Bei der Suche nach einem geeigneten Standort für ein günstiger gelegenes Laichgewässer erklärte sich dann die Burgergemeinde Bern mit dem Bau eines Teichs auf einem ihrer benachbarten Waldgrundstücke einverstanden. Sie unterstützte zusätzlich das Vorhaben mit gezielten Ausholzungsarbeiten. Ein neues Gewässer allein konnte aber das Problem nicht lösen, da die alten Biotope im Privatgarten noch bestehen bleiben. Es musste eine Lösung gefunden werden, wie die Amphibien von der Strasse abgehalten und zum neuen Gewässer geleitet werden konnten. Mit finanzieller Unterstützung des La Nicca-Fonds, des Ökofonds von Energie Wasser Bern und von Pro Natura Bern konnten im Herbst 2013 das neue Laichgewässer sowie ein fixer Leitzaun *(siehe Abb. 1)* entlang der Strasse erstellt werden.

Abbildung 1

Abbildung 2

Der neue, mit einer Folie abgedichtete Teich ist rund 10 x 15 m gross. Mit einer Tiefe von bis zu 0.8 m trocknet er nie ganz aus. Damit er periodisch gereinigt werden kann, verfügt er über einen Grundablass. So können auch ungewollt eingesetzte Fische abgefangen werden, was bereits nach kurzer Zeit notwendig war. Momentan sieht der Teich noch etwas karg aus. Der den Folienrand überdeckende Kiesring tritt optisch stark in den Vordergrund *(Abb. 2)*. Dies wird sich jedoch sehr schnell ändern. Bereits im Sommer werden sich Pflanzen ansiedeln und spätestens bis im nächsten Jahr wird er sich natürlich in die Umgebung einfügen.

Es ist momentan nicht vorgesehen, Schulklassen oder die anwohnende Bevölkerung in die Pflege des Teichs einzubeziehen. Der Teich ist zu klein: Das Zusammenrechen von Schlamm und Blättern im Herbst nimmt auch für eine einzelne

Person nur wenig Zeit in Anspruch. Erst wenn in ein paar Jahren die Vegetation in der Umgebung zu hoch und üppig wird, könnte eine Freiwilligenaktion sinnvoll werden.

Im März 2014 wurden im neuen Teich rund 70 Laichballen vom Grasfrosch gezählt und auch die ersten Erdkröten wurden gesichtet. Auf der Strasse konnten keine überfahrenen Tiere mehr aufgefunden werden. Wir gehen deshalb davon aus, dass die Massnahmen ihr Ziel erreicht haben. Ganz herzlichen Dank für die finanzielle Unterstützung, welche eine rasche und langfristig wirksame Lösung ermöglichte.

Thomas Burri

Mittelmoränen – Rezension zum neuen Buch von Gerhart Wagner

Vorwort

Seit mehr als zwei Jahrzehnten, nach einem eigentlich bereits mehr als ausgefüllten Forscherleben als Zoologe, dann als Gymnasiallehrer und leidenschaftlicher Botaniker, beschäftigt sich Gerhart Wagner mit dem Phänomen der Mittelmoränen. Der v.a. vom Standardwerk Flora Helvetica bekannte und geschätzte Autor begibt sich damit auf eine Reise in die vergangenen Eiszeiten und in ein ihm ursprünglich fremdes Sachgebiet. Nach Jahren der Publikationen in Zeitschriften wie den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften in Bern, Zürich oder Graubünden erfüllt sich der Autor mit diesem Buch einen lange gehegten Wunsch. Während andere Wissenschaftler seines Alters sich schon längst aus ihrem Forscherleben zurückgezogen haben, ist Wagner noch immer mit grossem Elan am Werk, und dies mit einer Eloquenz und einem wissenschaftlichen Feuer, die jedem aktiven und künftigen Forscher als Vorbild dienen können. Zusammen mit seinem Mitstreiter in Sachen Mittelmoränen, Prof. em. René Hantke, wird er es nicht müde, seine Auffassungen zu erklären und im Detail auszuführen. Allein dies nötigt Hochachtung für den aktiven Seniorforscher ab. Für seinen grossen Einsatz hat Gerhart Wagner von der Universität Bern denn auch den Ehrendoktor für wesentliche Beiträge zu Zoologie, Botanik und Geologie erhalten.

Leider muss bereits an dieser Stelle festgehalten werden, dass die meisten Glazial-Hypothesen Gerhart Wagners von Fachleuten abgelehnt werden – Publikations-Eingaben des Autoren zu diesem Thema werden nicht mehr so selbstverständlich akzeptiert, wie es bisher der Fall war. Daher wohl auch das neue Buch zum Thema Mittelmoränen, welches helfen soll, dem «Mittelmoränen-Modell» (MMM) zum Durchbruch zu verhelfen.

Herr Wagner hat uns gebeten, eine Rezension zu seinem Buch zu schreiben. Diesem Wunsch kommen wir an dieser Stelle nach.

Abbildung 1: Der Endmoränenkranz von Bern in der Deutung von Gerhart Wagner's Mittelmoränen-Modell: Einzelne Mittelmoränenstränge haben die heute noch sichtbaren Überreste aufgeschüttet. (Zeichnung Martin Ryser). Die heute geltende Interpretation geht hingegen von Überresten (Erosionsrelikte) eines einst durchgehenden Endmoränenwalles aus.

Zum Buch

Leider lag zum Zeitpunkt der Rezension das Buch noch nicht druckfertig vor. Uns standen allerdings das vollständige Manuskript sowie die Abbildungen zur Verfügung. Das handliche Buch über die Mittelmoränen erscheint im Haupt-Verlag und wir gehen davon aus, dass es die gewohnt hohe Qualität zeigt, wie man sie von diesem Verlag kennt. In seinem Buch stellt Wagner die Bedeutung von Mittelmoränen für die Interpretation und das Verständnis von eiszeitlichen Moränenablagerungen in das Zentrum seiner Glazial-Betrachtungen. Mit anschaulichen Fotografien und Grafiken, vor allem aber mit klar formulierten Aussagen, erläutert der Autor seine Ansichten zur Verbreitung von eiszeitlichen Mittelmoränen und deren Ablagerungen. Die Fotografien sind teilweise bestechend schön und illustrieren generell sehr gut den Text, einigen sieht man allerdings ihr fortgeschrittenes Alter an. Die Grafiken sind von unterschiedlicher Qualität; einige, wie etwa die Rekonstruktionszeichnung zu den Bernerstadien von Martin Ryser *(Abb. 1)* sind hervorragend, andere etwas sehr vereinfachend.

In seinem Buch schlägt der Autor einen Bogen von generellen Prozessen in und auf Gletschern, über die Beschreibung der häufigsten Gletscherablagerungen und der Mittelmoränen auf heutigen Gletschern, bis hin zu eiszeitlichen Moränenablagerungen, v.a. im Gebiet der Schweiz. In einem letzten Abschnitt zeichnet er den Werdegang seines «Mittelmoränen-Modells» MMM oder «Mittelmoränen-Paradigmas». Wagner zeichnet im Detail auf, wie er vom Studium seiner Schlüssellokalität, dem Hüenerbüel bei Bolligen, zu einer umfassenden Mittelmoränen-

Hypothese gefunden hat. Dabei erläutert er auch, weshalb er viele der glazialen Geländeformen anders interpretiert als die meisten Fachleute. Seine Arbeitsweise ist klar – Wagner verlässt sich weitestgehend auf morphologische Kriterien und auf Beobachtungen an rezenten Gletschern.

Die Mittelmoränen-Hypothese

Mittelmoränen agieren als Förderbänder, die den im Nährgebiet anfallenden Schutt an die Gletscherstirn transportieren und dort als Mittelmoränenablagerung absetzen *(Abb. 2)*. Mittelmoränenablagerungen, so die Hypothese, machen einen Grossteil der morphologisch gut erkennbaren Glazialablagerungen aus.

Abbildung 2: Der Unteraargletscher im Berner Oberland, beim Zusammenfluss von Lauteraar- und Finsteraargletscher. Aus den Seitenmoränen werden Mittelmoränen. Dienen sie als Schutt-Förderbänder? (Foto J. Alean)

Mit diesem Ansatz und fast ausschliesslich auf morphologische Kriterien abstützend, deutet Wagner sehr viele der bisher als Seitenmoränen betrachteten Moränenwälle als Ablagerungen von ausufernden Mittelmoränen um. Überreste einst durchgehender Endmoränenwälle – so die heute gängige Erklärung – identifiziert er als Ablage-rungen verschiedener Mittelmoränen, so etwa die bekannten Endmoränenkränze von Bern und Zürich (*Abb. 1)*. Wagner rekonstruiert dabei die Fliesswege der Mittelmoränen anhand von für Ihn typischen morphologischen Merkmalen und erläutert dazu viele Beispiele aus der Schweiz im Detail.

Bei seinen Interpretationen nimmt Wagner viele Umdeutungen von heute gut etablierten Theorien vor und führt verschiedene neue Begriffe ein, so zum Beispiel die sogenannten MMA- und MME-Strukturen. MMA-Strukturen oder Mittelmoränen-Ansatzstellen entstehen gemäss dem Autor beim Zusammenfluss zweier Gletscher durch die Vereinigung von zwei Seitenmoränen, es entstehen «typische Y-Strukturen» *(Abb. 2 und 3)*. Laut Wagner geben diese Strukturen Auskunft zu einem bestimmten Gletscherstadium (längerer stabiler Gletscherstand).

Abbildung 3: Eine für Gerhart Wagner typische MMA-Struktur (Mittelmoränen-Ansatzstruktur) beim Zusammenfluss der Grindelwald- und Lauterbrunnengletscher in Zweilütschinen. Gemäss Wagner kennzeichnet die Struktur ein Gletscherstadium. (Foto G. Wagner)[1]

Als MME-Struktur (Mittelmoränen-Endstruktur) bezeichnet Wagner für ihn typische Ablagerungsformen von Mittelmoränen. *«Im klassischen Fall handelt es sich dabei um zweiseitig symmetrische, im Grundriss keilförmige Hügel mit einer Achse in der Fliessrichtung, einem von hinten nach vorn allmählich ansteigenden und breiter werdenden Rücken und einem steilen Frontalabfall.»* Für diese Ablagerungsform hat der Autor nochmals einen neuen Begriff eingeführt – den der «Mittelquappe» *(Abb. 4)*.

Ebenfalls neu eingeführt wird der Begriff der «sekundären Seitenmoräne». Als sekundäre Seitenmoränen bezeichnet der Autor Moränenwälle, welche durch das Auflaufen von Mittelmoränensträngen am Gletscherrand entstanden seien. Viele der heute als Seitenmoränen interpretierten Ablagerungen deutet er als solche sekundäre Strukturen *(Abb. 5)*.

[1] Einige Bemerkungen zu den auf den Abbildungen 3-5 erkennbaren Strukturen sind am Ende der Rezension angefügt.

Abbildung 4: Zwei von Wagner als MME-Strukturen (Mittelmoränen-Endstruktur) oder «Mittelquappen» interpretierte Ablagerungen in Reichenbach. Mittelmoränenstränge des ehemaligen Kiental-Gletscher sieht er als verantwortlich an für die Entstehung der Strukturen. (Foto G. Wagner)

Abbildung 5: Der von Wagner als sekundäre Seitenmoräne interpretierte und als «Trugberg-Moräne» bezeichnete Moränenwall im Aletschwald: «Von A bis B erstreckt sich die … Trugberg-Moräne des Daun-Stadiums. … Bei A streicht diese nach rückwärts ins Leere. Im Hintergrund ist bei T die heutige Trugberg- und bei K die heutige Kranzberg-Mittelmoräne zu sehen. Bei E verbreitert sich diese zu ihrer Endaufschüttung.»

Auch zu den Drumlins und den Höhen- und Deckenschottern entwickelt Wagner eigene Konzepte. Drumlins stellen für ihn Reste von Mittelmoränen dar, welche teilweise noch vom Gletscher überfahren wurden – die heute akzeptierte Interpretation, die eines subglazialen Ursprungs, lehnt er für die Schweiz vollumfänglich ab. Zudem – dies ein wichtiger Grundsatz seiner Arbeiten – misst er der Erosionskraft der Gletscher und dem subglazialen Sedimenttransport eine viel geringere Bedeutung zu, als dies gemäss Lehrmeinung der Fall ist. Als logische Konsequenz dieses Grundsatzes identifiziert der Autor in den Deckenschottern Reste von eiszeitlichen Mittelmoränenablagerungen – die gängige Interpretation als Überreste alter Talfüllungen und Schotterebenen lehnt er in ihrer Gesamtheit ab. Hauptgrund für diese alternative Sichtweise ist seine Überzeugung, dass Gletscher kaum in die Tiefe erodieren, sondern höchstens lateral verbreitern. Dies im Gegensatz zu Flüssen und Bächen, deren Erosion überwiegend für das Relief und die Talbildung verantwortlich sei.

Anhand von vielen Beispielen veranschaulicht Wagner in Wort, Bild und Grafik seine Hypothesen. Dabei fügt er viele Aufnahmen rezenter Gletscher mit Mittelmoränen an und portraitiert akribisch die von ihm als Mittelmoränenablagerungen gedeuteten morphologischen Formen im heutigen Alpenvorland. Skizzen und Planausschnitte verdeutlichen seine Aussagen.

Auf den ersten Blick ergibt sich daraus ein stimmiges Bild. Weshalb lehnen dann die meisten Fachleute seine Hypothesen ab?

Ein «Rachefeldzug»?

In einer Replik auf eine Arbeit von Wagner (Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich) zerpflückten 2003 namhafte Vertreter der Schweizer Quartärforschung das «Mittelmoränen-Modell» Wagners. Die Fundamentalkritik führte nichts weniger als «Mangelnde Grundlagen», «Einseitigkeit», «Pauschalität» und «Mangelnde Kenntnis der lokalen Verhältnisse» ins Feld. Die damaligen Aussagen der Fachleute sind aus unserer Sicht auch heute ohne wesentliche Einschränkungen gültig. In einer Duplik versuchte Wagner, Antworten auf die Vorwürfe zu geben und zeigte sich enttäuscht über die heftige Reaktion der Fachleute.

Diese Enttäuschung ist eigentlich überraschend, wenn man sich vor Augen hält, dass Wagner mit seinen Thesen wesentliche der in den letzten rund 90 Jahren erarbeiteten Theorien und Grundlagen der Quartärforschung als falsch darstellt. Mit seinen Aussagen stempelt er den allergrössten Teil der in diesem Zeitraum verfassten Quartärstudien als unzutreffend ab – nicht indem er dies explizit so formuliert, sondern indem er ihre differentielle und sorgfältige Arbeitsweise (Stichworte: sedimentologische und stratigraphische Untersuchungen) als nebensächlich erklärt und seine ausschliesslich auf der Geländemorphologie basierende Arbeitsweise über diese stellt. Verständlich also, dass von Seiten der Quartärforscher irgendwann eine harsche Antwort erfolgen musste. Gerhart Wagner nun

als Opfer eines «Rachefeldzuges» der schweizerischen Quartärforscher zu betrachten wäre falsch: Die Vorwürfe der Schweizer Fachleute widerspiegeln nämlich nicht bloss deren persönliche Meinung, sondern den Erkenntnisstand einer weltweiten Forschergemeinde.

Doch was waren eigentlich die Gründe für die Ablehnung der Wagner'schen Hypothesen? Ein Hauptgrund war und ist noch immer der Missing Link.

Der Missing Link

Schaut man sich die Evidenzen Wagner's genauer an, so erkennt man hautsächlich zwei Typen: Einerseits werden eindrückliche Fotografien von heutigen Mittelmoränen auf rezenten Gletschern gezeigt, andererseits Fotografien von morphologischen Strukturen im Alpenvorland, die als Mittelmoränenablagerungen bezeichnet werden. Was hingegen fehlt, sind Abbildungen von subrezenten oder im Entstehen begriffenen Mittelmoränenablagerungen, also der ganz direkte Bezug zwischen einer Mittelmoräne auf dem Gletscher und ihrer Ablagerung als morphologisch erkennbare Struktur. Eine solche Evidenz würde die von Wagner und Hantke propagierten Prozesse dokumentieren und belegen. Es fehlt also nichts weniger als der Missing Link zwischen den Mittelmoränen auf dem Gletscher und den als Mittelmoränenablagerungen interpretierten morphologischen Strukturen im Alpenvorland. Dieser Mangel hat auch einen triftigen Grund – in der Schweiz lassen sich solche Vorkommen nämlich nicht nachweisen…

Ein Selbstversuch

Dieses Statement können Sie selbst überprüfen, denn mit der Seite http://map.geo.admin.ch und mit GoogleEarth stehen jeder Person mit Internetzugang praktische Testmöglichkeiten zur Verfügung. Auf map.geo.admin.ch stehen neben den topographischen Karten und Flugaufnahmen auch ein schattiertes digitales Höhenmodell (SwissAlti 3D, zu finden unter Geokatalog/Grundlagen und Planung/Höhen) und für viele Gebiete auch die Karten des Geologischen Atlas der Schweiz zur Verfügung (Geokatalog/Natur und Umwelt/Geologie). Sie lassen sich mit zwei Mausklicks auch bequem übereinander legen und mit dem Betätigen eines Transparenzreglers einfach ein- und ausblenden.

Testen Sie selbst aus, ob Sie irgendwo in der Schweiz im Bereich der heutigen Gletscherzungen eine Moränenablagerung erkennen können, die Sie zwangslos mit einer heutigen Mittelmoräne auf dem nahen Gletscher verbinden können. Schauen Sie sich auch die 1850'er-Höchststände an (diese lassen sich anhand der um 1870 entstandenen Siegfriedkarte finden, welche ebenfalls eingeblendet werden kann) und machen Sie das Gleiche. Nehmen Sie zusätzlich GoogleEarth zu Hilfe und werden Sie global. Suchen Sie in den heutigen Regionen mit grossen

Vergletscherungen nach solchen Ablagerungen und konsultieren Sie nicht zuletzt auch die Seite http://www.swisseduc.ch/glaciers/index-de.html, welche eine riesige Sammlung hervorragender Aufnahmen von Gletschern aus der ganzen Welt zeigt. Alternativ können Sie auch die beiden grossartigen Bücher *Gletscher der Alpen* und *Gletscher der Welt* (erschienen im Haupt-Verlag) der Autoren Jürg Alean und Michael Hambrey als Hilfe durchforsten. Finden Sie eindeutige rezente oder historische Mittelmoränenablagerungen? Uns ist es nicht gelungen, und auch der Autor selbst konnte, wie er selbst eingesteht, auch nach jahrelanger Suche keine solchen Ablagerungen dokumentieren.

Was hier offensichtlich nicht beachtet wird, ist das sogenannte Aktualitätsprinzip, eine zentrale Grundlage der Geologie. Dieses Prinzip besagt, dass unter vergleichbaren Rahmenbedingungen ähnliche geologische Prozesse ablaufen. Sind also Mittelmoränenablagerungen in der Vergangenheit entstanden, so müssten sie auch heute, unter vergleichbaren Bedingungen, noch entstehen. Und solche Be-dingungen gibt es heute weltweit noch an vielen Stellen. Dass sich heute die Bildung von Mittelmoränenablagerungen praktisch nirgends beobachten lässt bedeutet also, dass der von Wagner propagierte Normalfall (Moränenwälle sind im Wesentlichen aus Mittelmoränen entstanden) höchstens ein Ausnahmefall ist, falls er überhaupt existiert.

Dieser Umstand ist natürlich auch Wagner und Hantke aufgefallen: Sie behelfen sich zur Verteidigung ihrer Hypothese mit einem Kunstgriff – dem des Stadiums (einem in der Quartärforschung gut etablierten Begriff). Sie betonen, dass Mittelmoränenablagerungen nur während einer länger andauernden stabilen Lage der Gletscherzunge entstehen können, also während eines Gletscherstadiums. Nur dann würden die Mittelmoränen wie Förderbänder agieren und an der Gletscherstirne mächtige Mittelmoränenhügel anhäufen *(z.B. Abb. 1 oder 4)*. Da wir uns aktuell in einer Zeit des generellen Gletscherschwundes befinden, gäbe es heute keine Stadien, also könne man auch keine Bildung von rezenten Mittelmoränenablagerungen beobachten.

Wem diese Erklärung auf den ersten Blick plausibel erscheint, sollte nochmals genauer Hinsehen. Wie jeder anhand der schönen durchgehenden Endmoränenwälle wie z.B. im Wynental bei Zetzwil oder im Suhretal bei Staffelbach selbst prüfen kann (auf map.geo.admin.ch das schattierte Höhenmodell swissAlti3D einschalten), entstehen während Gletscherstadien vor allem eines – Endmoränenwälle. Moränenmaterial wird nämlich nicht nur auf dem Gletscher als Mittelmoräne transportiert, sondern findet sich im gesamten Gletscher, insbesondere nahe der Basis. Während des Abschmelzens des Eises im Bereich der Gletscherzunge schmilzt dieses Material aus und wird nicht punktuell, sondern linear oder flächenhaft abgelagert *(Abb. 6)*. Im besten Fall lassen sich auf einem Endmoränenwall lokale Erhöhungen beobachten, welche von Mittelmoränen stammen könnten, aber auch dies ist nicht gesichert.

Abbildung 6: Gletscherzunge des Kahiltna-Glacier in Alaska 2009. Deutlich ist das flächenhafte Ausschmelzen und Ablagern des Gletscherschuttes im Bereich der Gletscherzunge zu beobachten (hier typischerweise in verschiedene Gletschersee). Die oben noch sichtbaren Mittelmoränen gehen im gesamten ausschmelzenden Material auf. (Foto J. Alean, swisseduc.ch)

Ein Stadium stellt somit ein äusserst ungünstiger Zeitpunkt dar, um eine Mittelmoränenablagerung als klar erkennbare morphologische Struktur entstehen zu lassen. Endmoränen sind hingegen klar dokumentierbar – sowohl als historische 1850'er-Stände wie auch als geringmächtige, kurzzyklische Ablagerungen während der 1970er-Jahre.

Weitere Ungereimtheiten

Der Verstoss gegen das Aktualitätsprinzip ist nur einer der Vorwürfe, welche die bereits erwähnte Replik der Quartärforscher beinhaltet. Ein weiterer Vorwurf ist die fast völlige Ausserachtlassung des Sedimentinhaltes der von Wagner als Mittelmoränen bezeichneten Ablagerungen: Eine wichtige Erkenntnis der Quartärforschung der letzten 50 Jahre besteht darin, dass einfach erscheinende morphologische Strukturen oftmals einen komplexen Lockergesteinsinhalt besitzen, der auf verschiedene Ablagerungsprozesse schliessen lässt. Die Feingliederung der Eiszeitlithostratigraphie liess sich weltweit nur aufgrund von akribischen sedimentologischen Studien an den eiszeitlichen Lockergesteinen durchführen. Erst

diese Untersuchungen, gekoppelt mit dem Studium von aktuellen Ablagerungsprozessen an rezenten Gletschern, hat die komplexen Geschichten, die oft hinter monoton erscheinenden quartären Ablagerungen stehen, zu entziffern ermöglicht. Solche Untersuchungen stehen auch hinter den Theorien zur Entstehung der Drumlins und der Deckenschotter, welche Wagner ohne Kenntnis und Studium des Gesteinsinhaltes umgedeutet hat. Das Schliessen auf Ablagerungsprozesse ohne Studium des Gesteinsinhaltes ist im wahrsten Sinne des Wortes oberflächlich und stellt für viele quartäre Formen ein blosses Rätselraten dar.

Ein weiterer Vorwurf – derjenige der mangelnden Kenntnis der lokalen Gegebenheiten und der fehlenden Grundlagen – wiegt ebenso schwer. Obwohl bereits seit längerem tausende von Bohrprofilen und Baggeraufschlüssen bequem via Internet abgerufen werden können, hat Wagner diese Informationsquelle offensichtlich nie angezapft. In seinem Buch findet sich gerade Mal ein einziger Hinweis auf die Verwendung einer lokalen Studie.

Weitere Ungereimtheiten betreffen die von Wagner als sekundäre Mittelmoränen bezeichneten Seitenmoränenablagerungen. Solange deren Sedimentinhalt nicht im Detail untersucht wird (z.B. mit dem Auszählen von Geröllen und deren Klassierung nach Einzugsgebiet), ist eine solche Interpretation nicht nur unnötig, sondern stellt eine Hypothese dar, die nicht auf Fakten beruht. Wagner hat indes keine solchen Studien durchgeführt, sondern beruft sich zur Beweisführung, wenn überhaupt, auf Publikationen von meist älterem Datum.

Es gäbe noch zahlreiche weitere Diskussionspunkte, ich verweise an dieser Stelle aber lieber auf die oben erwähnte Replik und auf die neuere Quartärliteratur.

Nachwort

Wissenschaftliche Forschung und der damit angestrebte Fortschritt unseres Erkenntnisstandes bedingen das Aufstellen von Hypothesen, ihr Testen und das kritische Hinterfragen. Auch von der gängigen Lehrmeinung abweichende Ansichten sollen und müssen in diesem Prozess angehört und diskutiert werden. Oftmals sind genau solche alternativen Ansichten die treibende Kraft für wissenschaftlichen Fortschritt. Auch die Mittelmoränen-Hypothese Gerhart Wagners verdient unter diesem Aspekt ganz klar die Auseinandersetzung. Hierbei müssen dogmatische Ansätze beiseite geschoben werden und Evaluationen unter Einbezug aller bekannten Erkenntnisse stattfinden.

Mit dieser Rezension haben wir versucht, diesen Aspekten gerecht zu werden. Wir wollten Gerhart Wagners Hypothesen keinesfalls diskreditieren oder polemisch diskutieren, sondern wir haben versucht, auf nachvollziehbare Weise auf Lücken und Probleme in seinen Schlussfolgerungen hin zu weisen. Deshalb musste, trotz aller unbestreitbaren Verdienste Gerhart Wagners auf dem Gebiet der Zoologie und Botanik, diese Rezension zum neuen Buch «Mittelmoränen» kritisch

ausfallen. Wir mussten ebenfalls klar darauf hinweisen, dass die von Wagner als Tatsachen dargestellten Hypothesen in der Fachwelt beinahe einhellig abgelehnt werden (die einzige uns bekannte gewichtige Ausnahme bildet René Hantke). Aufgrund der oben aufgeführten Argumentation und der mangelnden Kausalität von Wagners Betrachtungsweise scheint dies aus unserer Sicht auch nach vollziehbar.

Interessant ist die ganze Thematik aber auch hinsichtlich der Auf- und Verarbeitung der wissenschaftlichen Gegensätze. Die Fachdiskussion, welche anfänglich in den Expertenkreisen stattfand, wurde bereits in der Vergangenheit, und wird mit dem vorliegenden Buch erneut, in den Laienbereich übertragen. Aus unserer Sicht stellt sich hierbei vor allem ein Problem: Gerhart Wagner wird mit seinem Werk zwar weniger die Fachwelt als interessierte Laien erreichen, aber gerade diesen fehlen oftmals die Grundlagen, um ein solches Buch kritisch zu hinterfragen. Wagner beschreibt dabei seine Hypothesen als die einzig gültige Wahrheit und diskutiert alternative Ansichten, wie zum Beispiel die gängige Lehrmeinung aus unserer Sicht nur unzureichend. Sie als Leser sind somit gefragt, nicht nur passiv zu konsumieren, sondern sich mit wissenschaftlicher Neugier und einem guten Quantum an kritischem Leseverhalten eine eigene Meinung zu bilden. Wir hoffen Ihnen mit den oben erwähnten Hinweisen eine Hilfestellung beim Lesen von «Mittelmoränen» mit auf den Weg gegeben zu haben.

Wir wollen an dieser Stelle aber auch eine Kritik an unsere eigene Adresse als Geologen und Quartärfachleuten richten: Dass solche Probleme überhaupt auftreten, hat zum grossen Teil mit uns selbst zu tun, da wir es bisher versäumt haben, unsere Ansichten und Thesen auch ausserhalb des engen Kreises der Experten bekannt zu machen. Nach einer verständlichen, populärwissenschaftlichen Arbeit zu den Eiszeiten sucht man in unserem Land vergebens. Mit seinem Buch hat Gerhart Wagner genau diese Lücke erkannt und gefüllt. Nehmen wir uns also selbst an der Nase…

Thomas Burri, Redaktor der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Bemerkungen zu den Abbildungen 3–5

Abb. 3: Tatsächlich ist diese Struktur das Produkt von zwei an dieser Stelle aufeinander treffenden Seitenmoränen. Dass man deshalb diese Struktur mit einem neuen Namen (MMA-Struktur) bezeichnen muss, scheint uns nicht notwendig. Zudem ist die Bezeichnung Mittelmoränen-Ansatzstruktur irreführend: Man könnte die Struktur zwar als Ansatzstelle für die auf dem Gletscher sichtbare Mittelmoräne interpretieren, nicht aber für deren Ablagerung am Gletscherende. Tatsächlich endet die Struktur bereits nach wenigen zehner Meter, wie die Abbildung sehr schön zeigt; eine Verbindung bis ins Alpenvorland existiert nicht. Diese Strukturen mit einer entsprechenden «MME-Struktur» im Alpenvorland zu verbinden, wie dies von Wagner gemacht wird, überstrapaziert in unseren Augen die Fakten. Zudem ist die Interpretation, dass diese Strukturen ein Stadium kennzeichnet,

sicherlich falsch. Eine solche Struktur kann jederzeit, auch heute noch, beim Zusammenfluss zweier Gletscher, resp. deren Seitenmoränen entstehen.

Abb. 4: Wer auf map.geo.admin.ch das digitale Höhenmodell zu Hilfe nimmt, wird rasch entdecken, dass es sich bei den zwei Strukturen wahrscheinlich einst um eine einzige gehandelt hat, die durch Bacherosion in zwei «Hälften» geteilt wurde. Möglicherweise floss die Chiene oder ein anderer Bach aus dem Gebiet der Standfluh zu einem früheren Zeitpunkt an dieser Stelle hindurch. Aufgrund des Höhenmodelles und der anschliessenden geologischen Kartenblätter müsste man die Struktur am ehesten als Erosionsrelikt einer mächtigen Kames-Terrasse interpretieren, wie sie auch westlich der Chiene auftritt. Ohne genaue Kenntnis des Sedimentinhaltes ist eine sichere Interpretation allerdings schwierig.

Abb. 5: Wagner schreibt, dass es sich um eine Ansatzstelle einer sekundären Seitenmoräne handelt. Tatsächlich handelt es sich nicht um eine Ansatzstelle, der Moränenwall endet nämlich nicht hier, wie Wagner schreibt, sondern biegt einfach um. Sowohl auf der geologischen Karte wie auf dem digitalen Höhenmodell lässt sich der weitere Verlauf dieser Seitenmoräne gletscheraufwärts gut verfolgen, wenn auch mit Unterbrüchen. Teilweise fiel die Seitenmoräne wohl der Erosion zum Opfer oder wurde gar nicht erst abgelagert. Übrigens folgt auch der Wanderweg weiterhin der Moräne.

Literaturverzeichnis

Gerhart Wagner (2002); Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich, 1.Teil: Gebiet des Linthgletschers in der Zürichsee-Talung und im Knonauer-Amt. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 147/4, 21–33.

Gerhart Wagner (2003); Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich, 2.Teil: Linth-/Rhein-Gletscher im Glatttal, Gletschergebiete von Reuss und Thur/Rhein. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 148/3, 67–77.

Hans Rudolf Graf , Reto Burkhalter , Thomas Gubler, Oskar Keller, Max Maisch, Conrad Schindler, Christian Schlüchter und Georg Wyssling (2003); Das «Mittelmoränen-Modell» – aus wissenschaftlicher Sicht. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 148/3, 79–87.

Gerhart Wagner (2004); «Das Mittelmoränen-Modell – aus wissenschaftlicher Sicht». Duplik von Wagner auf die Replik von Graf et al. in der «Vierteljahrsschrift» 148 (3). Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 149/2-3, 83–86.

René Hantke; Eiszeitalter, Kalt-/Warmzeit-Zyklen und Eistransport im alpinen und voralpinen Raum. ISBN-10:3-7225-0121-0; 2011; Ott-Verlag.

Empfohlene populärwissenschaftliche Bücher zum Thema

Jürg Alean und Michael Hambrey; Gletscher der Welt. ISBN: 978-3-258-07803-8; 1. Auflage 2013; Haupt Verlag; CHF 62.90 (UVP)

Jürg Alean; Gletscher der Alpen. ISBN: 978-3-258-07608-9; 2010; Haupt Verlag; CHF 47.90 (UVP)

Stefan Winkler, Gletscher und ihre Landschaften: Eine illustrierte Einführung; ISBN-10: 3896786490; 2009; Primus Verlag; CHF 60 (UVP)

Ich möchte mich bei folgenden Personen für die konstruktive Kritik und die unterstützenden Kommentare herzlich bedanken: Jürg Alean, Flavio Anselmetti, Reto Burkhalter, Markus Fiebig, Marco Herwegh, Ursula Menkveld, Fritz Schlunegger.

Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern Abteilung Naturförderung, Bericht 2013

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Rückblick (Urs Känzig-Schoch) ... 188

1. Arten und Lebensräume (Franziska von Lerber) ... 189
1.1 Naturschutzgebiete ... 189
1.2 Umsetzung Bundesinventare ... 189
1.3 Erhalt und Förderung von Arten ... 190

2. Ökologischer Ausgleich und Verträge (Oliver Rutz) ... 190
2.1 ÖQV-Qualität und ÖQV-Vernetzung ... 190
2.2 Bewirtschaftungsverträge Naturschutz ... 191

3. Stellungnahmen und Beratung (Markus Graf, Kurt Rösti, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli) ... 191
3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen ... 191

4. Herausgepickt ... 193
4.1 Arbeitsprogramm 2014–2017 (Urs Känzig-Schoch) ... 193
4.2 Berner Fotomarathon 2013: «Im Zeichen der Natur» (Erwin Jörg) ... 211
4.3 Schaffung und Revisionen von Naturschutzgebieten (Franziska von Lerber, Petra Graf und Annelies Friedli) ... 212
4.4 Ökologische Aufwertung «Wengimoos» (Jörg Hassler) ... 217
4.5 «Fischzuchtteich Gurnigelbad» (Thomas Leu) ... 221
4.6 Construction d'étangs pour le crapaud calamite sur le site du «Mettmoos» (Olivier Bessire) ... 223
4.7 Erfolgskontrolle Renaturierung Belpau (Annelies Friedli, Christoph Forrer, Beatrice Lüscher und Sarah Althaus) ... 226
4.8 Artenförderungsprojekt Grosse Lungenflechte (Daniela Flück) ... 236
4.9 Artenförderungsprojekt «Enzianbläuling im Berner Jura» (Daniela Flück) ... 239
4.10 Förderung der seltenen Geburtshelferkröte in Reckiwil (Daniela Flück) ... 243
4.11 «Ökokonzept Brünnen» (Sabine Tschäppeler) ... 244

5. Zuständigkeiten und Fachkommissionen ... 248
5.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung ... 248
5.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch) ... 252
5.3 Fachkommission Ökologischer Ausgleich (FKÖA) ... 253

Einleitung und Rückblick

> Es gibt keine Handlung, für die niemand verantwortlich wäre.
>
> Otto Eduard Leopold Fürst von Bismarck

Jetzt ist es offiziell: der Kanton Bern investiert deutlich weniger in den Naturschutz als vergleichbare Kantone. Zu diesem Schluss kommt die vom Regierungsrat beim unabhängigen Wirtschaftsforschungsinstitut BAKBASEL in Auftrag gegebene Angebots- und Strukturüberprüfung (ASP 2014).

Trotzdem läuft im Kanton Bern in Sachen Naturschutz Jahr für Jahr erfreulich viel. Dies zeigt der vorliegende Tätigkeitsbericht 2013 wieder deutlich. Voraussetzung dafür ist das gleichbleibend hohe Engagement der Mitarbeitenden der Abteilung Naturförderung (ANF). Ebenso wichtig ist die Unterstützung durch unsere Partner inner- und ausserhalb der Verwaltung. Ohne sie wäre die Realisierung vieler Naturschutzprojekte fachlich, personell, aber vor allem finanziell nicht machbar. Namentlich erwähnen möchte ich den Ökofonds der BKW, den kantonalen Renaturierungsfonds, die Berner Ala und Pro Natura Bern. Ein herzliches Dankeschön allen, die mithelfen, die Natur im Kanton Bern zu erhalten und wo immer möglich zu fördern.

«Prioritäten setzen heisst auswählen, was liegen bleiben soll.» So salopp formuliert es der Wirtschaftswissenschaftler Helmar Nahr. Dies haben wir mit unserem Arbeitsprogramm 2010–2013 ein erstes Mal konsequent für die ganze Abteilung gemacht. Einige der dafür nötigen Entscheidungen brauchten Überwindung. Sie waren jedoch unumgänglich. Nur so konnten Aufgaben und Mittel einigermassen in Übereinstimmung gebracht werden. Rückblickend hat sich dieser Mut zur Lücke bewährt: Über 90% der gesetzten Ziele konnten erreicht werden – trotz der unvorhergesehenen Mehrbelastung durch die Einführung der Agrarpolitik 2014–2017 (Stichwort Landschaftsqualitätsbeiträge) und weiterer zusätzlicher Bundes- und Kantonsvorhaben. Dies hat uns ermutigt, auch für die Periode 2014 bis 2017 ein Arbeitsprogramm zu erstellen. Dieses wurde vom Amtsleiter und vom Volkswirtschaftsdirektor zustimmend zur Kenntnis genommen. Im Kapitel 4.1 stellen wir Ihnen das Arbeitsprogramm der kommenden vier Jahre vor.

Es ist eine Binsenwahrheit, dass fachlich kompetente und motivierte Mitarbeitende die wichtigste Ressource jeder Organisation sind. Umso schwieriger wird es, wenn im gleichen Jahr gleich zwei langjährige Stützen die Abteilung verlassen. Daniel Fasching, Leiter des Fachbereichs «Ökologischer Ausgleich & Verträge», hat die ANF Ende Februar 2013 verlassen. Nach rund 15 Jahren wollte er sich einer neuen beruflichen Herausforderung stellen. Ruedi Keller, kantonaler «Moorschutzbeauftragter», ging Ende Januar 2014 nach gut 23 Jahren im Dienst der ANF in den wohlverdienten Ruhestand – wie wir ihn kennen, wird es wohl eher ein Un-

ruhestand. Beiden danke ich an dieser Stelle nochmals herzlich für ihren grossen Einsatz.

Willkommen heissen durften wir neu Florian Burkhalter. Er hat Anfang Juni 2013 die Leitung des Fachbereichs «Ökologischer Ausgleich & Verträge» übernommen. Mit Blick auf die Einführung der Agrarpolitik 2014–2017 ein «steiler» Einstieg, den er sehr gut gemeistert hat. Wenn Sie diesen Bericht lesen, arbeitet Dominique Hindermann bereits seit März 2014 als Nachfolger von Ruedi Keller. Er ist schon seit 2011 projektbezogen und zeitlich befristet bei der ANF tätig. Wir sind überzeugt, dass die beiden «Neuen» persönlich und fachlich gut ins Team passen.

Und nun viel Spass und viele Aha-Erlebnisse bei der Lektüre unseres Tätigkeitsberichts 2013.

Urs Känzig-Schoch

> Die Basis jeder gesunden Ordnung ist der Papierkorb.
>
> Kurt Tucholsky

1. Arten und Lebensräume

1.1 Naturschutzgebiete

Im Jahr 2013 wurden vier Naturschutzgebiete neu geschaffen oder revidiert. Im Kapitel 4.3 wird näher darauf eingegangen.

1.2 Umsetzung Bundesinventare

Für die Beschreibung des Vollzugsstandes werden folgende Kategorien verwendet:

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

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

> Traue nicht dem Ort, an dem kein Unkraut wächst!
>
> Unbekannt

Inventar	Anzahl Objekte	Umsetzung vollzogen	Umsetzung teilweise vollzogen	Umsetzung pendent
Hochmoore von nationaler Bedeutung	103	88	7	8
Auengebiete von nationaler Bedeutung	49	23	3	23
Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	106	66	24	16

Tabelle 1: Umsetzungsstand der Bundesinventare Ende 2013.

1.3 Erhalt und Förderung von Arten

Zugunsten von gefährdeten Arten wurde auch im Jahr 2013 eine grosse Anzahl von kleineren oder grösseren Projekten bearbeitet. Einige Beispiele sind im Kapitel 4 beschrieben.

Franziska von Lerber

2. Ökologischer Ausgleich und Verträge

2.1 ÖQV-Qualität und ÖQV-Vernetzung

2013 wurden gesamthaft 25,6 Mio. Franken (22,9 Mio. Franken im Jahr 2012) für 8600 Hektaren ÖQV-Qualitätsflächen und 22 400 Hektaren ÖQV-Vernetzungsflächen ausbezahlt.

Die Fläche mit ÖQV-Qualität (ohne Naturschutz-Qualitätsflächen) konnte gegenüber dem Vorjahr um 685 Hektaren auf 5757 Hektaren erhöht werden. Dies entspricht einem Anteil von 3% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Werden die Naturschutz-Vertragsflächen mit ÖQV-Qualität ebenfalls mit eingerechnet, steigt der Anteil der Qualitätsflächen auf 4,5% an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Knapp 11,8% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche sind als Vernetzungsflächen angemeldet und weisen eine höhere Bewirtschaftungsqualität auf.

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

– Es sind keine Mähgeräte und -aufbereiter zugelassen, die die Fauna in hohem Mass schädigen. Die Mähaufbereiter 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 Rückzugsstreifen stehen zu lassen.

Die ausbezahlten ÖQV-Beiträge haben im Kanton Bern 2013 die ausbezahlten Ökobeiträge nach Direktzahlungsverordnung (DZV) um 4,7 Mio. Franken überstiegen (25,6 Mio. Franken ÖQV gegenüber 20,9 Mio. Franken für den ökologischen Ausgleich [öA] nach DZV). Dies unterstreicht einmal mehr die finanzielle Bedeutung dieser Zusatzbeiträge für die Landwirtschaftsbetriebe im Kanton Bern.

2.2 Bewirtschaftungsverträge Naturschutz

Vertragstyp	Anzahl Verträge	Vertragsfläche ha	Beiträge CHF
Feuchtgebiete	970	5105	3 774 071
Trockenstandorte	1295	4772	3 513 595
Verträge in Naturschutzgebieten	273	1013	414 322
Verträge Artenschutz	168	179	114 775
Verträge Smaragd	63	188	76 243
Total	**2769**	**11 257**	**7 893 006**

Tabelle 2: Stand des Vollzugs mit Bewirtschaftungsverträgen per Ende 2013.

Oliver Rutz

3. Stellungnahmen und Beratung

3.1 Mitberichte, Umweltverträglichkeitsprüfungen

Die Abteilung Naturförderung hat ihre Stellungnahme zu 884 (2012: 961) naturschutzrelevanten Vorhaben abgegeben *(Abb. 1)*, u.a.

16	(27)	Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorstösse, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare
42	(42)	Biotop- und Artenschutz
81	(92)	Vorhaben in Naturschutzgebieten
65	(98)	Detail-, Orts- und Regionalplanungen, Planungskonzepte
19	(21)	Meliorationen und Entwässerungen
31	(34)	Rohstoffgewinnung, Auffüllungen und Deponien
6	(6)	Rodungen und Aufforstungen
95	(110)	Gewässerverbauungen inkl. Bewilligungen betr. Ufervegetation
49	(35)	Kraftwerkanlagen
42	(58)	Starkstrom- und Telefonleitungen, Kabel, Gasleitungen
45	(43)	Wasser- und Abwasserleitungen
140	(147)	Strassen, Brücken, Wege
33	(35)	Bahnen
149	(158)	Übrige Bauten, Baugesuche
8	(13)	Militärische Anlagen, Flugplätze
32	(18)	Seilbahnen und Skilifte, Skipisten, Pistenbeschneiungen
24	(19)	Sportanlagen, Veranstaltungen
7	(5)	Anlagen für Boote

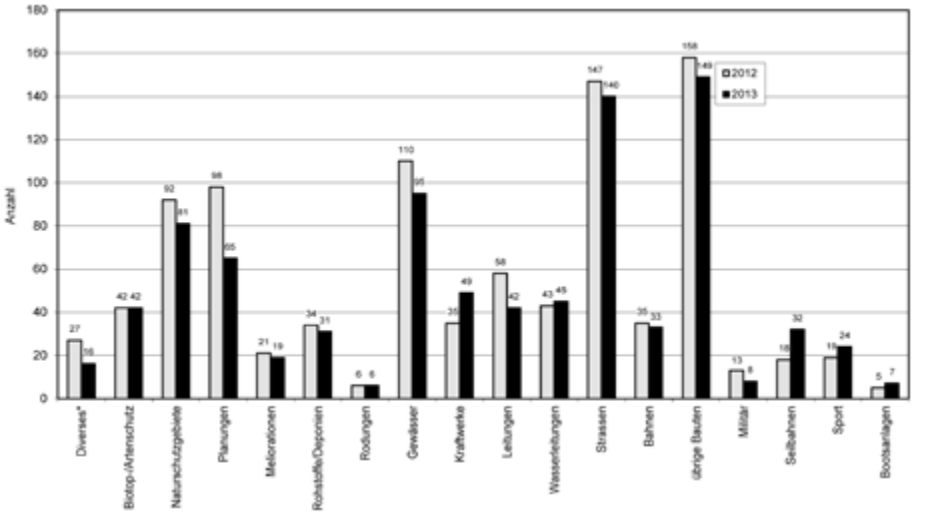


Abbildung 1: Vergleich Anzahl/Kategorien Mitberichtsgeschäfte 2012 und 2013.
* Diverses: Gesetzesvorlagen, parlamentarische Vorlagen, Finanzgeschäfte, Konzepte, Richtlinien und Inventare.

Der Bereich Stellungnahmen und Beratung hat zu 771 (2012: 842) Planungen und Bauprojekten ausserhalb der kantonalen Naturschutzgebiete Stellung genommen. 54 (52) geplante Vorhaben mussten der Bauherrschaft wegen Mängeln zur Überarbeitung zurückgewiesen werden. Zu 247 (250) Projekten konnte mit besonderen und zu 506 (540) ohne zusätzliche ökologische Auflagen ein positiver Fach- oder Amtsbericht erstellt werden. Die geplanten Vorhaben hätten sich auf 708 (639) schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen oder Objekte gemäss Art. 18 Abs. 1bis des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz nachteilig ausgewirkt *(Tab. 3)*. 21 (23) Vorhaben hätten Lebensräume von nationaler Bedeutung

Anzahl		%		Betroffene schutzwürdige naturnahe Lebensräume
2013	**2012**	**2013**	**2012**	
255	190	36	30	Ufer, Gewässer (Fliess- und Stehgewässer, Quellen)
39	36	5	6	Hoch- und Flachmoore, Feuchtgebiete
26	30	4	5	Trockenstandorte
164	163	23	25	Wälder, Waldränder
177	187	25	29	Hecken, Feld-, Ufergehölze, Bäume, Obstgärten
33	16	5	2	Alpine Rasen, Zwergstrauchheiden, Geröllhalden
14	17	2	3	Trockenmauern, Lesesteinhaufen, Ruderalflächen
708	**639**	**100**	**100**	**Total**

Tabelle 3: Anzahl schutzwürdige naturnahe Lebensraumtypen, welche von 771 Vorhaben (2012: 842) betroffen waren.

und 51 (50) solche von regionaler Bedeutung beeinträchtigt. 66 (66) geplante Gesuche hätten Bestände von geschützten Pflanzen und 51 (51) Vorhaben solche von geschützten Tieren betroffen.

Markus Graf, Kurt Rösti, Fabian Meyer und Yvonne Stampfli

4. Herausgepickt

4.1 Arbeitsprogramm 2014–2017

4.1.1 Ausgangslage

Aufgabenentwicklung
Die Abteilung Naturförderung (ANF) ist die kantonale Fachstelle für Naturschutz und ökologischen Ausgleich. Ihre Aufgabe umfasst im Wesentlichen den Vollzug der Naturschutzgesetzgebung von Bund und Kanton (Natur- und Heimatschutzgesetz [NHG], Kantonales Naturschutzgesetz [NSchG] inklusive ihrer Vollzugsverordnungen) sowie des ökologischen Ausgleichs nach Direktzahlungsverordnung und Öko-Qualitätsverordnung. Aufgabenkatalog und Arbeitsmenge haben in beiden Bereichen aufgrund politischer Entscheide und der Inkraftsetzung neuer gesetzlicher Bestimmungen in den letzten Jahren stetig zugenommen (z.B. Erhöhung der Kundenfreundlichkeit, Schaffung zusätzlicher verwaltungsinterner Gefässe, Umsetzung der Agrarpolitik 2014–2017 [AP 2014–2017], Biodiversitätsstrategie des Bundes und revidiertes Gewässerschutzgesetz).

Die zur Verfügung stehenden Ressourcen (Personal, Finanzen) wurden der Aufgabenentwicklung nicht angepasst. Das Synergiepotenzial mit zielverwandten Fachstellen (z.B. Fischerei, Jagd, Beratung) ist aktuell ausgeschöpft. Die indirekten Auswirkungen der Angebots- und Strukturüberprüfung 2014 können noch nicht abgeschätzt werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Handlungsspielraum nicht grösser wird.

Konsequenzen
Die direkten Auswirkungen des Auseinanderdriftens zwischen Aufgaben und Ressourcen sind:

– Akzentuierung der Vollzugsdefizite im Naturschutz und beim ökologischen Ausgleich,
– sehr hohe Arbeitsbelastung der Mitarbeitenden,
– sinkende Termintreue und
– erhöhtes Risiko sinkender Arbeitsqualität.

Im Arbeitsprogramm 2010–2013 wurde die Situation anhand repräsentativer Beispiele illustriert (vergleiche Tätigkeitsbericht der ANF von 2010). Diese sind immer noch gültig. Es wird deshalb darauf verzichtet, erneut Beispiele aufzuführen.

Fazit
Das Arbeitsprogramm 2010–2013 hat sich grundsätzlich bewährt. Es schaffte Transparenz (was wird gemacht, was wird zurückgestellt, was wird gestrichen) und erlaubte eine Entlastung der Mitarbeitenden (inkl. Abbau der Langzeitkonten und Jahresarbeitszeit-Saldi). Die Verantwortlichen der ANF haben deshalb beschlossen, für die Periode 2014–2017 wiederum ein Arbeitsprogramm zu erarbeiten. Aufgrund der Erfahrungen wurden kleinere Anpassungen bei den Zielen und den Kontrollmechanismen vorgenommen.

4.1.2 Vorgehen

Für das Festlegen der Prioritäten wurde *en gros* wie beim ersten Arbeitsprogramm vorgegangen. Für die Kriterien vergleiche Seite 18 des Tätigkeitsberichts 2010 der ANF.

4.1.3 Schwerpunkte 2014–2017

4.1.3.1 Fachbereich Arten und Lebensräume

Der Bereich *Arten und Lebensräume* ist primär für die Betreuung der gut 250 kantonalen Naturschutzgebiete (Unterschutzstellung, Pflege, Aufwertung), Projekte zur Arten- und Lebensraumförderung und den Vollzug der folgenden Bundesinventare verantwortlich: Hochmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete (258 Objekte).

Im Zusammenhang mit der vorgesehenen Revision der Biotope von nationaler Bedeutung werden im Kanton Bern voraussichtlich neue Objekte bezeichnet (29 Objekte). Beim Artenschutz gibt es als Arbeitsinstrument seit 2010 zusätzlich zu den roten Listen eine Liste der National Prioritären Arten. Diese Liste berücksichtigt neben dem Gefährdungsgrad der Arten auch die Verantwortung der Schweiz im grösseren Umfeld. Für den Kanton Bern werden vom Bund 193 Arten aufgeführt (erste bis vierte Priorität).

Ziele
Der Unterhalt in den bestehenden Naturschutzgebieten und der Inventarobjekte von nationaler Bedeutung soll in den nächsten vier Jahren auf dem bisherigen Standard weitergeführt werden. Aufwertungen werden angestrebt und erfolgen prioritär in bestehenden kantonalen Naturschutzgebieten und Bundesinventarobjekten oder zugunsten von national prioritären Arten.

> Ohne Wasser gibt es kein Leben. Wasser ist ein kostbares,
> für den Menschen unentbehrliches Gut.
>
> Wasser-Charta des Europarats, 6. Mai 1968

Rahmenbedingungen
Für die Priorisierung wurde von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

> Stabile Ressourcen
> Zusätzliche Aufgaben (z.B. Umsetzung der Liste der National Prioritären Arten des Bundes, zusätzliche Bundesinventarobjekte nach Bundesinventarrevisionen, Umsetzung Aktionsplan Biodiversität Schweiz)
> Starke Prioritätensetzung beim Vollzug der Bundesaufgaben aufgrund der NFA-Vereinbarung (NFA = Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung)

Prioritäten und Massnahmen 2014–2017

Bereich	Massnahme	Kommentar
Naturschutzgebiete	Weiterführen der laufenden Unterhaltsarbeiten im bisherigen Rahmen	Der reguläre Unterhalt wird grossenteils durch die zwei Gebietsbetreuer der ANF ausgeführt. Da zwei Personen für den gesamten Kanton sehr wenig sind, muss der «bisherige Rahmen» als dringend notwendiges Minimum bezeichnet werden. Ein Reduzieren dieser Arbeiten soll nicht in Frage kommen.
	Pro Jahr in mindestens zwei kantonalen Naturschutzgebieten zusätzliche Aufwertungen ausführen	Zur Werterhaltung der Naturschutzgebiete ist es in regelmässigen Abständen notwendig, zusätzlich zu den regulären Unterhaltsarbeiten grössere Aufwertungen vorzunehmen (z.B. zurücksetzen der natürlichen Sukzession zugunsten von Arten der Primärlebensräume).
	Unterschutzstellungsverfahren: neu bearbeiten Tschingelsee	Aufgrund der Verhandlungen mit den Grundeigentümern ist der Start des Unterschutzstellungsverfahrens aktuell angebracht.
	Abschliessen von begonnenen Unterschutzstellungsverfahren (Mülau-Radelfingen, Hohgant, Chaltenbrunnen, Wilerau, Brünnlisau)	Der zeitliche Ablauf von Unterschutzstellungsverfahren ist teilweise von aussen gesteuert. Mehrere langjährige Geschäfte konnten noch nicht abgeschlossen werden.
	Gemeinsam mit dem Bereich «Support» Entwickeln eines verbesserten Informationsflusses zu den Naturschutzgebieten	Vorgängig müssen das Zielpublikum eruiert und die zielgruppengerechten Informationskanäle festgelegt werden.
	Gemeinsam mit dem Bereich «Support» Erstellen einer Strategie zur Bekämpfung der Neophyten	Aufgrund der knappen personellen und finanziellen Ressourcen müssen auch für die Bekämpfung von Neophyten in Naturschutzgebieten Prioritäten gesetzt werden. Diese müssen entsprechend kommuniziert werden. ▶

Bereich	Massnahme	Kommentar
Biotopschutz	*Bundesinventar Auen:* Im Rahmen der kantonalen Revitalisierungsplanungen Verbesserungen der Wasserdynamik anstreben Ziel: 1–2 Revitalisierungsprojekte abschliessen	Revitalisierungen an Gewässern sind im Rahmen des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (GSchG) allgemeine Pflicht. In Zusammenarbeit mit den Oberingenieurkreisen (OIK) sollen Aufwertungen innerhalb der Auen von nationaler Bedeutung geprüft und geplant werden.
	Bundesinventar der Hochmoore: – Verbesserung der moorspezifischen Hydrologie bei 1–2 Hochmooren pro Jahr (z.T. Grossprojekte) – Grundlagenerarbeitungen zur Wiederherstellung der Hydrologie von 1–2 Hochmoor-Objekten	Nachdem im Kanton Bern in den letzten Jahren ein sehr hoher Prozentsatz der Hochmoore als Naturschutzgebiete gesichert werden konnte, wird in den nächsten Jahren ein Schwerpunkt auf die Aufwertung der Biotope gesetzt. Hydrologische Gesamtverbesserungen von Mooren sind oft Grossprojekte, die zudem teure, fundierte Grundlagenarbeiten erfordern. 1–2 Hochmoore pro Jahr hydrologisch zu sanieren, ist mit Blick auf die Ressourcen ein hohes Ziel, kann aber möglicherweise erreicht werden.
	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete: – Aufwertungen in mindestens zwei Objekten pro Jahr – Bestandesaufnahmen in mindestens drei Objekten pro Jahr	Amphibienlaichgebiete müssen in regelmässigen Abständen in der Sukzession zurückgestellt werden. Mit der Zahl von zwei aufgewerteten Objekten pro Jahr wird der Kanton der Bundesaufgabe noch nicht gerecht. Nötig wären zirka 15. Es ist somit ein dringend notwendiges Minimum. Da das Inventar der Amphibienlaichgebiete auf vorkommenden Arten basiert und weniger auf dem Lebensraum selber, sind regelmässige Bestandeskontrollen dieser Arten notwendig.
Artenschutz	Weiterbearbeitung Aktionsplan Moorbläuling	Von den Aufwertungsmassnahmen für den Moorbläuling profitieren gleichzeitig andere Arten der Landwirtschaft. Obwohl das Projekt auf eine prioritäre Art ausgerichtet ist, haben die Massnahmen somit weitreichenden Einfluss auf den Lebensraum.
	Projekte und Massnahmen zugunsten der Geburtshelferkröten sowie der Pionierarten Gelbbauchunken und Kreuzkröten	Die drei Amphibienarten zeigen einen stetigen Rückgang. Da die Massnahmen, die zugunsten dieser Arten ausgeführt werden, gleichzeitig anderen aquatischen oder semiaquatischen Arten helfen, haben sie weitreichenden Einfluss auf den Lebensraum.
	Projekte und Massnahmen zugunsten prioritärer Libellenarten	Im Rahmen eines Praktikums wurden fundierte Vorarbeiten geleistet, die Aufschluss über Aufwertungsmassnahmen prioritärer Libellenarten geben. In den nächsten Jahren sollen solche Projekte umgesetzt werden. ▶

Bereich	Massnahme	Kommentar
	Weitere Massnahmen zugunsten von Arten der Liste «Arten-Förderschwerpunkte Kanton Bern 2012–2015»	In gemeinsamer Arbeit haben das Kantonale Amt für Wald (KAWA), das Fischereiinspektorat (FI), das Jagdinspektorat (JI) und die ANF eine Liste mit Arten zusammengestellt, die im Kanton Bern schwerpunktmässig gefördert werden sollen. Die ANF wird in den kommenden Jahren versuchen, möglichst viele Massnahmen zugunsten solcher Arten zu verwirklichen.

4.1.3.2 Fachbereich ökologischer Ausgleich und Verträge

Die wichtigsten Aufgaben des Bereichs *ökologischer Ausgleich und Verträge* sind der Vollzug des ökologischen Leistungsnachweises im Bereich Biodiversitätsförderflächen (BFF) nach Direktzahlungsverordnung (DZV) für rund 11 000 Betriebe (23 000 Hektaren ökologische Ausgleichsflächen [öAF]) sowie der Abschluss und die Administration der Bewirtschaftungsverträge für Trockenstandorte und Feuchtgebiete, Vertragsflächen in kantonalen Naturschutzgebieten und von Artenschutzverträgen (rund 2700 Verträge für knapp 11 000 Hektaren und 7,7 Mio. Franken). Eine zentrale Rolle spielen der Aufbau einer systematischen Objektkontrolle von Inventar- und Biodiversitätsförderflächen (zirka 6000 Objekte) sowie die Beratung der Landwirte.

Die Änderungskadenz bei den Bundesvorschriften ist hoch, ab 2014 müssen zusätzlich neue Beitragssysteme umgesetzt werden. Die Bewirtschaftungsauflagen werden immer strenger, der Handlungsspielraum für Bewirtschafter und Fachstellen kleiner und der administrative Aufwand immer grösser. Viele Landwirte, aber auch die landwirtschaftliche Beratung (Inforama, IP-Ringe, Erhebungsstellenleiter) sind teilweise überfordert. Eine Vereinfachung ist zwingend nötig. Die Abläufe im Vollzug sowie die Kommunikation zwischen den involvierten Stellen sind zu optimieren.

Ziele

Die neuen Beitragssysteme (BFF im Sömmerungsgebiet; Landschaftsqualitätsbeiträge) können mit einem effizienten und wirkungsvollen Vollzugsmodell bearbeitet werden. Bestehende Vollzugsprozesse im Rahmen der Biodiversitätsförderflächen nach DZV sowie des Vertragsnaturschutzes werden administrativ vereinfacht. Umsetzung und Wirkung des ökologischen Ausgleichs werden modular überprüft. Relevante Fragestellungen aus der Praxis (z.B. Förderung und Erhaltung von qualitativ wertvollen BFF, Dauerbeobachtung von Sumpfdotterblumenwiesen/Borstgrasweiden) sollen in Zusammenarbeit mit weiteren Institutionen bearbeitet werden.

> In der Wildnis gibt es Dinge, an die erinnern wir uns ein Leben lang.
>
> Ron Bachmann

Rahmenbedingungen
Für die Priorisierung wird von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

> Keine Zu-/Abnahme der Personalressourcen
> Umlagerung von kantonalen Finanzmitteln aufgrund der Erhöhung des Bundesanteils bei Vernetzungsbeiträgen (90% Bund / 10% Kanton), Qualitätsbeiträgen (100% Bund) und Hangbeiträgen (100% Bund) sowie der Einführung der Qualitätsstufe-III-Beiträge
> Finanzmittel für gezielte Förderungsmassnahmen im Bereich BFF, Qualitätsstufe II
> Einführung Kommunikationskonzept LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur) im Bereich ökologischer Ausgleich
> Zusätzliche Aufgaben, z.B. Einführung Landschaftsqualitätsbeiträge, BFF im Sömmerungsgebiet, Anpassung an geänderte BLW-Vorschriften (BLW = Bundesamt für Landwirtschaft), Neuverhandlung von Verträgen Feuchtgebiete (FG) und Trockenstandorte (TS), Integration Natur-GIS ins Agrarinformationssystem der Kantone Bern, Freiburg und Solothurn [GELAN] 2015

Prioritäten und Massnahmen 2014–2017

Aufgabenbereich	Massnahme	Kommentar
Organisation	Teamentwicklungsmassnahmen treffen	Neue Leitung
	Zuständigkeiten im Fachbereich überprüfen und Vertretung klar regeln	Bedingt durch den Personalwechsel bei der Bereichsleitung sollen die Aufgabengebiete und Zuständigkeiten überprüft werden.
	Koordination Artenschutzverträge ANF intern	Verantwortlichkeiten müssen geklärt und entsprechend umgesetzt werden.
DZV allgemein inklusive Qualitätsstufe I	Erarbeiten und Umsetzen eines Vollzugsmodells für die neuen Beitragssysteme AP 2014–2017, Koordination mit GELAN, Abteilung Direktzahlungen (ADZ) und INFORAMA Federführung im Bereich ökologischer Ausgleich und Verträge liegt bei ANF	Die Totalrevision der DZV 910.13 erfordert eine Vielzahl an Anpassungen beim Vollzug. ANF nimmt die Führungsrolle wahr bei: – Behandlung von Rekursen – Anforderungen an elektronische Ablage (GELAN)
	Erarbeiten und Umsetzen eines Aus- und Weiterbildungskonzepts zur Stärkung der Beratung im Bereich ökologischer Ausgleich und Landschaftsqualitätsbeiträge	Zur Optimierung der Leistungen eines Landwirtschaftsbetriebs im Bereich ökologischer Ausgleich und Landschaftsqualität wird eine gesamtbetriebliche Beratung in den genannten Bereichen als sehr zielführend erachtet. Bestehende Strukturen (INFORAMA, Vernetzungsberater) sind zu nutzen. ▶

Aufgabenbereich	Massnahme	Kommentar
DZV allgemein inklusive Qualitätsstufe I	Umsetzen des Vollzugskonzepts des ökologischen Ausgleichs (Hauptzielpublikum: Berater und Lehrkräfte Inforama, Erhebungsstellenleiter [ERHE], Kontrollorganisationen, Trägerschaften, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften [HAFL])	Als Ergänzung zur Beratung sollen die weiteren Akteure in ihrer Kompetenz gefördert werden.
Qualitätsstufe II	Verbesserung der biologischen Qualität auf BFF durch gezieltes Mitfinanzieren von Saatgut und/oder Fördern von günstigen Ernteverfahren bei Blumenwiesen Fördern der einheimischen, standortgerechten Flora	Heute wenig praktische Erfahrungen bei Ernteverfahren auf BFF.
Vernetzung nach DZV	Erarbeiten und Umsetzen eines Konzepts zur Vereinfachung und Vereinheitlichung der Vernetzung nach DZV (Neuorientierung 2016)	Die Vielzahl an Vernetzungsprojekten mit unterschiedlichen Auflagen bedarf einer Vereinheitlichung zur Vereinfachung der Administration und der Kontrollen (Naturgipfel 2012).
	Begleitung und Unterstützung der Trägerschaften für die Anmeldung der zweiten Umsetzungsperiode durch Bereitstellung entsprechender Unterlagen	Der administrative Aufwand für die Trägerschaften für die Einreichung eines Berichts für die zweite Umsetzungsperiode soll minimiert und die Anforderungen in Zusammenarbeit mit dem Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) klar definiert werden. Insbesondere die Übergangsphase 2014–2015 bis zur geplanten Neuorientierung der Vernetzung ist zu regeln.
Gelan	Integration des Natur-GIS in Gelan 2015 Anpassungen numerische Erfassung und Auswertung als Zwischenlösung für 2014 Verbesserungen beim Vollzug öAF – Koordination Anmeldung der Programme – Automatisierung Brachenvollzug – Digitalisierung Qualitätsfächen	Beim Systemneubau Gelan 2015 soll das Teilsystem Natur erweitert werden. Bis zu diesem Zeitpunkt muss Folgendes angepasst werden: – Beitragsmodell Landwirtschaftliche Nutzfläche / Sömmerungsgebiet (LN/SöG) – Beitragsdetails und -ansätze – Vertragsbeilagen – Beitragsgesuche – Office-Auswertungen ▶

In nature's infinite book of secrecy, a little I can read.

William Shakespeare, Antony and Cleopatra

Aufgabenbereich	Massnahme	Kommentar
Verträge (NHG)	Anpassen der Bewirtschaftungsverträge an neue Erkenntnisse (kein Mähaufbereiter, Rückzugsstreifen usw.)	Seit einiger Zeit wird für alle Vertragsflächen der Vernetzungsbeitrag (+ zusätzlicher NHG-Beitrag) ausbezahlt, die entsprechenden Auflagen wurden aber in vielen Fällen noch nicht angepasst.
	Koordination NHG-Verträge mit DZV optimieren	z.B. Information, Organisation: Qualitätskontrollen und Kontrollen der Vernetzungsauflagen auf Vertragsflächen müssen geregelt werden.
Inventare FG und TS	Abschluss Objektkontrolle, Integration der Resultate inkl. Trockenwiesen und -weiden (TWW) in GIS und GELAN Integration der Resultate aus Revision Bundesinventar Aufbau periodische Objektkontrolle / Koordination mit BFF-Kontrollen Kostenbeteiligung der Bewirtschaftenden für Anträge zur Aufnahme von Flächen ins Inventar	Grundlage für Sachplan Biotope bereinigt. Bund verlangt regelmässige Kontrolle der Biotopinventarflächen, mit entsprechenden Kosten ist zu rechnen.
Verträge FG und TS	Bereinigung Vertragsperimeter FG und TS aus Objektkontrolle Anpassung der Vertragsadministration an Natur-GIS Koordination mit BFF (AP 2014–2017) Neukonzept Artenvielfalt aufgrund prioritärer Arten	Anpassung von rund 2500 Verträgen in persönlichen Verhandlungen. Kontrolle ökologischer Leistungsnachweis (öLN)-Bedingungen.
Weiterentwicklung Agrarvollzug	Mithilfe bei der Weiterentwicklung und bei der Anpassung der bestehenden Strukturen	Vertretung in Arbeitsgruppen/Kommissionen gewährleisten.

4.1.3.3 Fachbereich Stellungnahmen und Beratung

Im Zentrum der Bereichsaufgaben steht das Prüfen der Gesetzeskonformität respektive Bewilligungsfähigkeit von Planungen und Bauprojekten ausserhalb der kantonalen Naturschutzgebiete (2012: 961 Vorhaben). Diese Tätigkeit erfolgt jeweils im Rahmen der entsprechenden Planungs- und Bewilligungsverfahren. Wichtig sind auch Vernehmlassungen zu kantonalen und eidgenössischen Vorlagen. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Beratung von Gemeinden, Amtsstellen, Gesuchstellern, beauftragten Ingenieuren und Planern bei der Projektoptimierung aus Sicht Natur, Umsetzung der Auflagen usw.

Der Bereich kann das Arbeitsvolumen nicht selbst steuern. Die zu beurteilenden Vorhaben werden von der Leitbehörde (z.B. Regierungsstatthalter, Tiefbauamt, Amt für Wasser und Abfall) oder dem Amt für Umweltkoordination und Energie

(AUE) unter Vorgabe einer Frist gemäss Koordinationsgesetz zugestellt. Fristverlängerungen sind häufig nicht möglich. Auch das Volumen der Beratungsanfragen ist zu 100% fremdgesteuert. Kurzfristige interne Ressourcenumlagerungen sind aufgrund des erforderlichen spezifischen Know-hows (z.B. Verfahrensrecht) nicht möglich.

Ziele
Das Ziel, 80% der Geschäfte termin- und sachgerecht zu erledigen, ist aufgrund der stark gestiegenen Anzahl Geschäfte nicht mehr realistisch. Neu wird deshalb eine Zielgrösse von 70% festgelegt. Die Beratungstätigkeit erfolgt im Rahmen der Möglichkeiten und nach Bedeutung des Vorhabens für vorhandene Naturwerte.

Rahmenbedingungen
Für die Priorisierung wurde von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

> Keine weitere relevante Zu- oder Abnahme der Anzahl Geschäfte (aktuell etwa 900 pro Jahr)
> Keine zusätzlichen Finanz- und Personalressourcen (aktuell 300 Stellenprozente)
> Weitere Zunahme bei Verfahrenskomplexität, Koordinationsaufwand und Termindruck

Prioritäten und Massnahmen 2014–2017

Bereich	Massnahme	Kommentar
Organisation	Periodische Überprüfung aufgrund des regional unterschiedlichen Arbeitsvolumens	Der Eingang und die Anzahl der Gesuche erfolgt nicht gleichmässig.
Administration	Bereichsinterne Vereinfachungen prüfen	Vereinfachungen, Verzicht auf administrative Arbeiten sind zwingend nötig, da Arbeitskapazität für Hauptarbeit, die Behandlung der Gesuche, ungenügend ist.
	Bereichsexterne Vereinfachungen einfordern und Zunahme bekämpfen	
Stellungnahmen	Durch bessere Triage wird die Arbeit zukünftig optimiert. Dadurch werden zusätzliche Verluste geschützter und schützenswerter Lebensräume in Kauf genommen.	Weitere Triage und Verzicht auf Behandlung der Gesuche sind trotz zu erwartender Verluste nötig, da Arbeitskapazität nicht mehr ausreicht für: – Behandlung aller Gesuche, – Dossier-Nachbesserungen durch ANF – usw.
	Unvollständige Dossiers konsequent zurückschicken (Basis Checkliste)	Die Gesuchsteller werden jeweils auf die Checkliste aufmerksam gemacht (Homepage ANF). ▶

Bereich	Massnahme	Kommentar
Stellung-nahmen	Auf Stellungnahmen zu ausgewählten Planungen und Vorhaben mit Hinweis auf fehlende Ressourcen ganz verzichten. Der Schwerpunkt wird noch stärker auf die Erhaltung nationaler und regionaler Objekte gelegt.	
	Stellungnahmen vermehrt weniger ausführlich und als E-Mail verfassen (z.B. positive Stellungnahmen ohne Begründung)	
	Vermehrt Umweltbaubegleitungen durch zuverlässige Öko-Büros als Auflage verlangen	
Beratung	Beratung verstärkt auf heikle Geschäfte begrenzen	Beratung muss aus Kapazitätsgründen abgebaut werden.
	Projektinitianten wenn immer möglich an kompetente Dienstleister weiterleiten	

4.1.3.4 Fachbereich Support

Der Bereich *Support* erbringt Dienstleistungen für die ganze Abteilung. Dazu gehören insbesondere die Administration (z.B. Telefon- und Postdienst, Korrespondenz, Rechnungsführung und Kostenkontrolle, Ablage, Bibliothek, Administration Freiwillige Naturschutz-Aufsicht / Freiwillige Naturschutzgebiets-Pflege [FNA/FNP]), die Betreuung der Informatikinfrastruktur (Hard- und Software), der Betrieb des Geografischen Informationssystems (GIS), die Öffentlichkeitsarbeit und das Ausstellen von Ausnahmebewilligungen für Pilzsammler, Strahler und Taucher. Als Spezialprojekt ist auch die Umsetzung des kantonalen Schadorganismen-Konzepts hier angesiedelt. Das Sekretariat stellt Ausbildung und Betreuung der Lernenden sicher.

Die Auslastung des Bereichs Support ist zum Teil fremdgesteuert. Insbesondere telefonische Anfragen aus bäuerlichen Kreisen haben in den letzten Jahren stark zugenommen und binden erhebliche Ressourcen. Im GIS-Bereich verläuft die technische Entwicklung äusserst rasch, und es kommen laufend neue Anwendungsmöglichkeiten und -bedürfnisse hinzu. Hier müssen das Know-how laufend aktualisiert und zusätzliche Kapazitäten geschaffen werden. Die Kommunikation wird auf bestehendem Niveau weitergeführt.

Ziele

Weiterführung eines funktionierenden Dienstleistungszentrums für die Abteilung Naturförderung (Administration, Finanzen, GIS). Umsetzung des Spezialprojekts «Schadorganismen» mit Fokus auf der Bekämpfung von Neophyten in Naturschutzgebieten.

Rahmenbedingungen
Für die Priorisierung wurde von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

> Keine zusätzlichen Finanz- und Personalressourcen
> Höhere Belastung des Sekretariats durch Ausbildung von Lernenden
> Höhere Erwartungen an Kommunikation und Kommunikationsfähigkeit
> Weiter wachsende Bedeutung von GIS

Prioritäten und Massnahmen 2014–2017

Bereich	Massnahme	Kommentar
Kommunikation	Gemeinsam mit dem Bereich «Arten & Lebensräume» publikumsgerechte Aufbereitung und Publikation von Informationen zu den Naturschutzgebieten	Vorgängig müssen das Zielpublikum eruiert und die zielgruppengerechten Informationskanäle festgelegt werden. Unterstützung durch LANAT vorhanden.
Neophyten	Gemeinsam mit dem Bereich «Arten & Lebensräume» Erarbeitung einer Strategie zur Bekämpfung von Neophyten in Naturschutzgebieten	Aufgrund der knappen personellen und finanziellen Ressourcen müssen auch für die Bekämpfung von Neophyten in Naturschutzgebieten Prioritäten gesetzt werden. Diese müssen entsprechend kommuniziert werden.
GIS	Aufbau von Web- und Mobile-Applikationen (Tablets) zur verlässlichen Abfrage von Datenquellen	Mitarbeitende sollen die Möglichkeit erhalten, jederzeit von extern auf aktuelle Vertragsdaten und andere naturschutzrelevante Daten zugreifen zu können.

4.1.3.5 Abteilungsleitung

Die Abteilungsleitung bildet die Schnittstelle zwischen strategischer und operativer Ebene. Sie ist für die Umsetzung der LANAT-Strategie auf Abteilungsebene verantwortlich, führt die Abteilung und vertritt sie gegen aussen. Die Abteilungsleitung übernimmt im Bedarfsfall die Leitung komplexer und/oder politisch relevanter Projekte. Sie fördert und unterstützt die Mitarbeitenden im Rahmen ihrer Möglichkeiten.

Ziele
Voraussetzungen für effektives und effizientes Arbeiten schaffen. Mitarbeitenden die Möglichkeit für persönliche und berufliche Weiterentwicklung bieten.

Rahmenbedingungen
Für die Priorisierung wurde von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

> Gleichbleibende Personalressourcen
> Umsetzung weiterer Sparaufträge
> Schwierigeres politisches Umfeld
> Strengere NFA-Vorgaben des Bundes

Prioritäten und Massnahmen 2014–2017

Bereich	Massnahme	Kommentar
Führung	Zweckmässigkeit, Effizienz und Effektivität der neuen Organisation periodisch prüfen	Periodisches Überprüfen von Handlungsbedarf aufgrund neuer Aufgaben und Rahmenbedingungen.
	NFA-Vereinbarung 2016–2019 mit BAFU abschliessen	Aushandeln vernünftiger und fairer Konditionen für die Bundesbeiträge an die NHG-Umsetzung.
	Führungscockpit bewirtschaften	Monitoring der Führungskennzahlen, um frühzeitig allfällige Massnahmen treffen zu können.
Projekte	Umsetzung des Rahmenkonzepts *Erfolgskontrolle* vorantreiben	Rechtliche Vorgaben einhalten und Refinanzierung beim Bund sicherstellen.
	Evaluation der kantonalen Naturschutzstrategie und -gesetzgebung	Auswirkungen der Änderung auf Bundesebene analysieren und Handlungsbedarf abschätzen.

4.1.4 Zurückgestellte Aufgaben

Die Abteilung hat in der Vergangenheit bereits mehrere Verzichtsplanungen durchgeführt. Wie bereits ausgeführt, wurde das vorliegende Arbeitsprogramm trotzdem nötig, weil die personellen und finanziellen Ressourcen der ANF immer stärker nicht mit ihrem Aufgaben- und Arbeitsvolumen übereinstimmen. Das Zauberwort heisst in solchen Fällen jeweils Prioritätensetzung. Dies bedeutet im vorliegenden Fall, dass Wichtiges zugunsten von noch Wichtigerem zurückgestellt werden muss. Im Kapitel 4.1.3 wurden die Prioritäten und Massnahmen für die Periode 2014 bis 2017 beschrieben. Im Kapitel 4.1.4 werden nun jene Tätigkeiten aufgeführt, die in den kommenden vier Jahren – trotz entsprechenden gesetzlichen Auftrags – mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht an die Hand genommen werden können.

Naturschutz ist keine Angelegenheit des rechnenden Verstandes,
sondern nur mit Herz und Seele zu erfassen.

Heinrich Wilkens

4.1.4.1 Fachbereich Arten und Lebensräume

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Naturschutzgebiete	Kein systematisches Aufarbeiten veralteter und fehlender Pflegeplanungen	Es besteht die Gefahr, dass unzweckmässige Pflegeeingriffe vorgenommen werden und vorhandene Naturwerte verloren gehen.
	Keine systematische Aufarbeitung veralteter Schutzbeschlüsse	Aufgrund unzweckmässiger (veralteter) Bestimmungen können für die Schutzzielerreichung wichtige Massnahmen nicht um- und durchgesetzt werden. Es gibt teilweise Widersprüche zu anderen rechtlichen Festsetzungen (z.B. Bestimmungen der Verordnung über die Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung [WZVV]).
Biotopschutz	Keine neuen Schutzgebietsrevisionen oder Unterschutzstellungsverfahren beginnen bis 2017. Ergeben sich aufgrund der laufenden Anpassung des kantonalen Richtplans und/oder der NFA-Verhandlungen mit dem Bund neue Rahmenbedingungen, so werden diese Arbeiten wieder aufgenommen. Andernfalls verlängert sich das Moratorium.	Die Umsetzung folgender Bundesinventare verzögert sich dadurch weiter: – Auen – Amphibienlaichgebiete – Flachmoore – Hochmoore – Trockenwiesen und -weiden Der vom Bund verlangte grundeigentümerverbindliche Schutz kann nicht termingerecht sichergestellt werden.
	Verzicht auf die aktive Förderung und Unterstützung der Gemeinden bei Objekten von lokaler Bedeutung	Die Gemeinden werden ihre Verantwortung für den Naturschutz auf lokaler Ebene noch weniger wahrnehmen. Es ist deshalb mit weiteren Verlusten an Naturwerten auf dieser Ebene zu rechnen.
Artenschutz	Nur vereinzelte Förderprogramme für Arten- oder Organismengruppen, auch die Liste der prioritären Arten des Bundes wird nur punktuell bearbeitet.	Artenschutz erfolgt nur punktuell. Ohne spezifische Förderprogramme muss davon ausgegangen werden, dass die Vorkommen besonders gefährdeter Arten weiter abnehmen oder diese sogar aussterben.
Neobiota	Beschränken auf die punktuelle Bekämpfung in kantonalen Naturschutzgebieten.	Die unkontrollierte Ausbreitung von invasiven Neobiota kann nicht gestoppt oder verlangsamt werden. Dies gefährdet vorhandene Naturwerte. Im Fall des Riesenbärenklaus besteht auch die Gefahr von Verletzungen Dritter (➔ Haftungsfragen).
Geologische Objekte	Verzicht auf die Umsetzung des kantonalen geologischen Inventars und die Integration der Höhlen	Uraltpendenz kann nicht erledigt werden. Einzelne Objekte werden möglicherweise beeinträchtigt oder zerstört werden. ▶

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Wissensmanagement	Kein systematisches Wissensmanagement	Neue wissenschaftliche Erkenntnisse werden nicht erfasst oder in praxistaugliche Form gebracht. Entscheidungen zum Arten- und Biotopschutz fussen deshalb u.U. auf veraltetem Wissen (z.B. Auswirkungen von Mähtechnik, Beweidung auf Biodiversität).
Erfolgskontrolle	Verzicht auf systematische und wissenschaftliche Wirkungskontrolle	Die Zielerreichung respektive die Wirkung von Massnahmen werden nur punktuell erfasst. Entscheidungen zum Arten- und Biotopschutz fussen deshalb u.U. auf veraltetem Wissen (z.B. Auswirkungen von Mähtechnik, Beweidung auf Biodiversität).
Aufsicht, Kommunikation	Verzicht auf eine systematische Aufsicht in den Naturschutzgebieten	Die bestehenden Bestimmungen (z.B. Leinenpflicht, Betretverbote) werden immer häufiger nicht eingehalten. Dies führt zu Naturwertverlusten. Das (nachträgliche) Durchsetzen bestehender Bestimmungen wird aufgrund der anderen «Tradition» zusätzlich erschwert.
Zusammenarbeit	Weitgehender Verzicht auf die Mitarbeit in neuen Kommissionen, Begleitgruppen und ähnlichen Gremien	Frühzeitige Einflussnahme auf Planungs- und Bauvorhaben, Konzepte, Strategien usw. wird stark erschwert. Die ANF rutscht wieder vermehrt in die Rolle der reagierenden Verhinderin anstatt der agierenden Mitgestalterin und Partnerin.

4.1.4.2 Fachbereich ökologischer Ausgleich und Verträge

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Ökologischer Ausgleich nach DZV	Verzicht auf umfassende Qualitätskampagne zur systematischen Förderung der Qualität der BFF	Die Qualität vieler BFF wird weiterhin unbefriedigend bleiben. Dies steht im Widerspruch zu den Zielen der Biodiversitätsstrategie der Volkswirtschaftsdirektion (VOL).
	Verzicht auf systematische Objektkontrolle BFF	Die Kontrolle der BFF erfolgt im Rahmen der üblichen Betriebskontrollen, mit Ausnahme der Vernetzungskontrolle. Eine Intensivierung der Kontrolltätigkeit kann nicht umgesetzt werden.
	Verzicht auf Regionalisierung der Auflagen gemäss DZV	Die aktuellen Ressourcen erlauben keinen weiteren Ausbau der Regionalisierung von Bewirtschaftungsauflagen. Folglich kann die Biodiversität nicht spezifischer gefördert werden.
Qualität der BFF	Staffelung der Erfolgskontrolle nach Typen oder räumlicher Abgrenzung	Aussagen zur Qualität der BFF sind immer nur ausschnittsweise möglich. Eine aktuelle Gesamtsicht ist nicht möglich.
Beratung, Ausbildung, Auskünfte	Telefonberatung kann nicht weiter ausgebaut werden	Die telefonische Erreichbarkeit bleibt auf dem bestehenden Niveau, die Kundenzufriedenheit kann nicht verbessert werden.

4.1.4.3 Fachbereich Stellungnahmen und Beratung

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Stellungnahmen	Weitgehender Verzicht nach strenger Triage auf Stellungnahmen bei folgenden Planungen und Vorhaben: – Rodungen – Gewässereingriffe – Lawinen-/Steinschlagverbauungen – Energieverteilung/Fernmeldeanlagen – Trinkwasser und Gebrauchtwasser – Eisenbahnunterhalt – Vorhaben Langsamverkehr – Veranstaltungen – und in Städten mit gut ausgebauter Bau- und Umweltfachstelle	Die gesetzeskonforme Realisierung dieser Vorhaben kann nicht sichergestellt werden. Das Risiko gesetzeswidriger negativer Auswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume steigt erheblich. Die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit Bauherrschaft, Planern, Ingenieuren usw. kann nicht aufrechterhalten respektive verbessert werden.
	Vollständiger Verzicht nach strenger Triage auf Stellungnahmen: – Smaragd-Projekte – Aufwertung Biotope von lokaler Bedeutung	
Beratung, Auskünfte	Zurückstellen von thematischen «Beratungskampagnen» für Gesuchsteller, Gemeinden und Regierungsstatthalter	Die vorhandenen Informationsdefizite können weiterhin nicht behoben werden. Die Qualität zu vieler eingereichter Dossiers bleibt auf längere Zeit weiterhin unbefriedigend. Ihre Bearbeitung würde erheblichen Mehraufwand bedeuten. Deshalb werden sie trotz Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit konsequent zurückgeschickt.
	Vermehrter Verzicht auf die Teilnahme an Projektvororientierungen und Begehungen auch bei komplexen Bauvorhaben	Deutlich höheres Risiko für gesetzeswidrige, negative Projektauswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume.
	Vermehrter Verzicht auf die naturschutzfachliche Begleitung komplexer Planungen und Vorhaben (z.B. Startsitzungen, ökologische Baubegleitungen)	Deutlich höheres Risiko für gesetzeswidrige, negative Projektauswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume. ▶

Naturschutz braucht Kulturland und Wildnis, um die heimische Artenvielfalt und Biodiversität zu erhalten.

Martin Schwarz

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Beratung, Auskünfte	Vermehrter Verzicht auf die Mitarbeit in Arbeitsgruppen, so z.B. – Kantonaler Sachplan Abbau, Deponie, Transporte (ADT) – AG BLN – Regionalpärke – Regionalplanung Kommission Abbau und Deponie Region Emmental (KADRE) – AG Landschaft und Kies – Waffenplatz Thun – Kraftwerke Oberhasli (KWO)	Deutlich höheres Risiko für die Nichtbeachtung der naturschutzrechtlichen Aspekte bei Konzepten, Planungen.
Erfolgskontrolle	Verzicht auf Erfolgskontrolle	Die Gemeinden haben als Baupolizeibehörde vermehrt Aufgaben der kantonalen Fachstelle zu übernehmen. Dadurch sinkt deren Glaubwürdigkeit, während das Risiko für die Nichteinhaltung von Auflagen steigt. Die Leistungsvereinbarung zwischen LANAT und ANF muss angepasst werden, da die Erfolgskontrolle NEF-relevant ist (NEF: Neue Verwaltungsführung).
	Verzicht auf eine systematische Teilnahme bei Bauabnahmen	Die fachgerechte Umsetzung von naturschutzrelevanten Auflagen kann noch weniger sichergestellt werden. Das Risiko für eine weitere Erhöhung der Naturwertverluste nimmt zu.

4.1.4.4 Fachbereich Support

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Ablage, Archiv	Die überfällige Aufarbeitung erfolgt weiterhin punktuell und nicht systematisch	Der Zugriff auf einen Teil der Grundlagen bleibt weiterhin mangelhaft. Die Qualität der Akten nimmt weiter ab.
Kommunikation	Aufschieben der Neukonzeption des Jahresberichts	Weiterführen der für ein breiteres Publikum nur mässig geeigneten Publikationsform
Neobiota	Verzicht auf eine kantonale Fachstelle für Schadorganismen gemäss der vom Regierungsrat genehmigten «Strategie Schadorganismen»	Die Umsetzung der Schadorganismen-Strategie erfolgt unkoordiniert und wohl auch nur punktuell. Dies führt voraussichtlich zu einer Akzentuierung des Problems mit entsprechenden höheren Folgekosten.
GIS	Reduzieren der Aufbereitung und Bereitstellung der GIS-Daten für Dritte	Naturschutzrelevante Daten können weiterhin nicht oder nicht in ausreichender Qualität Dritten zur Verfügung gestellt werden.

4.1.4.5 Abteilungsleitung

Aufgabenbereich	Massnahme	Risiken/Konsequenzen
Strategie	Zurückstellen der Überprüfung der Wirksamkeit und Zweckmässigkeit der diversen Naturschutzinstrumente	Die alten, häufig aufwendigen Instrumente kommen weiterhin unkritisch zum Einsatz
	Minimieren der Koordination und der Kontakte mit Nachbarkantonen	Unterschiedlicher Vollzug der gleichen gesetzlichen Grundlagen durch Nachbarkantone. Eine Harmonisierung der Naturschutzstrategien und -massnahmen bleibt aus. Synergien können nicht genutzt werden.
Kommunikation, Networking	Zurückstellen des Aufbaus einer parlamentarischen Lobby-Gruppe für Naturschutz	Die Naturschutzanliegen respektive -aufträge können im Grossen Rat weiterhin nicht effizient und effektiv eingebracht oder verteidigt werden.
	Zurückstellen des Aufbaus einer ausserparlamentarischen Lobby-Gruppe für Naturschutz	
Personal	Verzicht auf intensiveres Coaching	Die Personalbetreuung kann nicht verbessert werden. Begleitung und Förderung des Personals bleiben weiterhin ungenügend. Die Gefahr von Überforderung, Fehlern usw. bleibt hoch.
Wissensmanagement	Verzicht auf systematische und umfassendere Weiterbildung	Die Gefahr, die fachliche Entwicklung in den Bereichen Naturschutz und Management zu verpassen, steigt.

4.1.5 Anpassungen Arbeitsprogramm

Wie bereits ausgeführt, bezweckt das vorliegende Arbeitsprogramm, Arbeitsvolumen und Ressourcen der ANF für die Jahre 2014 bis 2017 besser aufeinander abzustimmen. Die im Kapitel 4.1.3 aufgeführten Arbeitsschwerpunkte bilden zusammen mit Administration und Weiterbildung die vergleichsweise gut planbaren Aufgaben. Sie binden im Abteilungsdurchschnitt rund 50% der personellen und rund 90% der freien finanziellen Ressourcen. Für kleinere und/oder unvorhergesehene, kurzfristig terminierte Arbeiten wird im Abteilungsdurchschnitt von rund 50% der personellen und 10% der freien finanziellen Mittel ausgegangen. Werden die freien Kapazitäten frühzeitig ausgeschöpft oder treten unverhofft grössere Verzögerungen bei der Bearbeitung auf, so müssen in Absprache mit der LANAT-Leitung und allenfalls dem Volkswirtschaftsdirektor Lösungen gefunden werden. In diesem Kapitel wird das entsprechende Vorgehen beschrieben.

> Unkraut ist die Opposition der Natur gegen die Regierung der Gärtner.
>
> Oskar Kokoschka

Abschätzen der Kapazitätsgrenze
Massgebend für die Beurteilung der Kapazitätsgrenze sind die Kriterien *Budget* und *Arbeitszeit*. Die Schwellenwerte werden wie folgt bestimmt:

> *Budget:* Beträgt die Summe ausserordentlicher, nicht budgetierter Ausgaben mehr als 10 % des Budgets, so gilt der Schwellenwert als überschritten.
> *Arbeitszeit:* Nehmen die Zeitguthaben der Mitarbeitenden aus Jahresarbeitszeit, Ferien und Langzeitkonto eines Fachbereichs im Kalenderjahr zu, so gilt der Schwellenwert als überschritten.
> Nebst den oben aufgeführten messbaren Kriterien ist auch der *Arbeitsfortschritt* von Bedeutung. Jeweils Ende Jahr soll in den Fachbereichen abgeschätzt werden, ob das Programm eingehalten werden kann oder nicht.

Wird einer der beiden Schwellenwerte erreicht oder ist absehbar, dass das Programm nicht eingehalten werden kann, so wird die LANAT-Leitung umgehend informiert. Gemeinsam wird das weitere Vorgehen festgelegt (z.B. LANAT-interne Lösung, Information VOL, Integration VOL in Lösungssuche).

Lösungsvarianten
Grundsätzlich stehen zwei Lösungsvarianten zur Auswahl:

> *Temporäre Erhöhung der Ressourcen*. Für die Durchführung zusätzlicher Tätigkeiten werden vom LANAT (im Verbund mit den anderen LANAT-Abteilungen) oder der VOL zusätzliche Ressourcen in Form von zusätzlichem Personal und/oder zusätzlichen Finanzen zur Verfügung gestellt. Die zusätzlichen Mittel dürfen ausschliesslich für diese Projekte eingesetzt werden.
> *Neue Festlegung der Prioritäten*. Ist die Bereitstellung zusätzlicher Ressourcen nicht möglich oder nicht erwünscht, so muss die Priorität der verschiedenen Aufgaben geprüft werden.
Fall 1: Die neue Aufgabe wird als nicht prioritär eingestuft. In diesem Fall wird sie in die Liste der zurückgestellten Aufgaben aufgenommen und die Arbeit gemäss Arbeitsprogramm weitergeführt.
Fall 2: Die neue Aufgabe wird als prioritär eingestuft. In diesem Fall müssen Vorhaben im Umfang der neuen Tätigkeit aus dem Arbeitsprogramm in die Liste der zurückgestellten Aufgaben transferiert werden.
Die Aufgabenpriorisierung erfolgt partnerschaftlich zwischen LANAT-Leitung und ANF, allenfalls auch VOL. Kann keine Einigung erzielt werden, so entscheidet die höhere Hierarchiestufe. Sie trägt die Verantwortung für diesen Entscheid.

4.1.6 Kenntnisnahme

Das vorliegende Mehrjahresprogramm der ANF wurde vom Volkswirtschaftsdirektor anlässlich der «heure fixe» vom 25. November 2013 zustimmend zur Kenntnis genommen. Es bildet die Richtschnur für die Abteilungsarbeit 2014–2017.

Urs Känzig-Schoch

4.2 Berner Fotomarathon 2013: «Im Zeichen der Natur»

Am 27. April 2013 fand der Berner Fotomarathon 2013 statt. Trotz strömendem Regen pirschten sich 175 wasserdichte Fotografinnen und Fotografen von der Grossen Schanze aus in die Berner Innenstadt, um dort zwölf Fotos zu schiessen. Die ANF initiierte diese Veranstaltung und beauftragte die Firma Gonnado Eventmarketing mit der Durchführung. Als Sponsoren stellten sich die Firmen Coop, Photo Vision und Held dankenswert zur Verfügung. Für das leibliche Wohl der Teilnehmenden sorgte «Das Beste der Region» Gantrisch.

Als kantonale Fachstelle für Naturschutz wollte die ANF mit dieser Aktion insbesondere die junge urbane Bevölkerung für die Naturwerte in der Stadt sensibilisieren. So stand der Fotomarathon schlussendlich mit sieben von zwölf Themen ganz «im Zeichen der Natur». Die restlichen fünf Themen durften von den Sponsoren bestimmt werden. Die Teilnehmenden hatten zwölf Stunden Zeit, um zwölf Fotos zu den zwölf Themen abzulichten und die Aufnahmen auf die Plattform von Gonnado hochzuladen. Anschliessend hatte die Öffentlichkeit die Gelegenheit, während zehn Tagen aus der grossen Bilderflut die Siegerbilder online auszuwählen.

Zur Illustration der breiten Palette von eingegangenen Bildern nachfolgend eine subjektive Auslese von vier Siegerbildern.

Abbildung 2: Siegerfoto zum Thema «Naturschönheit». (Foto: Annique Buser)

Abbildung 3: Siegerfoto zum Thema «Auch Wildtiere leben in der Stadt». (Foto: Luana Siegrist)

Abbildung 4: Siegerfoto zum Thema «Verstecktes Leben». (Foto: Patrick Locher)

Abbildung 5: Siegerfoto zum Thema «Wildnis». (Foto: Nicole Eicher)

Alle eingegangenen Fotos stehen der ANF für die Öffentlichkeitsarbeit uneingeschränkt zur Verfügung.

Erwin Jörg

4.3 Schaffung und Revisionen von Naturschutzgebieten

4.3.1 Neues Naturschutzgebiet «Tolmoos»

Das Naturschutzgebiet liegt in den Gemeinden Boltigen und Zweisimmen und hat eine Fläche von 3,9 Hektaren. Es besteht aus Hang- und Sattelhochmooren und beherbergt drei der typischen Hochmoorarten: Scheidiges Wollgras *(Eriophorum vaginatum)*, Rundblättriger Sonnentau *(Drosera rotundifolia)* und das Torfmoos *Sphagnum magellanicum*. Das gut entwickelte Hochmoor mit hohem Regenerationspotenzial befindet sich auf rund 1680 Metern ü.M. und ist teilweise eingebettet in lockeren Wald.

Franziska von Lerber

Abbildung 6: Herbststimmung im Tolmoos. (Foto: Franziska von Lerber)

4.3.2 Neues Naturschutzgebiet «Urbachtal»

In der Gemeinde Innertkirchen, im Urbachtal, befindet sich die Aue von nationaler Bedeutung «Sandey». Das Tal wird auf beiden Seiten umgeben von steilen Felsflanken. Regelmässige Lawinenniedergänge hinterlassen ihre Spuren im Gelände. Die Aue weist ein dynamisches Flussbett und vielfältige Lebensraumstrukturen auf. Es herrscht ein kleinräumiges Mosaik aus Auenwald, Weideland, Kies- und Sandbänken. Aufgrund des reichhaltigen Lebensraummosaiks kommt eine grosse Anzahl von Tieren und Pflanzenarten innerhalb der Aue vor. Gegenüber der einstigen Ausdehnung ist die heutige Aue jedoch stark reduziert. Das naturnahe System ist zudem durch Massnahmen zum Hochwasserschutz und Wasserkraftnutzung beeinträchtigt. Im September 2013 wurde das Gebiet durch den Volkswirtschaftsdirektor unter Schutz gestellt. Das neue Naturschutzgebiet «Urbachtal» umfasst eine Fläche von rund 56,8 Hektaren.

Franziska von Lerber

Abbildung 7: Mosaik aus Auenwald, Weideland, Kies- und Sandbänken im Urbachtal. (Foto: Franziska von Lerber)

4.3.3 Revision Naturschutzgebiet «Mumenthaler Weiher – Brunnmatte»

1983 wurde das Gebiet um den Mumenthaler Weiher erstmals unter den Schutz des Staates gestellt. Bereits acht Jahre später kam die erste Erweiterung hinzu. Heute umfasst das Gebiet über 44 Hektaren und ist eines der wohl grössten Naturschutzgebiete in der Region.

Die im Zusammenhang mit der Projektrealisierung der Bahn 2000 (Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist) nötigen ökologischen Ersatzmassnahmen wurden weitestgehend im Gebiet der angrenzenden «Brunnmatte» angelegt. Schon damals haben die SBB und die Landumlegungsgenossenschaft Mumenthal mit dem damaligen Naturschutzinspektorat über eine Schutzgebietserweiterung gesprochen. Die extensive Nutzung der darin liegenden landwirtschaftlichen Flächen ist während der ersten 25 Jahre durch die SBB finanziert und sichergestellt. Nach Ablauf der Frist wird die Situation mit der ANF neu verhandelt.

Der neue Schutzbeschluss und die zugehörigen Bestimmungen sind seit dem 13. Januar 2014 rechtsgültig. Die Signalisation des Gebietes ist in Planung und soll im Verlauf dieses Jahres realisiert werden.

Petra Graf

Abbildung 8: Der Mumenthaler Weiher ist nur ein kleiner Teil des Naturschutzgebietes. (Foto: ANF)

4.3.4 Revision Naturschutzgebiet «Niederried-Stausee»

Gemeinden Golaten, Mühleberg, Kallnach, Radelfingen und Wileroltigen
Beschluss der Volkswirtschaftsdirektion vom 26. November 2013
LK 1165 und 1166; Koordinaten 586 000/230 500; ca. 460 bis 500 Meter ü.M.; Fläche 171 Hektaren

Das Gebiet «Niederried–Oltigenmatt» wurde 1992 als Objekt Nr. 53 ins Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung aufgenommen. Da der Auenperimeter über das bestehende kantonale Naturschutzgebiet Niederried-Stausee hinausgeht und die Bestimmungen nicht auf die Ziele der Auenverordnung abgestimmt waren, musste das Schutzgebiet revidiert werden. Das Auengebiet «Niederried–Oltigenmatt» ist zudem ganz oder teilweise als Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung (Ramsar), als Flachmoor und als Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung, als Wasser- und Zugvogelreservat von nationaler und internationaler Bedeutung, als BLN-Objekt (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) sowie als Objekt weiterer Inventare mit regionaler Bedeutung ausgeschieden. Deshalb wurden die Schutzbestimmungen auch auf diese Inventare abgestimmt.

Das Naturschutzgebiet wurde aareaufwärts um 17 Hektaren auf 171 Hektaren erweitert. Neu sind der Brättelenteich, die Islerenhalbinsel und der Islerenarm (ein Seitenarm der Aare) mit den angrenzenden Waldflächen ebenfalls im Schutzgebiet. Das Naturschutzgebiet wurde umbenannt in «Niederried–Oltigenmatt». Der Perimeter des neuen Naturschutzgebietes wurde dem Bund als Vorschlag für den definitiven Perimeter des Auengebietes von nationaler Bedeutung gemeldet.

Die für Auen eigentlich typische Flussdynamik beschränkt sich im Gebiet «Niederried–Oltigenmatt» mehrheitlich auf die periodischen Überflutungen der Vorländer zwischen den Dämmen sowie auf den zeitweiligen Rückstau des Niederried-Stausees. Der Brättelenteich, der Islerenarm und mehrere Hangwälder, insbesondere die Runtigenfluh, weisen auf die ehemals ausgeprägte Dynamik im Mündungsgebiet von Saane und Aare hin. Trotz der beschränkten Flussdynamik weist das Gebiet «Niederried–Oltigenmatt» eine grosse ökologische Vielfalt auf. Nach Errichten des Stauwehrs (Kraftwerk Niederried–Radelfingen) bildeten sich Flachmoore und Feuchtgebiete.

Im Gebiet finden sich zahlreiche, vom Wasser geprägte Lebensräume: verschieden grosse Fliess- und Stillgewässer mit Laichkraut- und Wasserlinsengesellschaften, Wasser- und Landröhrichte, Grossseggen- und Hochstaudenriede, Feuchtwiesen sowie verschiedene Hart- und Weichholzauen wie Erlen-Eschenwälder, Schwarzerlenbruchwälder und Silberweidenbestände. Letztere gehören zu den grössten, bedeutendsten und besonders ausgeprägten in der Schweiz! Ausgeprägte Hangwälder, insbesondere die Runtigenfluh mit Orchideen, extensiv genutzte Wiesen und Weiden tragen weiter zur ökologischen Vielfalt des Gebietes bei. Das einzigartige Feuchtgebiet Niederried–Oltigenmatt ist von herausragender Bedeutung.

Aufgrund der hohen Lebensraum- und Strukturvielfalt weist das Gebiet eine reichhaltige Flora und Fauna auf. Zahlreiche gefährdete Tiere und Pflanzen sind im Gebiet zu finden, insbesondere an feuchte und nasse Standorte gebundene Arten. Das Gebiet hat grosse Bedeutung als Wasser- und Zugvogelschutzgebiet. Gefährdete Wasservögel wie z.B. Schnatterente, Krickente, Löffelente und Schellente überwintern zahlreich im Gebiet. Viele weitere gefährdete Vogelarten wie Feldschwirl, Rohrschwirl und Eisvogel kommen darin vor. Auch Amphibien und Reptilien leben im Gebiet, darunter gefährdete Arten wie etwa Laubfrosch, Gelbbauchunke, Fadenmolch, Zauneidechse und Mauereidechse. Zu erwähnen sind ausserdem die vom Aussterben bedrohte Libellenart Grüne Keiljungfer und die gefährdeten Fischarten Elritze und Nase. Mehrere Biberpaare ziehen im Gebiet ihre Jungen auf.

Diese attraktive Landschaft zieht besonders im Sommer viele Erholungsuchende an. Die Schutzbestimmungen sollen deshalb dazu beitragen, die wertvollen Lebensräume zu erhalten und die Nutzungen so zu regeln, dass auch störungsanfällige Tierarten eine Chance haben. So dürfen unter anderem die bezeichneten Wege nicht verlassen werden, das Baden wird auf die Sommermonate Juli bis September in bestimmten Badebereichen beschränkt, es gilt ein weitgehendes Hundeleinegebot, und Spielgeräte wie Gummiboote und Luftmatratzen sind neu nicht mehr zugelassen. Ausdrücklich vorbehalten bleiben gestalterische und pflegerische Massnahmen, die den Schutzzielen entsprechen sowie die extensive landwirtschaftliche Nutzung, teilweise mit Verträgen. In den Auen- und Bruchwäldern und in den steilen Fluhwäldern ist ein Nutzungsverzicht vorgesehen, die übrigen Wälder werden naturnah und nach Waldgesetz weiterhin bewirtschaftet. Ausserdem zugelassen bleiben in einem kleinen Bereich die militärische Nutzung zum Einwassern gemäss Verträgen, die Benützung und der Unterhalt bestehender und bewilligter Bauten bei unveränderter Nutzung und die Nutzung der Wasserkraft gemäss bestehender Konzession. Die Schifffahrtsregeln bleiben die gleichen wie im bisher geltenden Naturschutzgebiet, werden aber neu in einer Verfügung des Schifffahrtsamtes geregelt. Für die Jagd und die Fischerei gelten die einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen.

Dank finanzieller Unterstützung durch den Ökofonds der BKW und auf Anregung der zuständigen Waldabteilung konnte die Runtigenfluh gekauft und auf den Kanton übertragen werden; sie ist somit nun auch eigentumsmässig für den Naturschutz gesichert. Ebenfalls konnten zwei Parzellen an der Aare gekauft werden, auch hier beteiligte sich finanziell der Ökofonds der BKW und zusätzlich der Renaturierungsfonds des Kantons Bern.

Annelies Friedli

Zerstörung wirkt auf Menschen bedrohlich, doch für viele Organismen kann sie von Nutzen sein.

Wolfgang Scherzinger

4.4 Ökologische Aufwertung «Wengimoos»

4.4.1 Geschichtliches

Im Jahresbericht 1959 der Berner Ala wird das «Wengimoos» zum ersten Mal erwähnt. In diesem Jahr gelangten drei Parzellen im Umfang von insgesamt rund 3,2 Hektaren in den Besitz der Berner Ala, teils als Geschenk, teils durch Kauf.

1961 stellte der Regierungsrat des Kantons Bern das Gebiet unter Schutz. Total sind 33 Hektaren geschützt, davon rund 15 Hektaren Ried und Schilf und 18 Hektaren Kulturland mit Bauverbot. 1977 wurde im nördlichen Teil des Gebietes ein Flachteich erstellt. Aus Kostengründen wurde das Aushubmaterial in der Mitte des Teiches zu einer Insel aufgeschüttet. Mit diesen Arbeiten hatten die gezielten Pflege- und Gestaltungsmassnahmen begonnen.

Im Verlauf der Jahre konnte die Berner Ala weitere Parzellen erwerben. Seit 1999 ist sie stolze Besitzerin von 15 Hektaren Land im Naturschutzgebiet «Wengimoos». Dank dem guten Einvernehmen mit den Grundeigentümern und mit Hilfe von Peter Marti war Daniel Friedli immer einer der Ersten, die von Verkaufsabsichten erfuhren. Er informierte jeweils sofort den Vorstand, verhandelte mit den Eigentümern, dem Notar und möglichen Geldgebern.

4.4.2 Ökologische Aufwertung 2013

Auf Anregung von Daniel Friedli begann man sich im Vorstand mit einem grösseren Projekt zu befassen. Die ANF und die Berner Ala entschlossen sich, Aufwertungsmassnahmen für das ganze Gebiet zu prüfen. Am 17. Februar 2010 erteilte der Ala-Vorstand dem Ökobüro Alnus in Ins den Auftrag, ein Konzept dafür zu erarbeiten. Felix Leiser (Alnus) stellte das detaillierte Aufwertungskonzept «Wengimoos» an der Ala-Hauptversammlung vom 22. März 2010 vor.
Es beinhaltet zwei Schwerpunkte:

- Abholzen der komplett zugewachsenen Insel und Abtrag derselben bis auf eine Kote von 20 cm unter dem normalen Wasserstand (gesamte Teichfläche rund 5270 m^2).
- Die Aufwertung einer grossen, extensiv bewirtschafteten Fläche durch Abtrag des Oberbodens und Schaffung flacher Gräben und Teiche, die zum Teil vom Grundwasser gespeist werden. Um Transporte so kurz wie möglich zu halten, soll das anfallende Material (mehrere Tausend Kubikmeter) auf landwirtschaftlich genutzten Parzellen in der näheren Umgebung verteilt werden.

Auf die zu Beginn ebenfalls vorgesehene Renaturierung des Limpachs musste aus topografischen Gründen verzichtet werden: Das Niveau des Teiches ist bedeutend höher als dasjenige des Limpachs.

An der Vorstandssitzung vom 8. Juni 2011 lag eine erste Kostenschätzung im Betrag von rund 900 000 Franken vor. Für die Finanzierung des Projekts mussten somit zusätzliche Geldgeber gefunden werden. Nach Genehmigung des Vorprojekts der Firma Alnus erhielt das Ingenieurbüro Kissling+Zbinden AG, Bern, Ende

Dezember 2012 den Auftrag für die Gesamtprojektleitung. Diese beinhaltet die enge Zusammenarbeit mit Alnus (ökologische Begleitung) sowie der Geotest AG, Zollikofen (bodenkundliche Begleitung).

Am 20. Februar 2013 ernannte der Vorstand eine Projekt-Begleitgruppe. Diese besteht aus Petra Graf von der ANF und den Vorstandsmitgliedern Daniel Friedli und Jörg Hassler. Jörg Hassler ist direkte Ansprechperson für die Projektleitung und begleitet die Bauarbeiten. Er pflegt den Kontakt zu den Geldgebern und überwacht die Kosten. Petra Graf und Daniel Friedli werden als Kennerin und Kenner des Gebietes beigezogen. Am 15. März 2013 präsentierte die Kissling+Zbinden AG den Kostenvoranschlag mit dem Gesamttotal von 979 100 Franken. Die Hauptversammlung der Berner Ala vom 20. März 2013 stimmte diesem Kostenvoranschlag zu und bewilligte auch die vom Vorstand vorgeschlagene Eigenfinanzierung im Umfang von 500 000 Franken. Für die Restfinanzierung mussten Partner gefunden werden. Die Hauptversammlung beschloss, dass mit den Bauarbeiten erst begonnen werden darf, wenn die Restfinanzierung sichergestellt ist. In der Folge nahm die Projektleitung die nötigen Vorabklärungen mit Behörden, Landbesitzern, Bewirtschaftern usw. auf. Mit den Landbesitzern und Bewirtschaftern der betroffenen Parzellen mussten Verträge ausgearbeitet werden. Die Firma Alnus unterstützte die Ala bei der Mittelbeschaffung. Ende August war die Finanzierung gesichert.

Berner Ala	500 000.–
Fonds Landschaft Schweiz*	140 000.–
Lotteriefonds*	106 000.–
BKW-Ökofonds*	150 000.–
ANF	75 000.–
Peter+Cornelia Hostettler Stiftung, Boll	15 000.–
Stotzer-Kästli-Stiftung	60 000.–
Total	**1 046 000.–**
Budgetierte Kosten	**979 100.–**

Tabelle 14: Finanzierung des Projekts. * Es handelt sich um Beträge, die anhand der Schlussabrechnung definitiv bestimmt werden. Teilzahlungen sind möglich.

Damit der Baubeginn im August 2013 erfolgen konnte, mussten die Baugesuchsakten so schnell wie möglich erarbeitet werden. Mit der Eingabe des Baugesuchs am 6. Mai 2013 wurde eine sehr intensive Arbeitsphase abgeschlossen. Nach der zweimaligen Publikation des Gesuchs begann die 30-tägige Einsprachefrist zu laufen. Mit Spannung wurde deren Ablauf erwartet. Eine Einsprache und ein vorgängig bekannt gegebener Mitbericht des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern liessen erneut Hektik aufkommen – war doch der Baubeginn im August gefährdet. Der Einsprecher konnte überzeugt werden, seine Einsprache in eine

Rechtsverwahrung umzuwandeln. Das Wengimoos liegt in einem archäologischen Schutzgebiet, das 2012 zum UNESCO-Weltkulturerbe erklärt wurde. Es gibt seit dem 19. Jahrhundert Hinweise auf eine jungsteinzeitliche Besiedlung des Mooses: Beim Torfabbau kamen neolithische Fundobjekte zum Vorschein. Mit dem Archäologischen Dienst konnte aber eine einvernehmliche Lösung gefunden werden. Mit Bohrsondierungen – 95 Bohrungen – konnte ausgeschlossen werden, dass mögliche archäologische Siedlungsreste zerstört werden.

Nach Sicherstellung der Restfinanzierung und dem Eintreffen der Bewilligung für einen vorgezogenen Baubeginn am 14. August stand dem Start der Bauarbeiten nichts mehr im Wege. Die definitive Baubewilligung wurde am 2. September 2013 erteilt. Am 15. August wurden mit allen Beteiligten die vorgesehenen Arbeitsabläufe im Detail besprochen, und am 21. August 2013 fuhren die Maschinen der Firma Gebr. Jetzer, Hoch- und Tiefbau AG, Schnottwil, auf.

Sämtliche Arbeiten werden von der Firma Geotest AG bodenkundlich begleitet. Durch Messungen der Bodenfeuchtigkeit werden die Tragfähigkeit der Böden und die Qualität des ab- und einzubauenden Materials kontrolliert. Auch der Unternehmer muss den Anweisungen des Geotest-Sachbearbeiters Folge leisten.

Das Bauprogramm sieht die Ausführung in vier Phasen vor:

Phase 1: Abtrag des Oberbodens auf der vorgesehenen Ala-Parzelle *(Abb. 9)* und Ausheben flacher Gräben und Teiche, die zum Teil vom Grundwasser gespeist werden *(Abb. 10)*. Das Material, rund 8000 Kubikmeter, wird mit speziellen Traktoren und Seitenkippern am Rand der beiden Landwirtschaftsparzellen nördlich und östlich des Ala-Grundstücks deponiert und anschliessend mit einer Moorraupe mit extrabreiten Ketten auf den Parzellen verteilt. Nach verschiedenen Unterbrüchen wegen starker Regenfälle konnten die Erdarbeiten auf den Ala-Parzellen Ende September abgeschlossen werden. Überrascht waren alle Beteiligten, als ein vom Grundwasser gespeister Teich eines Tages leer war. Die Ursache dafür war eine alte, zerbrochene Drainageleitung aus Ton, deren Lage nicht bekannt war. Die Arbeiten auf den Landwirtschaftsparzellen litten ebenfalls unter den zum Teil anhaltenden Regenfällen. Die länger dauernde kalte Witterung Anfang Dezember erlaubte es dann aber doch noch, die Erdarbeiten auf den Landwirtschaftsparzellen abzuschliessen. Die für Mitte bis Ende September vorgesehene Zwischenbegrünung durch die Landwirte musste auf Frühjahr 2014 verschoben werden.

Phase 2: Roden der Insel und Abtrag auf ein Niveau von rund 20 cm unter dem mittleren Wasserstand. Mitte Dezember waren die Zufahrtspiste dem Limpach entlang und der Übergang auf die Insel fertiggestellt. Am 18. Dezember begannen die Rodungsarbeiten. Nach Neujahr bewirkte die nasse Witterung einen längeren Unterbruch der Arbeiten bis in den Februar 2014. Die weiteren Arbeiten, das Fertigstellen der Rodung und der Aushub der Insel sind stark abhängig vom Wetter.

Abbildung 9: Abtrag von Oberboden und Abtransport des Materials. (Foto: Kissling+Zbinden AG)

Abbildung 10: Auf der abgeschürften Fläche ist ein Grundwassertümpel entstanden. (Foto: Kissling+Zbinden AG)

Eine Terminangabe ist deshalb nicht möglich. Vorausgesetzt, dass sich das Aushubmaterial der Insel ebenfalls für die Erdverbesserung eignet, wird dieses am östlichen Rand der ALA-Parzellen deponiert und im Herbst 2014 auf die Landwirtschaftsparzellen verteilt. Nicht geeignetes Material müsste auf eine Deponie des Unternehmers abtransportiert werden.

Phase 3: Ansäen der ALA-Parzellen. Es ist vorgesehen, die Parzellen je nach Standortbedingungen – feucht, wechselfeucht, trocken – mit entsprechendem Samen einzusäen. Für Teilflächen werden Samen von speziellen Pflanzen im Wengimoos entnommen oder Mähgut einer gut ausgebildeten Feuchtwiese im Moos verwendet. Andere Flächen werden mit gekaufter Samenmischung eingesät. Die Arbeiten werden voraussichtlich im Sommer 2014 ausgeführt.

Phase 4: Erstellen von Unkengewässern und einer Eisvogelbrutwand. Diese Arbeiten werden im Verlauf des Jahres 2014 ausgeführt.

4.4.3 Finanzen

Bis Ende 2013 wurden Arbeiten im Betrag von 396 828 Franken in Rechnung gestellt. Diese Summe beinhaltet die Zahlungen für das Konzept und das Vorprojekt aus den Jahren 2010 bis 2012. Verschiedene Geldgeber zahlen die zugesagte Summe erst nach Vorliegen der Endabrechnung aus. Um einem Liquiditätsengpass vorzubeugen, hat die ALA dem Vorschlag des BKW-Ökofonds zugestimmt, von ihm eine zinslose Vorauszahlung im Betrag von 300 000 Franken anzunehmen.

Jörg Hassler, BERNER ALA

4.5 «Fischzuchtteich Gurnigelbad»

Der «Fischzuchtteich Gurnigelbad» ist ein Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung und befindet sich in der «Gasseschür» oberhalb des Berggasthofs «Gurnigelbad». Bei der Aufnahme des Teiches in das Bundesinventar im Jahr 2003 wurde unter anderem ein sehr grosser Bestand des Grasfroschs festgestellt. Schon damals war der ehemalige Fischzuchtweiher mit Fischen besetzt. Es ist bekannt, dass Fische, je nach Art und Anzahl, Amphibienbestände erheblich dezimieren können. Es wurde somit entschieden, dass im Amphibienlaichgebiet die Fische reduziert werden, falls die Grösse der vorhandenen Amphibienpopulation deutlich abnimmt.

In den letzten Jahren stellte man tatsächlich fest, dass der Grasfroschbestand erheblich zurückgegangen war und im Frühling nur noch wenige Laichballen abgelegt wurden. Da der Pächter dieses VBS-Grundstücks kein Interesse mehr an der Fischzucht zeigte, entschied sich die ANF, zugunsten der Amphibien den Teich auszufischen.

Mit dem Kompetenzzentrum ABC-KAMIR (atomar, biologisch, chemisch, Kampfmittelbeseitigung und Minenräumung) der Schweizer Armee konnte ein zuverlässiger Partner gefunden werden, um den rund 2000 Kubikmeter grossen Teich auszupumpen. Im Rahmen einer Ausbildungsübung wurde der Teich mit zwei Tragkraftspritzen innerhalb von 15 Stunden bis auf eine kleine Restwassermenge geleert. Gleichzeitig konnte der vorhandene Grundablass wieder so instand gestellt werden, dass künftige Entleerungen wieder über diese Einrichtung gemacht werden können.

Nach der Absenkung des Wasserspiegels wurde der Fischbestand von den zuständigen Fischereiaufsehern mittels elektrischen Fischfanggeräts ausgefischt. Rund 3000 Rotaugen konnten so dem Teich entnommen werden. Die kleine Durchschnittsgrösse dieser Fische (rund 7 cm) sowie die im Verhältnis überproportional grossen Köpfe wiesen darauf hin, dass das Nahrungsangebot im Teich sehr schlecht war. Die Fische hatten aufgrund fehlender Zufütterung und kaum vorhandener Wasservegetation nicht genügend Nahrungsressourcen. Aus diesem Grund erstaunt es nicht, dass der Fressdruck auf die Grasfroscheier und -larven entsprechend gross war.

Abbildung 11: Der beinahe leer gepumpte Fischteich. (Foto: Thomas Leu)

Um gewährleisten zu können, dass der Teich tatsächlich fischfrei ist, wurde er nach Abschluss der Arbeiten rund drei Monate lang trockengelegt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich dank der neuen Situation der Grasfroschbestand in den nächsten Jahren wieder rasch erholen kann.

Thomas Leu

4.6 Construction d'étangs pour le crapaud calamite sur le site du «Mettmoos»

4.6.1 Historique

Jusqu'en 1968, le «Mettmoos» était une décharge. Ce terrain a ensuite été utilisé comme terrain vague sans vocation particulière jusqu'à l'apparition d'espèces d'amphibiens rares et menacées. Le site a été inscrit à l'inventaire des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale en 1990. Depuis quelques années, la situation des principales populations de batraciens s'est effondrée et est devenue très critique. La cause en a certainement été la diminution de l'offre en plans d'eau. En effet, ceux-ci sont devenus de moins en moins étanches et n'offraient plus de bonnes conditions pour la reproduction. Encore présents sur le site, le crapaud calamite *(Bufo calamita)* et le sonneur à ventre jaune *(Bombina variegata variegata)* sont devenus plus que rares. C'est pourquoi depuis trois ans le Service des espaces verts de la ville de Bienne, le Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse et le Service de la promotion de la nature planchent activement sur des projets afin d'assurer la survie de ces espèces. En automne 2013, deux étangs ont été construits pour augmenter l'offre en plans d'eau.

Figure 12: Photo d'un crapaud calamite, principale espèce cible du site. (Photo: Olivier Bessire)

4.6.2 Objectifs et mesures

L'objectif de ce projet a été de fournir des plans d'eau adaptés aux espèces cibles (crapaud calamite et sonneur à ventre jaune). Il fallait donc aménager un plan d'eau temporaire (vidange contrôlée), des berges en pente douce, un étang minéral et sans végétation, demandant un entretien minimum, et limiter au maximum la présence éventuelle de prédateurs aquatiques. L'équipe de gestion a donc décidé de construire un plan d'eau en béton et un autre en gravier rond.

L'étang en béton (255 m^2) a été construit avec un revêtement étanche en caoutchouc recouvert d'une couche de béton, le béton assurant une fonction de substrat minéral facile à entretenir et le caoutchouc la fonction d'imperméabilité à long terme.

Figure 13: 12 cm de béton ont été déposés sur un revêtement étanche en caoutchouc et une natte de protection. (Photo: Olivier Bessire)

L'étang en gravier (135 m^2) a été construit de la même manière que l'étang en béton, mais en remplaçant celui-ci par du gravier rond de 32 à 50 mm de diamètre. En offrant ainsi des substrats différents, le groupe de gestion a souhaité maximiser les chances de constituer de bons plans d'eau pour la reproduction de ces batraciens.

Pour les deux plans d'eau, une vidange est possible au centre des étangs, au point le plus bas. Des bouchons sont fixés sur les conduites au ras du sol afin de les rendre invisibles et solides face aux déprédations.

Figure 14: L'étang en gravier possède en son centre un système de vidange protégé par une collerette en béton maigre afin d'éviter l'obstruction de la conduite par le gravier. (Photo: Olivier Bessire)

4.6.3 Entretien

Pour garantir un entretien facilité et limiter la présence de prédateurs aquatiques, les deux étangs seront vidés en octobre, mis à sec et remis en eau un mois plus tard. L'entretien en vue de limiter la présence de végétaux dans les étangs sera minimal, mais différent selon l'étang. Dans celui en béton, les sédiments déposés durant l'année seront facilement enlevés à la pelle, et dans celui en gravier une surveillance des plantes colonisatrices sera effectuée, et toutes les plantes enlevées. Les rives seront fauchées en même temps que la prairie maigre aux alentours.

4.6.4 Conclusion

Un suivi des populations et de l'acceptation de ces plans d'eau innovants sera réalisé durant l'année 2014 et certainement aussi les années suivantes. La survie de ces espèces d'amphibiens menacées de la région dépend de la réussite de ces plans d'eau: le canton suivra donc de très près l'arrivée des batraciens sur ce site.

Olivier Bessire

4.7 Erfolgskontrolle Renaturierung Belpau

4.7.1 Einleitung

Im Auengebiet von nationaler Bedeutung «Belper Giessen» und kantonalen Naturschutzgebiet «Aarelandschaft Thun–Bern» wurden auf Land der Burgergemeinde Belp in den letzten rund 15 Jahren etappenweise Aufwertungen durchgeführt.

Die Burgergemeinde Belp stellte dazu ihren Wald zur Verfügung und führte selber unter Leitung ihres Försters Arnold Biland gemeinsam mit Drittunternehmen die Aufwertungen durch. Die Aufwertungen basierten auf einem einheitlichen Konzept, das in den 90er-Jahren für diesen Teil des Auen- und Naturschutzgebietes erstellt worden war (Zeh, 1994).

Dieses Konzept sah vor, dass der Wald etappenweise aufgelichtet und einzelne Giessen ausgebaggert würden. Der dadurch gewonnene Kies sollte teilweise in die Aare zurückgebracht werden, um der weiteren Eintiefung der Aaresohle entgegenzuwirken. Die Aufwertungen wurden dank guter Zusammenarbeit mit der Burgergemeinde Belp mit den Jahren zunehmend auf die spezifische Förderung einzelner Arten, vor allem von Amphibien und der Libellenart Helmazurjungfer, ausgerichtet.

Jeweils im Herbst wurden auf einer gemeinsamen Begehung mit den Gemeindebehörden der Einwohnergemeinde Belp, Mitgliedern und dem Förster der Burgergemeinde Belp sowie den kantonalen Fachstellen die detaillierten Holzerei- und Bauarbeiten besprochen. Für die Beratung bezüglich der spezifischen Fördermassnahmen für die Helmazurjungfer und die Amphibien wurden Fachspezialisten (Christoph Forrer, Beatrice Lüscher) beigezogen.

Die beiden Spezialisten begleiteten die Arbeiten und führten anschliessend auch stichprobenartige, einfache Erfolgskontrollen durch. Über die Ergebnisse dieser Erfolgskontrolle wird nachfolgend berichtet.

Da die Massnahmen teilweise in der Nähe von bestehenden Wegen stattfanden, wurde die Öffentlichkeit jeweils mit Plakaten an Ort und Stelle über den Sinn und Zweck der Aufwertungsmassnahmen orientiert. Es gab immer positive Rückmeldungen aus der Bevölkerung, da das Gebiet auch aus Sicht der Erholungsuchenden an Attraktivität gewonnen hat.

Die Aufwertungsmassnahmen sind nun abgeschlossen. Seit einigen Jahren ist der Biber vermehrt in diesem Gebiet aktiv und gestaltet zusätzlich das Gebiet durch den Bau von Dämmen und das Aufstauen einzelner Giessen rasch um. Es ist allgemein bekannt, dass sich die Tätigkeit der Biber positiv auf die Artenvielfalt in Auengebieten auswirkt. Sein dynamisches Wirken ist im Auengebiet willkommen.

Annelies Friedli

Das Leben geht seine eigenen Wege.
Wenn du alles lenken willst, verdirbst du es. Lass dem Leben seine Freiheit.

Shree Rajneesh

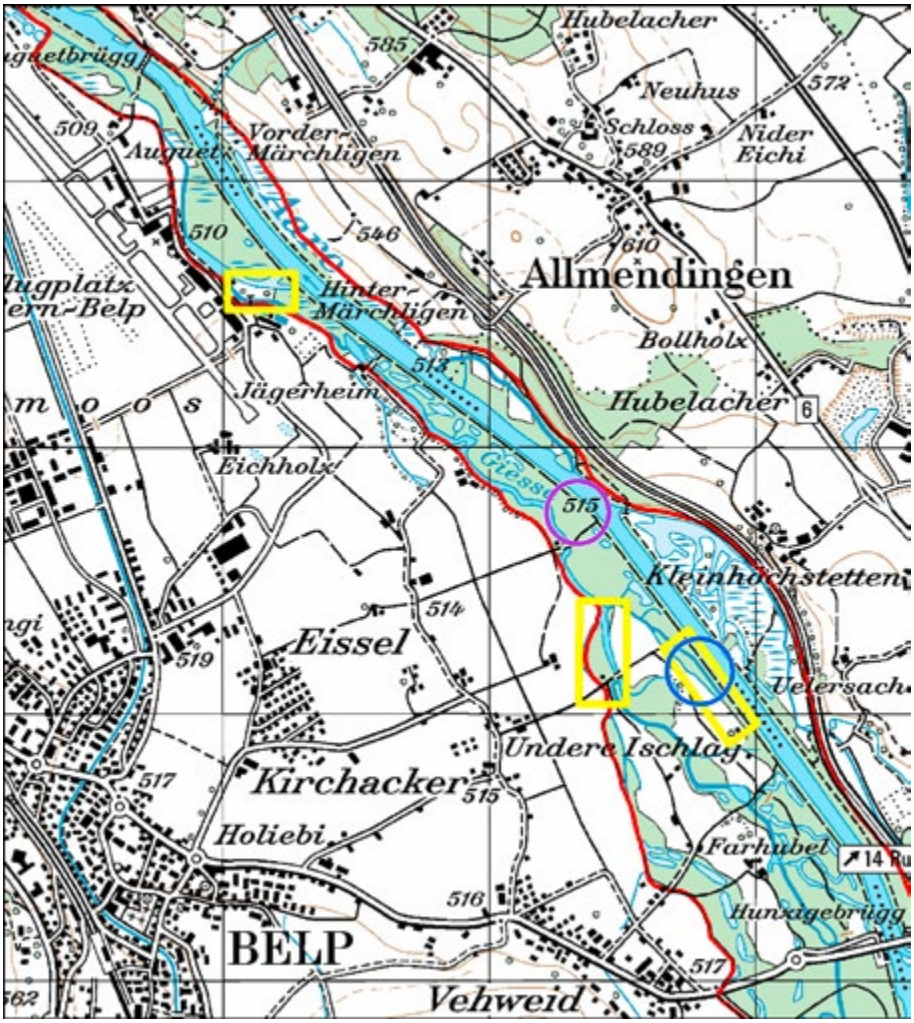


Abbildung 15: Aufwertungs- und Untersuchungsgebiete in der Belpau.
Rot: Grenze Naturschutzgebiet, violetter Kreis: Aufwertungsgebiet Helmazurjungfer «In der Au» (2011), blauer Kreis: Aufwertungsgebiet Helmazurjungfer «Hinderi Au» (2008), gelb: Untersuchungsgebiete Amphibien 2009. Kartengrundlage: digitale Landeskarte pk50k. Quelle: Bundesamt für Landestopografie. (Plan: Yvonne Stampfli)

Experten haben herausgefunden, wie man zur Erholung unserer Umwelt beitragen könnte: Man müsste die Natur vor allem wieder mehr sich selbst überlassen! Allerdings sollte man dabei nicht ausgerechnet mit dem Menschen anfangen.

Wolfgang Mocker

4.7.2 Förderung der Helmazurjungfer

4.7.2.1 Verbreitung

Die Helmazurjungfer *(Coenagrion mercuriale, Abb. 16)* ist in der Schweiz im zentralen und östlichen Mittelland verbreitet, wo heute nur noch 8 bis 10 Populationen

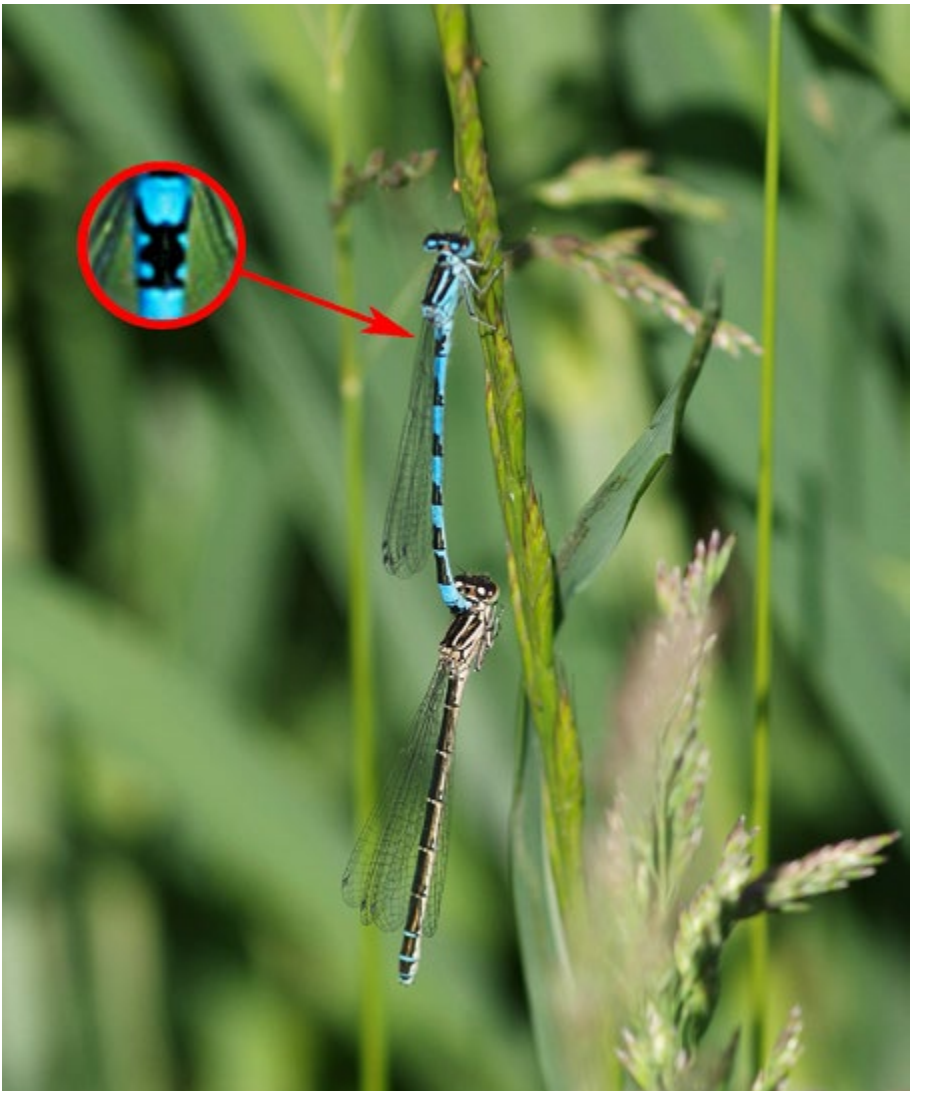


Abbildung 16: Tandem mit Helmazurjungfer-Männchen (blau-schwarz) und -Weibchen (dunkel). Bestimmungsmerkmal ist die charakteristische Zeichnung («Wikingerhelm» bzw. astronomisches Zeichen des Planeten Merkur) hinter dem Flügelansatz bei den Männchen. (Foto: Christoph Forrer)

der Kleinlibelle bekannt sind. Drei der grösseren Populationen der Helmazurjungfer liegen im Kanton Bern (Oberaargau, Fraubrunnenmoos und Belpau). Der Kanton trägt daher eine hohe Verantwortung für die schweizweit vom Aussterben bedrohte Art.

Im Oberaargau und im Fraubrunnenmoos besiedelt die Helmazurjungfer grundwasserbeeinflusste, sonnige und langsam fliessende Wiesengräben und -bäche, welche von Wasserpflanzen durchwachsen sind (emerse Vegetation). Fördermassnahmen zugunsten der Helmazurjungfer wurden dort im Rahmen des Smaragd-Projekts Oberaargau und bei der Gewässerpflege im Fraubrunnenmoos umgesetzt.

Das dritte bekannte Vorkommen im Kanton Bern liegt im Auenwald der Belpau, wo sich die Larven in Giessen mit geringer Wassertiefe entwickeln. Das Vorkommen an der «Chalten Giesse» in der Belpau wurde 1952 von Paul Otto Wenger entdeckt und konnte in den vergangenen Jahrzehnten mehrmals bestätigt werden.

4.7.2.2 Erhebung des Ausgangszustands

Im Sommer 2007 wurde das Vorkommen in der Belpau genauer erhoben (Wiedemeier & Forrer, 2007). Nebst dem bereits bekannten Hauptvorkommen im unteren Teil der «Chalten Giesse» konnten bei der Erhebung weitere kleinere Nebenvorkommen bei zwei weitgehend beschatteten Giessen festgestellt werden. Zwei weitere, gänzlich beschattete Giessenabschnitte wurden aufgrund ihres Charakters (Fliessgeschwindigkeit, Tiefe, Vegetation usw.) als potenzielle Lebensräume erkannt.

Problematisch für die Helmazurjungfer in der Belpau sind primär die Beschattung der Entwicklungsgewässer durch den umgebenden Auenwald und das Verlanden der kleinen Giessen (Schlick). Das Auslichten des Ufergehölzes und das Reaktivieren verlandender Giessen wurden in einem Massnahmenplan lokalisiert und beschrieben.

4.7.2.3 Umsetzung Fördermassnahmen

Bereits im Winter 2007/2008 konnten die Erkenntnisse der Erhebung in das mit der Burgergemeinde Belp vorgesehene Aufwertungsprojekt «Hinderi Au» einfliessen *(Abb. 15)*. Weitere Aufwertungsmassnahmen zugunsten der Helmazurjungfer konnten im Winter 2010/2011 weiter nördlich bei «In der Au» realisiert werden *(Abb. 15)*.

In diesen für die Helmazurjungfer geeigneten Abschnitten wurde der Auenwald stark ausgelichtet, sodass die kleinen Quellaustritte hinter dem Aaredamm weitgehend besonnt und das Gehölz in der Umgebung der Gewässer sehr lichtdurchlässig wurde. Mit einem Kleinbagger wurde anschliessend Schlick und Holz aus den Giessen geräumt *(Abb. 17)*. Wegen der langjährigen Beschattung und der weitgehenden, maschinellen Neugestaltung des Gewässerlaufs fehlen anfänglich die typischen Wasserpflanzen *(Abb. 18* und *Abb. 19)*.

Abbildung 17: Bei kleineren Giessen wird das Holz geräumt und der Schlick entfernt. Einzelne Bereiche werden dabei unbearbeitet belassen. Angestrebt wird eine durchschnittliche Wassertiefe von 20–30 cm. «Hinderi Au», Winter 2008. (Foto: Christoph Forrer)

Abbildung 18: Der für die Helmazurjungfer gestaltete Abschnitt unmittelbar nach den Arbeiten. Der Wasserstand ist zur Zeit der Aufnahme noch erhöht, da das Wasser zur Vermeidung von Trübungen während der Arbeiten gestaut wurde. «Hinderi Au», Frühling 2008. (Foto: Christoph Forrer)

Abbildung 19: Vier Jahre nach der Neugestaltung wachsen die Seggen an und in der Giesse üppig. Es fehlen jedoch weiterhin typische Wasserpflanzen wie der Aufrechte Merk oder der Bachbungen-Ehrenpreis. «Hinderi Au», Sommer 2012. (Foto: Christoph Forrer)

4.7.2.4 Erfolgskontrolle

Im Juni 2012 wurde eine Erfolgskontrolle bei den beiden aufgewerteten Abschnitten «Hinderi Au» und «In der Au» durchgeführt.

«Hinderi Au»
Bei einer Begehung im Sommer 2008 konnte die Zweigestreifte Quelljungfer *(Cordulegaster boltonii)*, mit welcher die Helmazurjungfer in der Belpau vergesellschaftet ist, im neu gestalteten Abschnitt «Hinderi Au» bei der Eiablage beobachtet werden. Es war zu erwarten, dass sich auch die standorttreuere und anspruchsvollere Helmazurjungfer am aufgewerteten Abschnitt einfindet, sobald dieser Bereich stellenweise von Wasserpflanzen durchwachsen ist.

Hier konnte im Juni 2012 jedoch lediglich ein Männchen der Helmazurjungfer festgestellt werden (wahrscheinlich ein zugeflogenes Tier). Wasserpflanzen wie der Aufrechte Merk *(Berula erecta)* oder der Bachbungen-Ehrenpreis *(Veronica beccabunga)*, welche typisch sind für die Entwicklungsgewässer der Helmazurjungfer, fehlten in diesem Abschnitt gänzlich. Daher wurden einige Exemplare dieser beider Pflanzen im Sommer 2012 an einem unbesiedelten Gewässerabschnitt entnommen und im Abschnitt «Hinderi Au» ausgebracht (Initialpflanzung).

Abbildung 20: Der Abschnitt oberhalb der Furt ein gutes Jahr nach der Neugestaltung. Am Ufer ist beidseits der Bachbungen-Ehrenpreis zu erkennen, wo die Helmazurjungfer bereits im ersten Sommer nach den Bauarbeiten Eier abgelegt hat. «In der Au», Juni 2012. (Foto: Christoph Forrer)

«In der Au»

Bereits im Juni 2012, ein gutes Jahr nach der Neugestaltung des Abschnitts «In der Au», konnten erfreulicherweise zwölf Männchen und ein Tandem oberhalb der Furt (Fahrgasse, Rückgasse) festgestellt werden *(Abb. 20)*.

Die Besiedlung des Abschnitts «In der Au» muss im Sommer 2011 unmittelbar nach der Neugestaltung stattgefunden haben. Die angetroffenen Helmazurjungfern sind hier nach einjähriger Larvalentwicklung geschlüpft, was bei dieser Kleinlibelle die Ausnahme ist. Zumeist benötigen die Larven der Helmazurjungfer zwei Jahre für die Entwicklung. Das Vorkommen am Abschnitt «In der Au» dürfte daher heute bereits deutlich individuenreicher sein.

Christoph Forrer, Büro Kappeler

4.7.3 Förderung von Amphibien

Die Belpau hat eine sehr grosse Bedeutung für Amphibien. Es gibt aktuelle Vorkommen der beiden stark gefährdeten Arten Kammmolch und Teichmolch. Der auentypische und als verletzlich eingestufte Fadenmolch erreicht hohe Bestandesdichten. In den letzten Jahren wurden mehrfach Einzeltiere des stark gefährdeten

Laubfroschs und der Geburtshelferkröte nachgewiesen. Zwei Regionen sind als Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung ausgeschieden.

Im Rahmen der Aufwertungsmassnahmen wurde der Auenwald ausgelichtet und verschiedenste Gewässer angelegt. Die tiefen Giessenerweiterungen und Baggerseen sind aufgrund ihrer Topologie und vor allem, da sie durch Fische besiedelt sind, weitgehend ungeeignet für Amphibien. In den späteren Jahren der Aufwertungsphase konnten vermehrt auch Flachweiher und Tümpel gezielt für Amphibien erstellt werden. Es gibt keine umfassenden Daten zur Besiedlung der Amphibiengewässer. 2009 haben wir exemplarisch an einer Auswahl neuer Flachweiher und Tümpel Amphibien erfasst *(Abb. 15)*. Die damaligen Resultate zeigen auf, welche Arten die Gewässer schon innerhalb von zwei bis drei Jahren gefunden und besiedelt hatten.

4.7.3.1 Erhebungen

2009 wurden in drei Regionen 18 neue Flachweiher und Tümpel erfasst (Althaus & Lüscher, 2009). Die Amphibiengewässer waren 2006 bis 2008 erstellt worden. Wir führten in jedem Gebiet eine Tagbegehung und zwei Nachtbegehungen zwischen Ende März und Mitte Juni 2009 durch. Die Begehungen fanden bei für die Amphibien optimalen Witterungsverhältnissen statt und deckten die Aktivitätszeiten der in der Region vorkommenden Amphibienarten ab.

4.7.3.2 Erste Besiedlung der Flachweiher durch Amphibien

15 der 18 untersuchten Amphibiengewässer waren durch jeweils eine bis sechs Amphibienarten besiedelt worden. In zwölf Gewässern konnten Wasserfrösche in erfreulich hohen Dichten festgestellt werden. Der Fadenmolch hatte 2009 schon elf Gewässer besiedelt. Wahrscheinlich hat seine Dichte seit den Erfassungen noch

Abbildung 21: Der Fadenmolch besiedelt von Fliessgewässern abgetrennte Tümpel und Flachweiher. (Foto: Beatrice Lüscher)

Abbildung 22: Einer der neu erstellten, wertvollen Amphibienweiher in der Belpau.
(Foto: Beatrice Lüscher)

zugenommen bzw. wird in den nächsten Jahren noch zunehmen. Grasfrösche wurden in neun Gewässern, Bergmolche in fünf und einzelne Erdkröten in zwei Gewässern nachgewiesen. Diese drei ansonsten recht verbreiteten Arten weisen in den Aareauen vielerorts nur kleine Populationsdichten auf.

Sehr erfreulich war der Nachweis eines Einzeltiers des stark gefährdeten Laubfroschs. Schon 2004 hatte ein Einzeltier in der Belpau gerufen. Wir gehen davon aus, dass die Tiere von der grossen, sich ausdehnenden Population in der Märchligenau eingewandert sind. Wir hoffen, dass sich an den gut geeigneten Gewässern längerfristig eine Population etablieren kann.

4.7.3.3 Gewässerbeurteilung

Die Vorkommen von Kamm- und Teichmolch befinden sich nicht direkt angrenzend an die 2009 untersuchten Amphibiengewässer. 2011 sind in direkter Umgebung der aktuellen Funde gezielte Aufwertungen für den Kammmolch erfolgt.

Die Beobachtungen bestätigen, dass Weiher, welche regelmässig mit einem Fliessgewässer direkt in Verbindung stehen, für Amphibien kaum Bedeutung haben. Bei abgetrennten, flachen Gewässern besteht die Chance, dass sie im Herbst/Winter trocken fallen, was für die stark gefährdeten Amphibien sehr wertvoll ist. In den Amphibiengewässern mit kiesigem Untergrund konnten wir eine höhere Arten- und Individuenzahl nachweisen als in schlammigen, von wüchsigem Schilf umgebenen Gewässern. Eine gute Besonnung und die damit zusammenhängende Wassertemperatur sind ebenfalls Faktoren, die die Attraktivität eines Gewässers steigern. So ist es denn auch ein Gewässer, das all diese Eigenschaften vereint, das vom Laubfrosch besiedelt worden ist.

Beatrice Lüscher und Sarah Althaus, KARCH Bern

4.7.4 Literatur

Althaus, S. & Lüscher, B. (2009): Erste Besiedlung neuer Flachweiher in der Belpau durch Amphibien. Erfassung 2009. Unveröffentlichter Bericht erstellt im Auftrag des Naturschutzinspektorates des Kantons Bern.

Wiedemeier, P. & Forrer, C. (2007): Vorranggebiete für Artenschutzmassnahmen der Wirbellosen: Helmazurjungfer unter Berücksichtigung weiterer Arten. Unveröffentlichter Bericht erstellt im Auftrag des Naturschutzinspektorates des Kantons Bern.

Zeh, H. (1994): Naturschutz-Pflegekonzept Hunzigebrügg bis Giessehof, erstellt im Auftrag der Stiftung Aaretal.

Der Wald ist ein besonderes Wesen, von unbeschränkter Güte und Zuneigung, das keine Forderungen stellt und grosszügig die Erzeugnisse seines Lebenswerks weitergibt; allen Geschöpfen bietet er Schutz und spendet Schatten selbst dem Holzfäller, der ihn zerstört. Buddha

4.8 Artenförderungsprojekt Grosse Lungenflechte

Zusammenfassung

Die Grosse Lungenflechte *(Lobaria amplissima)* zählt zu den grössten Blattflechten der Schweiz. Die Flechte kommt in der Schweiz nur noch an fünf isolierten Standorten vor. Auf der Schwarzwaldalp in Meiringen befindet sich der einzige Standort im Kanton Bern. Die Grosse Lungenflechte wird aufgrund der kleinen Populationsgrösse und deren Abnahme in den letzten Jahren als stark gefährdet eingestuft. Die heutigen Populationen sind so klein, dass der Verlust von Trägerbäumen sowie das Fehlen geeigneter Nachwuchsbäume die grösste Bedrohung darstellt.

Lebensraumansprüche

Die Grosse Lungenflechte wächst fast ausschliesslich auf Bäumen, kann aber auch Fels besiedeln. In der Schweiz kann die Grosse Lungenflechte in der montanen Höhenstufe auf alten freistehenden Laubbäumen in Weiden und Wiesen oder auf alten Buchen oder Tannen in lichten Waldstandorten vorkommen. Die seltene Flechte ist auf hohe Niederschläge und viel Licht angewiesen.

Gefährdung

Die Grosse Lungenflechte zählt zu den seltensten und bedrohtesten Flechten der Schweiz. Alle bekannten Populationen sind klein und besiedeln je einen bis wenige Bäume. Die Art ist geschützt und wird als vom Aussterben bedroht eingestuft. Für die Gefährdung sind insbesondere der Verlust der Trägerbäume durch menschliches Handeln oder Naturereignisse sowie das Fehlen von Jungbäumen verantwortlich.

Artenförderungsprojekt «Grosse Lungenflechte, Schwarzwaldalp»

Die Grosse Lungenflechte wächst hier auf drei alten Ahornbäumen entlang eines Bächleins auf der Alpweide. Auf der extensiv bewirtschafteten Weide befinden sich noch weitere Ahornbäume, welche als potenzielle Trägerbäume in Frage kommen. Es existieren jedoch keine Ahornbäume mittleren Alters, welche den Fortbestand der Flechte gewährleisten könnten.

Massnahmen

Die Trägerbäume wurden mittels Artenschutzvertrag gesichert. Zudem wurden 2013 in der Nähe der Trägerbäume vier Jungbäume gepflanzt *(Abb. 24).* Durch das Verpflanzen von Flechtenfragmenten der Grossen Lungenflechte *(Abb. 25)* auf weitere geeignete Trägerbäume in der näheren Umgebung erhofft man sich, dass die erfolgreiche Besiedlung von weiteren Bäumen gefördert und das langfristige Vorkommen der Population stabilisiert wird.

Daniela Flück, Praktikantin

Abbildung 23: Grosse Lungenflechte, Schwarzwaldalp. (Foto: Thomas Leu)

Abbildung 24: Gepflanzter Jungbaum auf der Schwarzwaldalp. (Foto: Silvia Stofer, WSL)

Abbildung 25: Transplantiertes Fragment der Grossen Lungenflechte. (Foto: Silvia Stofer, WSL)

4.9 Artenförderungsprojekt «Enzianbläuling im Berner Jura»

Zusammenfassung
Der Enzianbläuling *(Maculinea rebeli)* ist eine seltene, in der Schweiz als stark gefährdet eingestufte Tagfalterart, welche im Kanton Bern vor allem im Berner Jura vorkommt.

Die ANF hat im Sommer 2013 ein Projekt zur Erhaltung und Förderung dieses seltenen Schmetterlings lanciert.

Abbildung 26: Weibchen des Enzianbläulings. (Foto: Rudolf Bryner, Biel)

Biologie des Enzianbläulings
Der Enzianbläuling zeichnet sich durch einen besonderen Lebenszyklus aus. Die Flugzeit des Falters liegt zwischen Juli und August. Die Weibchen legen die Eier in grosser Zahl in der Nähe von Blütenknospen des Kreuzblättrigen Enzians *(Gentiana cruciata)* ab. Die Raupe schlüpft durch den Eiboden aus und bohrt sich in die Blütenknospe. Darin ernährt sie sich von den weichen Blütenteilen, bis sie Anfang bis Mitte August das Adoptionsalter erreicht hat. Danach bohrt sie sich aus der Blütenknospe heraus und lässt sich auf den Boden fallen.

Auf dem Boden wartet die Raupe des Enzianbläulings, bis sie von einer Knotenameise der Art *Myrmica schenki* gefunden wird. Die Raupen verfügen über einen Duftstoff, der die Larve von *M. schenki* imitiert. Wird die Raupe gefunden, trägt die Ameise sie sofort mit ins Nest. Die Entwicklung zum Falter hängt stark

Abbildung 27: Blühender Kreuzblättriger Enzian bei Orvin, Berner Jura. (Foto: Daniela Flück)

vom Vorkommen von *M. schenki* ab. Findet eine Ameise einer anderen Art die Raupe, wird sie gefressen.

Im Nest wird die Raupe gepflegt, während dieser Zeit ernährt sie sich von der Ameisenbrut. Bei Gefahr wird sie sogar vor dem Nachwuchs der Ameisen in Sicherheit gebracht. Im Frühjahr verpuppt sich die Raupe.

Lebensraumansprüche

Der Enzianbläuling lebt an trockenen Standorten, wie trockenen warmen Hängen und Magerrasen. Er ist streng an das gemeinsame Vorkommen der Raupenfutterpflanze, dem Kreuzblättrigen Enzian, und der Wirtsameise *M. schenki* gebunden.

Eine angepasste Bewirtschaftung kann einen bedeutenden Beitrag zum Erhalt der Lebensräume des Enzianbläulings leisten. Als Lichtkeimer ist der Kreuzblättrige Enzian auf offene Bodenstellen (z.B. Trittstellen) angewiesen. Daher ist eine Beweidung der Mahd vorzuziehen. Eine extensive Nutzung ist zwingend erforderlich, um den Kreuzblättrigen Enzian und somit den Falter zu erhalten.

Verbreitung im Kanton Bern

Im Kanton Bern sind in den östlichen Alpen, Voralpen und im Berner Jura nur noch wenige Fundorte des Enzianbläulings bekannt, wobei die grössten Vorkommen im Berner Jura zu finden sind.

Artenförderungsprojekt «Enzianbläuling im Berner Jura»

Bei Begehungen im Spätsommer 2013 konnte *M. rebeli* an mehreren Standorten in kleinen Beständen nachgewiesen werden. An Standorten mit Enzianbläulingen hat die Bewirtschaftung einen grossen Einfluss auf die Populationsgrösse und das Weiterbestehen der Art. Alle nachgewiesenen Standorte mit *M. rebeli* sind bereits als Trockenstandorte unter Vertrag gestellt und werden als extensive Weiden genutzt. Wichtige Bewirtschaftungsfaktoren, welche die Art beeinflussen, sind Dauer und Dichte der Bestossung sowie der Verbuschungsgrad.

Die nachhaltige Sicherung der bestehenden Populationen des Enzianbläulings und seiner Raupenfutterpflanze, dem Kreuzblättrigen Enzian, steht im Vordergrund dieses Projekts. In einem zweiten Schritt soll eine optimale Vernetzung gewährleistet werden können.

Vorgehen

In der Datenbank für Fauna wurde nach alten Fundorten von *M. rebeli* gesucht; Ergänzungen erfolgen durch Expertenbefragung. Diese Standorte sowie unmittelbar umliegende Trockenstandorte wurden aufgesucht. Nun folgte die Kartierung der Kreuzblättrigen Enziane und der Eier des Enzianbläulings *(Abb. 28)*. Leider konnte der Enzianbläuling nur noch an wenigen Standorten gefunden werden. Viele Populationen gingen in den letzten Jahren verloren. Die Hauptursache liegt in der Verbuschung, die überall stark zugenommen hat. Sie hat zur Folge, dass die Raupenfutterpflanze an vielen Standorten stark zurückgegangen ist.

Abbildung 28: Eier des Enzianbläulings (weisse Punkte) auf dem Kreuzblättrigen Enzian. (Foto: Daniela Flück)

Um einen weiteren Rückgang in Zukunft zu verhindern, wurde mit den Bewirtschaftern dieser Flächen vertraglich geregelt, jedes Jahr ein Teilstück zu entbuschen. Zudem konnte die Bewirtschaftung in einzelnen Fällen angepasst werden.

Ausblick

Neben dem Ausdehnen der Artenförderungsmassnahmen auf die weiteren Regionen im Berner Jura gilt es im Jahr 2014, die Massnahmen abzuschliessen und zu überwachen.

An zwei Standorten werden zudem je 250 Kreuzblättrige Enziane ausgepflanzt, um die Populationen zu stärken und die Nahrungsgrundlage des seltenen Schmetterlings zu sichern. Das Saatgut dafür konnte im Herbst 2013 an einem benachbarten Trockenstandort gesammelt werden.

In den nächsten Jahren werden Erfolgskontrollen durchgeführt, sowohl für die bereits umgesetzten wie auch für die neu geplanten Massnahmen. Sie werden Erkenntnisse darüber liefern, welche Massnahmen zur Förderung des Enzianbläulings erfolgversprechend sind.

Daniela Flück, Praktikantin

4.10 Förderung der seltenen Geburtshelferkröte in Reckiwil

Im Emmental machen die traditionellen Feuerweiher einen grossen Teil der stehenden Gewässer aus. Sie gehören zu den wichtigsten Amphibienfortpflanzungsgewässern in der Region.

Der Feuerweiher in Reckiwil in der Gemeinde Linden wird schon länger nicht mehr von der Feuerwehr genutzt und darum auch nicht mehr unterhalten. Der Grundbesitzer stellte fest, dass der Abfluss verstopft war und undichte Stellen im Weiher entstanden waren. Da dieser Feuerweiher ein wichtiger Lebensraum der geschützten Geburtshelferkröte *(Alytes obstetricans obstetricans)* ist, beschloss die ANF zusammen mit der Gemeinde Linden, den Feuerweiher zu sanieren.

Abbildung 29: Abgefangene Larven (Kaulquappen) der Geburtshelferkröte. (Foto: Daniela Flück)

Ausserhalb der Laichsaison wurde der Weiher geleert, geputzt und repariert. Vorgängig hatte man 160 Kaulquappen der Geburtshelferkröte ausgefischt *(Abb. 29)* und vorübergehend in einem Brunnen zwischengelagert. Nach Abschluss der Sanierung wurden die Larven wieder in den Feuerweiher überführt.

Daniela Flück, Praktikantin

4.11 «Ökokonzept Brünnen»

Eine grossflächige Stadterweiterung im Westen von Bern führte zur Zerstörung wichtiger Naturwerte im betroffenen Landwirtschaftsgebiet. Um trotz der intensiven Überbauung auch künftig die Vernetzungsfunktion des Gebietes sicherzustellen und die Naturwerte sinnvoll und koordiniert zu ersetzen, waren innovative Lösungen gefragt. Das «Ökokonzept Brünnen» kann heute als Modell für vergleichbare Planungen dienen.

2004 bis 2008 wurde westlich der Stadt Bern das Freizeit- und Einkaufszentrum «Westside» erbaut. In diesem Zusammenhang wurde im Bereich Brünnen West ein 500 Meter langer Abschnitt der Autobahn A1 überdeckt. Nun war der Weg frei für eine Erweiterung der Siedlungsfläche auf den angrenzenden Landwirtschaftsflächen.

Während der Planung wurde deutlich, dass das Natur- und Heimatschutzgesetz aufgrund eines Vorkommens geschützter Arten und der wichtigen Vernetzungsfunktion des Gebietes zur Geltung kommt. So musste nun gewährleistet werden, dass die vorhandenen Naturwerte ersetzt werden und zwar so, dass die Vernetzung weiterhin funktioniert. Damit der ökologische Ersatz sinnvoll und koordiniert vonstatten geht, wurde von der damaligen Stadtgärtnerei (heute Stadtgrün Bern) gemeinsam mit dem damaligen Naturschutzinspektorat (heute Abteilung Naturförderung) und Emch+Berger ein Konzept zur Umsetzung der Ersatzmassnahmen – das «Ökokonzept Brünnen» – in Angriff genommen.

Grundsätze des Ökokonzepts

Anfang des 21. Jahrhunderts kamen in Deutschland immer mehr die sogenannten Poollösungen auf. Sie entstanden aus der Not, dass gesetzlich erforderliche Ersatzleistungen innerhalb eines städtischen Perimeters nicht umgesetzt werden konnten. Als Lösungsansatz wurden Fonds geschaffen, in welche das Geld für Ersatzleistungen einfloss. Damit wurden dann an anderer Stelle ökologische Ersatzmassnahmen finanziert.

Das «Ökokonzept Brünnen» orientierte sich an diesem damals sehr neuartigen Ansatz: Jeder Bauherr bezahlt das monetäre Äquivalent der bestehenden Naturwerte seines Grundstücks in einen ökologischen Ausgleichsfonds ein. Wenn er ökologische Ersatzmassnahmen realisiert, kann er diesen Betrag wieder zurückerhalten. Dies soll als Anreizsystem funktionieren, das die Umsetzung möglichst vieler Ersatzmassnahmen innerhalb des Perimeters fördert.

Vorgehen bei der Erarbeitung
In einem ersten Schritt wurde eine fachliche Grundlage erstellt. Dazu wurden auf einem Plan die Vernetzungsziele sowie auch die bestehenden und neu anzulegenden Vernetzungskorridore festgelegt. Gleichzeitig wurde ausgewiesen, welche Flächen unversiegelt bleiben müssen, wo grössere extensive Wiesen angelegt werden sollen und wo Alleen anzulegen sind. Zudem wurden die Kriterien für die Ersatzmassnahmen definiert und in einem Bericht festgehalten.

Als Ergänzung zu dieser fachlichen Grundlage wurde in einem zweiten Schritt die «Vereinbarung ökologischer Ersatz Brünnen» zwischen Neuer Brünnen AG (Westside), Infrastrukturgenossenschaft Brünnen Nord (ISGB), Kanton Bern, BLS AG und Stadt Bern als privatrechtliche Grundlage abgeschlossen. In diesem Rahmen wurden ein ökologischer Ausgleichsfonds sowie ein Aufsichtsgremium mit Vertretern aller Vertragsparteien geschaffen.

Umsetzung des Ökokonzepts
Zuerst wurden alle bestehenden Naturwerte in Geld umgerechnet. Grundlage dafür war eine Abschätzung, wie viel der Ersatz des jeweiligen Naturwerts in der Erstellung kosten würde. Die Ansätze für besonders wertvolle Elemente wurden zusätzlich noch etwas erhöht und diejenigen für weniger wünschenswerte gesenkt. Damit ergab sich für jedes Baufeld ein spezifischer Betrag, der in den Ausgleichsfonds einbezahlt wurde. Gesamthaft kam so ein Betrag von rund 750 000 Franken zusammen. Nach der Überbauung der Baufelder konnten die Bauherren eine Dokumentation der realisierten Ersatzmassnahmen einreichen und die einbezahlten Beträge zurückfordern. Jeder dieser Anträge wurde dann sorgfältig vor Ort von Fachleuten überprüft. Im positiven Fall wurde der Antrag für einen Auszahlungsbeitrag dem Aufsichtsgremium zur Entscheidung übergeben.

Fazit
Heute sind die meisten Baufelder überbaut, und es kann Fazit gezogen werden: Grundsätzlich ist das Ergebnis des Projekts erfolgreich. Die Bilanz zeigt: Heute bestehen vier Hektaren extensive Wiese, 373 einheimische Park- und Alleebäume (Wildarten) und 65 Obstbäume mehr als zuvor. Die Wege werden von Vernetzungsstreifen gesäumt. Zudem wurden sehr viel mehr Flächen unversiegelt belassen, als sonst in vergleichbaren Überbauungen üblich. Als Ersatz für den Lebensraum einer bedeutenden Zauneidechsenpopulation, welcher der BLS-Verbreiterung zum Opfer fiel, wurde gemeinsam mit der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz Schweiz (KARCH) ein neuer Standort fachgerecht ausgestaltet.

Das erfreuliche Ergebnis ist jedoch mit Vorsicht zu geniessen. Hier wurde intensives Landwirtschaftsgebiet mit nur wenigen naturnahen Elementen überbaut. Wenn ursprünglich grossflächig wertvolle oder seltene Vegetationstypen vorhanden gewesen wären, sähe die Bilanz nicht so positiv aus. Es sollte also nicht der falsche

Abbildung 30: Brünnengut: Parkanlage Brünnen. (Foto: Stadtgrün Bern)

Schluss gezogen werden, dass jede Siedlungserweiterung aus ökologischer Sicht unproblematisch ist.

Hier hat es funktioniert. Und darüber hinaus ist das «Ökokonzept Brünnen» als Modell zur Erfahrungsgewinnung ausserordentlich interessant:

Erstens wurde damit gezeigt, dass der finanzielle Anreiz funktioniert. Es hat praktisch kein Bauherr darauf verzichtet, Ersatzmassnahmen umzusetzen und einen Antrag auf Rückvergütung der einbezahlten Beträge zu stellen.

Zweitens haben wir nun ein sehr dichtes neues Stadtquartier und eine grosse neue Parkanlage mit einer ökologischen Infrastruktur, die funktionieren sollte, die aber nicht nach Wildnis aussieht. Dass sich Natur und Gestaltung nicht ausschliessen, ist ein wichtiges Argument und Anschauungsbeispiel für Architekten und Planer. Meldungen von Bürgerinnen und Bürgern zeigen, dass genau der Aspekt einer klaren Gestaltung dazu führt, dass sie den Nutzen für die Natur anzweifeln. Die geschaffenen Lebensräume, Vernetzungskorridore und Strukturen müssen also lesbar gemacht werden. Dies geschieht durch eine gezielte Information der Quartierbevölkerung und der Pflegenden, wie Hauswarte oder Gärtner.

Drittens und letztens gibt das «Ökokonzept Brünnen» eine solide Basis für weitere ähnlich gelagerte Projekte. Die Erfolgskontrolle wird zeigen, ob die ge-

schaffenen Lebensräume und Strukturen tatsächlich und auch nachhaltig funktionieren. Durch die Erfolgskontrolle lassen sich Schwächen erkennen und in weiteren Projekten vermeiden, beispielsweise durch strengere Auflagen oder die Definition von Zielarten.

Die Biodiversität im Mittelland trotz Wachstum und innerer Verdichtung zu erhalten und zu fördern ist eine grosse Herausforderung. Wer sich dieser Herausforderung stellen möchte, dem bietet das «Ökokonzept Brünnen» einen innovativen und ausbaufähigen Lösungsansatz.

Sabine Tschäppeler, Stadtgrün Bern, Leiterin Fachstelle Natur und Ökologie

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

Heraklit

5. Zuständigkeiten und Fachkommissionen

5.1 Zuständigkeiten der Abteilung Naturförderung

Bereich Mitarbeitende	**Aufgaben / regionale Zuständigkeit**	**Telefon direkt**	**E-Mail**
Abteilungsleitung			
Dr. Urs Känzig-Schoch	Abteilungsleiter	031 720 32 27	urs.kaenzig(at)vol.be.ch
Support			
Dr. Erwin Jörg	Bereichsleiter, Informatik, Öffentlichkeitsarbeit, Koordination Erfolgskontrollen, Projektleiter Neobiota	031 720 32 24	erwin.joerg(at)vol.be.ch
Doris Baumann	Leiterin Sekretariat, Administration, Rechnungswesen, Ausnahmebewilligungen (Pilzsammeln, Strahlen, Tauchen)	031 720 32 20	doris.baumann(at)vol.be.ch
Lorenz Ruth	GIS-Support Standort Schwand	031 720 32 61	lorenz.ruth(at)vol.be.ch
Dr. Yvonne Stampfli	Betreuung Geografisches Informationssystem (GIS), Markierung Schutzgebiete (Koordination, Produktion, Unterhalt)	031 720 32 25	yvonne.stampfli(at)vol.be.ch
Stellungnahmen & Beratung			
Dr. Markus Graf	Bereichsleiter, Verwaltungskreise Jura bernois, Biel/Bienne, Seeland, Frutigen–Niedersimmental, Interlaken–Oberhasli (östlicher Teil)	031 720 32 22	markus.graf(at)vol.be.ch
Kurt Rösti	Verwaltungskreise Obersimmental–Saanen, Interlaken–Oberhasli (westlicher Teil)	031 720 32 23	kurt.roesti-buchs(at)vol.be.ch
Dr. Fabian Meyer	Verwaltungskreise Bern–Mittelland, Emmental, Oberaargau, Thun	031 720 32 34	fabian.meyer(at)vol.be.ch
Ökologischer Ausgleich & Verträge			
Florian Burkhalter	Bereichsleiter, Vollzug ÖQV-Vernetzung Teil Nord (siehe unter Arten & Lebensräume)	031 720 32 29	florian.burkhalter(at)vol.be.ch
Oliver Rutz	Vertragsnaturschutz (Naturschutzgebiete), Vollzug ÖQV-Vernetzung Teil Süd (siehe unter Arten & Lebensräume)	031 720 32 36	oliver.rutz(at)vol.be.ch
Andreas Brönnimann	Vollzug Ökologischer Ausgleich nach DZV und ÖQV-Qualität	031 720 32 33	andreas.broennimann(at)vol.be.ch

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

Tabelle 15: Die Mitarbeitenden der Abteilung Naturförderung (Stand Dezember 2013).

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

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

Tableau 16: Les membres du personnel du service de la promotion de la nature (situation en décembre 2013).

5.2 Fachkommission Naturschutz (FKNSch)

«Die Fachkommission Naturschutz nimmt aus fachlicher Sicht zuhanden der Volkswirtschaftsdirektion Stellung zu grundsätzlichen Fragen des Naturschutzes von gesamtkantonaler 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 Jahr 2013 behandelte die Kommission folgende Themen:

- Naturschutz Kanton Bern: Vision – Ist-Zustand – Umfeld – strategische Stossrichtungen; Auslegeordnung an Workshop und Online-Umfrage mit Einschätzung aller Mitglieder zu zukünftigen Zielen, Massnahmen, aktuellen Stärken und Schwächen
- Agrarpolitik 2014–2017: Landschaftsqualitätsbeiträge; Mitwirkung
- Arbeitsprogramm 2014–2017 der Abteilung Naturförderung; Diskussion
- Laufende Geschäfte ANF; Diskussion

Im Jahr 2013 waren folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

Vertretung	**Fachrichtung**	**Personen**
Präsident Fachkommission, Pro Natura, Umweltbüro WFN	Dr. phil. nat., Biologe, Gewässerökologe	Arthur Kirchhofer, 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
Bärner Bio Bure	Landwirt	Gerhard Hofstetter, Zweisimmen ▶

Vertretung	Fachrichtung	Personen
Regierungsstatthalter Verwaltungskreis 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 Strukturverbesserung und Produktion (ASP)	dipl. Ingenieur Agronom ETH	Marc Zuber, Münsingen

Tabelle 17: Mitglieder der Fachkommission Naturschutz.

Kathrin Balmer, Politikwissenschaftlerin, Generalsekretariat Volkswirtschaftsdirektion, und Urs Känzig-Schoch, Dr. phil. nat., Biologe, Amt für Landwirtschaft und Natur, Leiter Abteilung Naturförderung, nahmen im Jahr 2013 als ständige Gäste an den Sitzungen teil.

Kathrin Peter, Sekretariat der Fachkommission Naturschutz

5.3 Fachkommission Ökologischer Ausgleich (FKÖA)

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

Im Jahr 2013 hat die Kommission folgende Themen schwergewichtig behandelt und verabschiedet:

- Vollzugsmodell Biodiversitätsförderflächen im Sömmerungsgebiet
- Mitwirkungsverfahren für ein kantonales Vollzugsprogramm im Bereich der Landschaftsqualität (LQ)
- Projektperimeter regionale Naturpärke Chasseral, Gantrisch und Diemtigtal für die Einführung der LQ per 2014
- Stellungnahme zur Vernehmlassung Agrarpolitik 2014–2017
- Mithilfe bei der Neuausrichtung des Vollzugs der ÖQV-Vernetzung im Kanton Bern ab der dritten Projektperiode

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

Im Jahr 2013 sind folgende Kommissionsmitglieder durch die Volkswirtschaftsdirektion gewählt:

Vertretung aus	Bereich/Institution	Personen
Politik	Grossrat, Präsident der FKÖA	Jürg 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
	Pro Natura Bern	Jan Ryser, Bern
	Trägerschaft V-Projekte / Planer	Samuel Kappeler, Bern
Bildung/ Beratung Wissenschaft	Inforama / IP-Ringe (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

Tabelle 18: Mitglieder der Fachkommission Ökologischer Ausgleich.

Manuela Zbinden

Mitarbeitende ANF v.l.n.r.:
hintere Reihe stehend: Tom Leu, Erwin Jörg, Ruedi Keller, Dominique Hindermann, Olivier Bessire, Res Hofmann, Oliver Rutz, Heinz Garo, Lorenz Ruth, Kurt Rösti, Franziska von Lerber, Yvonne Stampfli, Markus Graf, Andreas Brönnimann, Annelies Friedli, Florian Burkhalter, Ruedi Wyss, Fabian Meyer, Urs Känzig; vordere Reihe kniend: Brigitte Holzer, Petra Graf, Manuela Zbinden

Bernische Botanische Gesellschaft Jahresbericht 2013

1. Vorstand

Im Vorstand amtierten während des Jahres 2013:

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:	Fritz Gränicher
	Urs Kalbermatten

2. Vorträge

7. Januar 2013
Willy Müller
Neophyten aus der Nähe

Floren, ob mit Zeichnungen oder Fotos, zeigen in der Regel nur wenige Ansichten einer Art. Bei Herbar-Belegen ist das natürliche Erscheinungsbild oft nur zu erraten. Seit Jahren arbeitet Willy Müller daran, von den Schweizer Pflanzen Bildportraits zu erstellen, welche die Arten möglichst umfassend zeigen. Gegenüberstellungen von schwierig zu unterscheidenden Arten erleichtern die Bestimmung. Im Vortrag präsentierte er als erste Beispiele seines Projekts u.a. die Neophyten-Familien *Malvaceae* und *Balsaminaceae*.

14. Januar 2013
Dr. Thomas Wohlgemuth (Zürcherische Botanische Gesellschaft ZBG)
174 Jahre nach Kölliker – Zeit für eine neue Flora des Kantons Zürich.

Seit dem März 2012 kartieren die Mitglieder der alteingesessenen Zürcherischen Botanische Gesellschaft die Flora des Kantons Zürich (FloZ). Hierzu werden Vorkommen und Abundanz von allen Farn- und Blütenpflanzen in systematischer Weise auf einem Neuntel der Kantonsfläche erfasst, genauer 208 Kartierquadrate von je 1 km^2 Grösse. Bereits stehen rund 70 ehrenamtliche Botaniker und Botanikerinnen im Einsatz. Ergänzt wird das Inventar durch eine Wiederkartierung der Welten & Sutter-Kartierflächen, wodurch ein Vergleich der Flora mit dem Zustand vor rund 40 Jahren möglich sein wird. Ein wichtiger Bestandteil der Kartierung sind die jährlich stattfindenden FloZ-Camps, wo sich Profis und Laien im Kartieren üben. Empirisch festgelegt wurden eine optimale Kartierzeit von 40 bis 60 h und eine optimale Wegstrecke von 15 bis 30 km pro Quadrat. Erste Erfahrungen und Resultate wurden im Vortrag präsentiert.

21. Januar 2013
Dr. Urs Känzig (Abteilung Naturförderung des Kantons Bern ANF)
Von Zagora fast nach Timbuktu. Ein floristisch-faunistischer Reisebericht aus dem südlichen Marokko.

Der Name Sahara löst viele Assoziationen aus: Sand, Durst, Tuareg, Dromedar… Die grösste Trockenwüste der Erde reicht bis ins südliche Marokko. Hier findet der Besucher auf vergleichsweise kleinem Raum Stein-, Kies- und Sandwüste, Wadis, Schotts und Oasen mit ihrer typischen Flora und Fauna. Der Vortrag öffnet ein kleines Fenster auf diese faszinierende Region, wie sie zu Fuss erwandert oder auf dem Rücken eines Dromedars erritten werden kann.

11. Februar 2013
Adrian Möhl
DNA-Jagd von den Alpes Maritimes bis in die Julischen Alpen – ein Blumenstrauss aus dem Projekt PhyloAlp.

Das Projekt PhyloAlp hat zum Ziel, eine Phylogenie aller Alpenpflanzen zu erschaffen. Dafür sind DNA-Proben aller Pflanzen des Alpenbogens notwendig. Auf der Jagd nach all diesen Pflanzenproben sind nicht nur ein bunter Blumenstrauss von Alpenpflanzen zusammen gekommen, sondern auch viele spannende Geschichten und Begegnungen. Der Vortrag gibt sowohl einen kleinen Einblick in ein interessantes Projekt – es wird hier auch von einigen ganz besonderen Funden und Begegnungen erzählt.

18. Februar 2013
Brigitte Holzer und Res Hofmann (Abteilung Naturförderung ANF)
20 Jahre später – Überarbeitung der Inventare im Kanton Bern.

Auch Inventare altern. Seit 2011 und bis ins Jahr 2014 sollen alle Feuchtgebiete und Trockenstandorte des kantonalen Inventars erneut kartiert und entsprechend aktualisiert werden. Die Referenten boten Einblick in das Projekt, Objektkontrolle FG/TS', von A wie Anmarsch zur Objektkontrolle bis Z wie Zahlung der Bewirtschaftungsbeiträge. Der Stand der Kartierung, erste quantitative und qualitative Resultate und Vergleiche sowie Gedanken zu einer möglichst wirksamen Umsetzung wurden präsentiert.

25. Februar 2013
Dr. André Michel
Floristische, landschaftliche und kulturelle Impressionen von einer Exkursion mit Botanikern einer Russischen Universität ins Altai-Gebiet, Dia-Vortrag in Stereo-Projektion.

4. März 2013
Jahresversammlung mit Jahresbericht, Jahresrechnung und Kurz-Beiträgen aus den Reihen der Mitglieder: u.a. (un)gelöste Pflanzenrätsel

Viele von uns haben, vor allem im Ausland, Pflanzen gesehen und fotografiert, bei welchen wir keinen blassen Schimmer hatten (oder immer noch haben), wo wir sie einordnen sollten. Mit vereinten Kräften liessen sich manche dieser Rätsel lösen!

14. Oktober 2013
Dr. Reto Nyffeler, Institut für Systematische Botanik, Uni Zürich
Die neue Systematik – Welche Änderungen ergeben sich bei der Benennung unserer heimischen Flora?

Das theoretische Fundament und die Methoden der biologischen Systematik haben sich in den vergangenen drei Jahrzehnten grundsätzlich gewandelt. Mittlerweile wirken sich diese Veränderungen auch auf die Klassifikationssysteme unserer heimischen Flora aus: altbekannte (und bewährte?) Familien gehen verloren oder werden grundsätzlich umgebaut, neue Namen tauchen auf. Diese Veränderungen beschränken sich aber nicht auf die Rangstufe der Familie, sondern finden sich zunehmend auch bei den Gattungen, wie etwa das Beispiel der heimischen Orchideen eindrücklich illustriert. Dieser Vortrag erklärte kurz die theoretischen und methodischen Grundlagen und erläuterte die verschiedenen Aspekte der Veränderungen – und den Möglichkeiten diese zu ignorieren – an unterschiedlichen Beispielen der heimischen Flora.

21. Oktober 2013
Dr. Peter Neuenschwander, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Bénin
Biologische Schädlingsbekämpfung von Schwimmpflanzen in Afrika.

Die südamerikanische Wasserhyazinthe *(Eichhornia crassipes)* wurde um 1888 als Zierpflanze nach Nordamerika eingeführt und wenig später über die gesamten Tropen verschleppt. Sie hat ein rasantes Wachstum und bildet dichte, lichtundurchlässige Matten, wodurch andere Wasserpflanzen verdrängt werden. Sie wurde in über 50 Ländern zu einem der schlimmsten Unkräuter. Sie verhindert Schifffahrt, Handel und Fischerei, fördert Infektionskrankheiten und hat zur Aufgabe von ganzen Siedlungen geführt. Wasserfarn *(Salvinia molesta)* und Wassersalat *(Pistia stratiotes)* sind zwei weitere äusserst schädliche Schwimmpflanzen mit ähnlicher Herkunft und Verbreitung. Durch das Ausbreiten von hochspezifischen Rüsselkäfern aus der alten Heimat dieser Pflanzen konnten sie jedoch ohne die geringsten negativen Auswirkungen auf einheimische Organismen, teilweise vollständig verdrängt und so das ursprüngliche Ökosystem weitgehend wieder hergestellt werden. Das IITA war dabei verantwortlich für die meisten Arbeiten in Afrika südlich der Sahara und nördlich von Südafrika.

11. November 2013
Dr. Peter Kammer, PH, Bern
Die Flora Ost-Australiens.

Australien ist aus botanischer Sicht wohl der eigentümlichste aller Erdteile. Seit der Aufspaltung Gondwanas erfolgte hier eine explosionsartige Entwicklung von Sippen. Die geographische Isolation Australiens führte dazu, dass heute 80% bis 90% aller Arten endemisch sind. Im Vortrag werden sowohl die endemischen wie auch die Vegetation prägenden Familien der australischen Flora mit ihren Vertretern und Besonderheiten vorgestellt.

18. November 2013
Dunja Al Jabaji, Atelier für Naturschutz und Umweltfragen (UNA), Bern
Förderung seltener Pflanzenarten in bernischen Kiesgruben.

Kiesgruben sind wichtige Rückzugs- und Ausweichgebiete für Arten ruderaler und wechselfeuchter Standorte. Seit 2010 werden im Kanton Bern jährlich Abbaugebiete untersucht, um bedrohte Arten aufzuspüren und zu fördern. Der Vortrag handelte von Lebensräumen und seltenen Arten, die in diesen Abbaugebieten vorkommen. Die Rede war jedoch auch von Rahmenbedingungen und Partnern, die diese Artensuche auf privaten Firmengeländen ermöglichen. Und nicht zuletzt davon, wie Arten auf Geländen gefördert werden können, die heute so und morgen ganz anders aussehen.

2. Dezember 2013
Dr. Karin Marti, topos Marti & Müller, Zürich
Wiederansiedlung von seltenen Pflanzen im Kanton Zürich.

Rund 50 seltene und gefährdete Pflanzenarten werden von der Fachstelle Naturschutz im Kanton Zürich gefördert, indem für diese Arten Aktionspläne verfasst und umgesetzt werden. Neben Pflegemassnahmen bei den autochthonen Populationen werden auch Ex-situ-Vermehrungen und Wiederansiedlungen ausgeführt. Der Vortrag zeigte das Vorgehen auf, die geförderten Pflanzenarten, mit Fokus auf den Feuchtgebietsarten, und die Erfahrungen bei der Umsetzung der Aktionspläne.

9. Dezember 2013
Dr. Michaela Zeiter, Institut für Pflanzenwissenschaften, Uni Bern
Von Regendächern und Giesskannen: Streifzug durch Experimente zur Erforschung der Auswirkungen von Trockenheit auf Pflanzengemeinschaften.

Klimaszenarien und Klimamodelle rechnen in Zukunft mit einer verstärkten Häufigkeit von extremen Wetterereignissen. Für die terrestrische Vegetation in tiefen und mittleren Lagen der Schweiz ist dabei vor allem die Zunahme der Häufigkeit von Trockenheit von Bedeutung. Im Gegensatz zu den guten Kenntnissen über den Einfluss von Wassermangel bei Zier- und Nutzpflanzen sind die Auswirkungen von Wassermangel auf die Stabilität natürlicher Ökosystemprozesse nach wie vor unbekannt, nicht zuletzt deshalb, weil die Erforschung der Auswirkungen des Wassermangels auf natürliche Vegetationsbestände verschiedenen methodischen Tücken ausgesetzt ist. Die Referenten stellte eine Reihe von abgeschlossenen und laufenden Trockenheits-Experimenten in Heuwiesen und Buchenwäldern der Hochschule HAFL Zollikofen und des Instituts für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern vor. In diesen Studien wird unter anderem folgenden Fragen nachgegangen: Sind intensiv oder extensiv genutzte Wiesen empfindlicher gegenüber Trockenheit? Erhöht Trockenheit das Risiko von Invasionen von nicht-einheimischen Pflanzen? Wie wichtig ist lokale Anpassung für den Etablierungserfolg von Keimlingen? Ein spezielles Augenmerk galt zudem den Vor- und Nachteilen verschiedener methodischer Ansätze.

3. Exkursionen

25. Mai 2013
Botanische Highlights im Neufeld
Leitung: Andreas Gygax und Anne Kempel

15. Juni 2013
Das (bisher!) artenreichste Quadrat der Stadt Bern
Leitung: Willy Müller

29. Juni 2013
Eintauchen in die Wasserpflanzenwelt am Bielersee
Leitung: Katrin Guthruf

6. Juli 2013
Mit dem Wasserpflanzenexperten an die alte Aare
Leitung: Lionel Sager

27. Juli 2013
Die unbekannte Flora vom Niederhorn
Leitung: Michael Jutzi

3. August 2013
Schöne Lorraine – die Quadrate im Norden von Bern
Leitung: Adi Möhl und Christoph Käsermann

24. August 2013
Fribourger Wasserpflanzenwelt
Leitung: Gregor Kozlowski

4. Mitgliederstand

415 Mitglieder per 31. Dezember 2013

5. Sitzungsberichte

Die Sitzungsberichte 2012 sind erschienen und wurden den Mitgliedern zusammen mit dem Winterprogramm zugestellt.

6. Exkursionsberichte

25. Mai 2013
Bern, Botanische Highlights im Neufeld – auf der Suche nach dem Pariser Labkraut und vielen weiteren Spezialitäten
Leitung: Andreas Gygax und Anne Kempel

Die Erfassung des Floreninventars der Stadt Bern (FLIB, http://www.bern.ch/stadtverwaltung/tvs/stadtgruen/sgbneues/floreninventar) führt die ehrenamtlichen Kartierenden in sehr unterschiedliche Kilometerquadrate, die meisten davon sind auf irgendeine Weise von der Stadt geprägt. Einige sind dicht mit Siedlungen oder Industriebauten verbaut, andere sind stark von Verkehrswegen geprägt. Zu diesen gehört auch das Quadrat Neufeld mit den Koordinaten 599/201. Die städtischen Elemente sind hier einerseits die verbauten Flächen des Neufeldstadions und des Engeriedspitals, andererseits das Autobahnkreuz Neufeld im Randbereich des Bremgartenwalds. Weitere prägende Elemente sind die Aareschleife bei der Seftau und bei der Inneren Enge. Diese topographischen wie baulichen Elemente führen zu vielen verschiedenen Pflanzenlebensräumen und einer entsprechenden Pflanzenvielfalt (über 500 Arten bis Mai 2013). Einzelne Bereiche des Quadrats sind für den Zugang gesperrt und nur mit Sonderbewilligungen begehbar. Dazu gehören die Autobahnböschungen und das ARA-Gelände an der Aare. Diese Gebiete konnten bisher nicht bearbeitet werden. Die Exkursion führt als repräsentativer Rundgang und zugleich praktische Übung durch verschiedene Lebensräume des Quadrats.

Zur Erhebung des Floreninventars steht den Kartierenden eine Grundliste mit potenziell möglichen Arten des Stadtgebiets zur Verfügung. Darin enthalten sind auch diverse Neophyten und Gartenflüchtlinge. Es können aber durchaus Arten vorkommen, die in der Grundliste (noch) nicht enthalten sind. Die Arten werden mit einer groben Häufigkeitsangabe (1–25 Exemplare pro Quadratkilometer, 25–1000 Ex. pro Quadratkilometer, mehr als 1000 Ex, pro Quadratkilometer) und einer Angabe zur Herkunft (natürlich, unnatürlich, beides) erfasst. Für bestimmte Arten werden genaue Koordinaten mittels GPS notiert. Bei Pflanzen, die vor Ort nicht bestimmt werden können, erhalten die Laien-Kartierenden Unterstützung von Experten an mehreren Bestimmungsabenden im Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern. Zusätzlich wurde in der Kornhausbibliothek Bern ein Arbeitsplatz mit diverser Bestimmungsliteratur, Lupe und Binokular eingerichtet, der die Bestimmungsarbeit erleichtern soll. Heikel ist nicht selten die Angabe, ob nun die Herkunft einer Pflanze natürlich oder unnatürlich sei. Dass es sich bei einer Wiese um eine angesäte Fläche handelt, ist z.B. ohne Lokalkenntnisse nach einigen Jahren nicht mehr klar zu erkennen.

Falls im Grenzbereich der Stadt respektive am Rand von Nachbargemeinden interessante Arten vorkommen, können diese ebenfalls erfasst und als im Grenzgebiet vorkommend gekennzeichnet werden.

Die Gesamtkartierung eines Quadratkilometers ist eine arbeitsintensive Aufgabe, denn die Fläche muss zu verschiedenen Jahreszeiten besucht und nach noch nicht notierten Pflanzenarten durchforscht werden. Der geschätzte Zeitaufwand für die Kartierarbeit im einem Jahr beträgt ca. 50 Stunden, meist wird eine Fläche während zwei Jahren bearbeitet. Am Floreninventar beteiligen sind insgesamt über 90 Personen. Als Kartierjahre sind die Jahre 2013–2015 vorgesehen. Danach folgt die Auswertung und zum Abschluss soll eine Flora der Stadt Bern publiziert werden.

Als Fachorganisationen stehen Stadtgrün Bern, die Bernische Botanische Gesellschaft und Infoflora, das Datenzentrum für die Schweizer Flora hinter dem Projekt.

Pflanzen am Weg von der Endstation Neufeld zum Neufeldstadion und zur Haltestelle Brückfeld:

* *Holcus mollis*
Carex muricata aggr.
Poa angustifolia
Chaenorrhinum minus
Saxifraga tridactylites
Arenaria serpyllifolia
Hypochaeris radicata
Leontodon hispidus s.l.
Crepis capillaris
Myosotis arvensis
Galium album

* *Galium parisiense*
Erigeron annuus s.l.
Cardamine hirsuta
Ranunculus repens
Fallopia convolvulus
Fragaria vesca
Potentilla sterilis
Epilobium hirsutum
Rubus armeniacus
Medicago lupulina
Sanguisorba minor s.str.

Abbildung 1: Schmalblättriges Rispengras (Poa angustifolia) im Neufeldstadion.

Von der Bushaltestelle Brückfeld bis zum Studerstein:

Waldsteinia ternata
Potentilla neumanniana
Poa bulbosa
Cerastium glomeratum
* *Listera ovata*
Phyteuma spicatum
Anthoxanthum odoratum
Veronica chamaedrys
Hieracium murorum aggr.
Luzula pilosa
Anemone nemorosa
Poa nemoralis

Vom Studerstein durch den Kleinen Bremgartenwald an die Aare:

Galeopsis tetrahit
Solidago canadensis
Alliaria petiolata
Urtica dioica
Lamium galeobdolon s.str.
Ulmus glabra
Chelidonium majus
* *Parietaria officinalis*
Lysimachia punctata
Galium aparine
Polygonatum multiflorum
Impatiens parviflora
Galium odoratum
Geum urbanum
Scrophularia nodosa
Rubus idaeus
Milium effusum
Carex sylvatica
Cornus sanguinea
Paeonia sp.
Dicentra sp.
Epilobium montanum
Luzula sylvatica
Poa compressa
Robinia pseudoacacia
Veronica urticifolia
Euonymus europaeus
Populus tremula
Clematis vitalba
Cardamine flexuosa
Cotoneaster divaricatus
Eupatorium cannabinum
Verbascum lychnitis
* *Galium sylvaticum*
Vaccinium myrtillus
Artemisia vulgaris
Luzula multiflora
Cirsium arvense
Arrhenatherum elatius
Myosotis sylvatica
Atropa bella-donna
Chaerophyllum hirsutum
Sambucus nigra

Abbildung 2: Eine verwilderte Population der Gemswurz (Doronicum sp.) bei der ARA Neubrügg.

Von der ARA bis zur Neubrügg:

Equisetum arvense
Vicia sepium
Crepis biennis
Geranium pyrenaicum
Holcus lanatus
Moehringia trinervia
Capsella bursa-pastoris
Ajuga reptans
Pimpinella major
Rumex acetosa
Glechoma hederacea s.str.
Anthriscus sylvestris
Dryopteris filix-mas
Valeriana officinalis
Heracleum sphondylium s.str.
Lapsana communis s.str.
Lysimachia nemorum
Silene vulgaris s.str.
Veronica filiformis
Angelica sylvestris
Cardamine impatiens
Sinapis arvensis
* *Arabis alpina s.str.*
Valerianella locusta
Barbarea vulgaris
Senecio vulgaris
Veronica officinalis
Tussilago farfara
Calystegia sepium
Geranium dissectum
Carex digitata
Hypericum maculatum s.str.
Potentilla anserina
Linaria vulgaris
* *Gymnocarpium robertianum*
* *Actaea spicata*
Campanula trachelium
Polystichum aculeatum
Silene flos-cuculi
Leucanthemum vulgare
Melica nutans
Dryopteris carthusiana
Lathyrus vernus s.str.
Aruncus dioicus
Aegopodium podagraria
Filipendula ulmaria
Carex pendula
Carex flacca
Prunella vulgaris
Carex alba
Populus alba
Alnus incana
* *Ranunculus lanuginosus*
Crepis vesicaria subsp. taraxacifolia
Veronica beccabunga
Carum carvi
Tragopogon pratensis s.str.
Asplenium trichomanes
Doronicum sp.

Bericht: Barbara Studer

29. Juni 2013
Eintauchen in die Wasserpflanzenwelt am Bielersee
Leitung: Katrin Guthruf

Trotz sehr unfreundlichem und gar nicht sommerlichem Wetter hat sich ein kleines Grüppchen in Twann eingefunden, um die Wasserpflanzenwelt des Bielersees näher kennen zu lernen. Nach einem heftigen Hagelsturm zwei Tage vorher und waagrecht eintreffenden Regenschauern während der Exkursion stand uns allerdings der Sinn mehr nach wärmendem Cheminéefeuer als nach Badehose. Die Exkursionsleiterin hat deshalb vorsorglich das Programm angepasst und will uns wenigstens einen Teil der Wasserpflanzen später an der Wärme genauer zeigen. Zuerst geht es aber für einen kurzen Augenschein von Twann nach Ligerz dem Uferweg entlang.

Das Jurasüdfuss-Ufer des Bielersees ist fast überall steil, so dass die Wasserpflanzen nur einen kleinen Lebensraum besiedeln können. Da sie wie alle Pflanzen für die Entwicklung Licht benötigen, können sie sich bis in höchstens 6–7 m Seetiefe ansiedeln. In grösserer Tiefe fehlt das nötige Licht. In sehr sauberen Seen mit ganz klarem Wasser dringt das Licht zwar bis ca. 40 m in die Tiefe vor. So weit in der Tiefe können die Pflanzen aber nicht gedeihen, da sie höchstens 1,2–1,8 bar Wasserdruck aushalten können. Im Bielersee, der nicht ganz so klar ist, wird deshalb, zumindest auf dieser Seeseite, der mögliche Lebensraum stark eingeschränkt.

Unproblematisch ist für Wasserpflanzen die CO2-Aufnahme unter dem Wasserspiegel, da auch das Wasser Kohlendioxid enthält. Zusätzlich können Wasserpflanzen Hydrogencarbonat aufnehmen und verändern damit den Säuregehalt des Wassers.

In grösserer Wassertiefe gedeihen fast nur noch Armleuchteralgen. Sie können, da sie einen Organismus ohne Leitgefässe haben, grösseren Wasserdruck aushalten.

Einige typische Wasserpflanzen am Bielersee sind:

– Laichkraut *(Potamogeton)*
– Armleuchteralgen *(Chara)*
– Tausendblatt *(Myriophyllum)*
– Teichblatt *(Nuphar)*
– Seerosen *(Nymphaea)*, benötigen nährstoffreiches Wasser, Stürme schaden ihnen sehr, im Bielersee am Aussterben

Physiologische Unterschiede der Wasserpflanzen im Vergleich zu anderen Pflanzen sind die Luftkanäle in den Stängeln. Zudem ist das Verhältnis von Volumen und Oberfläche anders als bei Landpflanzen. Sie haben z.B. dünne grosse Blätter *(Nuphar, Nymphaea)* oder ganz viele, sehr feine Blätter *(Potamogeton)*. Häufig unterscheiden sich bei Wasserpflanzen die Blätter unter dem Wasserspiegel sehr stark von denjenigen an der Wasseroberfläche, z.B. bei der Schwanenblume *(Butomus umbellatus)*. Stürme mit stark bewegtem Wasser, wie sie sich zwei Tage vorher ereignet haben, schädigen Wasserpflanzen stark, da die langen Stängel zerreissen oder die Pflanzen gleich über dem Seegrund abgerissen werden.

Eine weitere Schwierigkeit, mit der Wasserpflanzen zurechtkommen müssen, ist die kurze Vegetationszeit. Sie ist durch die im Winter kalten Wassertemperaturen beschränkt auf April–Juni für das Wachstum und die Blütezeit sowie die Fruchtbildung bis spätestens im September. Danach sind die meisten Wasserpflanzen wieder verschwunden, sie haben sich in ihre unterirdischen Organe, meistens Rhizome, zurückgezogen. In der kurzen Wachstumszeit im Frühling wachsen die Triebe der Wasserpflanzen bis 5 m. Falls Triebe in der Wachstumszeit z.B. durch Stürme abgerissen werden, ist meist keine Blüte möglich, da die Zeit für ein zweites Wachstum zu knapp ist. Anders als für das Röhricht am Ufer, das vom Wellenschlag geschädigt wird, ist die Schifffahrt für die Wasserpflanzen in der Regel

kein grosses Problem. Problematisch wirkt sich für das Röhricht vor allem die Regulierung des Pegelstandes aus. Durch den wenig schwankenden Pegelstand greift der Wellenschlag immer dieselbe Stelle des Stängels an, was langfristig zu Schäden führt.

Im Jahr 2005 wurden die Wasserpflanzen des Bielersees im Rahmen eines Projektes kartiert. Bereits 1986 hat sich Katrin Guthruf in ihrer Lizenziatsarbeit mit den Wasserpflanzen des Bielersees beschäftigt.

Die Wasserqualität in den Schweizer Seen hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Die Höchstwerte beim Nitrat- und Phosphorgehalt des Wassers wurden in den 1970er Jahren gemessen. Seither ist der Düngereintrag stark zurückgegangen, beim Phosphat unter anderem durch das Verwendungsverbot in Waschmitteln.

Wasserpflanzen reagieren stark auf den Nährstoffgehalt des Wassers. Zudem führt die Verfügbarkeit vieler Nährstoffe zu einer starken Konkurrenzsituation zwischen Algen und Pflanzen. Wichtig ist auch das Verhältnis von Stickstoff und Phosphat im Wasser. So sorgt aktuell der hohe Stickstoffeintrag aus der Luft zusammen mit dem geringeren Phosphateintrag für völlig andere Verhältnisse als z.B. in den 1940er Jahren. Das führt dazu, dass z.B. Armleuchteralgen erst seit den 1990er Jahren im Bielersee vorkommen.

Wichtig ist die Vielfalt an Wasserpflanzen in Seen unter anderem für intakte Laichgründe verschiedener Fischarten.

Bei Twann im Kleinen Hafen Richtung Ligerz beobachten wir das Quellmoos *(Fontinalis antipyretica)*, das sich nur nahe am Ufer im kalkhaltigen Wasser angesiedelt hat. Quellmoos sammelt Schwermetalle aus Wasser und Untergrund in sich an.

Auch der Twannbach ist, vor allem in der Schlucht, voll von Quellmoos und Algen, in erster Linie Fadenalgen, die Fliessgewässer besiedeln. In Bächen und Flüssen sind Wasserpflanzen oft selten, da bei grösserem Gefälle die Fliessgeschwindigkeit zu gross ist und die Wasserpflanzen dadurch nicht gedeihen können.

Ein Stück weiter am Uferweg, ebenfalls in einem kleinen Hafenbecken, kommt das Durchwachsene Laichkraut *(Potamogeton perfoliatus)* vor. Häufige Pflanzen, die wir aber in Folge des Sturms nicht sehen können, sind Wasserpest-Arten. *(Elodea canadensis* und *Elodea nutallii)*.

In den diversen Hafenbecken des Sees werden die Wasserpflanzen in der Regel gemäht, damit sie die Schifffahrt nicht behindern. Das teppichartige Vorkommen vieler Arten führt andernfalls zu dichten Beständen. Die Beziehung Wasserpflanze–Schifffahrt ist sehr eng, werden doch diverse Wasserpflanzen auch durch die Schifffahrt verbreitet, vor allem, weil sie von Booten als «blinde Passagiere» mitgeschleppt werden. Die Neophyten unter den Wasserpflanzen, wie z.B. die aus Amerika stammenden Wasserpest-Arten, haben keine Fressfeinde und können sich deshalb ungehindert verbreiten.

Normalerweise häufige Arten am Bielersee sind auch das Kammförmige Laichkraut *(Potamogeton pectinatus)* und das Kleine Laichkraut *(Potamogeton berchtol-*

dii). Zwischen verschiedenen Arten von Laichkraut gibt es auch immer wieder Hybriden, die sehr schwierig zu bestimmen sind.

Bei einem Halt beim Pumpwerk finden wir ebenfalls Quellmoos *(Fontinalis antipyretica)* im Becken des Überlaufs, dazu einige Pflanzen des Kleinen Merks *(Berula erecta)*.

Ein Projekt des Bundes (BAFU) will in den kommenden Jahren den Zustand der Fliessgewässer untersuchen. Dazu sollen Faktoren wie Temperatur und Chemie des Wassers, aber auch wirbellose Wassertiere und Wasserpflanzen untersucht werden, um die Qualität der Gewässer zu beurteilen.

Im Hafen von Ligerz entdecken wir zum Abschluss der Exkursion ebenfalls Wasserpflanzen wie Nuttalls Wasserpest *(Elodea nutallii)*, das Kleine Laichkraut *(Potamogeton berchtoldii)* und das Kammförmige Laichkraut *(Potamogeton pectinatus)*.

Dank dem vorsorglichen Sammeln von Material und Literatur durch die Exkursionsleiterin können wir, tropfnass, wie wir auf dem kurzen Wegstück geworden sind, ins Bahnhofbistrot Ligerz flüchten und uns dort mit Pflanzenmaterial, Bestimmungsliteratur und Binokular den Details der Wasserpflanzen widmen.

Pflanzen am Weg:

Potamogeton perfoliatus
Fontinalis antipyretica (Quellmoos)
Berula erecta
Elodea nutallii
Potamogeton berchtoldii
Potamogeton pectinatus

Bericht: Barbara Studer

6. Juli 2013
Alte Aare bei Lyss
Leitung: Lionel Sager

Trotz vieler Eingriffe und beschränkter Dynamik ist das Gebiet der Alten Aare bei Lyss ein reiche und spannende Landschaft, das einer Vielzahl von Pflanzen und Tieren Lebensraum bietet.

Der Exkursionsleiter Lionel Sager ist Wasserpflanzenspezialist bei Infoflora (http://www.infoflora.ch/) in Genf und hat ein enormes Wissen zur speziellen Biologie von Wasserpflanzen. Im Jahr der Wasserpflanzen wollte er uns ein paar Besonderheiten zeigen.

Um einen Einblick in die Wasserpflanzenwelt zu erhalten, müssen die Pflanzen oft erst an die Oberfläche geholt werden. Dies geschieht mit einem sogenannten «Grappin», einem speziellen Instrument, das an einer langen Leine ins Wasser geworfen wird und das sich in vorhandenen Wasserpflanzen verfängt und mit diesen zusammen wieder an die Oberfläche gezogen werden kann. Je nach ge-

Abbildung 3:
Renaturierter Arm der Alten Aare.

fischter Pflanzenmenge kann auch die Grösse des Gesamtbestandes an Wasserpflanzen geschätzt werden.

Ein erster Versuch mit dem Grappin fördert Teile des Ährigen Tausendblatts *(Myriophyllum spicatum)* zutage. Typisch für die Art sind die quirlständig zu 4 angeordneten Blätter. Sie vermehrt sich in mesotrophen bis eutrophen Gewässern in erster Linie über abgerissene und weggeschwemmte Teile, die sich wieder bewurzeln können. Die Wurzelstöcke der Pflanze befinden sich immer unter dem Wasserspiegel. Zum Zeitpunkt der Exkursion ist an der Wasseroberfläche nichts von der Pflanze zu sehen. Einzig einige Schatten im Wasser deuten auf eine Wasserpflanze hin.

Wasserpflanzen lassen sich in verschiedene Typen einteilen. Es gibt Arten, die ausschliesslich unter Wasser vorkommen. Weitere Arten haben sowohl Unterwasser-Organe als auch Oberflächen-Organe wie Schwimmblätter. Eine dritte Artengruppe wurzelt zwar am Grund des Gewässers, alle Organe ausser den Stängeln sind aber an der Oberfläche.

Neben den spezialisierten Blütenpflanzen gehören Armleuchteralgen zu den typischen Bewohnern unserer Gewässer.

Häufig haben sich auch Neophyten in unseren Gewässern angesiedelt. Diese verbreiten sich in erster Linie über die Wasservögel. Ein typisches Beispiel ist die Wasserpest, von der wir gleich 2 Arten finden, die Kanadische Wasserpest *(Elodea canadensis)*, die sich als erste Wasserpest in der Schweiz angesiedelt hat und Nuttalls Wasserpest *(Elodea nutallii)*, die zwar später in die Schweiz gelangt ist, sich aber seither stärker ausgebreitet hat. Nuttalls Wasserpest hat als Merkmal zurückgebogene Blätter. Sie besiedelt mittlere Wassertiefen und gelangt so relativ schnell an die Oberfläche, wo sie auch blüht, Früchte bildet und sich weiter vermehren kann. In der Schweiz hat sich Nuttalls Wasserpest schon bis in Gewässern bis 1000 m ü.M. angesiedelt.

Abbildung 4:
Alte Aare mit Wasserpflanzen.

Nach dem Erkunden der Wasserpflanzen in einem Teil des alten Aarelaufs sehen wir uns auch noch verschiedene Kleingewässer im Gebiet an und suchen mit dem Grappin nach Wasserpflanzen. Die Suche ist nicht immer von Erfolg gekrönt, aber in einem kleinen, vor 4–5 Jahren als Amphibienweiher angelegten Tümpel entdecken wir sogar Armleuchteralgen *(Chara spec.)*.

Abbildung 5:
Armleuchteralge *(Chara sp.)*.

Die Armleuchteralgen gehören zu den Grünalgen, sind aber evolutionsbiologisch sehr alt und den Pflanzen sehr ähnlich. Systematisch wurden die Armleuchteralgen erst Mitte des 19. Jahrhunderts richtig eingeordnet. Ihre Vermehrung läuft ähnlich ab wie bei den Moosen. Die Organe der Armleuchteralgen sind einerseits Stängel mit blattartigen Quirlen. Darin enthalten sind rote Knoten *(Antheridien)*, das sind die männlichen Fortpflanzungsorgane und grünliche Knoten *(Oogonien)*, die weiblichen Fortpflanzungsorgane. Ein Stängel besteht jeweils aus einer einzigen Zelle, die mit Membranen verstärkt ist.

Auch die Arten der Gattung *Chara* können sich, ähnlich wie die Wasserpflanzen, über Teilung vermehren, sind aber dabei limitierter. Ihre Lebensform ist normalerweise eher einjährig bis wenig mehrjährig. Sicher bestimmbar sind die Arten der Gattung *Chara* nur mit Früchten.

In der Schweiz sind fast alle Arten der Gattung *Chara* gefährdet und in der Roten Liste (http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01654/index.html?lang=de) enthalten. Als Pionierstandort-Arten haben die Armleuchteralgen heute einen sehr stark eingeschränkten Lebensraum.

Weitere Gewässer, die wir absuchen, sind z.B. ein Teil der Alten Aare sowie ein Weiher weiter nördlich an der Autobahn, wo wir am Ufer die Schneidebinse *(Cladium mariscus)* antreffen, mit dem Grappin aber nichts zu Tage fördern können.

Zum Abschluss der Exkursion durchqueren wir die Feuchtwiesen zwischen der Alten Aare und Lyss, wo wir wunderschön blühenden Sumpf-Stendelwurz *(Epipactis palustris)* und Blutweiderich *(Lythrum salicaria)* antreffen.

Abbildung 6:
Kanadische Wasserpest
(Elodea canadensis).

Pflanzen am Weg:

Myriophyllum spicatum
Elodea canadensis
Elodea nuttallii
Phalaris arundinacea
Schoenoplectus tabernaemontani
Lycopus europaeus s.l.
Juncus inflexus
Rumex sanguineus
Eupatorium cannabinum
Centaurium erythraea
Mentha aquatica
Potamogeton berchtoldii
Chara vulgaris cf.
Alisma sp.
Chara hispida
Lythrum salicaria
Schoenoplectus lacustris
Chara hispida
Utricularia australis
Potamogeton natans
Nymphaea alba
Galium palustre
Nitella syncarpa
Potamogeton pusillus
Hippuris vulgaris
Iris pseudacorus
Lysimachia vulgaris
Chara sp.
Myosoton aquaticum
Cladium mariscus
Lithospermum officinale
Epipactis palustris
Alisma plantago-aquatica

Bericht: Barbara Studer

27. Juli 2013
Die unbekannte Flora vom Niederhorn
Leitung: Michael Jutzi

Obwohl oder vielleicht gerade weil als Wandergebiet sehr häufig begangen, sind in der Datenbank von Infoflora kaum aktuelle Fundortsangaben aus dem Gebiet Niederhorn – Gemmenalphorn vorhanden. Ein typisches «schwarzes Loch» also, obwohl topographisch alles andere als ein Loch, lockt doch diese Gipfelregion mit einem fantastischen Panoramablick in die Berner Hochalpen, Richtung Jura und Emmental.

Abbildung 7:
Niederhornkette mit Blick auf Niesen, Stockhorn und Thunersee.

Wir machen uns also auf den Weg, die Angaben des Welten-Sutter-Atlas aus den 1970er Jahren zu überprüfen und evtl. sogar ein paar Neuentdeckungen zu machen.

Die Flächenzuteilung des Welten-Sutter-Atlas beruht auf topographischen Kriterien und floristischen Gemeinsamkeiten. Es wurden möglichst zusammengehörende Regionen zusammengefasst. Unterschieden wurde ausserdem nach Tal- und Bergregionen, allerdings mit unterschiedlichen Zahlen bezüglich Höhenmetern. Die damaligen Artenlisten sowie die Schätzung der Häufigkeit einer Art beruhten auf Expertenkenntnissen. Die Kartierfläche (Nr. 575) umfasst das Gebiet Niederhorn, Gemmenalphorn, Sieben Hengst und Sigriswiler Rothorn mit der Höhenmetern 1800–2061 m ü.M. und einer Fläche von insgesamt 6,4 Quadratkilometern. Darin sind im Atlas 339 Arten nachgewiesen, mit 2 Nachträgen seit 1982. Nur ca. 20% dieser Arten wurden in der Datenbank von Infoflora in den letzten Jahren bestätigt. Ausserdem gibt es zu den im Atlas aufgelisteten Arten keine genaueren Fundortsangaben. Deshalb ist der Atlas in manchen Belangen wenig hilfreich, z.B. wenn eine neue Rote Liste erstellt werden soll.

Abbildung 8: Arnika *(Arnica montana).*

Botanisierend machen wir uns deshalb von der Bergstation Niederhorn, natürlich mit Zwischenhalt auf dem Niederhorn-Gipfel, Richtung Gemmenalphorn auf den Weg. Da Botanisieren viel Zeit beansprucht, erreichen wir den Gipfel des Gemmenalphorns nicht. Wir machen uns kurz nach dem Burgfeldstand, mit einem Abstecher Richtung Oberburgfeld, auf den Rückweg Richtung Niederhorn. Insgesamt erfassen wir an 21 verschiedenen GPS-Punkten die vorkommenden Arten.

Abbildung 9:
Der am Niederhorn erstmals beobachtete Strahlensame *(Silene pusilla)*.

Pflanzen, die wir erfassen konnten – mit «neu» sind Arten gekennzeichnet, die im Gebiet erstmals kartiert sind:

	Aconitum altissimum
	Aconitum napellus aggr.
	Agrostis rupestris
	Ajuga pyramidalis
	Alchemilla alpina aggr.
neu	*Alchemilla mollis*
neu	*Allium schoenoprasum*
	Alnus viridis
	Androsace chamaejasme
*	*Androsace lactea*
	Anemone narcissiflora
	Antennaria dioica
	Anthoxanthum odoratum aggr.
	Anthyllis vulneraria subsp. alpestris
	Arctostaphylos alpina
	Arctostaphylos uva-ursi
	Arnica montana
	Asplenium viride
	Aster alpinus
	Aster bellidiastrum
	Astrantia major
	Astrantia minor
	Avenella flexuosa
	Bartsia alpina
	Blechnum spicant
	Botrychium lunaria
	Bupleurum ranunculoides s.str.
	Callitriche palustris
	Calluna vulgaris
	Caltha palustris
	Campanula barbata
	Campanula cochleariifolia
	Campanula scheuchzeri
	Carduus defloratus s.str.
	Carex atrata s.str.
	Carex canescens
	Carex capillaris
neu	*Carex echinata*
	Carex firma
	Carex flacca
	Carex flava aggr.
	Carex frigida
	Carex lepidocarpa
neu	*Carex leporina*
	Carex nigra
	Carex ornithopoda
	Carex pallescens
*	*Carex pauciflora*

neu	*Carex pilulifera*
*	*Carex rupestris*
	Carex sempervirens
	Carlina acaulis subsp. caulescens
	Chaerophyllum hirsutum aggr.
	Carum carvi
neu	*Centaurea montana*
	Cerastium fontanum subsp. vulgare
	Coeloglossum viride
	Cotoneaster integerrimus
	Crepis aurea
	Cystopteris alpina
	Dactylorhiza fuchsii
	Daphne mezereum
	Deschampsia cespitosa
	Dryas octopetala
neu	*Dryopteris carthusiana*
	Dryopteris filix-mas
	Epilobium alsinifolium
	Erica carnea
	Erigeron uniflorus
neu	*Eriophorum latifolium*
	Eriophorum vaginatum
	Euphrasia minima
	Euphrasia salisburgensis
	Festuca ovina aggr.
	Galium anisophyllon
neu	*Galium boreale*
	Galium pumilum
	Gentiana acaulis
	Gentiana asclepiadea
	Gentiana campestris s.str.
	Gentiana nivalis
	Gentiana purpurea
	Gentiana verna
	Geranium sylvaticum
	Geum montanum
	Globularia cordifolia
	Globularia nudicaulis
	Gymnadenia conopsea
	Gypsophila repens
	Hedysarum hedysaroides
	Helianthemum nummularium subsp. grandiflorum
neu	*Hieracium lactucella*
	Hieracium murorum aggr.
	Hieracium piliferum aggr.
	Hieracium villosum
	Homogyne alpina
	Huperzia selago
	Hypericum maculatum s.l.
neu	*Juncus alpinoarticulatus*
	Juncus filiformis
	Juniperus communis subsp. alpina
	Kernera saxatilis
neu	*Leontodon helveticus*
	Leontodon hispidus s.l.
	Leontopodium alpinum
neu	*Leucanthemum gaudinii*
	Ligusticum mutellina
	Linum catharticum
	Listera ovata
	Lloydia serotina
	Loiseleuria procumbens
	Lotus alpinus
	Luzula multiflora
	Luzula spicata s.l.
	Luzula sudetica aggr.
	Luzula sylvatica aggr.
neu	*Lycopodium annotinum*
	Melampyrum pratense
neu	*Minuartia sedoides*
neu	*Molinia arundinacea*
	Nardus stricta
	Nigritella nigra aggr.
	Parnassia palustris
	Pedicularis verticillata
	Peucedanum ostruthium
	Phleum rhaeticum
neu	*Phyteuma betonicifolium*
	Phyteuma hemisphaericum
	Phyteuma orbiculare
	Phyteuma spicatum
	Picea abies
	Pinus mugo subsp. uncinata
	Pinus mugo s.l.
	Plantago alpina
	Plantago media
neu	*Platanthera bifolia*
	Poa alpina
	Polygala alpestris
	Polygala chamaebuxus
	Polygonum bistorta
	Polygonum viviparum
neu	*Polypodium vulgare*
	Polystichum lonchitis
	Potentilla aurea
	Potentilla erecta
	Primula auricula
	Primula farinosa
	Primula hirsuta
	Pritzelago alpina s.str.

Prunella grandiflora
Pseudorchis albida
Ranunculus aconitifolius
Ranunculus alpestris
neu *Rhododendron ferrugineum*
Rhododendron hirsutum
Rosa pendulina
Rubus idaeus
Rubus saxatilis
Rumex alpinus
Salix reticulata
Salix retusa
Salix serpillifolia
Saxifraga caesia
Saxifraga paniculata
Saxifraga stellaris
Scabiosa lucida
Sedum alpestre
Selaginella selaginoides
Sesleria caerulea
Silene acaulis
neu *Silene pusilla*
Silene rupestris
Silene vulgaris s.str.
Soldanella alpina
Solidago virgaurea subsp. minuta
Sorbus chamaemespilus
Thalictrum aquilegiifolium
Thymus praecox subsp. polytrichus
Tofieldia calyculata
Trichophorum cespitosum
Trifolium pratense s.l.
Trifolium repens s.l.
Trollius europaeus
neu *Vaccinium gaultherioides*
Vaccinium myrtillus
Vaccinium vitis-idaea
Valeriana tripteris
Veratrum album s.l.
Veronica officinalis
Veronica serpyllifolia subsp. humifusa
Viola biflora

Bericht: Barbara Studer

3. August 2013
Schöne Lorraine – die Quadrate im Norden von Bern
Leitung: Adi Möhl (Vormittag) und Christoph Käsermann (Nachmittag)

Noch mehr als das Neufeld sind die Quadrate des Lorraine-Quartiers im Norden von Bern städtisch geprägt. Meist sind die mehr oder weniger natürlichen Standorte schnelllebig. In einem Jahr kann sich eine erstaunliche Fülle von Wildpflanzen auf einer Brache ansiedeln, im nächsten Jahr ist der Standort wieder verschwunden, meist von einer Überbauung verdrängt. Genau dieser rasche Wechsel fördert aber gewisse Pflanzenarten, die auf die rasche Besiedelung von Standorten und deren schnellen Wechsel spezialisiert sind.

Durch den späten Zeitpunkt der Exkursion und die vorangegangene Trockenperiode präsentieren sich viele Pflanzen nur noch vertrocknet. Das tut aber dem interessanten Gebiet keinen Abbruch.

Die Lorraine ist als Teil des Stadtteils Lorraine-Breitenrain auf einer Anhöhe gegenüber der Altstadt, jenseits der Aare gelegen. Das Gebiet wurde ab dem 18. Jahrhundert bebaut. Die eigentliche Entstehung des Quartiers fällt mit dem Bau des ersten Berner Bahnhofs für die neu erstellte Eisenbahn zusammen. Die Aare im tiefen Graben bildete zu dieser Zeit ein unüberwindliches Hindernis, weshalb der Bahnhof am Nordring gebaut wurde. Erst mit dem Bau des Lorraine-Viadukts um 1941 konnte die Bahnlinie bis zur Altstadt und weiter Richtung Freiburg fortgesetzt werden.

Abbildung 10: Einblick ins Lorraine-Quartier mit Schrebergärten und Autobahn.

Rund um den früheren Lorraine-Bahnhof entstand ein Arbeiterquartier, durchschnitten von der Eisenbahnlinie. Der Lorrainehof ist mit Entstehungsjahr 1705 das älteste Gebäude im Gebiet. In den letzten 20 Jahren hat sich die Lorraine stark verändert und ist zu einem stark überbauten, multikulturellen Quartier geworden. Grünflächen bestehen vor allem aus mesophilen Säumen in sonnigen Lagen und auf nährstoffreichem Boden. Diese Voraussetzungen bewirken nicht unbedingt eine grosse Artenvielfalt, da grosse Konkurrenz zwischen den Pflanzen herrscht.

Bei der Kartierarbeit für das Floreninventar der Stadt Bern (FLIB) werden die zu erfassenden Arten in verschiedene Kategorien eingeteilt. Die häufigeren Arten werden, mit grober Häufigkeitsangabe, nur einmal pro Quadratkilometer erfasst (Q-Arten). Die selteneren oder aus diversen Gründen spezielleren Arten werden entweder einmal pro Quadratkilometer mit genauen GPS-Koordinaten erfasst (K1-Arten) oder an jedem Fundort wieder mit genauen Koordinaten erfasst (K5-Arten). So soll sich einerseits der Aufwand der genauen Erfassung mit Koordinaten in Grenzen halten, andererseits sollen von interessanten Arten möglichst viele und genaue Fundortsangaben erfasst werden.

Ins Floreninventar aufgenommen werden alle sich selbstständig vermehrenden und verbreitenden Arten. Das sind in erster Linie (einheimische) Wildpflanzen. In städtischem Gebiet mit vielen Gärten versamen sich aber nicht selten auch Arten aus Gärten. Auch diese werden, sofern sie sich selbstständig vom Ort der kultivierten Pflanze weg verbreitet haben, ins Inventar aufgenommen. Hingegen ist es nicht Ziel des Projekts, Gartenpflanzen in Gärten zu kartieren.

Gleich am Startpunkt beim Botanischen Garten sehen wir als erstes den Gift-Lattich *(Lactuca virosa)*, der sich nur in kleinen Details wie nicht ausgerichteten Blättern und schwarzen Samen vom viel häufigeren Kompass-Lattich *(Lactuca serriola)* unterscheidet. Der Gift-Lattich profitiert als mediterrane Art vom milderen Klima und ist in der Schweiz in Ausbreitung begriffen.

Häufigere Arten sind dann die Kleinblütige Königskerze *(Verbascum thapsus)* oder der weltweit verbreitete Portulak *(Portulaca oleracea)*, dessen genaue Herkunft nicht mehr mit Sicherheit festgestellt werden kann. Portulak ist ein Kulturfolger des Menschen und wird in der asiatischen Küche als Gemüse oder Salat verwendet. Weltweit ist Portulak eines der gefürchtetsten Unkräuter in der Landwirtschaft. Er ist an 8. Stelle der weltweit am häufigsten vorkommenden Arten. Seine langlebigen Samen sind auch nach 12 Jahren noch keimfähig und zudem salzwasserbeständig. Als Kulturpflanze in Garten, Topf und Küche gibt es auch viele Portulak-Zuchtformen.

Abbildung 11: Schwarzes Bilsenkraut *(Hyoscyamus niger)* im Central-Park.

Auf unserem Weg durchs Quartier kommen wir auch an Standorten interessanter Arten vorbei, z.B. am Fuss eines Kastanienbaums, wo im Frühling die Bleiche Vogelmiere *(Stellaria pallida)* wächst. Im Spätsommer ist von ihr allerdings gar nichts mehr zu sehen. Nach dem Gang über die Klangbrücke in der Nähe der Gewerbeschule dann ein spannendes Gebiet am Lagerweg. Dieses Gebiet soll in Kürze neu überbaut werden. In der Zwischenzeit wurde aber von QuartierbewohnerInnen der «Park am Central-Weg» eingerichtet, wo alle Interessierten mitmachen und sich gärtnerisch betätigen können. Dieser als Zwischennutzung gedachte Park enthält viele spezielle Arten, die wohl meistens angesät, aber trotzdem spannend anzusehen sind. Dazu gehören das Schwarze Bilsenkraut *(Hyoscyamus niger)* oder der Österreicher Lein *(Linum austriacum)*. Selbst angesiedelt haben sich sicher verschiedene Gänsefuss-Arten *(Chenopodium spec.)* oder die Dichtblütige Kresse *(Lepidium densiflorum)*. Weiter führ uns der Rundgang Richtung Aare, wo wir den Vormittagsteil der Exkursion beim Lorraine-Bad beschliessen.

Abbildung 12:
Aufrechte Wolfsmilch *(Euphorbia stricta)*.

Nach einem erfrischenden Aareschwumm in der Mittagspause schauen wir uns nun das Aareufer etwas genauer an. Die ca. 1 km Aareufer dem Lorrainequartier entlang sind ausschliesslich hart verbautes Ufer, was kaum natürliche Ufervegetation mit Sumpfpflanzen erlaubt. So konzentrieren wir uns auf die Wegränder und Baumscheiben, die als Trockenstandorte mit mässiger Beschattung recht häufig interessante Arten aufweisen. In einer Schaf- und Ziegenweide am Aarehang wächst z.B. die Wiesen-Kreuzblume *(Polygala vulgaris)*, die wir aber nicht sehen können, da die Weide eingezäunt ist.

Häufig ist die Stadtflora eine Veränderungsflora, die sich laufend an neue Bedingungen anpassen muss. Gut zu sehen ist das Entlang dem Bahnareal im Wyler, wo wir auf nährstoffreichen Brachflächen diverse Ruderalarten entdecken. Interessant ist dabei der leider völlig verblühte Mäuse-Federschwingel *(Vulpia myuros)*. Der Zeitpunkt der Exkursion ist für weitere Arten wie das Sand-Hornkraut *(Cerastium semidecandrum)* und den Dreifingerigen Steinbrech *(Saxifraga tridactylites)* zu spät, so dass nicht mehr viel zu erkennen ist. Spät blühende Gräser wie Hirsen *(Setaria spec., Digitaria spec.)* sind hingegen erst jetzt bestimmbar. Wir schliessen den Rundgang ab unter der Autobahnbrücke am Rand des in den 1940er Jahren erstellten Wylerguts, wo nochmals zwei spezielle Arten auf uns warten: die Besen-Radmelde *(Bassia scoparia)*, eine ursprünglich asiatische Art und das Sophienkraut *(Descurainia sophia)*, das sein Hauptverbreitungsgebiet in der Schweiz vor allem im Wallis und im Rheintal hat.

Abbildung 13:
Besen-Radmelde *(Bassia scoparia)* unter der Autobahnbrücke im Wylerguet.

Pflanzen am Weg (Vormittag):

* *Lactuca virosa*
Lactuca serriola
Parthenocissus inserta
Phalaris canariensis
Urtica dioica
Geum urbanum
Circaea lutetiana
Cornus sanguinea
Alliaria petiolata
Chaerophyllum temulum
Crepis capillaris
Verbascum thapsus s.str.
Portulaca oleracea s.str.
Lapsana communis s.str.
Geum urbanum
Epilobium montanum
Fallopia convolvulus
Geranium robertianum s.str.
Aegopodium podagraria
Linaria vulgaris
Prunella vulgaris
Medicago lupulina
Petrorhagia saxifraga
Sedum acre
Thymus serpyllum aggr.
Linaria purpurea
Daucus carota
Dipsacus fullonum
Oenothera biennis aggr.
Tanacetum vulgare
Anthemis tinctoria
Daucus carota
Artemisia verlotiorum
Erigeron annuus s.l.
Lathyrus latifolius
Dianthus armeria
Cichorium intybus
Linum austriacum
* *Hyoscyamus niger*
Lepidium densiflorum
Centaurea cyanus
Echium vulgare
Diplotaxis tenuifolia
Polygonum aviculare
Aristolochia clematitis
Bromus sterilis

Asplenium ruta-muraria
Solidago gigantea
Rubus armeniacus
Sisymbrium strictissimum
Echinochloa crus-galli
Solanum nigrum
Euphorbia helioscopia
Sinapis arvensis
Chenopodium album
Campanula rapunculoides
Euphorbia stricta
Galeopsis tetrahit
Stachys sylvatica
Polygonatum multiflorum
Rubus caesius
Brachypodium sylvaticum
Juglans regia
* *Coronopus didymus*
Cirsium vulgare

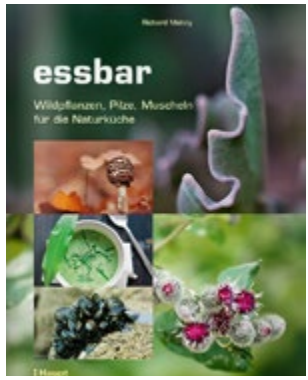
Pflanzen am Weg (Nachmittag):

Portulaca oleracea s.str.
Chenopodium album
Viola odorata
Sedum album
Lysimachia punctata
Borago officinalis
Chaenorrhinum minus
Buddleja davidii
Valeriana officinalis
* *Dipsacus laciniatus*
Torilis japonica
Melissa officinalis
Malva sylvestris
Malva moschata
Dianthus armeria
Veronica agrestis
Dryopteris filix-mas
Cichorium intybus
Carex pendula
Arum maculatum
Castanea sativa
Aruncus dioicus
Lonicera xylosteum
Filipendula ulmaria
* *Agrimonia eupatoria*
Artemisia verlotiorum
Convolvulus arvensis
Chenopodium polyspermum
Echinochloa crus-galli
Solanum nigrum
Papaver rhoeas
Polygonum lapathifolium s.str.
Galinsoga ciliata
Polygonum aviculare
Sedum hispanicum
Poa compressa
Rorippa sylvestris
Fallopia convolvulus
Calystegia sepium
Fumaria officinalis s.str.
Senecio viscosus
Setaria pumila
* *Bromus tectorum*
Lathyrus latifolius
Erigeron annuus s.str.
Vulpia myuros
Artemisia absinthium
Festuca ovina aggr.
Geranium robertianum subsp. purpureum
Pastinaca sativa s.str.
Cerastium semidecandrum
Saxifraga tridactylites
Juncus tenuis
Carex muricata aggr.
Carex spicata
Mycelis muralis
* *Inula conyzae*
* *Utricularia australis*
Phragmites australis
Lysimachia vulgaris
Frangula alnus
* *Sisymbrium strictissimum*
Sonchus arvensis s.str.
* *Bassia scoparia*
* *Descurainia sophia*
* *Sisymbrium altissimum*

Bericht: Barbara Studer

7. Buchrezension

Richard Mabey: essbar – Wildpflanzen, Pilze, Muscheln für die Naturküche
Rezension: Christine Föhr



Richard Mabey war seiner Zeit voraus, als er 1972 «essbar» unter dem Originaltitel «Food for Free» schrieb. Damals galt das Sammeln von Wildpflanzen zum Kochen noch als exzentrisch, während sie heute aus Gourmetküchen nicht mehr wegzudenken sind. «essbar» ist allerdings kein eigentliches Kochbuch, sondern stellt in erster Linie den Reichtum der Natur an Lebensmitteln vor und ist somit nicht nur für Gourmetköche eine echte Bereicherung. Die aufgeführten Rezepte sind grösstenteils einfach und reichen von Altbekanntem wie Lindenblütentee und Holundersirup bis zu Abenteuerlichem wie Heidebier und Ketchup aus Schopftintlingen. Gefordert sind weniger überragende Kochkünste als eine grosse Portion Experimentierfreude sowie Zeit und Engagement beim Suchen und Sammeln der Zutaten. Obwohl Farbfotos und Beschreibungen bei der Bestimmung der verschiedenen Arten helfen, ist es von Vorteil, Artkenntnisse zu besitzen. Schon allein deshalb, weil das Buch zu schwer und zu gross ist, um auf die Sammelexpedition mitzunehmen. Ein kleiner Wermutstropfen ist die Tatsache, dass sich das Buch auf die britische Natur bezieht und somit nicht alle Pflanzenarten, wie zum Beispiel der Glasschmalz *(Salicornia sp.)*, sowie keine der Algen- und Tangarten und der vorgestellten Schalentiere in der Schweiz zu finden sind.
«essbar» ist ein empfehlenswertes Buch für naturinteressierte Geniesser, denn es besticht durch schöne Fotos, liefert allerlei geschichtliche Informationen zu den Nutzungen der verschiedenen Pflanzen-, Pilz-, Algen- und Schalentierarten und ist unterhaltsam geschrieben. Somit bietet «essbar» nicht nur Inspiration für die Küche, sondern ist schlichtweg auch ein sehr schönes Buch zum Schmökern und Lesen.

Erschienen im Haupt Verlag, 2013, 1. Auflage, 464 Seiten, 350 Farbfotos, 250 Farbzeichnungen, gebunden, 18,9 x 24,6 cm, 1630 g.

FSC
www.fsc.org
MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C023093