

2023 | BAND 80



# Weltberühmte Berne Klimaforſchung im 19. Jahrhundert

Christoph Thalmann

Mitteilungen der  
**Naturforschenden  
Gesellschaft in Bern**

Weltberühmte  
Berner Klimaforschung  
im 19. Jahrhundert

## Redaktion

Dr. Christoph Thalmann  
Ländlistrasse 40  
CH-3047 Bremgarten bei Bern

## Inhaltliche Redaktion BBG

Steffen Boch  
www.bebege.ch

[www.ngbe.ch](http://www.ngbe.ch)

## Zitierweise:

Mitt. Natforsch. Ges. Bern NF Bd. 80, Seiten 1–124,  
Bern Juli 2023

ISSN 0077-6130

## Bezugsquelle:


Dieser Band ist wie früher erschienene Bände zu Fr. 40.–  
im Haupt Verlag, Falkenplatz 14, 3001 Bern, und im  
Buchhandel erhältlich.

## Titelbild:

**Photographie der alten Sternwarte Bern.**

**Foto: PD Dr. Andreas Verdun.**

**Sämtliche Abbildungen finden sich mit Erläuterungen  
in diesem Band.**

Herstellung: **rubmedia** 

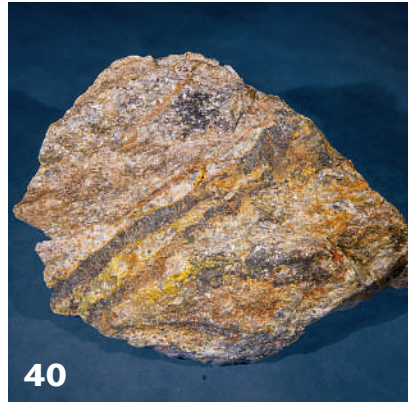
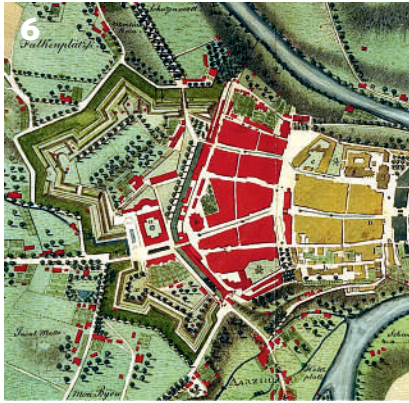
[www.rubmedia.ch](http://www.rubmedia.ch)

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 7400.– unterstützt.





# Inhalt

Editorial	5	<b>Moritz Gubler</b> Von Hitzeinseln zu kühlen Oasen	74
<b>Heinz Wanner</b> Weltberühmte Berner Klimaforschung im 19. Jahrhundert	6	<b>Lieveke van Vugt, Erika Gobet und Christoph Schwörer</b> Walddynamik im Pfywald – eine Geschichte von Fluor, Beweidung, Waldbewirtschaftung, Trockenheit und Störungen	78
<b>Matthias Huss</b> Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels	18	<b>Bernische Botanische Gesellschaft</b> Jahresbericht BBG	90
<b>Beat Wermelinger</b> Auswirkungen des Klimawandels auf Insekten	28	<b>Naturforschende Gesellschaft in Bern: In eigener Sache</b> <b>Erika Gobet und Christoph Schwörer (Co-Präsidium)</b> Jahresbericht des Präsidenten	118
<b>Ruedi Stucki</b> Radiometrische Anomalien in der Umgebung von Törbel, nahe Visp im Wallis	40	<b>Matthias Haupt</b> Rechnungsabschluss 2022	122
<b>Martina S. Ragettli</b> Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz	64		
<b>Karin Ingold</b> Nachhaltigkeit und Demokratie – vereinbar oder widersprüchlich?	68		



# Editorial

**B**ezugnehmend auf den Vortrag von Thomas Stocker im Mitteilungsband 79, 2022, Seite 66, möchte ich die im ersten IPCC-Bericht von 1990 gemachten Prognosen für CO<sub>2</sub>-Emissionen, CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre und die sich daraus ergebenden globalen Temperaturveränderungen mit aktuellen Messwerten und aktuellen Prognosen vergleichen. Auf diese Weise können wir abschätzen, wie gut wir «auf Kurs» sind auf unserem Weg in Richtung einer Dekarbonisierung unserer Energieversorgung.

1990 wurden gemäss IPCC-Bericht ca. 7 GtC (Milliarden Tonnen Kohlenstoff) pro Jahr in die Atmosphäre emittiert. Für das Jahr vor der Corona-Krise (2019) wurde – je nach Modell – eine Emission von zwischen 9 und 12 GtC prognostiziert, tatsächlich lag sie bei ca. 11,2 GtC im Jahr 2019; wir liegen also im oberen Bereich des prognostizierten Intervalls. Von den in der damaligen Grafik eingezeichneten sieben Szenarien passt das Szenario IS92a am besten zum tatsächlichen Emissionswert von 2019.

Zum IS92a-Szenario findet man Folgendes: «In fact, the IS92a scenario is often referred to in climate change modeling and impact studies as the «business-as-usual» scenario and used as the only reference emissions trajectory.» Quelle: IPCC, 1992, IS92a scenario.

Welche Prognosen für CO<sub>2</sub>-Konzentrationen ergeben sich aus dem IPCC-Bericht von 1990?

Damals lag die Konzentration bei ca. 350 ppm (Mitteilungen der NGB 2022, Seite 67).

Die damaligen Prognosen für 2023 liegen – je nach Modellrechnung – zwischen ca. 405 ppm und 430 ppm; der aktuelle gemessene Wert (2023) beträgt ca. 424 ppm, und variiert im jahreszeitlichen Verlauf aufgrund der CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch die Vegetation.

Der gemessene Wert liegt auch hier im oberen Bereich der modellierten Werte. Da die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission (genauer: der darin enthaltene Kohlenstoff) nur wenig mehr als 1 Prozent des in der Atmosphäre vorhandenen Kohlenstoffs (ca. 900 GtC) beträgt, liegen die prognostizierten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen verständlicherweise viel näher beieinander, als die zum Teil stark variierenden Emissionsszenarien anfänglich vermuten lassen.

Den Umrechnungsfaktor von 3,666 zwischen Kohlenstoff und Kohlendioxid überlasse ich der Leserin als kleine «Milchbüchlirechnung» zum Aufwärmen.



In Bezug auf die prognostizierten globalen Temperaturen liefert das IS92a-Szenario für 2023 einen Temperaturanstieg von ca.  $+ (1,0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$  über dem vorindustriellen Wert – gemessen sind es heute ca.  $+ (1,2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ .

Für das Jahr 2100 berechnete das IS92a-Szenario eine Temperatur von ca.  $+ (2,9 \pm 0,3)^\circ\text{C}$  voraus, während im aktuellen Bericht aus «Nature Sustainability», publiziert am 22. Mai 2023, steht: « ... current policies still leave the world on course for around  $2,7^\circ\text{C}$  end-of-century global warming above pre-industrial levels – far from the aim of the Paris Agreement to limit global warming to  $1,5^\circ\text{C}$ .»

Was hat – quantitativ gesehen – das «Herunterfahren» der Weltwirtschaft im Corona-Jahr 2020 für Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Konzentrationen in der Atmosphäre gehabt? Der Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emission im Jahr 2020 betrug ca. 5,7%, ein Jahr später entsprach der Rückgang gegenüber 2019 noch ca. 1%. Auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt der gesamten Atmosphäre machte der coronabedingte CO<sub>2</sub>-Emissionsrückgang weniger als 1 Promille aus.

Fazit: Wir sind noch weit von einer Dekarbonisierung, die diesen Namen auch wirklich verdient, entfernt. Vielleicht speichern wir in Zukunft das emittierte und wieder eingefangene CO<sub>2</sub> in porösen Gesteinsschichten im Untergrund, z.B. unter dem Meeresgrund, wie es kürzlich Dänemark demonstriert hat.

Letztendlich ist alles eine Frage des politischen Willens: Wenn dieser vorhanden ist, dann können Ziele erreicht werden, die kurz vorher noch als völlig unerreichbar eingeschätzt wurden. Beispiele sind: Die «Rettung» der CS, das Apollo-Projekt mit dem Ziel, Menschen auf dem Mond landen zu lassen, das Manhattan-Projekt und der Marshall-Plan.

Ich wünsche euch eine spannende Lektüre.

Christoph Thalmann

# Weltberühmte Berner Klimaforschung im 19. Jahrhundert

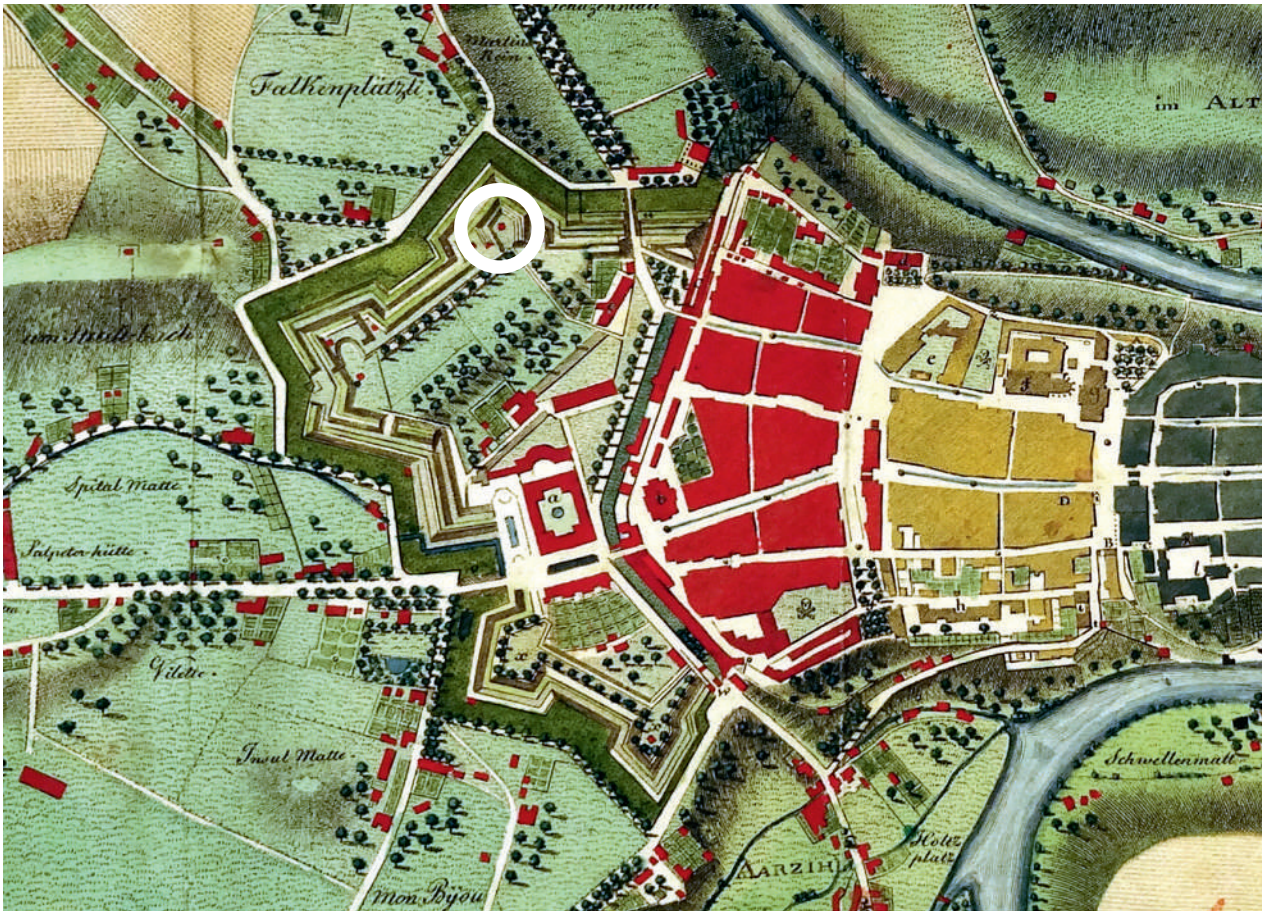
**Autor**  
**Heinz Wanner**

Die Klimaforschung der Universität Bern erlebte im 19. Jahrhundert eine erste Blütezeit. Die drei prominenten Klimaforscher Rudolf Wolf, Heinrich Wild und Eduard Brückner starteten in Bern mit bahnbrechenden Forschungsarbeiten ihre Weltkarrieren.

## **Friedrich Johann Trechsel und die Aussiedlung der Universität auf die Grosse Schanze**

**B**ern kann als eines der frühen Zentren der beobachtenden und messenden Meteorologie bezeichnet werden. Wahrscheinlich war die Idee zu ersten Messungen nicht zuletzt vom bekannten «Medici Messnetz» in Florenz ausgegangen (CAMUFFO und BERTOLIN 2012). Im Jahr 1759 errichteten Pioniere der neu gegründeten Ökonomischen Gesellschaft Bern ein meteorologisches Messnetz, in dessen Rahmen erstmals mit einheitlichen Geräten Messungen von Temperatur, Luftdruck und Wind vorgenommen wurden (PFISTER 1975). Ihre Initiative veranlasste zahlreiche Berner Persönlichkeiten, im Raum Bern meteorologische Messungen vorzunehmen (GIMMI ET AL. 2006, PFISTER ET AL. 2019). Mit Johann Georg Tralles aus Hamburg (1763–1822) wurde 1785 erstmals seit 1686 wieder ein Professor aus dem Ausland als Professor für Mathematik und Physik an die 1528 gegründete Hohe Schule im umgebauten Barfüsserkloster am heutigen Casinostandort berufen. Ihm wurde auf der Münsterplattform ein Kabinett für astronomische und

atmosphärische Studien zur Verfügung gestellt. Nach seinem Weggang und mit dem Übergang von der Hohen Schule zur Akademie im Jahr 1805 wurde der aus Burgdorf stammende Friedrich Johann Trechsel (1776–1849), ein ehemaliger Schüler von Tralles, dessen Nachfolger als Professor für Mathematik und ab 1812 auch für Physik. Trechsel stammte aus Burgdorf. Er leitete ab 1811 die erste bernische Landestriangulation. Dabei benützte er die von Tralles bei Aarberg bestimmte Basis als Grundlage (KOBOLD 1983). Zudem leitete er später das vorbereitende Nivellement der ersten Jura-gewässerkorrektur. Der Franzoseneinfall von 1798 war nicht spurlos an Friedrich Trechsel vorbeigegangen. Kurz vor seinem Examen beteiligte er sich am Gefecht gegen die französische Armee bei Laupen (TRECHSEL 1850). Bei allen Unwägbarkeiten, welche die französische Besatzungszeit mit sich brachte, ergab sich trotzdem eine fruchtbare Zusammenarbeit mit den französischen Ingenieurgeografen Henry und Delcros. Aufgrund einer Initiative Trechsels besuchten diese mit ihm den höchsten Punkt beim Pulverturm auf dem Hügel der Grossen Schanze (Bastion Hohliebi genannt), von wo mithilfe



**Abb. 1: Ausschnitt aus dem Plan der Stadt und Gegend von Bern, aus geometrischen Grundrissen gezogen und gezeichnet 1807 von Bollin; Kupferstich von L. Girardet. Der weisse Kreis zeigt den Standort des ersten Observatoriums auf der Bastion Hohliebi.** Staatsarchiv Bern; Copyright: PD Dr. Andreas Verdun

des Sichtkontaktes zu den höchsten Punkten von Chasseral und Röthifluch das Basisdreieck für die trigonometrische Landesvermessung gebildet werden konnte (VERDUN 2004). Auf Kosten der Franzosen wurde an dieser Stelle ein erstes provisorisches Observatorium in Form einer hölzernen Baracke errichtet. Dies war der eigentliche Beginn der Aussiedlung der Akademie und der 1834 gegründeten Universität vom Casinoplatz auf die Grosse Schanze. *Abb. 1* zeigt den Standort dieses ersten Observatoriums, in dem vor allem astronomisch-geodätische Messungen vorgenommen wurden. Da die Holzkonstruktion relativ rasch morsch wurde, stellte Trechsel im Jahr 1820 den Antrag für eine von ihm entworfene Neukonstruktion am gleichen Standort, welche bereits

1822 anlässlich der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) eingeweiht werden konnte. *Abb. 2* zeigt eine Daguerrotypie dieser achteckigen Berner Sternwarte. Trechsel verblieb nach der Universitätsgründung im Jahr 1834 noch bis 1847 im Amt.

### **Johann Rudolf Wolf (1816–1893)**

Als Nachfolger von Friedrich Johann Trechsel wurden drei Privatdozenten gewählt, unter ihnen der aus Zürich stammende Astronom und Mathematiker Johann Rudolf Wolf, Lehrer an der Berner Realschule. Wolf wurde seinen Neigungen entsprechend gleichzeitig zum Direktor der Berner Sternwarte ernannt. Er war ein leidenschaftlicher Beo-



**Abb. 2: Daguerrotypie der alten Berner Sternwarte, aufgenommen im Jahr 1845 (ETH Bibliothek Zürich, Inventarnummer KGS-454-0). Das Riegelhaus war ein reguläres Achteck von etwa 3 Metern Durchmesser, das genau nach den Himmelsrichtungen ausgerichtet war.**  
Verdun, 2004



bachter und Experimentator, der ein internationales Flair nach Bern brachte (*Abb. 3a*). Wolf ergriff sofort die Initiative, um die vernachlässigte Sternwarte zu erneuern. Ohne jegliche Konsultation von Ämtern liess er die störenden Bäume in der Umgebung fällen und erwirkte 1848 den Einbau von Heizung und Beleuchtung. Im gleichen Jahr wurde er zum ausserordentlichen Professor ernannt. 1853 wurde die Sternwarte um einen turmartigen Aufbau mit Drehkuppel erweitert.

Rudolf Wolf interessierte sich neben der Astronomie ausgesprochen für die Meteorologie. Die Leitung der Sternwarte eröffnete ihm die Möglichkeit zur Anschaffung meteorologischer Geräte und zum Beginn durchgehender Messungen von Luftdruck, Temperatur, Niederschlag und Wind (VERDUN 2004, BALMER 1993), über die er dann in Zeitschriften und bei Vorträgen berichtete. Im Jahr 1852 entdeckte er, gleichzeitig und unabhängig mit dem Genfer Jean Alfred Gautier und dem Engländer Edward Sabine,



**Abb. 3: Die drei grossen Berner Klimaforscher des 19. Jahrhunderts (von links nach rechts): a) Johann Rudolf Wolf (1816–1893; Wikipedia). b) Heinrich Wild (1833–1902; Wikipedia). c) Eduard Brückner (1862–1927; Wikipedia).**

den engen Zusammenhang zwischen der Sonnenaktivität und dem Magnetfeld der Erde (BALMER 1993). Dafür wurde er von der Universität Bern noch im gleichen Jahr mit dem Ehrendoktorat geehrt. Rudolf Wolf hat sich in der Folge leidenschaftlich mit der Beobachtung und Erforschung der Sonnenflecken auseinandergesetzt. Deren Entdeckung hatte bereits im frühen 17. Jahrhundert die beobachtende Astronomie belebt. Im Kontakt mit bekannten Astronomen und Naturforschern ganz Europas sammelte Wolf die existierenden Sonnenfleckenbeobachtungen und ermittelte deren Häufigkeit zurück bis 1610. Zusammen mit dem deutschen Amateur-Astronomen Samuel Heinrich Schwabe aus Dessau, welcher als erster auf einen etwa 10-jährigen Sonnenfleckenzyklus hingewiesen hatte, konnte Wolf aufgrund der langen Beobachtungsreihen die Existenz der 11.1-jährigen Periodizität der Sonnenfleckenhäufigkeit nachweisen (WOLF 1852). Wolfs unermüdliche Beobachtung der Sonnenflecken, die bis heute nach seinen Regeln fortgeführt wird, verhalf ihm zusammen mit seiner aktiven Forschungstätigkeit zu Weltruhm. Längere solare Aktivitätsminima mit wenig Sonnenflecken sind heute für die Erklärung von

Klimaschwankungen von grosser Bedeutung. Das erste Aktivitätsminimum der Kleinen Eiszeit von 1280 bis 1350 wurde mit dem Namen Wolf-Minimum benannt. Angesichts der Tatsache, dass die Sonnenflecken auch in Gruppen auftraten, begründete Wolf die berühmte Relativzahl R:

$$R = k (f + 10 \cdot g)$$

- f: Zahl der Einzelflecken
- g: Zahl der Sonnenfleckengruppen
- k: Korrekturfaktor  
(abhängig von Teleskop und Beobachter)

Abb. 4 zeigt die berühmte Reihe der Sonnenfleckenaktivität, welche durch Rudolf Wolf begründet wurde. Neben dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus sind auch die längerfristigen, quasizyklischen Schwankungen erkennbar, welche auf der dekadischen bis hundertjährigen Zeitskala auftreten: Gleissberzyklus (90 Jahre), Suess- oder de Vries-Zyklus (210 Jahre).

Rudolf Wolf entwickelte auch ein breites Interesse für die Wirkung des allgemeinen Zustandes der Atmosphäre auf uns Menschen. Angeregt durch die Entdeckung des Ozons im Jahre 1839 durch seinen Basler Kol-

legen, den Chemiker und Physiker Christian Friedrich Schönbein, mass Wolf mit dem Schönbein'schen Ozonometer die Ozonkonzentration und untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Ozongehalt und der Mortalität (WOLF 1855). Er stellte fest, dass Schönwetterlagen mit Ostwinden gegenüber Schlechtwetterlagen mit Westströmung eine Entlastung brachten und wies eine positive Korrelation zwischen den täglichen Todesfallzahlen und den gemessenen Ozon-Konzentrationswerten nach.

1855 wurde Rudolf Wolf als Professor für Astronomie ans Polytechnikum und an die Universität Zürich berufen. Neben der Einweihung einer neuen Sternwarte im Jahr 1864 betätigte er sich in Zürich sehr aktiv als Wissenschaftshistoriker. Er blieb auch seinem starken Interesse für Meteorologie treu. Insbesondere leitete er das in der Zürcher Sternwarte untergebrachte meteorologische Büro, welches gemäss einem Beschluss der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft als Vorläufer der 1881 gegründeten Meteorologischen Zentralanstalt ab Dezember 1863 ein schweizerisches meteorologisches Messnetz mit 88 Stationen betrieb.

### Heinrich Wild (1833–1902)

Nach dem Weggang von Rudolf Wolf wirkte für kurze Zeit Wilhelm von Beetz aus Berlin als Professor für Physik und Astronomie in Bern. Er wurde schon 1858 vom Zürcher Heinrich Wild (*Abb. 3b*) abgelöst. Wild, der als stiller und zurückhaltender Mann geschildert wird, verhalf der Berner Universität in den zehn Jahren seines Wirkens dank seiner Initiative, seiner Kreativität und seines selbstlosen Engagements zu Weltruhm. Wild hatte in Zürich, Königsberg und Heidelberg bei Neumann, Kirchhoff, Bunsen, Raabe und Mousson studiert und gearbeitet und genoss bereits in jungen Jahren ein grosses internationales Ansehen.

Aus der Sicht der Astronomie wird das Wirken von Wild eher kritisch bewertet, dies deshalb, weil sein Interesse ausgesprochen geodätischen Arbeiten und vor allem der experimentellen Meteorologie galt. Die Schwerpunkte seiner meteorologischen Arbeiten lagen bei der Entwicklung neuer Messgeräte und bei der synoptischen Analyse der Daten aus den frühen meteorologischen Messnetzen. Zeit seines Lebens beschäftigte sich Heinrich Wild auch mit dem Föhn der Al-

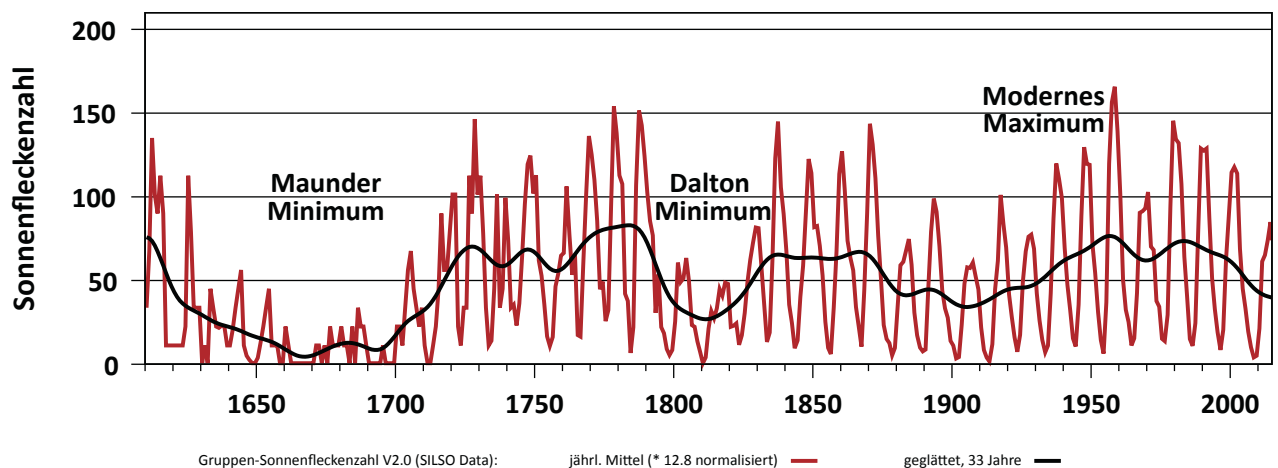


Abb. 4: Zeitreihe der Sonnenfleckenbeobachtungen, welche bis gegen das Ende des 19. Jahrhunderts von Rudolf Wolf stammt. Sichtbar sind neben dem kurzen, 11.1-jährigen Zyklus auch die länger andauernden solaren Aktivitätsminima.

Quelle: Wikipedia



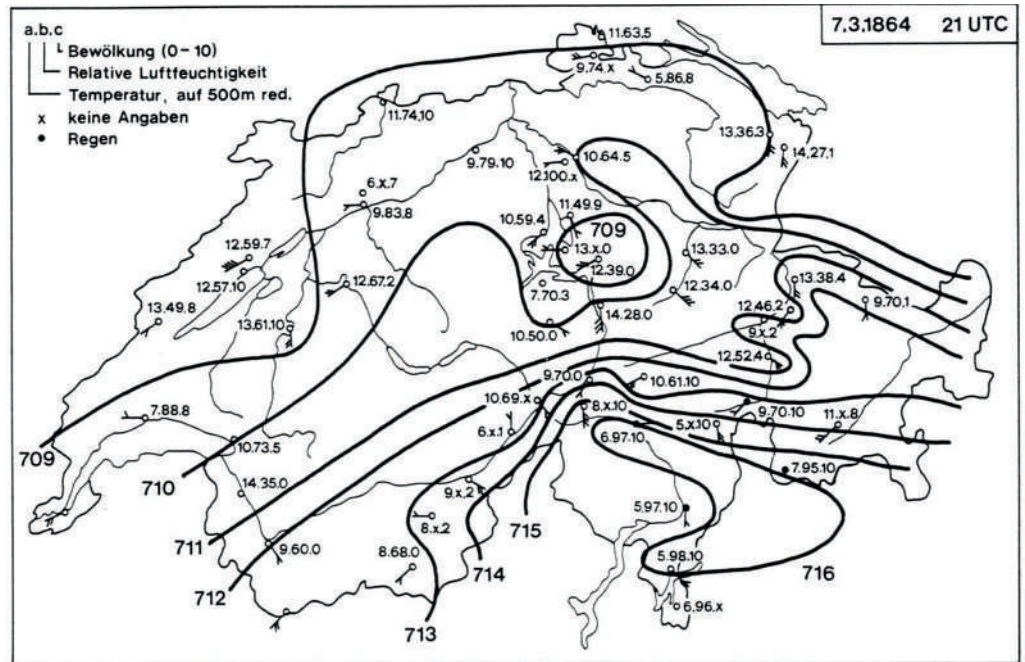
**Abb. 5: Photographie der alten Sternwarte Bern auf dem Hügel der Grossen Schanze zur Zeit Heinrich Wilds (1868), von Norden aus gesehen.** Copyright: PD Dr. Andreas Verdun

pen, insbesondere mit dem Absinken der Föhnströmung in die Alpentäler. Bereits 1859 organisierte er ein neues Berner Beobachtungsnetz, in dessen Rahmen mit der Zeit auch phänologische Beobachtungen vorgenommen wurden. Zusammen mit seinem Vorgänger Rudolf Wolf legte Wild 1861 an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Lausanne die Grundlagen für das zukünftige Schweizer Messnetz, das danach von Wolf betreut wurde. Mit Genehmigung der Berner Regierung wurde die Berner Sternwarte 1862 ausgebaut und zur meteorologischen Zentralstation des Kantons Bern erhoben (WILD 1864). *Abb. 5* zeigt deren Zustand zur Zeit des maximalen Ausbaus der meteorologischen Messsysteme im Jahre 1868.

Heinrich Wild hat die beobachtende Meteorologie durch bahnbrechende instrumentelle Neuentwicklungen bereichert.

Neben den von ihm neu entwickelten Messinstrumenten (u. a. zur Wind-, Niederschlags- und Verdunstungsmessung) hat er im Hinblick auf den Strahlenschutz durch die Sonne eine eigene Wetterhütte entwickelt, Wild'sche Hütte genannt. Seine selbstregistrierenden Messinstrumente, die er in Publikationen genau beschrieb, haben international ein grosses Interesse gefunden (WILD 1866). Seine Berner Wetterstation gehörte bestimmt zu den ersten Anlagen, welche nicht durch Pendeluhren, sondern elektrisch angetrieben wurden (KNOWLES MIDDELETON 1969). Sie waren ab 1862 auf der Berner Sternwarte operationell im Betrieb. Die Sternwarte wurde deshalb von vielen Kollegen aus ganz Europa besucht und bildete zusammen mit den zahlreichen Initiativen zur Schaffung nationaler Messnetze einen Grundpfeiler der auch international einsetzenden Entwicklung erster automatischer Messsysteme. Der Antrieb für den Papier-

**Abb. 6:** Von der Originalanalyse von Heinrich Wild nachgezeichnete synoptische Feinanalyse des Föhnereignisses vom 7.3.1864, 21 Uhr. Dargestellt sind das auf 500 m NN. reduzierte Druckfeld (mm Hg) sowie die Stationsmessungen von Wind, Bewölkung, Temperatur (ebenfalls auf 500 m NN. reduziert) und Feuchte. Wild hatte zusätzlich die Niederschlagsgebiete eingezeichnet.



vorschub, auf dem die Messwerte gestanzt wurden, erfolgte mithilfe von galvanischen Batterien mit Zink-Kohlen-Elementen, welche dank der hervorragenden Zusammenarbeit Wilds mit den Herren Hasler und Escher von der eidgenössischen Telegraphen-Werkstätte ausgezeichnet funktionierten. Als Kontrolluhr diente ein Federuhrwerk Marke Leuenberger aus Sumiswald.

Heinrich Wild hat die beobachtenden Personen sowohl für sein Berner als auch das gesamte Schweizer Messnetz sehr sorgfältig ausgewählt, diese an Ort direkt betreut und instruiert und immer mit den besten Messgeräten ausgerüstet. Daneben hat er mit seinen europäischen Kollegen Daten ausgetauscht, die er für seine hervorragenden meteorologischen Feinanalysen nutzen konnte. Diese Analysen, gepaart mit seinen gesammelten Erfahrungen von extremen Föhnereignissen, haben sein grosses Interesse für die Föhnforschung geweckt. *Abb. 6* zeigt die Umzeichnung eines Beispiels der total 37 präzisen und von Heinrich Wild mit Farbstiften entworfenen 37 mehrtägigen Föhnanalysen. Neben Analysen der Gesamtsituation über Europa, dies noch in Unkenntnis der Frontentheorie, hat er die gesamten Beobachtungen des Schweizer

Messnetzes stationsweise aufgetragen, zusammen mit den Isolinien des Luftdrucks und den Niederschlagszonen dargestellt und überzeugend analysiert.

Heinrich Wild wurde als Föhnforscher von der internationalen Literatur stark unterschätzt. Dies hat verschiedene Gründe. Erstens hat er sich nie deutlich von den früheren Theorien seiner Schweizer Kollegen, den Geologen Hans Conrad Escher von der Linth (1767–1823) und Edouard Desor (1811–1882), distanziert, welche den Föhn im Zusammenhang mit den Eiszeiten als warmen Wind aus der Sahara bezeichnet haben. Er hat den Einfluss warmer Luftströmungen aus südlicher Richtung nie ganz ausgeschlossen. Zweitens haben ihm die massiven Auseinandersetzungen mit dem bekannten Berliner Meteorologen Heinrich Wilhelm Dove (1803–1879) eher geschadet als genützt, dies obwohl Wilds Argumente grösstenteils richtig waren. Drittens musste er die Föhnforschung nach seinem Weggang nach Sankt Petersburg im Jahr 1868 bis zu seiner Rückkehr im Jahr 1895 praktisch ruhen lassen.

DOVE (1867) kritisierte die Saharatheorie des Föhns von Escher und Desor massiv, hielt jedoch an der Luftmassentheorie für

die Entstehung des Föhns fest und führte diesen auf feuchtwarme Luftmassen zurück, welche aus dem atlantischen Äquatorialraum gegen die Alpen geführt werden. Die von Dove sehr polemisch abgefasste Schrift führte zu einer heftigen Reaktion des sonst zurückhaltenden Heinrich Wild, der die Ausführungen Doves konterte und mit seiner Berner Rektoratsrede vom 15.11.1867 einen vielbeachteten Gelehrtenstreit auslöste (WILD 1868 a). DOVE (1968) reagierte ebenso harsch auf Wild's Rektoratsrede und provozierte wiederum eine heftige Reaktion von WILD (1868 b), die an Klarheit und Heftigkeit kaum Wünsche offen liess und deshalb auch unbeantwortet blieb.

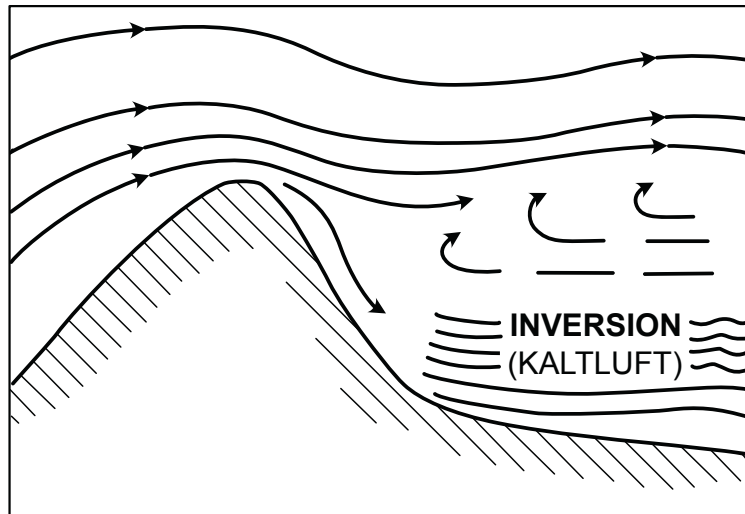
Dank seiner unglaublichen Akribie und Energie, mit der Heinrich Wild die bestehenden Messnetze unterstützte, konnte er deren genaue Messungen nutzen und meteorologische Feinanalysen der Föhnereignisse von höchster Präzision erstellen, so wie dies anhand von Figur 6 sichtbar wird. Wild wies dabei klar auf die starken Nord-Süd-Gradienten von Luftdruck, Temperatur und Feuchte hin. Zudem zeigt dieses Beispiel anhand des Raumes Zentralschweiz, dass es Wild gelang, einzelne Luftdruckminima sowie die Kanalisierung der Starkwinde im Talgrund nachzuweisen. Es überrascht deshalb kaum, dass Dove anhand solch überzeugender Beispiele klein beigegeben musste.

Heinrich Wild hat mit seinen Analysen ganz wesentlich zur Entwicklung der thermodynamischen Föhntheorie (STEINACKER 2006, RICHNER & HÄCHLER 2013) beigetragen, welche vor allem von HANN (1866) akzentuiert vertreten wurde. Wild konnte sich nach Annahme des Direktoriums des Physikalischen Zentralobservatoriums in Sankt Petersburg im Jahre 1868 erst nach seiner Rückkehr in die Schweiz in den späten 1890er Jahren wieder der Föhnforschung widmen (WILD 1901). Nachdem er als erster bereits früh auf die Existenz des Nordföhns hingewiesen hatte, befasste er sich nochmals mit grundlegenden Fragen der Föhndynamik. Unter anderem hielt er fest, dass der Wind zuerst in der Höhe, danach an den Talenden und schliesslich gegen den Talaustritt hin stürmisch wird. Wild wies auf eine Föhndauer von 1–5 Tagen hin, welche

dann von einer Winddrehung auf W bis NW und Niederschlägen auf der Alpennordseite abgelöst wird.

Heinrich Wild hat sich immer wieder mit der Frage nach der Dynamik des Hinuntersinkens der Föhnströmung im Lee der Alpen auseinandergesetzt. Seine «Verdünnungstheorie», die später erneut von STREIFF-BECKER (1931) vertreten wurde und eine Ideenskizze lieferte, ist angesichts der moderneren Föhnforschung überholt. Abb. 7 zeigt eine Darstellung, welche versucht, die Ideen Wilds zu visualisieren. Er postulierte, dass der kräftige Höhenluftstrom, welcher von Süden über den Alpenkamm hinwegstreicht, die höheren Luftschichten auf der Alpennordseite infolge seiner Turbulenz leicht erodiert und so die höhere Talatmosphäre «verdünnt», worauf eine Zone tiefen Drucks entsteht, in welche die Höhenluft eher eindringen kann als die kältere, bodennahe Luft.

Mit dem ehrenvollen Übertritt nach Sankt Petersburg im Jahr 1868 eröffnete sich Heinrich Wild eine ganz neue Welt. Er hat den russischen Wetterdienst während seiner Wirkungszeit als Direktor geprägt wie



**Abb. 7: Visualisierung der Föhntheorie von Heinrich Wild. Wie später Streiff-Becker hält er fest, dass die höheren Luftschichten auf der Alpennordseite infolge der Turbulenz der Südströmung leicht erodiert werden und so die höhere Talatmosphäre «verdünnt», worauf eine Zone tiefen Drucks entsteht, in welche die Höhenluft eher eindringt als die kältere, bodennahe Luft.**

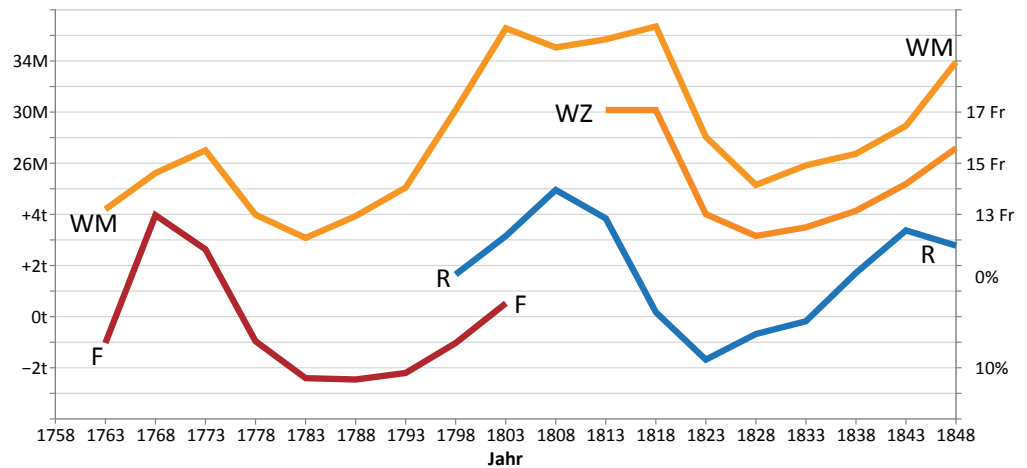
**Abb. 8:** Vergleichende Darstellung verschiedener Zeitreihen von Eduard Brückner.

**WM:** Getreidepreis von Deutschland in Mark (M).

**WZ:** Getreidepreis der Schweiz in Franken (Fr).

**R:** Niederschlag in Süddeutschland (Abweichung vom langjährigen Mittel in %).

**F:** Mittleres Datum der Weinernte in Süddeutschland und der Schweiz (Abweichung vom langjährigen Mittel in Tagen). Anhand solcher Zeitreihen hat Eduard Brückner geschlossen, dass das Klima einer Periodizität von 35 Jahren folgt.



kein anderer. Er errichtete in Eurasien weit über 100 neue meteorologische Stationen. Daneben war er auf der internationalen Ebene überaus aktiv. Er wurde Mitglied im ersten Vorstand der 1873 gegründeten Internationalen Meteorologischen Organisation, die er dann von 1878 bis 1896 präsiidierte. 1895 kehrte er für seine letzten Lebensjahre erschöpft in die Schweiz zurück, wo er 1902 starb.

### Eduard Brückner (1862–1927)

Mit dem aus Jena stammenden Eduard Brückner wirkte einer der bedeutendsten Geographen und Klimatologen des 19. Jahrhunderts am Berner Geographischen Institut. Während 16 Jahren vermittelte er dem Berner Lehrstuhl grosse Ausstrahlung und internationalen Glanz. Brückner hatte in Dorpat (heute Tartu, Estland), Dresden und München studiert und bei Albrecht Penck mit einer Studie zur Vergletscherung des Salzachgebietes promoviert. Seinem Interesse für die Meteorologie folgend wirkte er von 1886–1888 an der Deutschen Seewarte Hamburg, wo er mit dem bedeutenden Klimatologen Wladimir Köppen zusammenarbeitete. 1888 wurde er als Professor für Geographie an die Universität Bern berufen, der er 1899/1900 auch als Rektor vorstand.

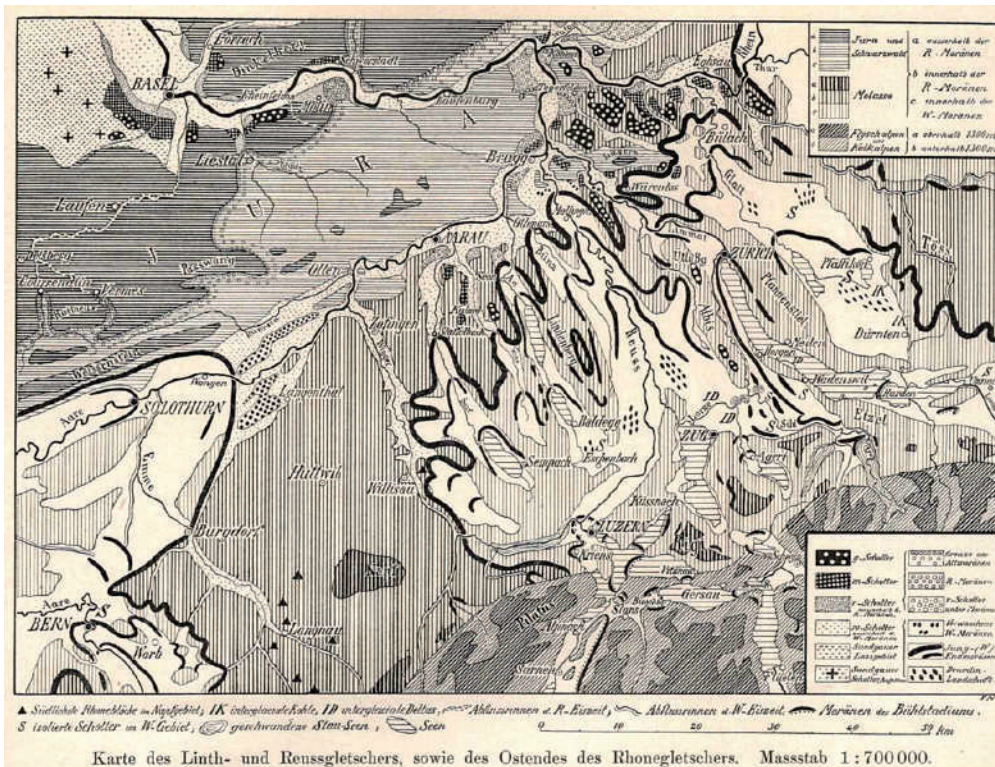
Eduard Brückner war nicht nur ein streng naturwissenschaftlich-analytisch argumentierender Wissenschaftler. Seine Interessen waren breit gelagert und umfassten auch

die Wechselwirkungen der naturräumlichen Dynamik mit ökonomischen Prozessen sowie deren Einfluss auf soziale und politische Vorgänge. Seine monumentale Rektoratsrede vom 18. November 1899 mit dem Titel «Die schweizerische Landschaft einst und jetzt» legte davon ein lebendiges Zeugnis ab (BRÜCKNER 1900). In einem farbigen Gemälde stellte er das Werden der Schweizer Natur- und Kulturlandschaft sowohl in geologischen als auch historischen Zeitdimensionen dar und warnte vor Übernutzung und Waldzerstörung.

Obschon Brückner die 16 Jahre seines Wirkens in Bern ebenfalls für viele Feldarbeiten und Beobachtungen zum eiszeitlichen Geschehen im Alpenvorland und in den Alpen nutzte, erlaubte ihm die Berner Zeit trotzdem eine breite Beschäftigung mit der Frage nach den Ursachen der Klimavariabilität. Nico Stehr und Hans von Storch bezeichnen Eduard Brückner im Übersichtsnetzwerk zu seinen klimatologischen Arbeiten (STEHNER & VON STORCH 2000) zusammen mit seinem späteren Wiener Kollegen Julius Hann als einen der weltweit ersten Klimatologen, welche sich an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert mit Fragen der Klimavariabilität befasst haben. Brückner und Hann haben das Klima im Gegensatz zu vielen damaligen Kollegen nicht als konstante Grösse betrachtet.

Eduard Brückner wählte ein streng induktives Vorgehen und sammelte mit grosser Akribie weltweit Daten von Meeres- und

**Abb. 9: Karte von Eduard Brückner (aus: Penck A. und Brückner E., 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. Band 2, Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig, S. 496).**



Seespiegelschwankungen. Dabei stellte er fest, dass diese Schwankungen Ähnlichkeiten mit den Massenbilanzschwankungen der Alpengletscher aufwiesen. Darauf basierend stellte er die Hypothese auf, dass Gletscher- und Meeresspiegelschwankungen (vor allem jene der abflusslosen Systeme) eine Folge der Temperatur- und Niederschlagschwankungen darstellen (BRÜCKNER 1890). Er setzte diese Daten in einen Zusammenhang mit Abflussdaten von Flüssen sowie mit den ihm verfügbaren Instrumentenmessungen, welche bereits über 100 Jahre umfassten. Brückner tauschte mit seinen Kollegen unzählige Datensätze und wertete sie persönlich aus. Seine Arbeitstechnik könnte grob als «empirische Fourieranalyse» bezeichnet werden. Dabei leitete er aus den Daten ab, dass generell eine 35-jährige Klimaperiodizität auftritt (BRÜCKNER 1902). Auch wenn sich aufgrund moderner Studien gezeigt hat, dass das Klimasystem wesentlich komplexer reagiert und auch sehr langfristigen Trends unterliegt, dürfen

Brückners Erkenntnisse dennoch als bahnbrechend und wegweisend bezeichnet werden. Geradezu modern wirken auch seine überzeugenden Korrelationen von Klimadaten mit Ernteerträgen, Getreidepreisen, Krankheiten wie Typhus oder der Zahl von Migranten aus Europa nach den USA. *Abb. 8* zeigt eine von ihm publizierte, sehr erstaunliche Korrelation der Niederschlagsmenge in Süddeutschland mit dem mittleren Datum der Weinernte sowie mit Getreidepreisen (BRÜCKNER 1895). Brückner machte sich viele grundsätzliche Überlegungen. Obwohl er noch keinen Überblick über die Zirkulationsdynamik hatte, vermutete er klare Zusammenhänge mit dem solaren Antrieb des Klimasystems. Einen direkten Zusammenhang mit dem von seinem Berner Vorgänger Rudolf Wolf entdeckten Sonnenfleckenzyklus lehnte er allerdings ab.

Seit seiner Dissertation galt die zweite grosse Forschungsleidenschaft von Eduard Brückner den Gletschern und dem Verlauf der Eiszeiten. Dabei arbeitete er eng mit sei-



nem Doktorvater Albrecht Penck zusammen und widmete sich in seiner Berner Zeit sehr ausgedehnten Feldstudien. Dabei befasste er sich vor allem mit den ins Schweizer Mittelland vorstossenden Gletschern der Linth, der Reuss, der Aare und der Rhone. Zusammen mit Penck ging er von den vier Eiszeiten Günz, Mindel, Riss und Würm aus. Beide vertraten die Ansicht, dass die Eisausdehnung in der zweitletzten, der Risseiszeit, am grössten war. Auch wenn diese Ansicht heute überholt ist und 15 oder mehr quartäre Eiszeiten aufgetreten sind (SCHLÜCHTER ET AL. 2021), hat er wesentlich zum Verständnis der alpinen Eiszeiten beigetragen. Penck und Brückner haben mit regional unterschiedlichen Kapiteln zu ihrem absolut monumentalen Werk «Die Alpen im Eiszeitalter» beigetragen (PENCK und BRÜCKNER 1909). *Abb. 9* zeigt daraus Eduard Brückners Synthesekarte mit den maximalen Gletscherständen der letzten Eiszeit im zentralen bis östlichen Schweizer Mittelland. Brückner war ebenfalls ein ausgezeichneter Geomorphologe und hat sich neben der Moränenstruktur intensiv mit der Ausdehnung der glazialen Schotterflächen (ältere und jüngere Deckenschotter, Hochterrassen- und Niederterrassenschotter) sowie mit der Lössbildung während der vier von ihm postulierten Eiszeiten befasst. Zudem hat er sich eingehend mit den Rückzugsstadien der Alpengletscher in deren alpinem Nährgebiet auseinandergesetzt und zusammen mit Penck festgestellt, dass dieser Rückzug durch mehrere erneute Gletschervorstösse unterbrochen wurde. Sie bezeichneten diese aufgrund der Moränenstruktur von Typlokalitäten als Bühl-, Gschnitz- und Daunstadium.

Eduard Brückner war auch bezüglich der Öffentlichkeitsarbeit ein Pionier. Im Rahmen seiner «Volksthümlichen Universitätskurse» setzte er sich für eine aktive Kommunikation und Vortragstätigkeit seiner Universität ein. Seine grosse Ausstrahlung fand international ein grosses Interesse, und Eduard Brückner wurde stark umworben. 1906 folgte er nach 18 erfolgreichen Jahren in Bern einem Ruf nach Halle, und 1908 trat er die Nachfolge seines Lehrers und Freundes Albrecht Penck in Wien an, wo er 1927 noch im Amt verstarb.

Nach dem Weggang von Eduard Brückner im frühen 19. Jahrhundert fristete die Klimaforschung an der Berner Universität ein sehr eingeschränktes Dasein. In den Fächern Physik, Geographie und Geologie wurden immerhin klimatologische Lehrveranstaltungen angeboten. Der Geograph Fritz Nussbaum befasste sich mit Fragen der eiszeitlichen Gletscherdynamik. Der Botaniker und Pollenanalytiker Walther Rytz beschäftigte sich mit dem Klima der Interglaziale. Ein Neueinstieg im grösseren Stil erfolgte erst wieder durch die Arbeiten des Pollenanalytikers Max Welten, des Physikers Hans Oeschger und des Geographen Bruno Messerli in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Sie legten den eigentlichen Grundstein zu einem neuen Schwerpunkt der Klimaforschung an unserer Universität, der sich in der Gegenwart in Form der Aktivitäten des Oeschger Zentrums für Klimaforschung manifestiert.

## Literatur

- BALMER H. (1993) Rudolf Wolf in Bern. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 138/4, 241–256.
- BRÜCKNER, E. (1890). Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Pencks Geographische Abhandlungen IV.2, 153–324.
- BRÜCKNER, E. (1895). Der Einfluss der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa. Geographische Zeitschrift, Band 1.
- BRÜCKNER, E. (1900). Die schweizerische Landschaft einst und jetzt. Rektoratsrede 18. Nov. 1899. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern 1898–1899, 121–146.
- BRÜCKNER, E. (1902). Zur Frage der 35-jährigen Klimaschwankungen. Petermann's Mitteilungen.
- CAMUFFO, D. & BERTOLIN, C. (2012) The earliest temperature observations in the world: the Medici Network (1654–1670). Climatic Change 111 (2), 335–363.
- DOVE, H. W. (1867) Über Eiszeit, Föhn und Scirocco. Verlag Dietrich Reimer, Berlin, 116 S.

- DOVE, H. W. (1868) Der schweizer Föhn. Nachtrag zu Eiszeit, Föhn und Scirocco. Verlag Dietrich Reimer, Berlin, 34 S.
- GIMMI, U., LUTERBACHER, J., PFISTER, C. & WANNER, H. (2006) A method to reconstruct long precipitation series using systematic descriptive observations in weather diaries: the example of the precipitation series for Bern, Switzerland (1760–2003). *Theoretical and Applied Climatology* 87, 185–199.
- KNOWLES MIDDLETON, W. E., 1969. Invention of the Meteorological Instruments. The John Hopkins Press, Baltimore, 362 S.
- KOBOLD, F., 1983. Von den Anfängen der schweizerischen Landesvermessung. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 81, Heft 9, 301–311.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909). Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bände, C.H. Tauchnitz, Leipzig, 1199 S.
- PFISTER, C. (1975) Agrarkonjunktur und Witterungsverlauf im westlichen Schweizer Mittelland zur Zeit der Ökonomischen Patrioten 1755–1797. Lang, Bern, 229 S.
- PFISTER L. ET AL. (2019) Early instrumental meteorological measurements in Switzerland. *Climate of the Past* 15, 1345–1361.
- RICHNER, H. & HÄCHLER, P. (2013) Understanding and Forecasting Alpine Foehn. In: F.K. Chow, S.F.J. De Wekker und B. Snyder (eds.). *Mountain Research and Forecasting*. Springer Atmospheric Sciences, 219–260.
- SCHLÜCHTER, C., AKÇAR, N. & IVY-OCHS, S. (2021). The Quaternary Period in Switzerland. In: Reyard E. (ed.). *Landscapes and Landforms in Switzerland*. Springer Nature Switzerland, 47–70.
- STEHR, N. & VON STORCH, H. (Hrsg., 2000). *Eduard Brückner – The Sources and Consequences of Climate Change and Climate Variability in Historical Times*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 338 S.
- STEINACKER, R. (2006) Alpiner Föhn eine neue Strophe zu einem alten Lied. *Promet* 32 (1/2), 3–10.
- TRECHSEL, F., 1850. Johann Friedrich Trechsel. Nekrolog. *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 35, 157–169.
- VERDUN, A., 2004. Die alte Sternwarte Bern (182–1876): der Koordinaten-Ursprung der schweizerischen Landesvermessung. *Cartographica Helvetica* 29–30, 35–42.
- WILD, H. (1864) Bericht der meteorologischen Zentralstation in Bern vom Jahr 1863. Stadtbibliothek Bern.
- WILD, H. (1866) Die selbstregistrierenden meteorologischen Instrumente der Sternwarte in Bern. Extraabdruck aus Carl's Repertorium Band II, 41 S.
- WILD, H. (1868 a) Über Föhn und Eiszeit, Rektoratsrede, gehalten den 15. Nov. 1867, Bern.
- WILD, H. (1868 b) Der Schweizer Föhn. Entgegnung auf Dove's gleichnamige Schrift. Verlag Jent und Reinert, Bern, 90 S.
- WOLF, J. R. (1852) Neue Untersuchungen über die Periode der Sonnenflecken und ihre Bedeutung. *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 249–270.
- WOLF, R. (1855). Über den Ozongehalt der Luft, und seinen Zusammenhang mit der Mortalität. *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 57–77.

## Dank

Der Verfasser dankt PD Dr. Andreas Verdun für die Korrekturlesung sowie für die Überlassung der Abbildungen 1 und 5, und Tamara Baumann für die graphische Aufbereitung von Figuren.

## Heinz Wanner



promovierte mit einer Arbeit zur Nebeldynamik und Nebelanalyse im Schweizer Mittelland. Er befasste sich zuerst mit alpiner Klimatologie, Stadtklimatologie und Luftverschmutzung. Danach wandte er sich der Paläoklimatologie zu und forschte zu Fragen der regionalen und globalen Energiebilanz und Zirkulation sowie deren Einfluss auf die Gesellschaft. Heinz Wanner war von 1988 bis 2010 Professor am Geographischen Institut der Universität Bern sowie Gründungspräsident des Oeschger-Zentrums für Klimaforschung.

Kontakt: [Heinz.Wanner@unibe.ch](mailto:Heinz.Wanner@unibe.ch)

# Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels

Gletscher sind die Botschafter des Klimawandels. Ihr Rückgang, in der Schweiz und weltweit, hat schwerwiegende Konsequenzen für den Wasserkreislauf und den Anstieg des Meeresspiegels. Die Vermessung von Gletschern mit verschiedenen Methoden dokumentiert die immer schnellere Schmelze, die bislang im Extremjahr 2022 kulminierte. Die künftige Entwicklung von Gletschern kann mit Berechnungsverfahren erforscht werden, welche die Prozesse auf und im «ewigen» Eis mathematisch beschreiben. Solche Simulationen erlauben es, die gewaltigen Veränderungen zu verstehen und uns auf eine Welt ohne Gletscher vorzubereiten.

## Autor

Matthias Huss<sup>1,2,3</sup>

Die Entwicklung von Gletschern in Raum und Zeit bestimmt das Landschaftsbild von Gebirgsregionen massgeblich, nicht nur in den Schweizer Alpen. Es ist heute schwer vorstellbar, dass die eindrucklichen Gletscher an den Flanken der höchsten Gipfel bald nicht mehr existieren könnten. Im Zuge der globalen Klimakrise stellt der Rückgang von Gebirgsgletschern, sowie der beiden riesigen Eisschilde in Grönland und der Antarktis, die Menschheit vor zunehmend ernsthafte Probleme. Gletscher regulieren einerseits den Wasserkreislauf in vielen Regionen der Erde, indem sie Wasser in kalten und feuchten Perioden speichern, und es während warmen und trockenen Phasen wieder frei-

geben. Mit einem Verschwinden des Eises wird dieser Effekt zum Teil wegfallen und zu Wasserknappheit und Dürren führen. Andererseits trägt Schmelze von Gletschereis zum Anstieg des Meeresspiegels bei und betrifft daher direkt oder indirekt Milliarden von Menschen in Küstennähe. Daneben ergeben sich auch neue Bedrohungen für das Leben im Gebirge durch Naturgefahren, die durch den Gletscherrückzug begünstigt werden, wie zum Beispiel Berg- und Eisstürze, oder Hochwasser durch Ausbrüche von Gletscherseen. Nicht zuletzt stellen Gletscher eine wichtige Ressource für den Tourismus dar und werden als Sinnbild für eine intakte Bergwelt wahrgenommen. Das «Grosse Schmelzen» macht die Veränderun-

1 Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf, Schweiz

2 Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Zürich, Schweiz

3 Departement für Geowissenschaften, Universität Freiburg, Freiburg, Schweiz

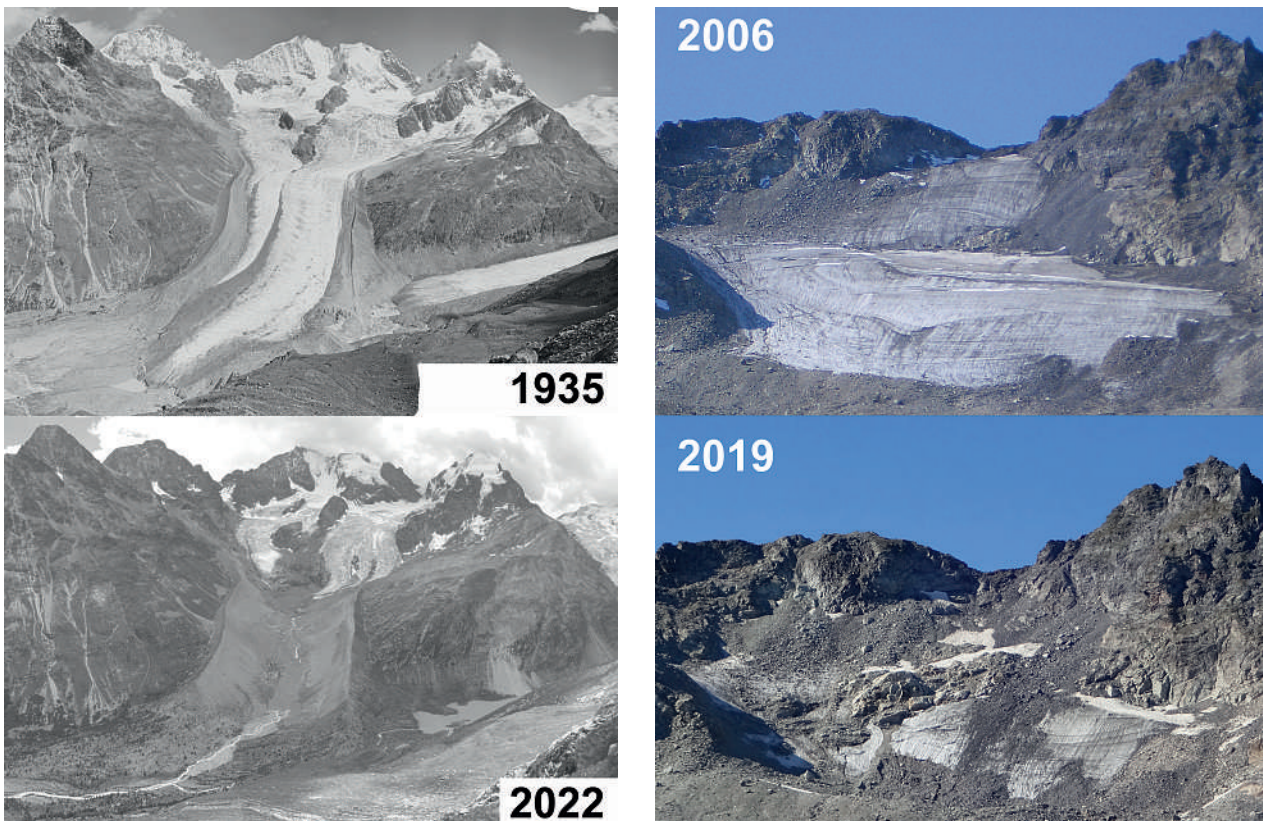
gen im globalen Klimasystem und seine Auswirkungen für jede und jeden anschaulich. Deshalb kommt Gletschern eine grosse Bedeutung das oft schwer greifbare und komplexe Thema des Klimawandels zu verdeutlichen.

Seit 1850, also ungefähr seit Beginn der Industrialisierung, haben die Gletscher in den Alpen rund zwei Drittel ihres Volumens eingebüsst (ZEMP ET AL., 2006). Dieser massive Rückgang ging mit einem Anstieg der globalen Lufttemperaturen von rund einem Grad einher. Er kann zum allergrössten Teil auf den menschlichen Einfluss aufs globale Klima durch stetig zunehmende Treibhausgas-Emissionen zurückgeführt werden (MARZEION ET AL., 2014). Die eindrücklichen Gletscherzungen reichen deshalb heute viel weniger weit ins Tal als zu den Zeiten unserer Grosseltern, und tausende kleiner Gletscher sind schon ganz verschwunden

(Abb. 1). Die erwartete Erwärmung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird weitreichende Auswirkungen auf die Gletscher haben, und könnte ihnen in der Schweiz fast komplett den Garaus machen (ZEKOLLARI ET AL., 2019).

### Gletscher-Vermessung

Seit über 100 Jahren werden in der Schweiz, aber auch in anderen Ländern, koordinierte Messungen auf Gletschern durchgeführt (GLAMOS, 1881–2022; ZEMP ET AL., 2015). Schon damals hat das Eis die Forscher fasziniert. Dennoch ist die Glaziologie eine relativ junge Wissenschaft und noch nicht alle Abläufe und Zusammenhänge der dynamischen Reaktion der Gletscher auf die Veränderung des Klimas sind verstanden. Langfristige Daten haben daher einen immensen Wert zur Dokumentation des Gletscherrückgangs.



**Abb. 1:** Vergleichsbilder dokumentieren den Gletscher-Rückgang eindrücklich. Links: Vadret da Tschierva, 1935–2022. Rechts: Pizolgletscher, 2006–2019.

Foto: swisstopo, L. Hösli, G. Carcanade, M. Huss, VAW-ETHZ

**Abb. 2: Mess-Pegel zur Bestimmung der Schmelze. An dieser Stelle auf dem Konkordia-platz, inmitten des Grossen Aletsch-gletschers, sind im Sommer 2022 über 6 Meter Eis abgeschmolzen, wie durch Höhe der Stange illustriert wird.**

Foto: M. Huss



In der Schweiz ist das Messprogramm GLAMOS (Glacier Monitoring Switzerland) verantwortlich für die Aufnahme, Auswertung und Archivierung verschiedener glaziologischer Variablen. So werden insgesamt über 100 Gletscher jährlich mit verschiedenen Methoden vermessen. Auf einigen Gletschern wird die sogenannte Massenbilanz mit direkten Messungen der Schneehöhe und der Eisschmelze bestimmt. Dazu werden verteilt auf der ganzen Gletscheroberfläche Mess-Pegel ins Eis gebohrt, an denen sich der lokale Gewinn oder Verlust über ein Jahr ablesen lässt (Abb. 2). Hochgerechnet auf den ganzen Gletscher zeigen diese aufwändigen Messungen, wie sich seine Masse als sofortige Reaktion auf die Klimabedingungen im Einzeljahr ändert.

Die Position der Zunge wird an zahlreichen Gletschern seit über einem Jahrhundert bestimmt. Daraus lässt sich die Veränderung der Gletscherlänge berechnen. Diese Messungen sind zwar einfach zu erheben, doch zeigen sie keine unmittelbare Reaktion auf die vorherrschenden Klimabedingungen. Steigt die Lufttemperatur an, oder nimmt der Niederschlag in Form von Schnee ab, beginnt sich die Gletscherzunge erst mit einer Verzögerung von Jahren bis Jahrzehnten zurückzuziehen. Während grosse, dicke Gletscher lange Reaktionszeiten haben und sich somit gleichmässig zurückbilden, können kleinere, steilere und dünnere Gletscher teils auf kurze Perioden mit günstigerem Klima reagieren und wieder leicht vorstossen (Abb. 3). Grundsätzlich versuchen

Gletscher durch ihren Rückgang ein neues Gleichgewicht mit dem Klima auf einer grösseren Höhe zu erreichen. Ob ein solches Gleichgewicht erreicht werden kann, oder ob das Eis ganz verschwindet, wird durch die Höhe der Bergkette, sowie den Betrag der Klimaänderung bestimmt.

Die direkt auf dem Gletscher vorgenommenen Messungen der Massenbilanz und der Längenänderung werden durch Daten ergänzt, die mit Fernerkundung erhoben werden, also auf Luft- oder Satellitenbildern basieren. Auf solchen lässt sich beispielsweise die Fläche sämtlicher Gletscher zu einem gewissen Zeitpunkt kartieren. So ist bekannt, dass in der Schweiz aktuell eine Fläche von 961 km<sup>2</sup>, also gut 2% der Landesfläche mit Eis bedeckt ist (LINSBAUER ET AL., 2021). Es ist ebenfalls möglich, die Höhe der Eisoberfläche mit grosser Präzision aus dem Weltall zu bestimmen (HUGONNET ET AL., 2021). Damit kann berechnet werden, wie viel Gletschervolumen in einer mehrjährigen Zeitperiode insgesamt abgeschmolzen ist. Eine Kombination der verschiedenen Datentypen eröffnet in der Wissenschaft neue Perspektiven.

## Extremjahr 2022

Während die Gletscherschmelze seit Beginn des 21. Jahrhunderts immer wieder durch neue Rekorde in die Schlagzeilen kam, stellte das Jahr 2022 Vieles auf den Kopf, was man bisher in der Alpen Glaziologie gesehen hat. Es definierte die Randbedingungen neu. Das Jahr 2022 kristallisierte sich schon früh als der «perfekte Sturm» für die Gletscher heraus. Es begann mit einem Winter, der vor allem auf der Alpensüdseite durch grosse Trockenheit und im Gebirge daher durch sehr wenig Schnee geprägt war. Zudem brachten Südwestwinde wiederholt grosse Mengen an Saharastaub in die Alpen, welche sich auf der dünnen Schneedecke absetzten. Dieser in dreckigem Rot-Gelb verfärbte Schnee nimmt mehr Sonnenenergie auf und schmilzt so deutlich schneller (RÉVEILLET ET AL., 2022). Schliesslich begannen die Hitzewellen schon im Mai das Geschehen zu bestimmen und die hohen Temperaturen mit fast immer

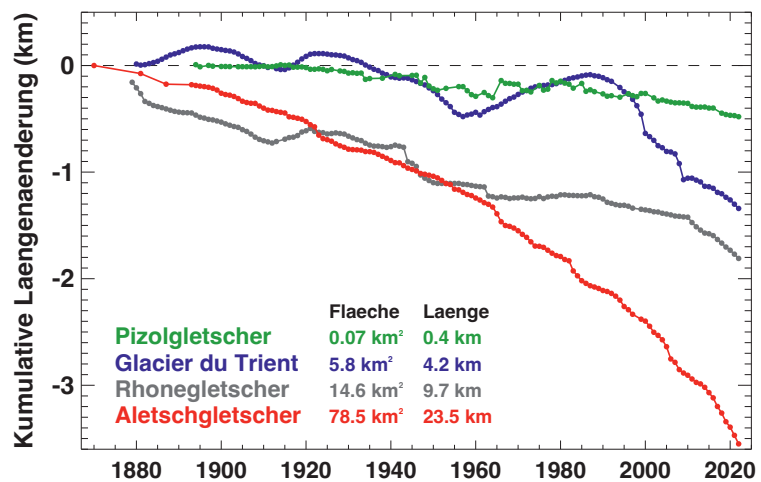


Abb. 3: Gemessener Rückgang der Gletscherzunge für vier Schweizer Gletscher seit Beginn der Messungen um 1880 (GLAMOS, 1881–2022).

schönem Wetter hielten bis in den September an. Durch die Kombination dieser drei Faktoren fegte der Sturm mit voller Wucht über die Gletscher und führte zu bislang nie dagewesenen Eisverlusten, die bis zu diesem Zeitpunkt kaum vorstellbar waren. In der Schweiz gingen rund 6% des noch verbleibenden Eisvolumens verloren – in einem einzigen Jahr (Abb. 4). Der bisherige Maximalwert von knapp 4% Verlust aus

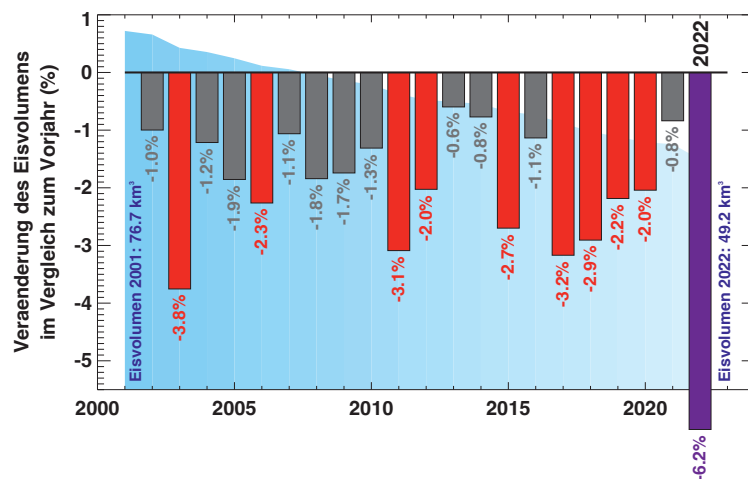


Abb. 4: Prozentualer Verlust an Gletschervolumen in der Schweiz in jedem Jahr zwischen 2000 und 2022. Die Daten basieren auf Messungen von 20 Gletschern, die auf die ganze Schweiz hochgerechnet wurden (GLAMOS, 2022).

dem Jahr 2003 wurde massiv übertroffen (GLAMOS, 2022).

Mit der Rekord-Schmelze aber nicht genug: Gletscherkatastrophen wie der Eisabbruch an der Marmolada in den Dolomiten hielten uns in Atem. Am Sonntag, den 3. Juli 2022, löste sich dort unvermittelt eine Lawine aus Eis und Geröll und verschüttete elf Bergsteiger, die sich im Aufstieg zum Gipfel befanden. Das Ereignis kam völlig unerwartet. Noch nie zuvor war an dieser Stelle ein solcher Abbruch beobachtet worden. Auf den ersten Blick zeigt sich der Gletscher, in welchem das Unglück seinen Ursprung fand, tatsächlich als eher zahm – ein kleiner Rest aus altem Eis, welcher nach dem Zurückweichen des einstmaligen grossen Marmolada-Gletschers übriggeblieben ist. Das Bild nach Abbruch ist schockierend: Fast, wie wenn eine Bombe eingeschlagen hätte, ist das Eis gespalten. Die Eismasse hat die Haftung am Untergrund verloren, hat auf einen Schlag ihre ehemals stabile Position verlassen und ist als Ganzes abgeglitten. Grund dafür dürfte eine an der Oberfläche kaum sichtbare, mit Schmelzwasser gefüllte Spalte gewesen sein, welche sich quer durch den Gletscher zog. Durch das Wasser erhöhte sich der Druck hinter dieser immer weiter, bis die Stabilitätsgrenze erreicht wurde. Dass die Katastrophe zu einem Zeitpunkt passierte, als viele Menschen am Berg unterwegs waren, ist äusserst unglücklich. Aber vielleicht ist es symptomatisch für die heutige Zeit, in der die Natur immer intensiver als Erholungsraum genutzt wird, und sich der Mensch im Zuge davon auch – teils unbewusst – grösseren Risiken aussetzt.

Brechen Gletscher einfach auseinander in der aktuellen Klimakrise? Müssen wir uns an solche Ereignisse gewöhnen? Ja und Nein. Die Hitze allein ist nur selten für eine Gletscher-Katastrophe verantwortlich. Auch schon vor einem Jahrhundert gab es gewaltige Eisabbrüche und Gletscherfluten, die in einigen Fällen viele Todesopfer gefordert haben. Das passierte damals bei komplett anderen Klimaverhältnissen, teils als die Gletscher noch in einer Wachstumsphase waren. Heute brechen Gletscher an Stellen ab, die bislang nicht als gefährlich galten. Obwohl es neuste Technologie heutzutage

erlaubt, Gefahrenstellen hochpräzise zu beobachten und aufgrund dieser Daten sogar recht verlässliche Vorhersagen zum Zeitpunkt einer Eislawine zu machen, bringt das alles nichts, solange man nicht weiss, wohin man die Augen oder die Sensoren richten muss. Der Klimawandel verändert das Gesicht der Alpen mit einer Geschwindigkeit, die wir bislang nicht gekannt haben. Das überfordert unsere Vorstellungskraft und unsere Anpassungsfähigkeit. Durch das Schmelzen der Gletscher und das Auftauen des Permafrosts, der als Kit für steile Felswände enorm wichtig ist, entstehen ständig und überall neue Situationen. Nur die wenigsten davon sind tatsächlich gefährlich. In einigen Fällen bewirkt das komplette Verschwinden des Eises sogar eine Entspannung und eine längerfristige Stabilisierung. Aber nur schon eine Handvoll unbekannter und unerwarteter Gefahrenstellen können eine grosse Herausforderung für das Leben in Talschaften, sowie für die touristische Nutzung des Gebirges sein. Die Unsicherheit darüber, wo wir uns in Sicherheit wähen können und wo nicht, nimmt zu.

### **Berechnung der künftigen Gletscher-Entwicklung**

Während Gletscherschmelze in der Vergangenheit direkt beobachtet werden kann, ist die Anwendung von Berechnungs-Modellen unumgänglich, um ihre zukünftige Entwicklung zu erforschen und um physikalische Zusammenhänge und verstärkende Mechanismen zu verstehen. Solche mathematischen Verfahren beschreiben die Auswirkungen der Änderungen von z.B. Temperatur, Niederschlag oder Sonneneinstrahlung auf die Schneemenge auf dem Gletscher und die Schmelze von Schnee und Eis. Andererseits wird der durch das Fliessen des Eises beeinflusste Rückgang der Gletscherzunge als verzögerte Reaktion auf den Klimawandel berechnet.

Zukunftsprognosen für Gletscher werden durch regionale oder globale Klimamodelle angetrieben. Diese liefern unter anderem Daten zur Entwicklung von Temperatur und Niederschlag im 21. Jahrhundert aufgrund von Annahmen zu verändertem CO<sub>2</sub>-Aus-



**Abb. 5: Berechneter Rückgang des Grossen Aletschgletschers während des 21. Jahrhunderts. Links: aktuelle Ausdehnung. Mitte: berechnete Ausdehnung um 2100 für ein Szenario ohne Klimaschutz. Rechts: berechnete Ausdehnung um 2100 für ein Szenario mit starkem Klimaschutz (Graphik modifiziert nach Jouvét & Huss, 2019).**

stoss und den daraus entstehenden Reaktionen im globalen Klimasystem. Heute existiert eine Vielzahl von Klimamodellen, deren Resultate eindeutig auf eine auch in Zukunft schnell voranschreitende, markante Erwärmung der Atmosphäre hindeuten (IPCC, 2019). Die Beschreibung der vielschichtig zusammenhängenden, klimatischen Prozesse ist jedoch äusserst komplex. Deshalb unterscheiden sich die einzelnen Klimamodelle bezüglich der erwarteten Erwärmung. Die wichtigste Unsicherheit betrifft jedoch die künftigen Emissionen von Treibhausgasen. Diese hängen von der Entwicklung der verfügbaren Technologien, den globalen politischen Strategien zur Eindämmung der Klimakrise, sowie den Entscheidungen und Möglichkeiten jedes einzelnen von uns ab. Um die Veränderung von Gletschern im 21. Jahrhundert zu analysieren, müssen daher Berechnungen, basierend auf verschiedenen Szenarien, durchgeführt werden.

Abb. 5 zeigt exemplarisch die berechnete Entwicklung des Aletschgletschers, des grössten Gletschers der Alpen, für zwei mögliche Entwicklungen des Klimas. Es wurde ein Szenario betrachtet, das keinerlei Massnahmen zum Klimaschutz annimmt. Das andere Szenario entspricht einer vollständigen und vor allem weltweiten Umsetzung der Versprechen, welche die Staatengemeinschaft anlässlich des Pariser Klimaabkommens im Jahr 2015 gemacht

hat. Demnach müsste die Menschheit spätestens ab 2060 CO<sub>2</sub>-neutral leben. Welches der beiden Szenarien eintritt, lässt sich heute noch nicht sagen. In den letzten Jahrzehnten änderte das Klima tendenziell gemäss der Entwicklung, welche von fehlendem Klimaschutz ausgeht. In vielen Regierungen hat nun aber ein Umdenken stattgefunden, und ehrgeizige Ziele zur Eindämmung der Emissionen wurden gesetzt, so dass die günstigste Entwicklung mit sehr grossen Anstrengungen und sofortigem Handeln weiterhin erreicht werden könnte.

Gemäss den Resultaten des detaillierten Berechnungs-Modells wird der Aletschgletscher bis zum Ende dieses Jahrhunderts zwischen 60% und 95% seines heutigen Volumens verloren haben. Während bis 2050 der Gletscherrückgang noch einigermaßen gemächlich vor sich geht, ist eine deutliche Beschleunigung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu erwarten. Mehrere eindrucksvolle Gletscherseen könnten im tief eingeschnittenen Tal unter dem Eis zum Vorschein kommen und den Rückgang noch weiter beschleunigen. Das Gletscher-Modell zeigt klar: Der Grosse Aletschgletscher wird sich auch im Falle der günstigsten, annehmbaren Klimaentwicklung in den nächsten Jahrzehnten deutlich zurückbilden. Einerseits erklärt sich dies damit, dass auch mit schneller Reduktion der Treibhausgas-Emissionen die globalen Temperaturen weiter steigen und sich erst gegen Ende des



Jahrhunderts stabilisieren. Andererseits hat der Aletschgletscher eine sehr lange Reaktionszeit – seine Ausdehnung entspricht dem Klima von vor rund 50 Jahren. Selbst wenn sich die Temperaturen ab dem heutigen Tag nicht mehr ändern, wird sich die Gletscherzunge um über 6 Kilometer zurückziehen (JOUVET & HUSS, 2019). Um den Grossen Aletschgletscher in seiner aktuellen Form zu bewahren, hätte man schon in einer Zeit handeln müssen, als noch niemand vom Klimawandel sprach. Trotzdem macht Klimaschutz einen wichtigen Unterschied, auch für den Aletschgletscher: Ohne Anstrengungen zur Reduktion der Emissionen verschwindet das Gletschereis bis auf ein paar kümmerliche Reste vollständig. Beim Jungfraujoch stünde man auf dem Trockenen. Mit umfassendem Klimaschutz hingegen, verbleibt ein beträchtliches Eisvolumen in hohen Lagen. Die Gletscher würden auch im Jahr 2100 noch am Konkordiaplatz zusammenfliessen (Abb. 5). Wenn dieses Szenario eintritt, könnten also auch

unsere Enkel noch ansehnliche Gletscher in den Alpen bewundern.

### Die Gletscherschmelze aufhalten?

Angesichts des massiven und auch durch ehrgeizigen Klimaschutz nur zu einem gewissen Teil aufhaltbaren Gletscherschwundes, kommt immer wieder die Frage auf, ob man die Schmelze künstlich reduzieren kann. Dieses Thema findet vielleicht daher grosse Resonanz, da es ein gutes Gefühl gibt, mit ganz konkreten Massnahmen gegen die deutlich sichtbaren Auswirkungen der Klimakrise anzukämpfen. Hier werden zwei Fälle beleuchtet, wie ingenieurstechnische Methoden zur Eindämmung der Eisschmelze eingesetzt werden, und was diese bewirken können.

Seit über einem Jahrzehnt haben mehr als ein Dutzend Gletscher-Skigebiete in allen Alpenländern die Abdeckung des Eises mit weissen Tüchern, sogenannten Geotextilien, im Programm. Diese Methode hat sich

**Abb. 6: Effekt der Gletscher-Abdeckung mit weissem Fleece am Beispiel des Rhonegletschers, Schweiz. Innerhalb des letzten Jahres wurde diese Mächtigkeit an Eis-Schmelze verhindert.**

Foto: M. Huss



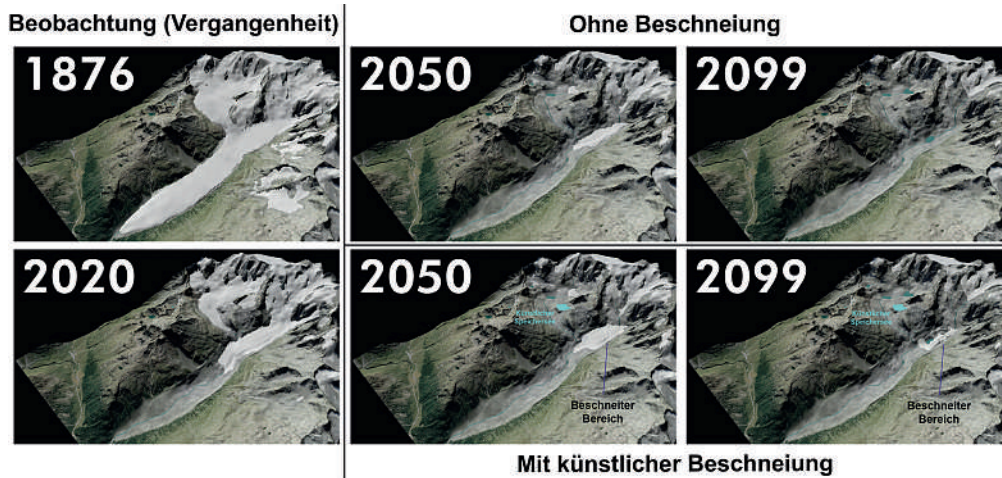


Abb. 7: Rückgang des Morteratschgletschers mit und ohne Implementierung des Projekts zur künstlichen Beschneigung eines Bereiches auf der Gletscherzunge (OERLEMANS ET AL., 2017). Links: beobachteter Gletscher-rückgang im letzten Jahrhundert. Rechts oben: berechnete Gletscher-Entwicklung basierend auf einem mittleren Klimaszenario. Rechts unten: berechnete Entwicklung unter Einbezug der künstlichen Schneeproduktion zum Gletscher-schutz.

Visualisierung:  
E. Mattea

als sehr effizient erwiesen, um die Schmelze lokal zur verringern. Bis zu 60% weniger Schnee und Eis schmilzt unter dem Fleece-Material, da dieses die Sonnenstrahlung zurückreflektiert und warme Winde abhält (OLEFS & FISCHER, 2008). Wenn das Fleece im Frühsommer platziert und im Herbst vor dem ersten Schneefall wieder eingerollt wird, kann teils sogar lokal Gletschermasse aufgebaut werden. Noch effizienter ist die Gletscher-Abdeckung in tieferen Lagen, wo ohne Schutz besonders viel Eis schmilzt. Auf dem Rhonegletscher wird seit 2009 eine touristische Eisgrotte mit dieser Methode am Leben gehalten. Pro Jahr können unter der Abdeckung bis zu 4 Meter Eis «gerettet» werden (Abb. 6). Eine Hochrechnung auf die ganze Schweiz zeigt allerdings, dass mit der ganzen aktuell künstlich abgedeckten Gletscherfläche gerade einmal rund 0.03% des jährlichen Eisverlustes verhindert werden (HUSS ET AL., 2021). Obwohl die Gletscher-Abdeckung also lokal gut funktioniert und sich für Skigebiete durchaus lohnen kann, ist der Effekt auf der Skala ganzer Gletscher, oder gar einer Gebirgsregion, verschwindend klein. Durch eine Kombination von verschiedenen Datensätzen und Resultaten glaziologischer Modelle konnte auch gezeigt werden, dass selbst ein komplettes «Einpacken» aller Gletscher mit Fleece den Eisverlust nur verlangsamen, nicht aber aufhalten würde (HUSS ET AL., 2021). Zusätzlich wären

sowohl Kosten wie auch Umweltauswirkungen gewaltig und würden Prinzipien der Nachhaltigkeit in höchstem Mass verletzen.

Ein spektakuläres Projekt ist im Engadin in Diskussion. Der Rückgang des Morteratschgletschers, dem grössten Gletscher Graubündens, soll durch ein umfassendes System von Anlagen zur künstlichen Schneeproduktion, welche an Seilen über dem Eis hängen, verlangsamt werden (OERLEMANS ET AL., 2017). Mit dieser neuen Technologie sollen grosse Schneemengen auf einer Fläche von knapp 1 km<sup>2</sup> im Zehrgebiet des Gletschers abgelagert werden. Dies erhöht die Rückstrahlungsfähigkeit und minimiert die Schmelze. Der Fokus ist grundsätzlich anders als bei der Gletscher-Abdeckung mit Fleece in Skigebieten, wo das Eis in kleinem Massstab nur genau dort bewahrt wird, wo es besonders benötigt wird. Hier wird angestrebt, den Gletscher als Ganzes so weit als möglich zu bewahren, um seine touristische Attraktivität und die Funktion des Eises als Wasserspeicher aufrechtzuerhalten.

Um zu analysieren, welchen Effekt ein solch grossflächiger Einsatz modernster Technologie – auch als Georingeneering bezeichnet – auf die langfristige Entwicklung des Gletschers haben kann, wurde ein räumlich verteiltes Modell zur Bestimmung von Schneefall, Schmelze und Abfluss, sowie der Fließdynamik des Eises eingesetzt (HUSS ET AL., 2008). Dieses Berechnungs-

Verfahren wurde mit verschiedenen Messdaten geeicht, die einen Zeitraum von mehr als einem Jahrhundert abdecken. Mit Klimaszenarien konnte dann die Entwicklung des Morteratschgletschers bis ins Jahr 2100 berechnet werden (*Abb. 7*). Die Resultate decken sich mit denen aller Talgletscher in den Alpen: Ein massiver Rückgang und ein Verlust der Eismasse mit Ausnahme unzusammenhängender, kleiner Gletscher als Überbleibsel des einst eindrücklichen Eispanzers ist zu erwarten. Bemerkenswert ist auch die gewaltige beobachtete Veränderung seit dem 19. Jahrhundert – im Vergleich zur riesigen Gletscherzunge von damals ist der Morteratsch-Gletscher schon heute nur noch ein Schatten seiner selbst.

Um den Effekt der geplanten künstlichen Schneeproduktion im Detail berücksichtigen zu können, wurde ein zusätzliches Berechnungs-Modell spezifisch für diesen Prozess erstellt. Dabei wurde einerseits berücksichtigt, wie viel Schneemasse bei optimalen Bedingungen durch die Anlage produziert werden kann, wie auch ob Wasser in ausreichender Menge und zur rechten Zeit verfügbar ist. Auch hier wurden Klimaszenarien angewendet, um die Auswirkungen veränderter Temperatur-Verhältnisse abbilden zu können. Die Resultate zeigen eindeutig, dass – unabhängig davon, ob die enormen Investitionen von rund 150 Millionen Franken (KELLER ET AL., 2021) für die Umsetzung des Projekts je aufgewendet werden könnten – der Erfolg beschränkt ist (*Abb. 7*). Zwar wird der Gletscherrückgang etwas verlangsamt und selbst im Jahr 2100 findet sich im beschneiten Bereich noch etwas Eis. Dennoch bleibt nur ein losgelöster Block Toteis zurück, bei dem man nicht mehr von einem Gletscher sprechen kann. Und auch um diesen Effekt zu erzielen, sind die Eingriffe in die intakte und momentan teils geschützte Bergwelt beträchtlich: Um Wasser für die Schneeproduktion im Winter bereitstellen zu können, müsste ein grosser, künstlicher See auf einer schwer zugänglichen Felsinsel zwischen zwei Gletschern errichtet werden (*Abb. 7*). Auch der Bau der Seile, an welchen die Schneekanonen angebracht werden, wäre eine ernstzunehmende bauliche Herausforderung (KELLER ET AL.,

2021). Beides würde die Landschaft um den Gletscher, heute ein Magnet für unzählige Touristen aus aller Welt, massgeblich und langfristig verändern.

Diese Betrachtung macht deutlich, wie schwierig die «Rettung» eines ganzen Gletschers ist, auch wenn neuste Technologie eingesetzt wird. Zudem reicht es nicht aus, einen einzelnen Gletscher zu bewahren, um die negativen Konsequenzen der Entgletscherung auf den Abfluss aufzuheben. Der Gletscherschwund kann nur durch umfassende und weltweite Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen verlangsamt werden – und dies nicht nur in den Alpen, sondern auch in Regionen, wo die Auswirkungen eines Verlustes der Gletscher noch viel dramatischer wären.

## Schlussfolgerung

Als überdimensionale Thermometer illustrieren Gletscher mit ihrem massiven Rückgang eindrücklich und eindeutig die Veränderung des Klimas – sie sind die Botschafter des Klimawandels. Die Dokumentation der Gletscherschmelze mit genauen Messdaten ist zentral, um das Verhalten des «ewigen» Eises in der Klimakrise verstehen zu können und ihre künftige Veränderung, wie auch die vielschichtigen Auswirkungen des Eisverlustes, bestimmen zu können. In den Alpen, wie auch weltweit, zeichnet sich ein düsteres Bild für die Zukunft: Eine weitere Beschleunigung der Schmelze ist zu erwarten, sogar, wenn weitreichende Massnahmen zum Klimaschutz sofort umgesetzt werden. Dennoch könnte mit einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen ein Teil des Gletschervolumens erhalten werden, was die Auswirkungen abschwächen würde. Lokale Massnahmen zur Reduktion der Gletscherschmelze, zum Beispiel mit weissen Tüchern, funktionieren. Allerdings sind sie nicht skalierbar auf ganze Gletscher oder gar Gebirgszüge.

## Referenzen

- GLAMOS (1881–2022). The Swiss Glaciers 1880-2020/21, Glaciological Reports No 1–142, Yearbooks of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences (SCNAT), published since 1964 by VAW / ETH Zurich, doi:10.18752/glrep\_series.
- HUGONNET, R., McNABB, R., BERTHIER, E., MENOUNOS, B., NUTH, C., GIROD, L., FARINOTTI, D., HUSS, M., DUSSAILLANT, I., BRUN, F. & KÄÄB, A. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*, 592(7856), 726–731.
- HUSS, M., SCHWYN, U., BAUDER, A. and FARINOTTI, D. (2021a). Quantifying the overall effect of artificial glacier melt reduction in Switzerland, 2005–2019. *Cold Regions Science and Technology*, 184, 103237.
- HUSS, M., FARINOTTI, D., BAUDER, A. and FUNK, M. (2008). Modelling runoff from highly glacierized alpine drainage basins in a changing climate. *Hydrological Processes*, 22(19), 3888–3902.
- IPCC (2019): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. H.-O. PÖRTNER, D.C. ROBERTS, V. MASSON-DELMOTTE, P. ZHAI, M. TIGNOR, E. POLOCZANSKA, K. MINTENBECK, A. ALEGRÍA, M. NICOLAI, A. OKEM, J. PETZOLD, B. RAMA and N.M. WEYER (eds.).
- JOUVET, G., & HUSS, M. (2019). Future retreat of Great Aletsch Glacier. *Journal of Glaciology*, 65(253), 869–872.
- KELLER, F., MÜLLER, D., LEVY, C. & SEUPEL, C. (2021). Vorstudie Gletscherschutzprojekt MortAlive. [https://mortalive.ch/downloads/Schlussbericht\\_MortAlive.pdf](https://mortalive.ch/downloads/Schlussbericht_MortAlive.pdf)
- LINSBAUER, A., HUSS, M., HODEL, E., BAUDER, A., FISCHER, M., WEIDMANN, Y. and BAERTSCHI, H. (2021). The new Swiss Glacier Inventory SGI2016: From a topographic to a glaciological dataset. *Frontiers in Earth Science*, 9, 774.
- MARZEION, B., COGLEY, J. G., RICHTER, K., & PARKES, D. (2014). Attribution of global glacier mass loss to anthropogenic and natural causes. *Science*, 345(6199), 919–921.
- ORLEMANS, J., HAAG, M., & KELLER, F. (2017). Slowing down the retreat of the Morteratsch glacier, Switzerland, by artificially produced summer snow: a feasibility study. *Climatic Change*, 145(1–2), 189–203.
- OLEFS, M., & FISCHER, A. (2008). Comparative study of technical measures to reduce snow and ice ablation in Alpine glacier ski resorts. *Cold regions science and technology*, 52(3), 371–384.
- RÉVEILLET, M., DUMONT, M., GASCOIN, S., ET AL. (2022) Black carbon and dust alter the response of mountain snow cover under climate change. *Nat Commun* 13, 5279.
- ZEKOLLARI, H., HUSS, M., & FARINOTTI, D. (2019). Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble. *The Cryosphere*, 13(4), 1125–1146.
- ZEMP, M., HAEBERLI, W., HOELZLE, M., & PAUL, F. (2006). Alpine glaciers to disappear within decades? *Geophysical Research Letters*, 33(13).
- ZEMP, M., FREY, H., GÄRTNER-ROER, I., NUSSBAUMER, S. U., HOELZLE, M., PAUL, F., ... & BAJRACHARYA, S. (2015). Historically unprecedented global glacier decline in the early 21st century. *Journal of Glaciology*, 61(228), 745–762.

### Matthias Huss



ist Glaziologe an der ETH Zürich, der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, und der Universität Freiburg. Seit 2016 leitet er das Schweizer Gletschermessnetz (GLAMOS). Er beschäftigt sich mit der Messung und der Berechnung der Gletscher-Veränderung auf der lokalen bis hin zur globalen Skala.

# Auswirkungen des Klimawandels auf Insekten

## Autor

Beat Wermelinger

Dieser Beitrag gibt eine Darstellung von bereits beobachteten und künftig zu erwartenden Auswirkungen der sich verändernden Klimabedingungen auf die Biologie und Lebensweise von Insekten. Anhand von Beispielen aus der europäischen Forschung und mit einem Schwerpunkt auf in der Schweiz heimischen Waldinsekten werden die wichtigsten, typischerweise für Insekten in terrestrischen Ökosystemen geltenden Effekte dargestellt.

## 1. Relevante Klimafaktoren

Die ansteigenden Temperaturen sind der offensichtlichste Aspekt des Klimawandels. Der Temperaturdurchschnitt nahm in der Schweiz im 20. Jahrhundert kontinuierlich zu, mit einem deutlich stärkeren Anstieg ab 1980 (*Abb. 1A*). Die letzten 10 Jahre waren im Mittel 2.4 °C wärmer als der vorindustrielle Durchschnitt (METEOSCHWEIZ 2023). Die Anzahl Frosttage (mit Minimaltemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts) und die Kälteperioden im Winter haben abgenommen, und die Nullgradgrenze in den Bergen ist angestiegen (BAFU 2020). Projektionen in die Zukunft ergeben eine Erhöhung der Sommertemperatur von 2.5–4.5 °C, je nach ergriffenen Klimaschutzmassnahmen (NCCS 2018).

Bei den Niederschlägen zeigt sich ein weniger klares Bild. Nur für die Winterniederschlagsmengen ergab sich bisher eine leichte signifikante Zunahme (BAFU 2020). In

Zukunft sind aber mehr niederschlagsarme Sommer zu erwarten (NCCS 2018). Da neben den zurückgehenden Sommerniederschlägen auch die Anzahl Hitzetage im Sommer klar zunimmt (*Abb. 1B*), erhöht sich auch die Verdunstungsrate des Bodens und der Vegetation (Evapotranspiration), und der Wassermangel für Mensch, Tier und Vegetation wird sich in dieser Jahreszeit verschärfen.

Auch andere Extremereignisse wie Starkniederschläge oder Stürme werden sich verändern. Während Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlägen zugenommen haben, ist das Muster bei den Stürmen weniger klar (CH2018 2018). Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit nahm zwar eher ab, aber es gab in der letzten Zeit immer wieder Perioden mit häufigem Auftreten von starken Stürmen (z. B. 1980–2000). Dies könnte auch in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts vermehrt der Fall sein (CH2018 2018).

## 2. Direkte Wirkung höherer Temperatur auf Insekten

Insekten sind poikilotherme Organismen, das heisst, ihre Körpertemperatur und ihr ganzer Metabolismus hängen im Wesentlichen von der Umgebungstemperatur ab. Die Temperatur ist damit der wichtigste abiotische Faktor, der die Entwicklung und Fortpflanzung von Insekten steuert. Innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs verändert sich die Entwicklungsgeschwindigkeit der meisten Insekten direkt proportional zur Temperatur (Abb. 2). Die untere Begrenzung der Entwicklung ist durch den sogenannten Entwicklungsnullpunkt gegeben. Diese Temperatur bezeichnet die Schwelle, oberhalb der eine Entwicklung der unreifen Stadien überhaupt stattfinden kann. Die obere Begrenzung des linearen Bereichs entspricht in etwa der maximalen

Entwicklungsgeschwindigkeit. Steigen die Temperaturen weiter an, wird die Funktion von Proteinen und Enzymen mehr und mehr gehemmt, bis die letale Temperaturschwelle erreicht ist und das Tier stirbt. Im linearen Bereich ermöglichen höhere Temperaturen den Insekten also grundsätzlich eine schnellere Entwicklung – was das Prädatationsrisiko mindert – und häufig auch eine höhere Nachkommenproduktion, was z. B. die Anzahl Generationen pro Jahr und die Populationsgrösse erhöhen kann (Abb. 3).

Höhere Temperaturen während der Vegetationsperiode begünstigen beispielsweise das massenhafte Auftreten gewisser blatt- oder nadelfressenden Raupen wie diejenigen des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) oder der Prozessionsspinnerarten (*Thaumetopoea spp.*) (FEEMERS ET AL. 2003). Beim gut untersuchten Buchdrucker (*Ips typographus*), unseres bedeutendsten Borken-

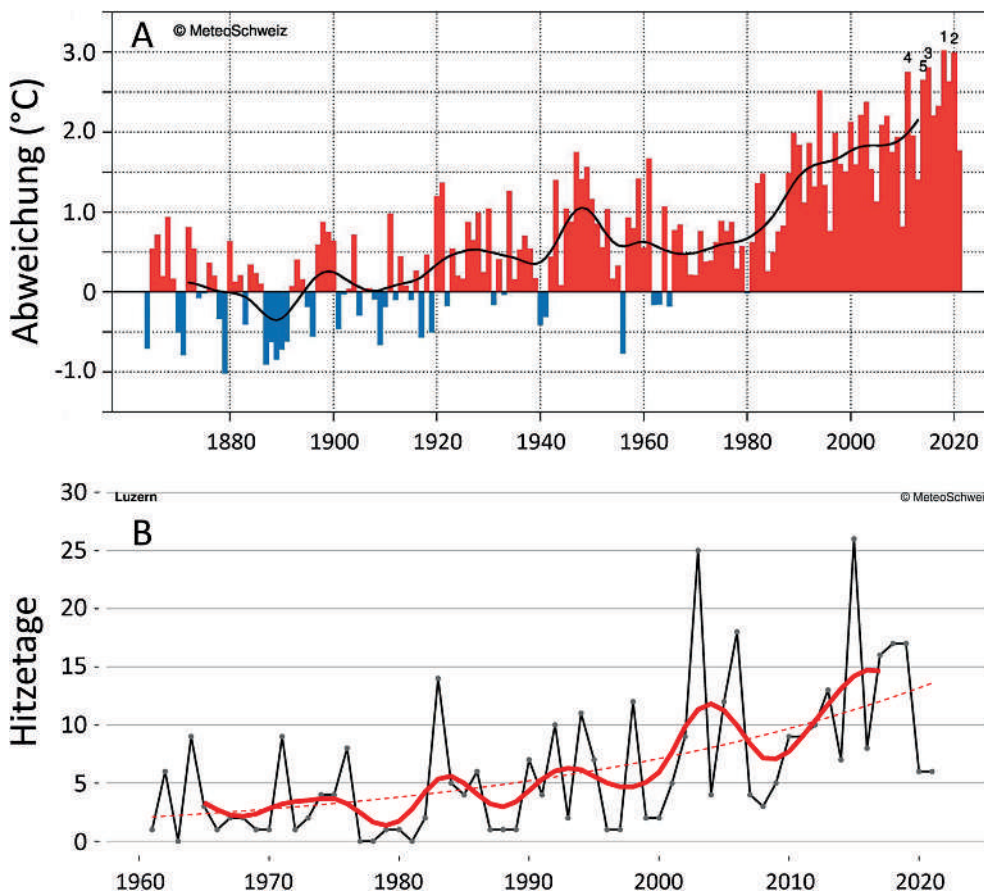
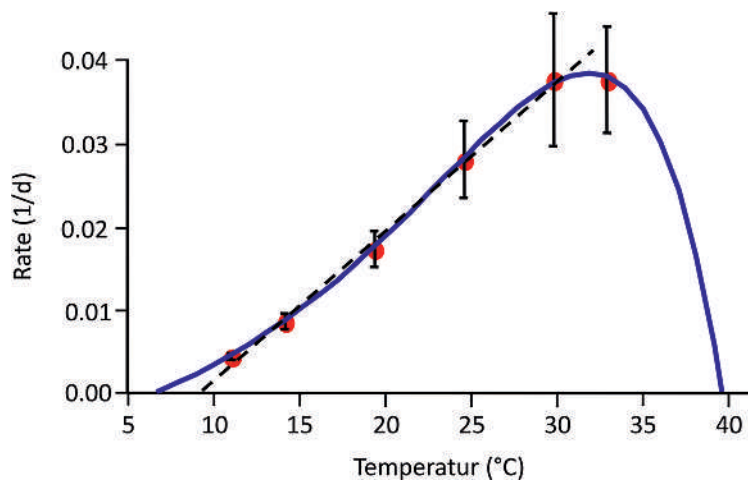


Abb. 1: A) Abweichung der durchschnittlichen Jahrestemperatur vom Durchschnitt 1871–1900 in der Schweiz; B) Anzahl Hitzetage ( $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$ ) in Luzern (METEOSCHWEIZ 2023).



**Abb. 2: Entwicklungsrate pro Tag von Eiern des Buchdruckers (*Ips typographus*) in Abhängigkeit von der Temperatur. Die gestrichelte Gerade zeigt den Bereich eines annähernd linearen Zusammenhangs zwischen Entwicklungsrate und Temperatur (nach WERMELINGER & SEIFERT 1998).**



**Abb. 3: Der wärmeliebende Hirschkäfer (*Lucanus cervus*) profitiert von den wärmeren Bedingungen und ist in den letzten Jahren wieder häufiger geworden. Er braucht für seine Larven aber auch geeignete Entwicklungssubstrate wie alte Eichen.**

Foto: B. Wermelinger

käfers, liegt der lineare Bereich der Entwicklungsrate bei rund 10–30 °C (Abb. 2). Auch seine Reproduktionsrate steigt in diesem Bereich mit der Temperatur proportional an (WERMELINGER & SEIFERT 1999).

Basierend auf dieser Temperaturabhängigkeit wurde für diesen wirtschaftlich bedeutenden Käfer ein Phänologiemodell entwickelt, das die Simulation der Entwicklung, des Schwärmflugs und der Anzahl Generationen bei verschiedenen Klimaszenarien erlaubt (JAKOBY ET AL. 2019). Das Modell zeigt, dass im Schweizer Mittelland statt der bisher üblichen zwei Generationen pro Jahr gegen Ende dieses Jahrhunderts deren drei die Regel sein werden, was zu vermehrten Befällen führen dürfte. Die aktuelle Situation der Borkenkäferentwicklung kann unter [www.borkenkaefer.ch](http://www.borkenkaefer.ch) für die gesamte Schweiz mit lokaler räumlicher Auflösung abgerufen werden. Dies gibt den Forstdienstlichen Informationen über den gegenwärtigen Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulationen und das Risiko des Befalls von lebenden Bäumen.

Höhere Temperaturen während des Winters haben auf die Entwicklung der meisten Insekten eher geringen Einfluss, da die juvenilen Stadien sich oft – ausgelöst durch die Tageslänge oder tiefe Temperaturen – in einer Überwinterungsruhephase befinden, die erst im Frühling beendet wird. Wohl aber können sich milde Wintertemperaturen auf die Überlebensraten frostempfindlicher Tiere auswirken. Die auch bei uns eingeschleppte Marmorierete Baumwanze (*Halyomorpha halys*) zum Beispiel zeigte pro Grad Temperaturerhöhung eine Reduktion der Wintermortalität um 15% (KIRITANI 2006). Auch Blattläuse werden durch milde Wintertemperaturen begünstigt und erreichen in der folgenden Saison höhere Populationsdichten (EASTAUGH 2008; OHNESORGE 1961). Ein Beispiel mit direkter Auswirkung auf den Menschen sind die gefürchteten Zecken (*Ixodes ricinus*), die zu den Spinnentieren gehören. Diese sind bei milden Temperaturen auch im Winter aktiv und können so Krankheiten auf den Menschen übertragen.

Andererseits gibt es auch umgekehrte Beispiele. So überleben in den inneralpinen Tälern bei höheren Wintertemperaturen

weniger Eier des durch seine regelmässigen Zyklen berühmten, kälteadaptierten Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana*), da sich die Energiereserven der Eier durch den erhöhten Stoffwechsel erschöpfen (BALTENSWEILER 1993; WERMELINGER 2019). Höhere Temperaturen zeitig im Frühjahr bedeuten meistens auch frühere Aktivität der überwinterten Insektenstadien. Beim Aurorafalter (*Anthocharis cardamines*) verschiebt sich der Ausflug der Falter im Frühling pro Grad höhere Temperatur um 5 Tage nach vorn (SPARKS & YATES 1997).

### 3. Temperaturextreme

Viele Insekten haben also einen grossen Bereich an tolerierten Temperaturen und können sich als Individuum oder Population gut an etwas höhere Durchschnittstemperaturen anpassen. Grössere Auswirkungen haben jedoch abrupt auftretende Temperaturextreme (oder andere Witterungsextreme), auf die Insekten kaum mit evolutiver Anpassung reagieren können. Wenn Insekten im Frühling wärmebedingt früher aktiv werden und ihren Metabolismus bereits auf «Sommerbetrieb» umgestellt haben, können Spätfröste sehr hohe Mortalität zur Folge haben. Werden beispielsweise Wespenköniginnen in der heiklen Anfangsphase der Nestbegründung durch Frost abgetötet, bleibt die Wespendichte das ganze Jahr tief, da weniger Kolonien entstehen, was im laufenden Jahr nicht mehr kompensiert werden kann. Generell können extreme Hitzewellen im Sommer zu einer Änderung der Aktivitätsmuster und erhöhter Sterblichkeit von Insekten führen.

Sehr anfällig auf Temperaturextreme sind die Wechselwirkungen innerhalb von Gemeinschaften von Insektenarten (z.B. Konkurrenz, Prädation) sowie zwischen Insekten und ihren Nahrungspflanzen, da nicht alle Ökosystempartner in gleicher Weise auf eine Temperaturveränderung reagieren (HARVEY ET AL. 2020; s. Abschnitt Wechselwirkungen). Hohe Temperaturen sind oft kombiniert mit Trockenheit, was den Ausfall der Nahrungsgrundlage bestimmter Insektenarten bedeuten kann. Witterungsextreme können so zu einem ab-

rupten Zusammenbruch oder einer Massenvermehrung bestimmter Arten führen (s. Abschnitt Sturm und Borkenkäfer).

### 4. Auswirkungen von Trockenheit

Trockenheit – oft gekoppelt mit hoher Temperatur – kann sich auf Insekten auf direkte und indirekte Art auswirken. Trockenheit kann direkte Nachteile für Entwicklung, Reproduktion und Verhalten von Insekten haben. Obwohl mit einer Wachsschicht versehen, reagieren die Entwicklungsstadien (Ei, Larve, Puppe) – insbesondere während der Häutungsphase – auf trockene Verhältnisse mit einer erhöhten Mortalität oder sogenannten Schlupfunfällen. Ebenso kann Trockenheit die Nahrungsaufnahme erschweren.

Von grösserer Bedeutung ist jedoch die indirekte Wirkung von Trockenheit, wenn sie die für Insekten relevante Nahrungsqualität von Pflanzen oder ihre Resistenz verändert. Bei leichtem Trockenstress reagieren Pflanzen mit einer höheren Konzentration von Aminosäuren und Kohlehydraten und erhöhen damit den osmotischen Druck. Dadurch sind sie in der Lage, das sinkende Wasserpotenzial im Boden zu kompensieren und genügend Wasser aufzunehmen. Für einige Insekten wie Blattläuse oder gewisse blattfressende Schmetterlingsraupen ermöglicht die erhöhte Konzentration von Nährstoffen und Energieträgern im Phloem oder Blattgewebe eine schnellere Entwicklung und erfolgreichere Fortpflanzung (KLOFT ET AL. 1985; *Abb. 4*). Dies kann der Auslöser von Massenvermehrungen solcher Arten sein.

Von Borkenkäfern ist bekannt, dass sie auf Trockenstress ihrer Wirtsbäume mit verheerenden Massenvermehrungen reagieren können (HLÁSNY ET AL. 2021). Die Fichte, die Hauptwirtsbaumart des Buchdruckers, kann bei Wassermangel nicht mehr genügend Harz zur Abwehr gegen das Eindringen dieser Borkenkäfer produzieren und wird deshalb für einen Befall attraktiver (NETHERER ET AL. 2015; WERMELINGER 2020). Die zu erwartenden höheren Temperaturen und vermehrte Trockenheit werden deshalb in Zukunft zu (noch) stärkeren Befällen von



Fichten durch Borkenkäfer führen (JAKOBY ET AL. 2016). Im Wallis liess sich zeigen, dass die Besiedlung von Waldföhren (*Pinus sylvestris*) durch Borkenkäfer, Prachtkäfer und Holzwespen stark mit dem Wasserdefizit der Vegetation zusammenhing (WERMELINGER ET AL. 2018; Abb. 5; WERMELINGER & THOMSON 2012).

### 5. Sturm und Borkenkäfer

Noch grössere Bedeutung als Trockenheit beim Auslösen von Borkenkäfer-Massenvermehrungen hatten bislang Stürme in fichtenreichen Wäldern. Die frisch geworfenen Fichten stellen ein ideales, resistenzarmes Substrat für die Besiedlung und Vermehrung von Borkenkäfern, speziell dem Buchdrucker, dar. So können die Käfer ihre Populationsdichten auf ein Niveau erhöhen, das ihnen erlaubt, auch abwehrkräftigere lebende Fichten zu besiedeln. Um diese Harzabwehr zu überwinden, braucht es eine gewisse Mindestanzahl von Käfern, die einen Baum gleichzeitig befallen und so seinen Harzvorrat erschöpfen. Auch vom Sturm geschwächte, aber noch stehen gebliebene Bäume sind attraktiv für einen Befall.

Dies lässt sich schön am Beispiel der sogenannten Käferholzmenge in der Schweiz zeigen (Abb. 6). Dies ist die Menge Fichten-

holz, die jährlich vom Buchdrucker befallen wird. Die befallenen Bäume sterben ab und werden von den Forstdiensten grösstenteils gefällt und abgeführt. Die erste Massenvermehrung in der dargestellten Erhebungsperiode ist das Resultat des Sturms Vivian im Februar 1990, die zweite Welle entwickelte sich nach dem Sturm Lothar vom Dezember 1999, deutlich akzentuiert durch den Hitzesommer 2003. Die letzte Massenvermehrung in der Schweiz ist der Trockenheit v. a. im Jahr 2018 geschuldet. Die Befälle gehen jeweils wieder zurück, wenn die Fichten einige Jahre nach dem Störungsereignis bei guter Wasserversorgung wieder vitaler werden, und durch die Regulation natürlicher Borkenkäferfeinde und die Bekämpfungsmassnahmen der Forstdienste (WERMELINGER 2020). Ökologische Störungen wie Sturm, Feuer und Borkenkäferbefall haben in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen (PATACCA ET AL. 2022).

### 6. Wechselwirkungen mit anderen Organismen

Wie schon bei den Auswirkungen von Trockenheit erwähnt, ist der Effekt von klimatischen Veränderungen auf das ökologische Beziehungsnetz zwischen Organismenarten genauso wichtig wie die direkte Wirkung auf



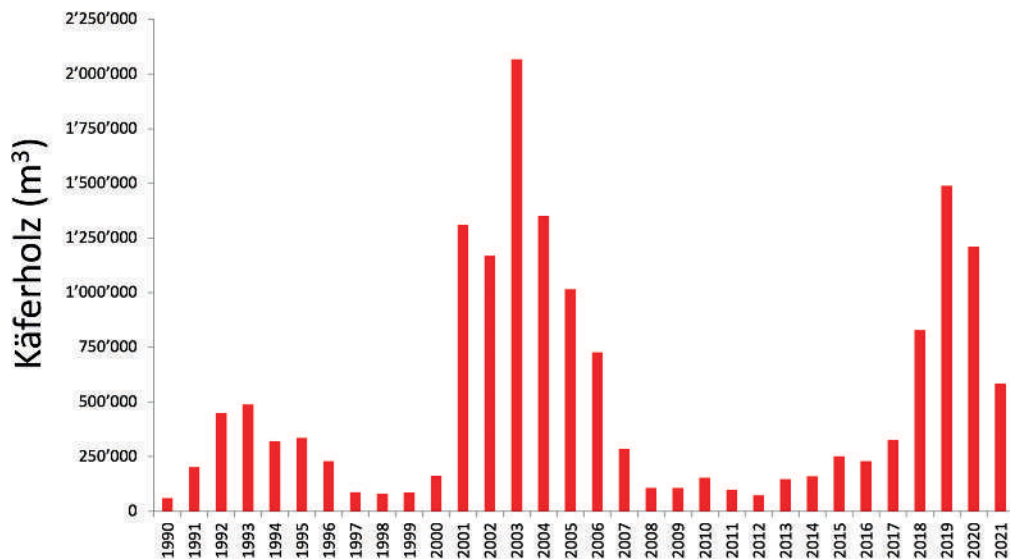
**Abb. 4:** Viele Blattläuse vermehren sich bei leichtem Trockenstress der Wirtspflanze besser, da der Pflanzensaft mehr osmotisch aktive Energieträger und Nährstoffe aufweist.

Foto: B. Wermelinger



**Abb. 5:** Der Blaue Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea*) kann schon unter nur leichtem Stress stehende Föhren entdecken und diese besiedeln.

Foto: B. Wermelinger



**Abb. 6:** Mengen des vom Buchdrucker (*Ips typographus*) befallenen Fichtenholzes in der Schweiz. Auslöser der Massenvermehrungen sind Stürme und Trockenheit (Daten von Waldschutz Schweiz, WSL).

Insekten. So kann sich ein klimatischer Faktor über die Verfügbarkeit der einen Art auf eine zweite Art auswirken. Niederschläge können zum Beispiel das Angebot bestimmter Pflanzen beeinflussen, was sich auf die darauf angewiesenen Insektenarten auswirkt. So werden gelegentlich auftretende Invasionen von Distelfaltern in Mitteleuropa auf hohe Niederschläge in den afrikanischen Überwinterungsgebieten zurückgeführt, die ein üppiges Wachstum der Nahrungspflanzen von Distelfalterraupen und damit hohe Populationen dieser Wanderfalter ermöglichen (HU ET AL. 2021).

Für viele im Eistadium überwinternde Schmetterlingsraupen ist der Austriebszeitpunkt ihrer Nahrungspflanzen entscheidend (sog. Koinzidenz). Schlüpfen die jungen Räumchen im Frühling, bevor die Knospen ihres Wirtsbaums ausgetrieben haben, verhungert ein Grossteil der Tiere. Schlüpfen sie zu spät, weisen die Blätter bereits höhere Konzentrationen von sekundären Pflanzenmetaboliten wie toxischen Phenolen, Gerbstoffen oder Harzen sowie tiefere Gehalte an lebenswichtigen Stickstoffverbindungen auf. Dies limitiert die Wachstums- und Überlebensraten der Raupen (HODKINSON & HUGHES 1982). Verschieben sich nun durch höhere Frühjahrstemperaturen die beiden

phänologischen Ereignisse des Austriebs und des Schlüpfens nicht synchron nach vorn, ergibt sich eine «Asynchronie». Die Populationen der betroffenen Schmetterlingsart werden reduziert, wenn sie nicht auf eine andere Baumart ausweichen können. Die Massenvermehrungen des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) oder des Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*) hängen typischerweise von einer guten Koinzidenz im Frühling ab (Abb. 7). Modellierungen mit Daten aus Holland zeigten, dass sich die Koinzidenz von Austrieb der Eichenblätter und Schlüpfen des Kleinen Frostspanners während 25 Jahren deutlich verschlechterte und die Räumchen bis zu 3 Wochen zu früh schlüpften (VISSER & HOLLEMAN 2001). Das resultierende kleinere Angebot an Raupen – Hauptnahrung für die Nestlinge z. B. von Kohlmeisen – hat auch einen deutlich geringeren Bruterfolg der von dieser Nahrung abhängenden Vögel zur Folge (PERRINS 1991).

Ein bekanntes Beispiel aus der Schweiz für solche Wechselwirkungen ist der schon oben erwähnte Lärchenwickler. Während drei Jahrzehnten um die Jahrhundertwende blieben die Populationsmaxima seiner regelmäßigen Zyklen im Engadin auf ungewöhnlich tiefem, unauffälligem Niveau, bis

**Abb. 7: Die zeitliche Übereinstimmung (Koinzidenz) des Blattaustriebs und des Schlüpfens der Jungraupen des Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*) entscheidet über die resultierende Populationsgrösse.**

Foto: B. Wermelinger



die Lärchenwälder 2018 wieder einen sichtbaren Befall zeigten. Neben dem oben erwähnten, negativen Effekt höherer Wintertemperaturen auf die Eimortalität dürfte auch die schlechte Koinzidenz von Lärchenadelaustrieb und Raupenschlupf nach diesen warmen Wintern eine wichtige Rolle gespielt haben (WERMELINGER 2019). Höhere Wintertemperaturen können auch dazu führen, dass beispielsweise insektenpathogene Pilze die Mortalität von im Boden überwinternden Käfern, Schmetterlings- und Blattwespenraupen erhöhen (FEEMERS ET AL. 2003).

Parasitoide Insekten (z.B. «Schlupfwespen») legen ein oder mehrere Eier in oder an ein Wirtsinsekt, das von den schlüpfenden Larven anschliessend verzehrt wird. Grundsätzlich können auch Parasitoide von einer schnelleren Entwicklung bei höheren Temperaturen profitieren. Viele sind aber für die Parasitierung auf ein ganz bestimmtes Wirtsstadium (z.B. Ei, älteres Larvenstadium, Puppe) angewiesen. Wie bei der Koinzidenz beim Blattaustrieb kann sich auch hier bei höheren Temperaturen eine Asynchronie der Entwicklung des Wirts und des Parasitoiden ergeben. Wenn dann die adulten Schlupfwespen schlüpfen, finden sie für ihre Eiablage weniger Wirte im geeigneten Stadium. Dies wirkt sich negativ auf die Populationsgrösse des Parasitoiden und po-

sitiv auf diejenige des Wirts aus. Solche Zusammenhänge in Räuber-Beute-Beziehungen sind sehr schwierig abzuschätzen; generell wird jedoch von einem Auseinanderfallen («disruption») dieser Beziehungen ausgegangen (PARNESAN 2006).

## 7. Arealveränderungen

Höhere Temperaturen können dazu führen, dass kälteadaptierte Arten in kühlere Gebiete ausweichen müssen, oder dass umgekehrt ein zuvor klimatisch ungeeignetes Gebiet bestimmten Insektenarten neu ein erfolgreiches Überleben und Fortpflanzen ermöglicht. Dadurch ergeben sich Veränderungen in der Verbreitung der Arten. Dies kann eine Arealausdehnung nach Norden oder in höhere Lagen sein, oder eine Arealverschiebung, wenn Teile des ursprünglichen Areals ungeeignet, d.h. zu heiss für eine Art werden. Eine Arealveränderung kann nicht nur die Folge der direkten Temperaturwirkung auf die Entwicklung der Art sein, sondern – wie oben erwähnt – auch durch veränderte Wechselwirkungen mit anderen Organismen zustande kommen.

Solche Arealveränderungen wurden schon verschiedentlich dokumentiert. In Grossbritannien beispielsweise verschob sich das Vorkommen von Libellenarten in einem

Zeitraum von lediglich 40 Jahren (1960–2000) um bis zu 100 km nach Norden (HICKLING ET AL. 2006). In etwas geringerem Ausmass galt dies auch für Weich- und Laufkäfer, Wasserwanzen, Heuschrecken oder Tagfalter. Derselbe Trend wurde auch bei Wirbeltieren gefunden. In einer anderen Untersuchung, ebenfalls in England, zeigten im 20. Jh. 65 % der Tagfalterarten eine Verschiebung ihres Verbreitungsareals von 35–240 km nach Norden (PARMESAN ET AL. 1999). Die Veränderung der Artenzusammensetzung von Tagfaltern in Europa entspricht einer Verschiebung der Artengemeinschaften um 114 km nach Norden, dies in nur knapp 20 Jahren (DEVICTOR ET AL. 2012).

Der auch bei uns vorkommende Pinien-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*) (Abb. 8), ein Nachtfalter, dessen Raupen durch ihre Brennhaare beim Menschen massive Reizungen der Haut und Atemwege verursachen können, hat seine Verbreitung in Frankreich in 30 Jahren um 87 km nach Norden und im italienischen Vinschgau um 200 m in die Höhe ausgedehnt (BATTISTI ET AL. 2005). In Spanien hat sich die untere Hö-

henverbreitungsgrenze von 16 Tagfalterarten in 30 Jahren um 212 m nach oben verschoben, mehr als die obere Grenze, sodass eine Arealverkleinerung resultierte (WILSON ET AL. 2005). Das erfolgreiche Ausweichen vor zu warmen Temperaturen in die Höhe setzt immer voraus, dass die übrigen Lebensbedingungen wie beispielsweise die Verfügbarkeit von Nahrungspflanzen im neuen Lebensraum gegeben sind, und dass das Habitat oben – wie auf einem Hügel oder Berg – nicht begrenzt ist.

Die Ausdehnung der nördlichen Verbreitungsgrenze hat auch dazu geführt, dass in letzter Zeit verschiedene Insektenarten aus dem Mittelmeerraum bei uns nördlich der Alpen aufgetaucht sind. Diese Arten können auf natürlichem Weg eingewandert oder durch menschliche Aktivitäten in neue Gebiete gelangt sein. Beispiele für aus dem Mittelmeerraum in die Schweiz eingewanderte Arten sind die Südliche Eichenschrecke (*Meconema meridionale*) oder die Malvenwanze (*Oxycarenus lavaterae*; Abb. 9). Die Eichenschrecke kommt heute im Tessin, in der Westschweiz, im Jura und fast in jedem Bal-



**Abb. 8:** Die Verbreitung des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*) hat als Folge der höheren Temperaturen nach Norden und in die Höhe zugenommen. In den gut sichtbaren Nestern an den Föhrenästen sind die Brennhaare der Raupen auch nach Jahren noch aktiv.  
Foto: B. Wermelinger

lungsgebiet des Mittellandes (Wärme-Hotspots) vor, und die Malvenwanze schaffte es spätestens 2004 über die Alpen nach Basel und ist heute auch im Mittelland vorhanden (WERMELINGER ET AL. 2005). Auch die Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*), ursprünglich eine afrikanisch-mediterrane Art und in der Schweiz lange auf das Tessin und Wallis beschränkt, breitet sich nun nördlich der Alpen aus (RIMŠAITĖ ET AL. 2022). Weiter sind afrikanische Libellenarten jetzt sogar in Deutschland zu finden (OTT 2010).

Eine kürzlich erschienene Studie von Tagfaltern, Heuschrecken und Libellen zeigte, dass die Verbreitung der Arten in der Schweiz stark von den Klimaveränderungen der letzten 40 Jahre abhing (NEFF ET AL. 2022). Allerdings gab es sowohl Gewinner mit einer Zunahme der Verbreitung als auch Verlierer mit einer Abnahme. Der Klimaefekt wurde noch verstärkt durch Änderungen in der regionalen Landnutzung.

### 8. Eingeschleppte Arten (Neozoen)

Der Anstieg von Verschleppungen von Arten über Kontinente hinweg ist zwar keine Folge des Klimawandels, wohl aber des Globalen Wandels. Der in den letzten Jahrzehnten weltweit explodierende Warenhandel und die menschliche Reisetätigkeit haben auch in der Schweiz dazu geführt, dass immer mehr fremdländische Insektenarten eingeschleppt wurden (WERMELINGER 2014). Eine wichtige Voraussetzung für das Etablieren einer gebietsfremden Art ist neben geeigneten Nahrungsgrundlagen das Überstehen unserer Winter. Dazu haben die klimawandelbedingt milderen Winter seit Ende des letzten Jahrhunderts wesentlich beigetragen. So hat zum Beispiel in Davos die Anzahl Frosttage seit 1960 um 20% abgenommen (METEOSCHWEIZ 2023). Auch entsprechen vielfach die bei uns erhöhten Durchschnittstemperaturen den Bedingungen in den Herkunftsländern der Neozoen. Ein Beispiel für eine sich stark ausbreitende Art ist die bereits oben erwähnte, aus Ostasien eingeschleppte Marmorierete Baumwanze, die bei uns in landwirtschaftlichen Kulturen bereits Schäden verursacht (SAUER 2012).

### 9. Fazit

Insekten reagieren auf höhere Umgebungstemperaturen meistens mit einer schnelleren Entwicklung und höherer Reproduktion. Viele Arten können somit von erhöhten Temperaturen in einem gewissen Bereich profitieren. Andere folgen den Temperaturänderungen und erweitern ihr Verbreitungsareal. Eine durch Hitze und Trockenheit veränderte Pflanzenqualität begünstigt oft die Vermehrung von pflanzenfressenden Insekten.

Andere Wechselwirkungen von Insekten mit Pflanzen oder mit anderen Insektenarten können vom Klimawandel nachteilig beeinflusst werden. Verschiebt sich der Austrieb oder die Blüte einer Pflanze nicht synchron zur Insektenphänologie, bedeutet dies eine höhere Mortalität der von der Pflanze abhängigen Art. Dieselbe Asynchronie kann sich auch bei Räuber-Beute-Beziehungen ergeben.

Zu den Gewinnern des Klimawandels gehören Generalisten, die nicht nur von einer bestimmten Nahrungsquelle abhängen, mobile Arten, die andernorts neue Ressourcen erschliessen können, gewisse Schadorganismen wie Borkenkäfer, Läuse oder einige Schmetterlingsraupen, südliche, wärme-adaptierte Arten sowie Neozoen. Auf der Verliererseite stehen konkurrenzschwache, räumlich isolierte Spezialisten, immobile (häufig grosse) Arten, im Eistadium überwintende oder kühladaptierte Arten, die nicht nach Norden oder in die Höhe ausweichen können.

Der Klimawandel beeinflusst insbesondere die lange eingespielten Beziehungen im Nahrungsnetz der involvierten Organismen. Diese Effekte sind sehr schwierig abzuschätzen, dürften sich aber eher negativ auf die Stabilität der Beziehungen auswirken.



**Abb. 9: Eine Kolonie von Malvenwanzen (*Oxycarenus laticollis*) an einer Linde. Diese Wanzenart hat sich vom mediterranen Gebiet nach Norden ausgebreitet und kommt jetzt auch im Schweizer Mittelland vor.**

Foto: B. Wermelinger

## Literatur

- BAFU (2020) Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Vol Nr. 2013, 2020
- BALTENSWEILER, W. (1993) Why the larch bud-moth cycle collapsed in the subalpine larch-cembra pine forests in the year 1990 for the first time since 1850. *Oecologia* Vol 94, 1993, p 62–66
- BATTISTI, A., STASTNY, M., NETHERER, S., ROBINET, C. AND SCHOFF, A. (2005) Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecol. Appl.* Vol 15, 2005, p 2084–2096
- CH2018 (2018) CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. National Centre for Climate Services, Zürich
- DEVICTOR, V., VAN SWAAY, V., BRERETON, T., BROTONS, L., CHAMBERLAIN, D., HELIÖLÄ, J., HERRANDO, S., JULLIARD, R., KUUSSAARI, M., LINDSTRÖM, Å., REIF, J., ROY, D.B., SCHWEIGER, O., SETTELE, J., STEFANESCU, C., VAN STRIEN, A., VAN TURNHOUT, C., VERMOUZEK, Z., WALLISDEVRIES, M., WYNHOFF, I. AND JIGUET, F. (2012) Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Clim. Change* Vol 2, 2012, p 121–124
- EASTAUGH, C. (2008) Adaptions of forests to climate change: a multidisciplinary review. IUFRO, Occas. Papers 21, Vienna.
- FEEMERS, M., M, B., SKATULLA, U. AND GULDER, H. (2003) Klimaveränderungen und biotische Schäden im Wald. LWF-aktuell Vol 37, 2003, p 19–22
- HARVEY, J.A., HEINEN, R., GOLS, R. AND THAKUR, M.P. (2020) Climate change-mediated temperature extremes and insects: From outbreaks to breakdowns. *Glob. Change Biol.*, 2020, 10.1111/gcb.15377
- HICKLING, R., ROY, D.B., HILL, J.K., FOX, R. AND THOMAS, C.D. (2006) The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Glob. Change Biol.* Vol 12, 2006, p 450–455
- HLÁSNÝ, T., ZIMOVÁ, S., MERGANIČOVÁ, K., ŠTĚPÁNEK, P., MODLINGER, R. AND TURČÁNI, M. (2021) Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *For. Ecol. Manage.* Vol 490, 2021, p 119075
- HODKINSON, I.D. AND HUGHES, M.K. (1982) Outline in ecological studies: Insect herbivory. London

- HU, G., STEFANESCU, C., OLIVER, T., ROY, D., BRERETON, T., VAN SWAAY, C., REYNOLDS, D. AND CHAPMAN, J. (2021) Environmental drivers of annual population fluctuations in a trans-Saharan insect migrant. *PNAS* Vol 118, 2021, e2102762118
- JAKOBY, O., STADELMANN, G., LISCHKE, H. AND WERMELINGER, B. (2016) Borkenkäfer und Befallsdisposition der Fichte im Klimawandel. In: PLUESS, A.R., AUGUSTIN, S. AND BRANG, P. (EDS.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*, 2016, 247–264
- JAKOBY, O., LISCHKE, H. AND WERMELINGER, B. (2019) Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Glob. Change Biol.* Vol 25, 2019, p 4048–4063
- KIRITANI, K. (2006) Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Popul. Ecol.* Vol 48, 2006, p 5–12
- KLOFT, W.J., MAURIZIO, A. AND KAESER, W. (1985) *Waldtracht und Waldhonig in der Imkerei*. München
- METEO SCHWEIZ – Online-Informationen zum Klimawandel. [www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel](http://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel) (10.01.2023).
- NCCS (2018) CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National centre for climate services, Zürich.
- NEFF, F., KORNER-NIEVERGELT, F., REY, E., ALBRECHT, M., BOLLMANN, K., CAHENZLI, F., CHITTARO, Y., GOSSNER, M.M., MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., MEIER, E.S., MONNERAT, C., MORETTI, M., ROTH, T., HERZOG, F. AND KNOP, E. (2022) Different roles of concurring climate and regional land-use changes in past 40 years' insect trends. *Nature Commun.* Vol 13, 2022, 7611
- NETHERER, S., MATTHEWS, B., KATZENSTEINER, K., BLACKWELL, E., HENSCHKE, P., HIETZ, P., PENNERTORFER, J., ROSNER, S., KIKUTA, S. AND SCHUME, H. (2015) Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytol.* Vol 205, 2015, p 1128–1141
- OHNESORGE, B. (1961) Wann sind Schäden durch die Sitkalaus zu erwarten? *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* Vol 16, 1961, p 408–410
- OTT, J. (2010) Dragonflies and climatic change – recent trends in Germany and Europe. *Bio-Risk* Vol 5, 2010, p 253–286
- PARMESAN, C., RYRHOLM, N., STEFANESCU, C., HILL, J.K., THOMAS, C.D., DESCIMON, H., HUNTLEY, B., KAILA, L., KULLBERG, J., TAMMARU, T., TENNENT, W.J., THOMAS, J.A. AND WARREN, M. (1999) Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* Vol 399, 1999, p 579–583
- PARMESAN, C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* Vol 37, 2006, p 637–669
- PATACCA, M., LINDNER, M., LUCAS-BORJA, M.E., CORDONNIER, T., FIDEJ, G., GARDINER, B., HAUF, Y., JASINEVICIUS, G., LABONNE, S., LINKEVICIUS, E., MAHNKEN, M., MILANOVIC, S., NABUURS, G.J., NAGEL, T.A., NIKINMAA, L., PANYATOV, M., BERCAK, R., SEIDL, R., OSTROGOVIĆ SEVER, M.Z., SOCHA, J., THOM, D., VULETIC, D., ZUDIN, S. AND SCHELHAAS, M.J. (2023) Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950. *Glob. Change Biol.* Vol 29, p 1359–1376
- PERRINGS, C.M. (1991) Tits and their caterpillar food supply. *Ibis* Vol 133 suppl. 1, 1991, p 49–54
- RIMŠAITĖ, J., IVINSKIS, P., BARTKEVIČIENĖ, G. AND BERNOTIENĖ, R. (2022) The northward spread of the European mantis, *Mantis religiosa* (Mantodea: Mantidae): Data from Lithuania. *Eur. J. Entomol.* Vol 119, 2022, p 318–326
- SAUER, C. (2012) Die Marmorierte Baumwanze tritt neu im Deutschschweizer Gemüsebau auf. *Gemüsebau Info* Vol 28/12, 2012, p 4–5
- SPARKS, T.H. AND YATES, T.J. (1997) The effect of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883–1993. *Ecography* Vol 20, 1997, p 368–374
- VISSER, M.E. AND HOLLEMAN, L.J.M. (2001) Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proc. Royal Soc. London B* Vol 268, 2001, p 289–294
- WERMELINGER, B. AND SEIFERT, M. (1998) Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.* Vol 122, 1998, p 185–191
- WERMELINGER, B. AND SEIFERT, M. (1999) Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. *Ecol. Entomol.* Vol 24, 1999, p 103–110

- WERMELINGER, B., WYNIGER, D. AND FORSTER, B. (2005) Massenaufreten und erster Nachweis von *Oxycarenus lavaterae* (F.) (Heteroptera, Lygaeidae) auf der Schweizer Alpennordseite. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. Vol 78, 2005, p 311–316
- WERMELINGER, B. AND THOMSON, I.M. (2012) The woodwasp *Sirex noctilio* and its associated fungus *Amylostereum areolatum* in Europe. In: SLIPPERS, B., DE GROOT, P. AND WINGFIELD, M.J. (EDS.): The Sirex woodwasp and its fungal symbiont – Research and management of a worldwide invasive pest. Dordrecht, 2012, 65–80
- WERMELINGER, B. (2014) Invasive Gehölzinsekten: Bedrohung für den Schweizer Wald? Schweiz. Z. Forstwes. Vol 165, 2014, p 166–172
- WERMELINGER, B., GOSSNER, M.M., SCHNEIDER MATHIS, D., TRUMMER, D. AND RIGLING, A. (2018) Einfluss von Klima und Baumvitalität auf den Befall von Waldföhren durch rindenbrütende Insekten. Schweiz. Z. Forstwes. Vol 169, 2018, p 251–259
- WERMELINGER, B. (2019) Wiederauferstehung des Lärchenwicklers 2018. Bündner Wald Vol 72(6), 2019, p 30–35
- WERMELINGER, B. (2020) Der Borkenkäfer – Altes, Neues, Wissenswertes. Zürcher Wald Vol 1/20, 2020, p 22–26
- WILSON, J.W., GUTIÉRREZ, D., MARTINEZ, D., AGUDO, R. AND MONSERRAT, V.J. (2005) Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. Ecol. Lett. Vol 8, 2005, p 1138–1146

### Beat Wermelinger



studierte an der ETH Zürich Biologie und schrieb dort auch seine Doktorarbeit über Insekten-Pflanzen-Beziehungen. Nach einem Postdoc in den USA war er zuerst wieder an der ETH als Oberassistent tätig, bevor er 1991 an die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL wechselte. Er leitete dort fast 30 Jahre die Forschungsgruppe «Waldentomologie» und lehrte an der ETH. Die wichtigsten Themen seiner praxisbezogenen Forschung zu Insekten waren die Borkenkäferproblematik, Störungsökologie, Waldnaturschutz und Biodiversität. Er ist seit 2022 offiziell im Ruhestand.

Kontakt: [b.wer@hispeed.ch](mailto:b.wer@hispeed.ch)

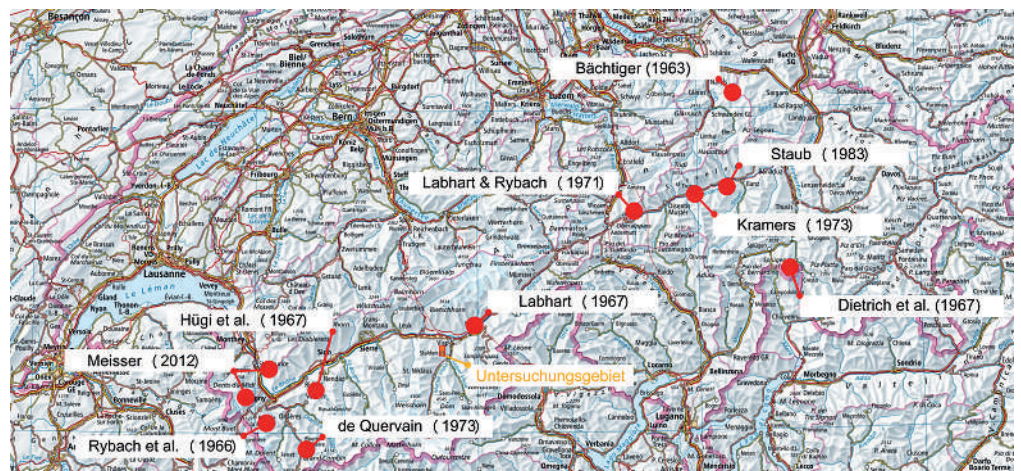


# Radiometrische Anomalien

## in der Umgebung von Törbel, nahe Visp im Wallis

**Autor**  
Ruedi Stucki

Im Rahmen dieser Arbeit wurde im Gebiet von Törbel-Moosalp-Zeneggen nach Stellen mit erhöhtem Pegel ionisierender Strahlung gesucht, sogenannten «radiometrischen Anomalien». Die Strahlung dieser Indikationen rührt von Uranvorkommen her. Die Uranprospektion in den Schweizer Alpen wird kurz in den historischen Zusammenhang gestellt und es wird auch knapp auf die physikalischen Eigenschaften der ionisierenden Strahlung und der Geräte zu deren Nachweis eingegangen. Das Hauptaugenmerk liegt jedoch auf der Kartierung der Fundstellen und der Einordnung der Anomalien in ihren geologischen Kontext. Zu diesem Zweck werden die Indikationen in vier Kategorien eingeteilt und diskutiert. Von einigen Erzproben wurde mittels Gammaspektroskopie der Urangehalt gemessen.



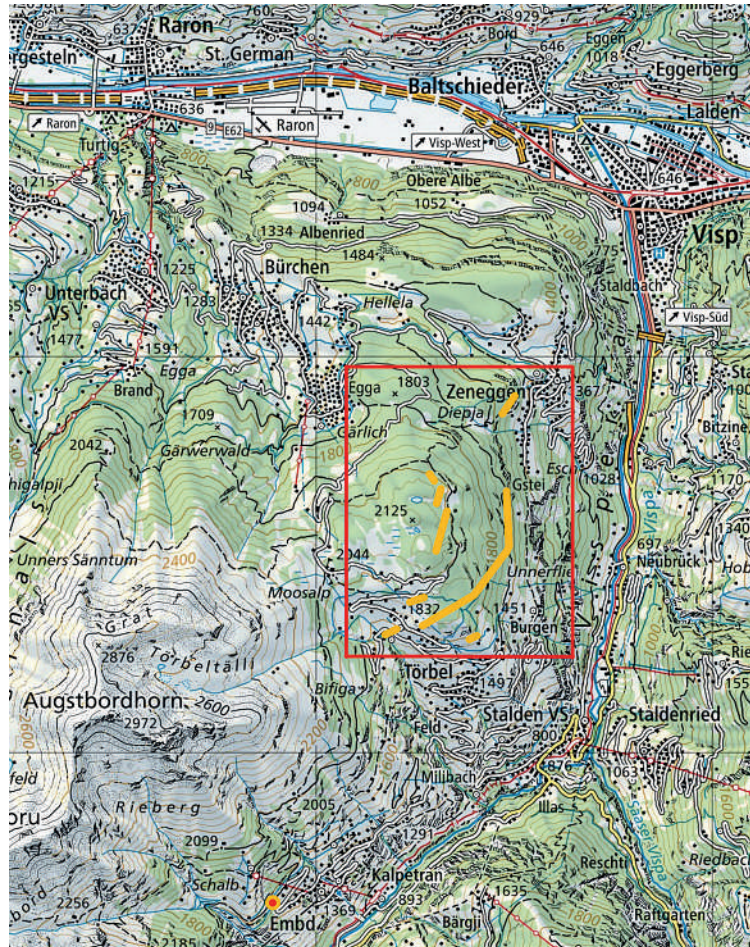
**Abb. 1:** Stellen mit Uranvorkommen und einige veröffentlichte Arbeiten dazu, sowie das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit. Es wurde dazu die «Landeskarte 1:1 Million» bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022a).

## Einleitung

Ab Mitte der Fünfziger- bis Mitte der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts wurde in der Schweiz vor allem das Gebiet der Alpen recht intensiv auf Uranvorkommen untersucht. Über die meisten Stellen existieren ausführliche Publikationen (siehe *Abb. 1*). Eine mit vielen Karten und Profilen illustrierte Zusammenfassung aller, auch nicht publizierter Arbeiten, gibt GILLIÉRON (1988). Seit dieser Zeit hat nur noch MEISSER (2012) eine sehr detaillierte Arbeit vor allem über die Uran-Mineralogie im Südwesten des Wallis veröffentlicht.

Im Matteredal hingegen sind die Verhältnisse bezüglich Uranvorkommen nebst GILLIÉRON (1988) recht spärlich dokumentiert: LEU (1970), KÖPPEL (1964), FELDMANN (1986). Insbesondere fehlen mit einer Ausnahme zunächst genaue Ortsangaben. Der Autor hat in den letzten 13 Jahren in etwa 35 Tagesexkursionen den Perimeter Törbel-Moosalp-Zeneggen besucht und nach radiometrischen Anomalien gesucht, sowie ferner einen Blick auf die Zone Embd-St. Niklaus geworfen, siehe *Abb. 2*, sowie *Abb. 7 und 14*. Die Zeit wurde vor allem darauf verwendet, in diesem weitläufigen Gebiet die Indikationen überhaupt zu finden. Alle ca. 170 Fundstellen wurden mit Strahlungs-Messwerten, Koordinaten sowie photographisch dokumentiert. Es steht in dieser Veröffentlichung daher eher ein Kompendium der Stellen im Vordergrund und ferner der Versuch, die Indikationen in die geologischen Verhältnisse einzuordnen und Schlüsse zu ziehen. Falls auch mineralogische Informationen verfügbar sind, werden sie erwähnt. Anomalien südlich des Törbelbachs, insbesondere die bekannten beim Scheibenstand von Embd werden in diesem Bericht nicht betrachtet. Koordinaten der meisten im Text erwähnten Stellen finden sich entweder in den Abbildungsbeschreibungen oder im Anhang.

Im Jahr 2008 hatte eine kanadische Firma (heute: AURANIA.COM) eine Konzession zur Prospektion im Wallis (Trienttal, Mont Chemin und Gebiet Nendaz-Verbier) erworben HABICHT (2008), PINGUELY (2019). Es wur-



**Abb. 2:** Das rotumrandete Rechteck zeigt das Untersuchungsgebiet in *Abb. 7*. Gelb sind die Stellen mit radiometrischen Anomalien angezeichnet. Unten links ist die bekannte Indikation beim Scheibenstand von Embd eingezeichnet. Es wurde dazu die «Landeskarte 1:100 000» bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN.CH 2023).

den ausgiebig Proben entnommen, die man numerisch auf Uran-, Gold- und Kupfergehalte untersuchte. Die Untersuchungsergebnisse wurden ins Netz gestellt, sind aber heute verschwunden; das Projekt wurde aufgegeben. Offensichtlich hat die Gruppe nebst Uran auch die alte Weisheit «Le Valais est riche en mines pauvres» (ANSERMET 2012) gefunden, wie schon viele andere vorher auch, inklusive die oben erwähnten Uranprospektoren. Ein wirtschaftlicher Abbau von Erzen lohnte und lohnt sich – glücklicherweise – aufgrund der aus tektonischen Gründen fast durchwegs absätzigen Verer-

<b>U 230</b> 20.8 d $\alpha$ 5.888; 5.818... $\gamma$ (72; 154; 230...); $e^-$ $\sigma$ 25	<b>U 231</b> 4.2 d $e^-$ ; $\alpha$ 5.456; 5.471; 5.404 $\gamma$ 26; 84; 102... $e^-$ ; $\sigma$ 250	<b>U 232</b> 68.9 a $\alpha$ 5.320; 5.262... Ne 24; $\gamma$ (58; 129...); $e^-$ $\sigma$ 73; $\sigma$ 74	<b>U 233</b> $1.592 \cdot 10^5$ a $\alpha$ 4.824; 4.783... Ne 25; $\gamma$ (42; 97...); $e^-$ $\sigma$ 47; $\sigma$ 530	<b>U 234</b> 0.0054 $2.455 \cdot 10^{10}$ a $e^-$ 4.775; 4.723...; $e^-$ Mg 28; Ne; $\gamma$ (83; 121...); $e^-$ ; $n$ 96; $\sigma$ 0,07	<b>U 235</b> 0.7204 $7.038 \cdot 10^8$ a 26 m $h$ (0,07) $e^-$ $\alpha$ 4.398...; $\beta$ Ne; $\gamma$ 186...; $\sigma$ 95; $\sigma$ 586	<b>U 236</b> 2342 · 10 <sup>7</sup> a 120 ns $\alpha$ 4.494; 4.445...; $\beta$ 0.2...; $\gamma$ 60; 208... $e^-$ $\sigma$ ~100; $\sigma$ <0.35 $h$ 1783; 642; 113...; $e^-$ ; $\sigma$ 5.1	<b>U 237</b> 6.75 d $\beta^-$ 0.2... $\gamma$ 60; 208... $e^-$ $\sigma$ ~100; $\sigma$ <0.35	<b>U 238</b> 99.2742 $4.468 \cdot 10^9$ a 298 ns $h$ 251; 1676; $e^-$ $\alpha$ 4.198...; $\beta$ 297; $\gamma$ (50...); $e^-$ ; $\sigma$ 27; $\sigma$ 35.6	<b>U 239</b> 23.5 m $\beta^-$ 1.2; 1.3... $\gamma$ 75; 44... $e^-$ $\sigma$ 22; $\sigma$ 15
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Abb. 3: Dieser Ausschnitt aus der Nuklidkarte, 7. Auflage (MAGILL ET AL. 2006), zeigt eine Auswahl von Uran-Isotopen. Grundsätzlich wird ein chemisches Element durch die Anzahl Protonen im Kern definiert. Im Fall von Uran sind es 92. Die Neutronenzahl darf variieren, es gibt diverse sogenannte Uran-«Isotope». In dieser Abb. sind zehn davon mit ihren wichtigsten Eigenschaften – auf die an dieser Stelle nicht eingegangen wird – dargestellt. Als Beispiel betrachten wir U-238. Die Zahl 238 ist gleich der Summe der Protonen- und Neutronenzahl, also stecken im U238-Kern genau 238-92 = 146 Neutronen. Im Natururan ist das Isotop U-238 mit 99.2742 % Vorkommen bei weitem das häufigste.**

zungen wirtschaftlich selten oder nie; siehe zum Bergbau im Wallis die schönen Werke von ANSERMET (2001) und ANSERMET (2012).

### Ein kurzer historischer Exkurs

Es drängt sich die Frage auf, warum eigentlich in der Schweiz nach Uranvorkommen gesucht wurde. Antworten dazu liegen selbstverständlich im genuinen wissenschaftlichen Interesse, insbesondere an den sehr vielfältigen Uran-Mineralisationen.

Man kommt aber nicht umhin, einen Blick auf die politisch-wirtschaftlich-militärische Situation der Nachkriegszeit zu werfen. 1945 wurde vom eidgenössischen Militärdepartement EMD die «Studienkommission für Atomenergie» SKA initiiert (ZEMAN 2009). 1955 konnte ein von den USA anlässlich der «Internationalen Konferenz für die

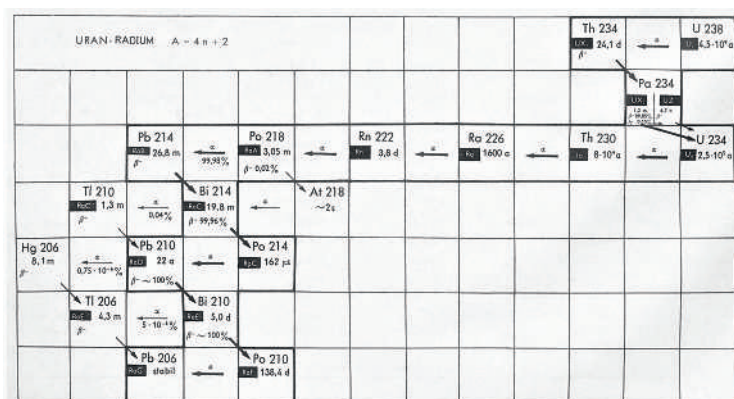
friedliche Anwendung der Atomenergie» in Genf installierter Forschungsreaktor erstanden werden. Dieser Reaktor wurde von der Eidgenossenschaft der neugegründeten «Reaktor AG» in Würenlingen zur Verfügung gestellt und 1957 als Schwimmbad-Leichtwasserreaktor «Saphir» mit einer thermischen Leistung von 1 MW in Betrieb genommen. Leichtwasserreaktoren (LWR) können nur mit angereichertem Uran betrieben werden.

Die Reaktor AG entwickelte parallel dazu den Schwerwasserreaktor «Diorit», mit 20 MW thermischer Leistung, der 1960 den Betrieb aufnahm. Schwerwasserreaktoren (SWR) können mit Natururan betrieben werden.

Im selben Jahr 1960 gingen die Anlagen an die Eidgenossenschaft über als «Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung» EIR in Form einer Annexanstalt der ETH. Heute ist das ehemalige EIR Teil des «Paul Scherrer Instituts» PSI, (EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR REAKTORFORSCHUNG 1973).

Im selben Zeitraum wurde 1956 der «Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Erden» gegründet und mit der Uranprospektion begonnen. Eines der ersten Untersuchungsobjekte war ein in Bau befindlicher Druckstollen zwischen Fionnay und der Zentrale bei Riddes (HÜGI ET AL. 1967).

In den Sechzigerjahren wurde in einer Kaverne bei Lucens ein weiterer von Schweizer Firmen entwickelter SWR in Betrieb genommen, welcher eine elektrische Leistung von 30 MW aufwies. Eine teilweise Kernschmelze setzte diesem von Anfang an nicht



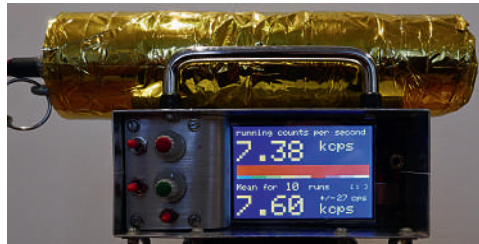
**Abb. 4: Die «Natürliche radioaktive Familie» von U-238 [Nuklidkarte, 5. Auflage, SEELMANN-EGGEBERT ET AL. (1981)] zeigt übersichtlich die möglichen Zerfallskanäle des Urankerns. Am Schluss landen alle beim Blei-Isotop Pb-206.**

unumstrittenen Projekt am 21. Januar 1969 ein definitives Ende.

SWR können, wie oben erwähnt, mit Natururan betrieben werden. SWR eignen sich gut, um (spaltbares) Plutonium-239 zu erbrüten. Die Eidgenossenschaft hat den Reaktorbau und die Uranprospektion grosszügig subventioniert; gemäss MEISSER (2012) wurden zwischen 1966 und 1984 vom Bund insgesamt CHF 3 844 000 für die Suche nach und den Abbau von Uran zur Verfügung gestellt. Unter diesen Gesichtspunkten drängt sich natürlich die Frage auf, inwieweit militärische Interessen im Spiel waren. Einen guten, kurzen Überblick zu dieser nicht uninteressanten Thematik gibt ZEMAN (2009), aus dessen Arbeit wir zitieren:

«Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den Quellen nichts auszumachen ist, was explizit für eine militärische Orientierung des Baus von Lucens spricht. Der Reaktor hatte aber sehr wohl militärische Qualitäten und hätte eigentlich ganz gut in die damalige nukleare Bewaffnungspolitik des Bundes gepasst. (...) Für einen Gesamtüberblick über die Materie müsste auch noch die Perspektive eines weiteren, wichtigen Akteurs einbezogen werden: Die schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften waren als die potentiellen Käufer von Reaktoren schlechthin nie richtig an der schweizerischen Reaktorlinie interessiert. Diese Tatsache macht die Argumentation des Bundesrates für eine staatliche Unterstützung eines eigenen Reaktors noch unglaubwürdiger. Ebenso gälte es, die damalige politische Grosswetterlage, insbesondere die amerikanische «Atoms for Peace»-Politik, zu berücksichtigen.»

Zum Schluss kann man noch einmal MEISSER (2012) anführen, der erwähnt, dass die Regierung trotz Unterzeichnung des Nonproliferations-Vertrages NPT im Jahr 1969 und dessen Ratifizierung 1977 die nukleare Option erst 1988 beendet hat. Man kann sogar festhalten, dass die aufwendigsten Arbeiten wie die über einen Kilometer langen Stollenbauten von La Creusaz oberhalb les Marécottes erst nach der Ratifizierung stattfanden. Aus dem Jahr 1988 datiert ebenfalls die Zusammenfassung aller Prospektionsarbeiten durch GILLIÉRON (1988).

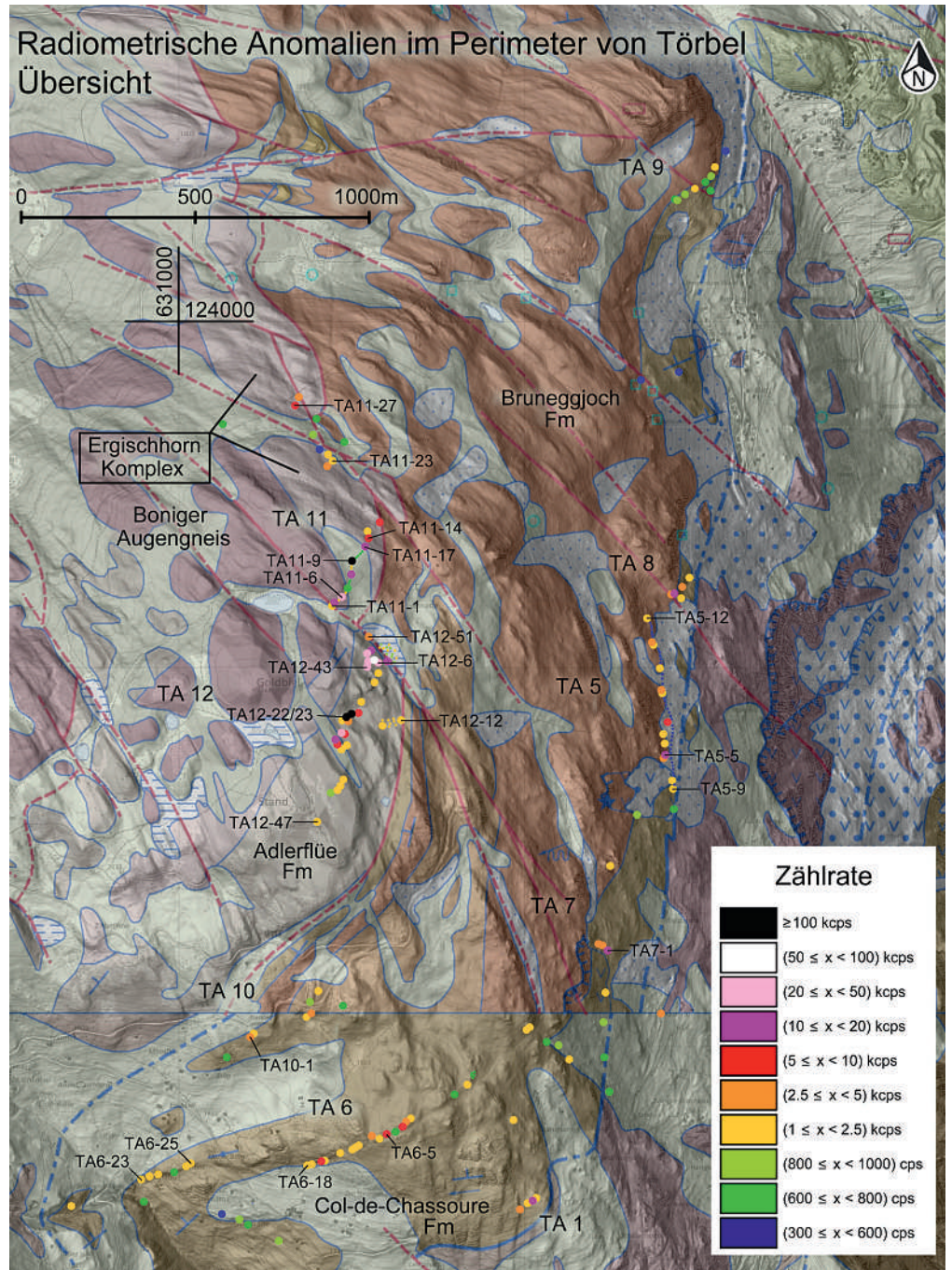


**Abb. 5: Vorderansicht der NaI-Szintillationszähler-Eigenentwicklung HAL-2022. Quer darauf liegt ein Rohr, welches den NaI-Kristall und den sogenannten Photomultiplier enthält. Die goldfarbene Folie soll zu rasche Temperaturänderungen im Freien verhindern, zusätzlich ist das Rohr durch eine Schaumstoffumhüllung vor (im Feld unvermeidlichen) Schlägen und Erschütterungen geschützt.**



**Abb. 6: Der Geiger-Müller-Zähler «Inspector» mit externem Pancake-Zählrohr (Mitte) zeigt aktuell eine Äquivalenzdosisleistung von 0.113 Mikrosievert/Stunde an. Das Zählrohr verfügt über ein Fenster mit einer 8 Mikrometer dünnen Mica-Folie, welche durchlässig für Alphastrahlung ist. Gegen mechanische Beschädigung ist sie mit einem Gitterchen geschützt. Wenn man das Fenster mit dem Aludeckel (rechts) abdeckt, wird nur noch Gammastrahlung gemessen.**

Siehe zum typisch eidgenössischen «Hin und Her» um den NPT auch WOLLEMAN (2004). Der Kreis schloss sich, als im Jahr 2016 die rund 20 kg des vom Schwerwasserreaktor Diorit erbrüteten im Prinzip waffenfähigen Plutoniums den USA übergeben wurden (HAUSMANN 2016).



**Abb. 7:** Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Indikationen und deren Zählraten. Die farbigen Kreisscheibchen entsprechen Indikationen mit Zählraten in cps (counts per second) bzw. kcps (kilocounts per second). Es wurden dazu «Landeskarte 1:10 000 (grau)», «GeoCover» sowie «swissALTI3D multidirektionales Relief» übereinandergelagt und bearbeitet. Die oberen vier Fünftel stammen aus dem 2017 erschienenen geologischen Atlas, Blatt Raron (SARTORI ET AL. 2017), das unterste Fünftel aus dem etwas weniger ausdifferenzierten Blatt St. Niklaus, (BEARTH 1978), (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022b). Bemerkung: Ein guter Teil des Gebiets nordwestlich der Zone TA6 entspricht nicht der Col-de-Chassoure-Formation, wie eingefärbt, sondern der Bruneggjoch-Formation, bzw. dem Sous-le-Rocher-Member.

## Etwas Physik

Natururan, d.h. Uran, wie es in der Natur vorkommt besteht zu 99.2742% aus dem Isotop U-238. Siehe dazu auch den Ausschnitt aus der Karlsruher Nuklidkarte (MAGILL ET AL. 2006) in *Abb. 3* und die Erläuterungen dort. Diese Urankerne sind instabil und zerfallen über eine Kaskade von weiteren Isotopen – die «Natürliche radioaktive Familie» – schliesslich in die stabilen Kerne Blei-206, das sogenannte Zerfalls-Blei, siehe dazu die *Abb. 4* aus der Nuklidkarte von 1981 (SEELMANN-EGGEBERT ET AL. 1981). Dabei wird ionisierende Strahlung in Form von Alpha-, Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlung erzeugt. Die gebräuchlichen Nachweisgeräte für diese Strahlung sind Geiger-Müller-Zähler (GM-Zähler) sowie Szintillationszähler. In beiden Detektoren erzeugt ein wechselwirkendes Strahlungsteilchen schlussendlich einen elektrischen Impuls. Die Impulssumme pro Sekunde in cps (counts per second) oder kcps (kilocounts per second) definieren wir als Zählrate. Bei vergleichbarem Detektorvolumen ergibt sich beim Szintillationszähler gut die 100-fache Rate verglichen mit dem GM-Zähler. Die radioaktiven Zerfälle erfolgen zeitlich «unregelmässig», sie folgen den Regeln der Poisson-Statistik.

Alpha- und Betastrahlung kann vollständig abgeschirmt werden. Bei Alphastrahlung reicht bereits ein Blatt Papier; Betastrahlung benötigt je nach Energie einige mm Aluminium. Gamma- und Röntgenstrahlung hingegen kann man nur abschwächen. Für die Abschwächung von Gammastrahlung durch Materie verwenden wir die Grösse «Halbwertsdicke» (HWD). Die erste HWD halbiert den Gammastrahlungspegel, die nächste HWD wieder, also misst man hinter 2 HWD noch ein Viertel des Pegels und so geht das (exponentiell) weiter. Zum Beispiel ergibt sich für 10 HWD gerade noch ein Tausendstel des Strahlungspegels. Die HWD hängt von der Energie der Gammastrahlung und der mechanischen Dichte der Materie ab; für Beton beträgt die HWD typisch 5 cm und für Wasser typisch 10 cm (SEELMANN-EGGEBERT ET AL. 1981).

## Ausrüstung

Zum Auffinden der Anomalien wurden in erster Linie Natrium-Iodid-Szintillationszähler verwendet.

Einerseits handelte es sich um die professionelle Sonde «Graetz 2002» (GRAETZ 2023) in Kombination mit der «SEA Scinto» Basiseinheit (siehe *Abb. 18*).

Neuerdings wurde die speziell zum Auffinden von Anomalien optimierte NaI-Szintillationszähler-Eigenentwicklung «HAL-2022» des Autors eingesetzt (STUCKI 2023), siehe *Abb. 5*. Dieser Zähler liefert dem NaI-2002 vergleichbare Zählraten. Beide Zähler sind konstruktionsbedingt vor allem für Gamma- und energiereichere Röntgenstrahlung sowie für nicht zu energiearme Betastrahlung empfindlich.

Ein weiteres verwendetes Gerät war der «Inspector» GM-Zähler mit einem sogenannten «Pancake»-Zählrohr, welches über ein hauchdünnes (nur acht Mikrometer dickes!) Glimmerfenster verfügt und damit auch für Alphastrahlung empfindlich ist, siehe *Abb. 6* (INTERNATIONAL MEDCOM INC. 2023).

Zur Bestimmung der Koordinaten und für das Tracking-Protokoll diente ein «Garmin Montana 610» Navigationsgerät.

Im Gymnasium Lerbermatt standen ein NaI-Gamma-Spektrometer zur Verfügung, sowie ein Röntgenfluoreszenz-Spektrometer der Firma AMPTEK (2023a). Mit diesem XRF-Spektrometer konnten allerdings (noch) keine absoluten, sondern nur relative Vorkommen der Elemente gemessen werden.

Technische Details zu den Geräten finden sich im Anhang.

## Strahlungs-Background

Um Anomalien beurteilen zu können, muss man die Hintergrundstrahlung, den sogenannten Background (BG) kennen.

Der BG am Standort Lerbermatt 60 cm über dem Boden betrug am 1. Dezember 2022 um 16h:

NaI-2002:	(96.3 +/- 0.8) cps
HAL-2022:	(90.8 +/- 0.8) cps
Inspector:	(0.130 +/- 0.008) µSv/h (Mikrosievert pro Stunde)



**Abb. 8:** Anstehende Felswand des Ergischhorn-Komplex, Koordinaten 631450 / 123020. Die Schichten fallen für Walliser-Verhältnisse ungewöhnlich regelmässig ein, gemäss dem Geologischen Atlas mit einer Einfallrichtung von 304° (also gegen Nordwesten) und einem Einfallswert von 35° (MAP.GEO.ADMIN.CH 2022c).



**Abb. 9:** Augiger Glimmerschiefer «schistes oillés à porphyroblastes d'albite, SOPA» (SARTORI ET AL. 2017), der Adlerflüe-Formation, Koordinaten 631295 / 122208



**Abb. 10:** Boniger Augengneis, Koordinaten 630576 / 122430



**Abb. 11:** Die Col-de-Chassoure-Formation ist vielgeschichtig, hier mit den typischen weissen Quarzgeröllen (SARTORI ET AL. 2017) und typischem Strahlungspegel von (510 +/- 7) cps, Koordinaten 631539 / 121079



**Abb. 12:** Quarzit der Bruneggjoch-Formation mit charakteristischen violetten Quarzkiesel (SARTORI ET AL. 2017), Strahlungsrate (238 +/- 5) cps, Koordinaten 631035 / 121448. Bildbreite ca. 20 cm



**Abb. 13:** Am Wegrand anstehende Bruneggjoch-Formation; im Liegenden die weissen Quarzite des Sous-le-Rocher-Member: die Schichtung ist also verkehrt! Koordinaten 631646 / 122380

Hinweis: Die Äquivalentdosis-Leistung, hier angegeben in [ $\mu\text{Sv/h}$ ], ist eigentlich ein Mass für die biologische Schädlichkeit der ionisierenden Strahlung und hängt von einigen Parametern ab; der systematische Fehler kann sich problemlos im 50%-Bereich bewegen. Die Angaben in unserem Bericht sollten daher als «Arbeitseinheiten» und nur vergleichsweise betrachtet werden. Im Übrigen entsprechen die  $0.130 \mu\text{Sv/h}$  einem typischen Wert für die Molasse des Mittellandes.

Der Strahlungsbackground in den Alpen kann je nach Gesteinsart und Tektonik deutlich höher, aber auch deutlich tiefer sein.

Ein extrem tiefer Wert wurde beispielsweise in einer der weiter unten erwähnten ehemaligen Asbestgruben bei Zeneggen mit nur  $(24.7 \pm 1.5)$  cps gemessen. Dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein, dass dem dort anstehenden Serpentin im Gegensatz zu Gneisen und Graniten die Kalifeldspate fehlen; natürliches Kalium beinhaltet das langlebige radioaktive Isotop Kalium-40.

Am anderen Ende können Durchschnittswerte in den Graniten bis gegen 1 kcps betragen, wie Messungen am Montblanc-Granit auf dem Mont Chemin zeigten. Sie sind vor allem auf Thorium-232 und Uran-238 nebst Kalium-40 zurückzuführen, siehe dazu auch [RYBACH ET AL. (1966), LABHART & RYBACH (1971), LABHART & RYBACH (1974)].

Für die Gesteine des Untersuchungsgebiets ergaben sich etwa folgende typische Raten:

Col-de-Chassoure-Formation: 500 cps bis 700 cps

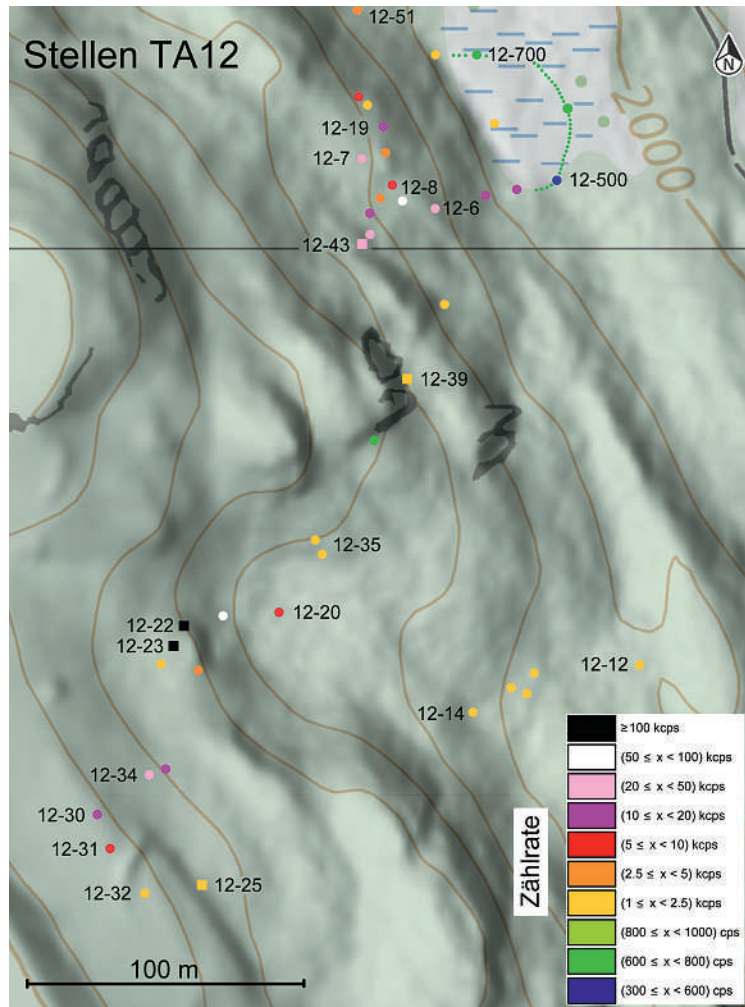
Bruneggjoch-Formation (incl. Sous-le-Rocher-Member): 250 cps bis 450 cps

Adlerflüe-Formation: 350 cps bis 450 cps

Der Übergang zu «Anomalien» ist natürlich fließend. Manchmal sind eher Unterschiede von direkt benachbarten Stellen interessant. Wir setzen hier ziemlich willkürlich einmal eine Grenze bei 1 kcps.

## Geologische Übersicht – Gesteine des Untersuchungsgebietes

Die Geologie des Penninikums ist enorm komplex; man braucht nur einen Blick auf die geologischen Karten südlich der Rhone



**Abb. 14:** Detailkarte der Vererzungszone TA12. Es wurden dazu «Landeskarte 1:10 000 (farbig)» sowie «swissALTI3D multidirektionales Relief» übereinander gelegt und bearbeitet (MAP.GEO.ADMIN. CH 2022d). Nur die Quadratscheiben sind sicher anstehende Stellen, insbesondere TA12-22, 12-23 und 12-43. Beispielsweise rührt TA12-20 von einem Fallblock des Aufschlusses oberhalb her. TA12-30 ist die südlichste der starken Anomalien. Am oberen rechten Bildrand befindet sich das Flachmoor mit deutlich erhöhten Messwerten bis über 1 kcps. Die Zone zwischen TA12-12 und 12-14 liegt ebenfalls in einem Sumpfgebiet.

oder Abb. 7 zu werfen, oder aus SCHEIBER ET AL. (2013) zu zitieren: «Although intensely studied, the finite geometry of the basement-bearing Penninic nappes in western Switzerland has remained a matter of debate for decades (...) and the paleogeographic origin of various nappes has been disputed.»





Abb. 15: Stelle TA1 befindet sich in der Col-de-Chassoure Formation, Koordinaten 631987 / 121429, Zählrate 4.1 kcps. Rechts sind Bohrlöcher erkennbar.



Abb. 16: Stelle TA10-1 befindet sich in der Col-de-Chassoure-Formation, Koordinaten 631203 / 121928, Zählrate (4.49 +/- 0.02) kcps



Abb. 17: Stelle TA5-5 befindet sich am tektonischen Kontakt von Bruneggjoch-Formation (oben) und Col-de-Chassoure-Formation im Liegenden, der Übergang ist «fliessend», Koordinaten 632403 / 122747. Der rote Rahmen ist etwa der Bildausschnitt von Abb. 18.



Abb. 18: Detail der Stelle TA5-5. Die Indikationen liegen im dunklen Band oberhalb der roten gestrichelten Linie. Der höchste Messwert liegt bei (15.5 +/- 0.1) kcps. Rechts unten ist der SEA Szintillationszähler mit der Graetz-2002-Sonde zu sehen. In den bräunlichen Bändern kommen gemäss FELDMANN (1986) Karbonate vor, die als Ankerit auftreten.



Abb. 19: Detail der Stelle TA5-5. Die starke Krenulation weist auf die gewaltigen tektonischen Kräfte hin, die gewirkt haben.

Gamma-Log senkrecht zur Vererzungszone Stelle TA11-6

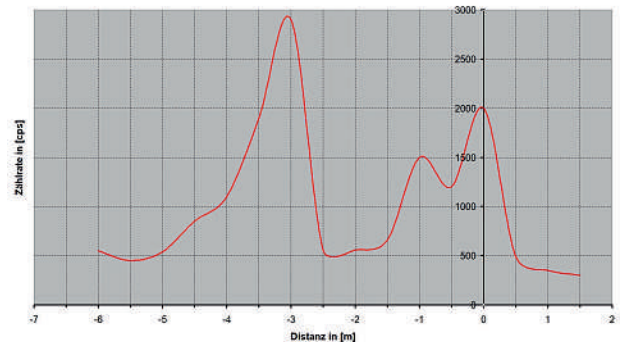


Abb. 20: Dass die Anomalienzone schmal ist, zeigt das Gamma-Log der Stelle TA11-6 (Koordinaten 631478 / 123197) senkrecht zur Indikationenzzone. Alle 0.5 Meter wurde direkt auf der Bodenoberfläche (Moräne/Vegetation) gemessen. Ein kleiner, 15 cm tiefer Schürfgraben zeigte einen nicht anstehenden Block, auf dem eine Rate von (34.7 +/- 0.1) kcps gemessen wurde.

In den letzten 50 Jahren haben sich zunehmend klarere Vorstellungen über die Alpenbildung herauskristallisiert, welche – bis auf Details – mit grösster Wahrscheinlichkeit nun die endgültigen sein dürften. (Der Autor kann sich erinnern, dass Ende der Siebzigerjahre in einer Einführungsvorlesung zur Geologie die Plattentektonik noch kein Thema war...). Eine ausführliche und sehr reichhaltig mit Karten und Profilen versehene Darstellung der Alpengeologie gibt PFIFFNER (2010).

Das Untersuchungsgebiet liegt vollständig in der Siviez-Mischabel-Decke, einem Teil des St. Bernhard-Deckenkomplexes südlich der Rhone. Die Siviez-Mischabel-Decke entstammt paläogeographisch einem Mikrokontinent im Piemontezean, der sogenannten Briançonnais-Schwelle, einige 100 km südöstlich der heutigen Lage. Sowohl auf der Südseite, wie (wahrscheinlich) auch auf der Nordseite der Schwelle wurde Ozeanboden gebildet. Relikt des nördlichen Ozeanbodens wäre eine Serpentinitschuppe (SARTORI ET AL. 2017) unterhalb Zeneggen, in der mehrere ehemalige (Chrysotil-)Asbestgruben zu finden sind. Diese Schuppe gehört nicht zur Siviez-Mischabel-Decke.

Die Gesteine der Siviez-Mischabel-Decke wurden in wegweisenden Arbeiten durch SARTORI ET AL. (2006) über die ganze Decke parallelisiert und in den stratigraphischen Zusammenhang gestellt. Die Deckenbasis bildet der Ergischhorn-Komplex (siehe *Abb. 8*); im Hangenden befindet sich die Adlerflüe-Formation (siehe *Abb. 9*), beide sind im Untersuchungsgebiet (siehe *Abb. 7*) abgeschlossen.

Anschliessend folgen Lirec-, Distulberg- und Métailler-Formation, welche im Untersuchungsgebiet fehlen. Alle diese Formationen gehören zum kontinentalen Sockel, früher als «untere Casannaschiefer» bekannt. Sie sind polymetamorph, haben also mehrere Gebirgsbildungen erlebt und sind damit karbonischen Alters oder älter. Mit dem Boniger-Augengneis (siehe *Abb. 10*) findet sich im Untersuchungsgebiet eine Intrusion, die vielleicht im Frühpaläozoikum Platz nahm (SARTORI ET AL. 2017). Das Hangende der Adlerflüe-Formation bildet im Untersuchungsgebiet die permische Col-de-

Chassoure-Formation (siehe *Abb. 11*) und darüber die triadische Bruneggjoch-Formation (siehe *Abb. 12*), in deren Dach noch das Sous-le-Rocher-Member ausgeschieden wird (siehe *Abb. 13*).

Eine aktuelle strukturelle Betrachtung des St. Bernhard- Deckenkomplexes geben SCHEIBER ET AL. (2013).

## Übersicht über die Anomalien im Gebiet Törbel-Zeneggen-Moosalp

Grosso Modo lassen sich die Anomalien in vier Kategorien einteilen; alle Ortsangaben beziehen sich, falls nicht anders notiert, auf *Abb. 7* und/oder *Abb. 14*. Die Indikationen sind mit der Bezeichnung «TA» apostrophiert.

**Kategorie 1:** Mehr oder weniger zufällig verstreute, meistens punktförmige Anomalien, wie sie GILLIÉRON (1988) erwähnt, meistens in der Col-de-Chassoure Formation liegend, beispielsweise TA1.

**Kategorie 2:** Eine Anomalienzone von meistens eher punktförmigen Indikationen, die sich mit Unterbrüchen von Zeneggen (TA9) bis zum Törbelbach (TA6) über fast 4 km erstreckt. Diese Zone enthält meistens relativ schwache Anomalien um einige kcps bis maximal 15 kcps.

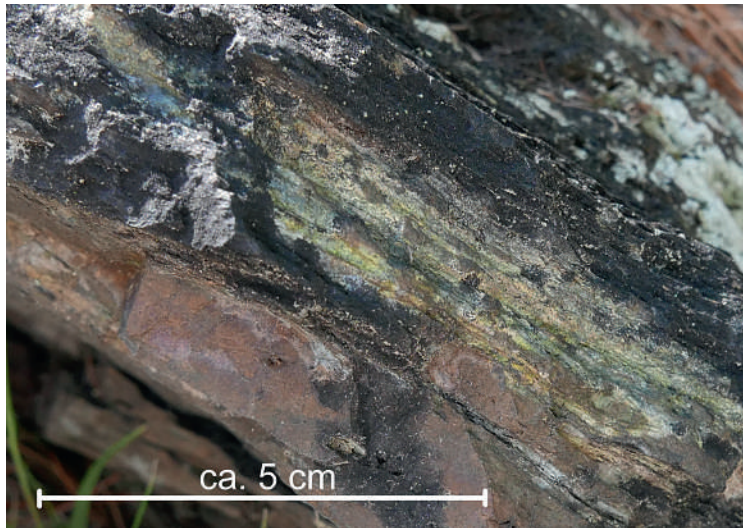
**Kategorie 3:** Besonders interessant im Rahmen dieser Arbeit ist die sehr schmale Anomalienzone (TA11 und TA12) unterhalb der Moosalp mit streckenweise ausserordentlich hohen Pegeln bis über 150 kcps; sie erstreckt sich mit Unterbrüchen über mindestens 1.5 km.

**Kategorie 4:** Die Sumpfgebiete/Flachmoore unterhalb der Anomalienzonen TA11 und TA12, welche deutlich erhöhte Pegel bis gegen 2 kcps aufweisen.

### Kategorie 1

Ortsangaben beziehen sich auf *Abb. 7*.

Als Beispiel (siehe *Abb. 15*) diene eine Stelle, welche GILLIÉRON (1988) ohne genaue Ortsangabe anführt; sie befindet sich am SW-Ende von TA1 in der Col-de-Chassoure-Formation. Es sind Bohrlöcher erkennbar, offenbar wurde ein Teil des Felsens weggesprengt. Ebenfalls gesprengt wurde am NE-



**Abb. 21:** Die Stelle TA12-22 mit sichtbarer gelber Uran-Sekundärmineralisation liegt in der Adlerflüe-Formation.

Die Zählrate beträgt 150 kcps, der Messwert des GM-Zählers 0.21 mSv/h. Koordinaten 631484 / 122861



**Abb. 22:** Hier tauchen die Glimmerschiefer der Vererzungszone TA12-22 in den Boden. Es ist gelbe Uran-Sekundärmineralisation erkennbar.

Ende der mit einem Unterbruch 50 m langen Zone. Dort kann mit der Lupe etwas Chalkopyrit festgestellt werden. Die Zählrate beträgt 10.3 kcps. Die Anwesenheit von Kupfer, wie Yttrium und natürlich Uran wird durch eine grobe XRF-Untersuchung an einer Gesteinsprobe bestätigt, siehe *Abb. 26*, letzte Spalte. TA1 ist die einzige der drei

Stellen in der Arbeit von KÖPPEL (1964), die mit Sicherheit identifiziert werden konnte. In seiner Arbeit finden sich Angaben zu Erzmineralien zweier weiterer Stellen im Untersuchungsgebiet.

Ein zweites Beispiel (TA10-1, siehe *Abb. 16*) befindet sich wahrscheinlich ebenfalls in der Col-de-Chassoure-Formation, die hier einen brekziösen Charakter aufweist, Zählrate (4.49 +/- 0.02) kcps.

## Kategorie 2

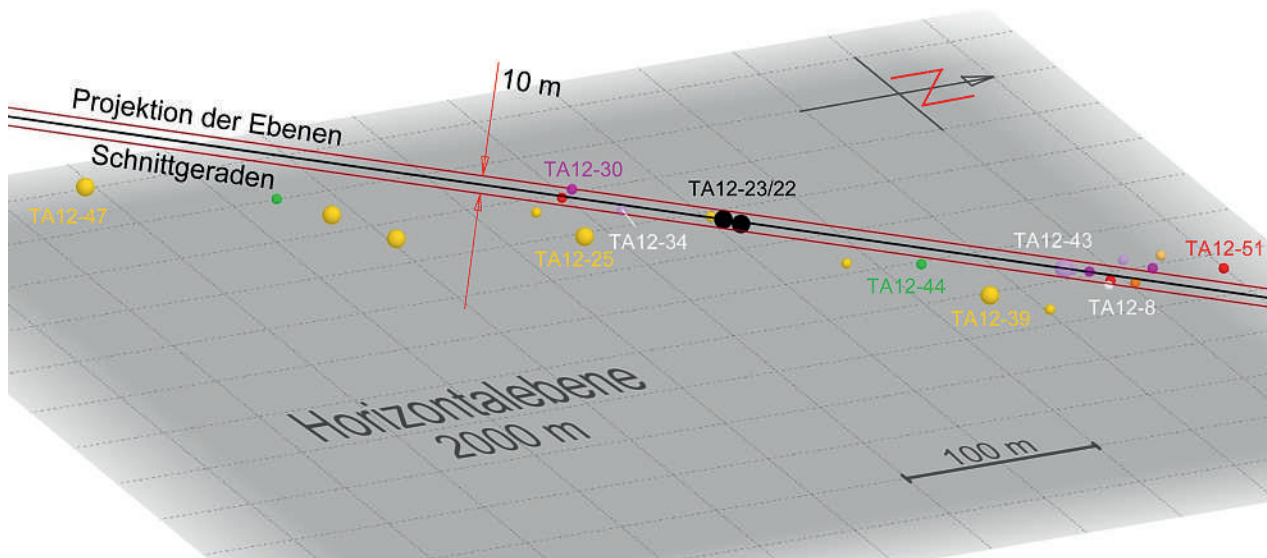
Auch hier beziehen sich Ortsangaben auf *Abb. 7*. Die Anomalien erstrecken sich, von Norden her gesehen, von TA9 über TA8, TA5, TA7 und TA6 bis mindestens zur Stelle TA6-18. Bis zur Stelle TA6-5 können auf dem Anstehenden gelegentlich rote Markierungen aus den Sechzigerjahren ausgemacht werden.

Es fällt sofort auf, dass sich die Anomalien am Kontakt zwischen Bruneggjoch-Formation (im Westen) und Col-de-Chassoure-Formation (im Osten) befinden. Die Höhenreliefschattierung lässt zudem bei der Zone TA6 eine Störungslinie vermuten, mit der Bruneggjoch-Formation im Nordwesten und der Col-de-Chassoure-Formation im Südosten. (Diese Formationen wurden im geologischen Atlas, Blatt St. Niklaus noch nicht unterschieden).

Bei den Anomalien TA6-23 bis TA6-25 in der unteren linken Bildecke ist es unklar, ob man sie derselben Struktur zuordnen kann. An zwei Stellen konnte im Südosten der Zone anhand der violetten Quarzkiesel (siehe *Abb. 12*) eindeutig Bruneggjoch-Formation festgestellt werden, was dagegen spricht.

Indikationen über 1 kcps sind in der Regel punktförmig, tiefere Werte linienförmig. Beispielsweise werden über die ganze 500 m lange Strecke von TA5-9 bis TA5-12 auf dem Fussweg durchwegs 400 cps bis 600 cps gemessen.

Die Lücke zwischen TA9 und TA8 ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Kontakt durch Moräne überdeckt wird; schon wenige Dezimeter Material schwächt die ohnehin relativ schwache Strahlung weiter derart ab, dass keine Unterschiede mehr wahrgenommen werden können. Die Flöhe



**Abb. 23:** Projektion dreier paralleler Ebenen, welche durch die anstehenden Stellen TA12-23 und TA12-43 gelegt wurden und die mit einem Azimut von  $315^\circ$  um  $28^\circ$  (gegen Nordwesten) einfallen. Die Ebenen erscheinen in dieser Projektion als Schnittgeraden. Die zwei Parallelebenen (rot) haben einen Abstand von je 5 m von der Hauptebene (schwarz). Grosse Kugeln sind anstehende Anomalien, kleine können Fallblöcke sein. Die Farben entsprechen den Ratenwerten in den Abb. 7 und 14. Die starken Indikationen liegen ausgezeichnet im Bereich der Ebenen.

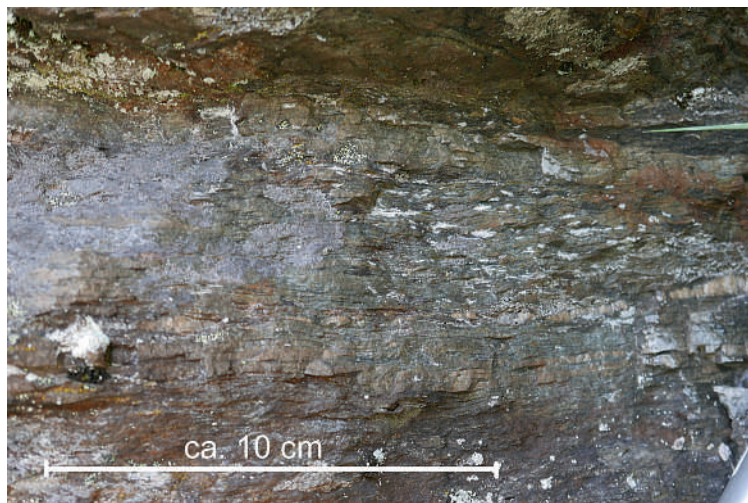
nördlich der Stelle TA8 liegen in sehr steilem Gelände und wurden (noch) nicht abgesehen.

SARTORI ET AL. (2006) weisen darauf hin, dass der Kontakt der Col-de-Chassoure-Formation fast immer tektonischer Natur ist. Dies zeigt sich an den Aufschlüssen über die ganze Zone auch optisch: durch die kataklastische Struktur der Felswände (Abb. 17) und die starke Krenulation (Abb. 19) des Gesteins.

Wir greifen stellvertretend für die ganze Zone die Stelle TA5-5 heraus, von der auch mineralogische Ergebnisse bekannt sind. Abb. 17 zeigt die stark gestörten Gesteine exemplarisch. Innerhalb des roten Rechtecks liegt Abb. 18, dort wird der höchste Strahlungspegel der ganzen Zone von  $(15.5 \pm 0.1)$  kcps gemessen. Auch in zwei Meter Luftabstand beträgt der Pegel immer noch 1.5 kcps. In Abb. 19 zeigt sich ebenfalls exemplarisch schön die Krenulation des Gesteins; der mechanische Zusammenhalt ist nur noch schwach.

Eine Gesteinsprobe dieser Stelle wurde im Rahmen einer Maturarbeit am Gymnasium Lerbermatt durch ZAUGG (2019) untersucht.

Mittels REM/EDX konnten die Minerale Monazit, Xenotim und Zirkon nachgewiesen werden, die Korngrösse dieser Mineralien beträgt ca. zehn Mikrometer. Ebenso wurde ein sehr feinkörniges Uranoxyd der Korngrösse 1 bis 5 Mikrometer nachgewiesen,



**Abb. 24:** Die Stelle TA11-14 liegt gemäss geologischem Atlas im Ergischhorn-Komplex. Die Zählrate beträgt  $(6.99 \pm 0.03)$  kcps, Koordinaten 631553 / 123370



**Abb. 25: Erzproben der Stellen TA12-22 (links oben), TA12-6 (rechts oben) und TA11-9 (die drei Stücke unten). Die Messwerte mit dem GM-Zähler direkt auf den Schiefnern betragen 0.13 mSv/h bis 0.25 mSv/h, die Urangelhalte 0.7 bis 1.9 Gewichtsprozent. Die Zählraten an den Fundstellen TA12-22 und TA11-9 ergaben über 150 kcps für den Szintillationszähler. Bildbreite 25 cm.**

das sehr unregelmässig im Gestein verteilt ist. Damit ist nebst Uran auch die Anwesenheit von Seltenen Erden belegt. FELDMANN (1986) hat im Rahmen seiner Lizentiatsarbeit die Zone untersucht, wahrscheinlich auch explizit die Stelle TA5-5 und ist zu denselben Ergebnissen bezüglich seltener Erden gekommen.

Die Stelle TA7-1 mit einem Messwert von (13.3 +/- 0.1) kcps, welche in einem Sackungsgebiet liegt, sich also nicht an Ort und Stelle befindet, wurde ebenfalls durch ZAUGG (2019) mittels REM/EDX untersucht. Die Ergebnisse zeigen ein Kupferarsenat sowie wieder eine unregelmässige Verteilung von Mikrometergrossen Uranoxyd-Körnern. Für die Genese der Uran-Mineralisation gibt es im Prinzip zwei Vorgänge. Einerseits kann das Uran sedimentär abgelagert oder andererseits kann die Mineralisation hydrothermal gebildet werden. Für beide Prozesse muss man wissen, dass U in oxydativer Umgebung sechswertig, gut löslich und damit mit Wasser sehr beweglich ist, hingegen bei reduktiven Verhältnissen vierwertig wird und schlechte Löslichkeit aufweist, was die Fixierung mittels Mineralisation be-

günstigt (FÜCHTBAUER ET AL. 1988). Gemäss ZAUGG (2019) spricht die inhomogene Verteilung der Uranoxyd-Körner im REM-Bild eher für die hydrothermale Variante. Dafür spricht ebenfalls, dass sich insbesondere entlang eines tektonischen Kontakts Flüssigkeiten gut bewegen können. Für den dunklen Streifen in *Abb. 18*, in dem sich gemäss den Untersuchungen mit dem Pancake-Zählrohr das Uran befinden muss, könnte man sich hingegen auch eine sedimentäre Ablagerung vorstellen.

### Fazit

Die eher schwachen radiometrischen Anomalien dieser Kategorie erstrecken sich von Zeneggen an südwärts bis zum Törbelbach grösstenteils entlang des Kontakts der Col-de-Chassoure-Formation mit der Bruneggjoch-Formation in tektonisch sehr beanspruchtem Gestein. Im südwestlichen Teil ist auf der Höhenreliefkarte die Struktur direkt als Störung erkennbar. Nur das Südwest-Ende der Zone, gegen den Törbelbach, gehört wahrscheinlich zu einem anderen Gefüge.

### Kategorie 3

Alle Ortsangaben beziehen sich auf *Abb. 7* und/oder *Abb. 14*.

Die Vererzungszonen TA11 und TA12 wurden per Zufall entdeckt: Während einer Wanderung auf dem Fussweg vom Breitmattsee gegen die Breitmatte gab der auf eine Alarmschwelle von 450 cps gestellte NaI-Zähler ein Signal bei der Stelle TA11-1. Direkt auf der Oberfläche betrug die Rate bis 2 kcps.

Warum die bis dato eigentlich interessanteste Vererzungszone im Matteredal nicht bereits in den Sechzigerjahren entdeckt wurde, kann vielleicht darauf zurückgeführt werden, dass es im Untersuchungsgebiet viele vereinzelt Anomalien gibt und dass in TA11 und TA12 nur gerade vier sichere Aufschlüsse vorkommen, welche sich alle nicht in der Nähe von Wanderwegen befinden. Alles andere dieser sehr schmalen (siehe das Gamma-Log an der Stelle TA11-6 in *Abb. 20*) Zone liegt mehr oder weniger tief unter der Moräne, lässt sich aber mit der nötigen Ge-

duld und Sorgfalt meistens verfolgen. Die Zone TA11 wurde durch den Autor gefunden. Den Nordteil von TA12, der sich südwestlich des Flachmoors (siehe *Abb. 14*) befindet, entdeckte ZAUGG (2019). Dieses Moor weist flächig deutlich erhöhte Strahlungspegel auf; wir kommen in Abschnitt 4 darauf zurück. Der Autor hat anschliessend wiederum ausgehend von einem Sumpfbereich mit flächig erhöhten Pegeln (Stellen TA12-12 bis TA12-14) hangaufwärts den südlichen Teil von TA12 gefunden.

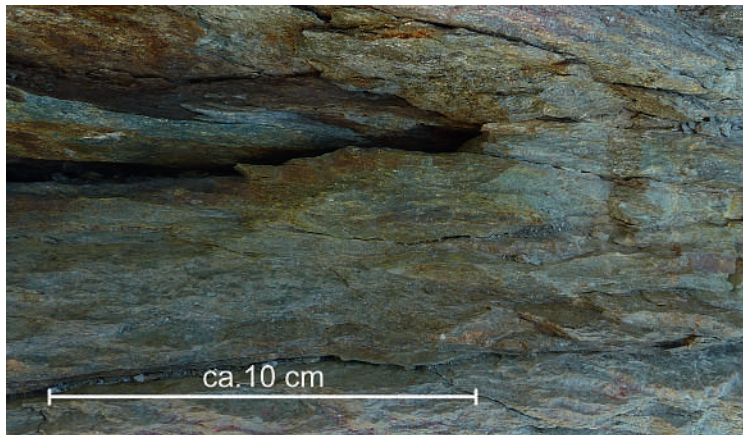
Die Strahlungspegel sind streckenweise ausserordentlich hoch. Die anstehenden Stellen TA12-22/23 (*Abb. 21 und Abb. 22*)

messen direkt auf der Gesteinsoberfläche über 150 kcps. An einem wahrscheinlich nicht anstehenden Block TA11-9 in einem kleinen, ca. 30 cm tiefen Schürfgraben wurden ebenfalls 150 kcps gemessen. Der mittels Gammaskopie gemessene Urangehalt einer kleinen Erzprobe (siehe *Abb. 25* ganz links unten) dieses Blocks beträgt denn auch 1.9 Gewichtsprozent. Unter Berücksichtigung, dass aus apparativen Gründen, siehe Anhang, solch hohe Zählraten systematisch unterschätzt werden, kann man festhalten, dass diese Pegel bis das 100-fache der typischen Raten der Kategorien 1 und 2 aufweisen.

Element	TA11-9	TA12-6	TA12-22	les Plans	CdM	TA1 NE
<b>P</b>	5.0	5.7	5.4	1.4	0.97	19
<b>K</b>	6.7	7.2	7.1	6.3	14	7.9
<b>Ca</b>	13	38	5.4	0.59	1.4	5.7
<b>Ti</b>	0.45	1.5	2.1	1.0	0.68	0.46
<b>Mn</b>	0.25	0.24	0.20	1.5	0.12	0.34
<b>Fe</b>	17	18	53	56	22	11
<b>Co</b>	0.18	0.20	0.44	0.45	0.23	0.24
<b>Ni</b>	0.73	0.64	0.77	0.61	0.72	1.33
<b>Cu</b>	0.12	0.03	0.10	1.5	6.0	3.2
<b>Zn</b>	0.02	0.02	0.04	0.05	0.02	0.04
<b>Y</b>	0.05	0.09	0.06	0.09	0.04	13
<b>Zr</b>	0.5	1.5	0.67	0.30	0.45	0.65
<b>Ba</b>	2.9	11	5.5	4.7	4.2	11
<b>Pb</b>	2.7	0.27	0.67	2.1	4.2	0.48
<b>Th</b>	0.17	0.12	0.10	keine Msg.	0.24	0.66
<b>U</b>	48	14	15	23	45	21

Angaben in Gewichtsprozent

**Abb. 26: Zusammenstellung der XRF-Abschätzungen dreier Erzproben aus TA11 und TA12, zum Vergleich damit je einer Probe von «les Plans» und «Col-des-Mines» (CdM), sowie zusätzlich einer Probe der Stelle TA1, NE-Ende. Die Gesteinsproben wurden teils nass leicht angeschliffen. Es sind KEINE absoluten Messwerte und sie sind NUR in den Spalten untereinander vergleichbar. Es wird nur eine Auswahl der Elemente gegeben. Kommentar im Haupttext.**



**Abb. 27: Detail des markanten Felsaufschlusses von les Plans im Kessel von Chassoure, welcher in der Adlerflüe-Formation kartiert wird, Koordinaten 586750 / 106890. (MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e). Die Messwerte betragen  $(24.9 \pm 0.1)$  kcps für den Szintillationszähler und  $0.14$  mSv/h für den GM-Zähler. Dieser Aufschluss wurde während der verschiedenen Prospektionsperioden reichlich mit Schlitzproben traktiert.**

Ein weiterer wichtiger Unterschied ist, dass es sich nicht um punktförmig stärkere Anomalien handelt, wie üblicherweise in Kategorie 1 oder auch 2, sondern dass sich die Indikationen messbar «erstrecken», was auf einen veritablen Lagergang hindeutet.

Natürlich schwächt die Moränen-Bedeckung die Gammastrahlung ab, die Halbwertsdicke HWD wird sich irgendwo zwischen 5 cm und 10 cm bewegen, sagen wir 7 cm. Man kann also davon ausgehen, dass bei 70 cm Bedeckung, entsprechend 10 HWD, der Pegel noch gerade ein Tausendstel des ursprünglichen beträgt und daher kaum mehr von der Umgebungstrahlung zu unterscheiden ist. Trotzdem konnten vor allem entlang der Zone TA11 die Indikationen auch mit Moränenüberdeckung praktisch lückenlos verfolgt werden. Andernorts waren selbst kleine Unterschiede nicht mehr zu messen; hier muss offen bleiben, ob die Vererzung aussetzt oder die Überdeckung zu gross ist.

### Zonen TA11 und TA12 als Lagergang?

Die Schichtung vor allem im Perimeter von TA12 ist deutlich ruhiger als anderswo, wie

Abb. 8 beispielhaft zeigt. Messungen mit dem Kompass am Anstehenden im ganzen Gebiet ergab zuverlässig ein Fallen in Richtung  $\pm 310^\circ$  (Nordwesten) mit einem Fallwinkel um  $\pm 30^\circ$ . Es scheint auch, dass die vererzten Schichten in den wenigen Aufschlüssen konkordant zur allgemeinen Schieferung liegen.

Unter Berücksichtigung diese Umstandes und nachdem mit TA12-43 nebst TA12-22/23 eine zweite anstehende starke Anomalie vorlag, wurde es möglich, eine Ebene zu definieren und zu untersuchen, wie gut die anderen Fundstellen darauf passen. Dies wurde mit dem frei erhältlichen Programm GEOGEBRA unternommen, welches 3D-Darstellungen ermöglicht. Die Geometrie in Abb. 23 weist darauf hin, dass man für das Gebiet TA12 tatsächlich von einer dünnen Erzplatte ausgehen könnte, welche mit  $28^\circ$  bis  $35^\circ$  in eine Richtung zwischen  $315^\circ$  bis  $310^\circ$  einfällt. Einige schwächere, aber anstehende Anomalien wie TA12-25, 12-39 oder 12-47 müssten stratigraphisch um einige 10 m tiefer, vielleicht in einer Parallelebene liegen. In der Gegend der Stelle TA12-51 (nicht anstehend!) würde die Ebenenspur unter das Niveau des Flachmoors tauchen.

Bei den meisten Stellen von TA12 wird es sich um in der Moräne vergrabene Fallblöcke handeln, die seinerzeit vielleicht zusätzlich durch den Vispa-Gletscher (SARTORI ET AL. 2017) verschoben wurden. Die bis anhin (Herbst 2022) südlichste, schwache Anomalie TA12-47 befindet sich anstehend an einem Felsband, direkt unter dem Stand (Pt. 2121 auf LK 1:25 000) und liegt ebenfalls stratigraphisch zu tief. Das Hangende ist entlang dieses Felsbands aufgeschlossen, ohne dass die starke Anomalienzone wieder auftritt.

Bei der Serie TA11 ist der Fall weniger klar. Erschwerend ist, dass sich alle Indikationen bis auf TA11-14 (siehe Abb. 24) unter der Moräne befinden. Die ganze Anomalienlinie von TA11-1 bis TA11-17 konnte trotzdem mit dem HAL-2022 praktisch lückenlos belegt werden teilweise mit nur wenigen hundert cps Unterschied quer zur Linie bei kleinen Pegeln.

Bezogen auf die oben postulierte Ebene liegt die Serie eindeutig zu hoch. Allerdings zeigt ein Blick auf Abb. 7 eine Störung, an

welcher sowohl TA11-1 wie TA12-51 anliegen; eine rein sinistrale Scherung müsste ca. 150 m betragen haben, um die heutige Lage von TA11 zu erzeugen. Zwischen TA11-1 und 11-9 müsste eine weitere kleinere Scherungszone erwartet werden. Zwischen TA11-9 und TA11-17 ist dann allerdings die 315°-Lage perfekt.

Am Rhododendron überwachsenen, recht steilen NE-Hang von TA11 wurde im Perimeter von TA11-23 über einige 100 Quadratmeter wieder teilweise Sumpfbereich mit deutlich erhöhten Werten gefunden. Man kann auch den Austritt von Hangwasser beobachten. Etwas oberhalb konnte in den Rhododendren ein radioaktiver Fallblock aufgefunden werden, aber nichts Anstehendes. Diese Stellen liegen, bezogen auf eine Ebene durch TA11-9, ebenfalls deutlich zu hoch. Die im Moment (Herbst 2022) nördlichste Stelle TA11-27 ist anstehend, in einem Felsband laufend (Fallen: ca. 300°/30°) und mit einer roten Markierung versehen, also in den Sechzigerjahren bekannt. Die (höchste) Rate beträgt (5.3 +/- 0.1) kcps.

Die Zone TA12 wird in der Adlerflüe-Formation kartiert, die Zone TA11 hingegen im Ergischhorn-Komplex. Die Erzproben, siehe *Abb. 25*, aus beiden Zonen sind dunkle feinkörnige Schiefer; man kann auch den Glimmerschiefer der Adlerflüe-Formation erkennen. *Abb. 26* zeigt die Ergebnisse einer groben XRF-Untersuchung je einer Gesteinsprobe von TA11-9, TA12-6 und TA12-22. Es handelt sich buchstäblich nur um oberflächliche und daher ungenaue Messungen; die Proben wurden nur leicht angeschliffen und auf das XRF-Spektrometer gelegt. Man kommt nicht umhin, auch in der elementaren Zusammensetzung Ähnlichkeiten zwischen den Proben zu erkennen und zu vermuten, dass es sich ursprünglich um ein und denselben, gemäss obigen Überlegungen konkordant liegenden Erzgang gehandelt haben könnte. Wir möchten daher vorschlagen, dass sich auch TA11 in der Adlerflüe-Formation befindet (und nicht im Ergischhorn-Komplex).

Dazu werfen wir noch einen Blick weiter westwärts in das Gebiet des «Grand Alou» via «Plan du Fou» und «le Fou» bis «Col des Mines», welches während der Prospektions-

periode im letzten (und noch einmal durch die AURANIA-Gruppe in diesem) Jahrhundert äusserst sorgfältig, sogar mit einem Prospektionsstollen, untersucht wurde: Ein guter Teil der Uran-Fundstellen befindet sich in der Adlerflüe-Formation. Dies wird auch ersichtlich, wenn die entsprechenden Karten aus GILLIÉRON (1988) auf den GEOCOVER (MAP.GEO.ADMIN.CH) gelegt werden.

In die XRF-Abschätzung in *Abb. 26* wurden zum Vergleich zwei Gesteinsproben dieses Gebietes einbezogen; die Stelle «les Plans» ist in *Abb. 27* und die Erzprobe «CdM» in *Abb. 28* dokumentiert.

Ein interessanter Aspekt: Die XRF-Abschätzungen zeigen einen erhöhten Bleianteil, verglichen beispielsweise mit Kupfer. Dies weist darauf hin, dass es sich dabei wenigstens teilweise auch um radiogenes bzw. Zerfallsblei handeln könnte. Mit Kenntnis



**Abb. 28:** Erzprobe (CdM) aus einem ehemaligen Schürftgraben südlich vom Col des Mines am Westhang des Mont Rogneux, welche in der Adlerflüe Formation kartiert wird, Koordinaten 586059 / 106121. (MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e). Man erkennt den Glimmerschiefer der Adlerflüe-Formation mit zwei sichtbaren dunklen Pechblendschnüren und eventuell etwas Gangart, sowie gelbe Sekundärmineralisation. Die Messwerte an der Fundstelle betragen >50 kcps (overflow) für den Graetz- Szintillationszähler und 0.35 mSv/h für den GM-Zähler direkt auf der Probe. Bildbreite 8 cm.



der Isotopenverhältnisse würde es möglich, das Alter der Vererzungszone zu bestimmen und obige Vermutungen abzuklären (zum Beispiel ob die Zone syngenetisch oder erst später erzeugt wurde oder ob die Vererzungen zur selben Zeit stattfanden oder nicht).

### Fazit

Die fast ausschliesslich unter der Moräne liegende Anomalienzone unterhalb der Moosalp weist streckenweise sehr hohe Zählraten auf, welche mit denjenigen im gut untersuchten Gebiet zwischen Nendaz und Verbier absolut vergleichbar sind. In den wenigen Aufschlüssen scheint die dünne vererzte Schicht konkordant zur allgemeinen Schieferung zu liegen. Im südlichen Teil ergibt sich zusätzlich eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit einer Richtung Nord-west fallenden Ebene. Wir postulieren, dass wenigstens die starken Vererzungen des Südteils sich stratigraphisch in derselben Ebene befinden. Inwieweit sie zusammenhängen oder nur linsenförmig sind, kann ohne weitere Massnahmen nicht geklärt werden.

Drei verschiedene Erzproben aus beiden Zonen zeigen makroskopisch keine Unterschiede und eine oberflächliche XRF-Untersuchung ergibt vergleichbare Anteile der Elemente. Man könnte daher vermuten, dass bei der ganzen Zone es sich ursprünglich um eine einzige vererzte, ebene Platte gehandelt hat, die heute durch mindestens eine Scherungszone gestört ist.

### Kategorie 4

Wir gehen auf die sehr interessanten Indikationen dieser Kategorie nur kurz ein und möchten dazu ebenfalls eine Hypothese aufstellen.

Die grossflächigen Anomalien bis 2 kcps in den Sumpfgebieten unterhalb der Zonen TA12 und TA11 sind sehr auffallend. *Abb. 29* zeigt das Flachmoor, welches sich in *Abb. 14* oben rechts am Bildrand befindet. Zwei weitere kleinere Sümpfe befinden sich je im Perimeter von TA12-12 und TA11-23 im Wald. An allen drei Orten tritt Hangwasser aus. Dieses wird von den zahlreichen Seelein

und Tümpeln, siehe *Abb. 7*, oben auf der Moosalp gespeist, welche bis auf den Breitmattensee keine oberirdischen Abflüsse haben. Insbesondere befindet sich der Bonigersee direkt oberhalb der Stelle TA12. Das Sickerwasser muss sich also zwangsläufig durch die Uran-Vererzungszone bewegen. Wie oben erwähnt, ist Uran in oxydativem Milieu sechswertig, seine Salze in Wasser gut löslich und damit sehr mobil. In der reduktiven Umgebung des Moorbodens am Hangfuss wird Uran im vierwertigen Zustand fixiert und angereichert. Ähnliche Verhältnisse wurden durch PREGLER ET AL. (2019) in den (Moor)-Böden nordwestlich des Mt. Vully im Seeland studiert. Man misst tatsächlich auch im Anthrazit als metamorphe Version solcher Paläoböden erhöhte Strahlungswerte, wie es MEISSER (2012) beschreibt. Eigene Messungen, beispielsweise in einem alten Kohlestollen bei Réchy, ergaben Raten bis gegen 900 cps.

### Fazit

Die deutlichen Anomalien auf der Oberfläche der drei Flachmoore oder Sumpfgebiete unterhalb der Moosalp-Vererzungszone legen nahe, dass in deren reduktivem Milieu Uran fixiert wird. Wir schlagen daher vor, dass man in diesen Sumpfgebieten den aktualistischen Fall der Bildung einer Uranlagerstätte beobachten kann.

### Zusammenhang zwischen Uranvorkommen und Zählrate

Wir geben in diesem Abschnitt noch eine Abschätzung – über den Daumen gepeilt, wie es Physiker:innen manchmal lieben – wie das absolute Uran-Vorkommen etwa mit der Zählrate zusammenhängen könnte. Die Autoren RYBACH ET AL. (1966), LABHART & RYBACH (1971), LABHART & RYBACH (1974) haben sich in ihren Arbeiten mit dem absoluten Uran- und Thoriumgehalt in den Graniten s.l. der Schweizer Alpen beschäftigt.



**Abb. 29: Das Flachmoor am Hangfuss der Zone TA12, Koordinaten 631600 / 123060, Blickrichtung Nord. Im südlichen Abschnitt (Vordergrund) können flächenhaft erhöhte Raten von 600 cps bis über 1 kcps gemessen werden.**

Beispiele aus LABHART & RYBACH (1974):

	Urangehalt in ppm	Thorium- gehalt in ppm
Mont-Blanc-Granit	10 bis 60	25 bis 50
Zentraler Aare-Granit	10 bis 20	30 bis 60
Grimsel-Granit	5 bis 10	10 bis 20
Giuv-Syenit	10 bis 50	50 bis 100

Vor allem in LABHART & RYBACH (1971) über den Giuv-Syenit werden auch Strahlungsmesswerte im Feld aufgeführt. Unter der Voraussetzung, dass das Th/U-Verhältnis etwa 3:1 beträgt und auch noch Strahlung vom Kalium-40 der Kalifeldspäte dabei ist, kann man aus den Angaben grob (Grössenordnung!) folgern, dass 1  $\mu\text{Sv/h}$  etwa 170 ppm Uran entspricht. Die Angaben zur NaI-

2002-Sonde (siehe Anhang) liefern den Zusammenhang 1580 cps entsprechen 1  $\mu\text{Sv/h}$ . Also landen wir bei der «Faustregel»: 1 kcps entspricht 100 ppm Uran. Da bei stärkeren Anomalien die Strahlung ausschliesslich vom Uran herrührt, kommen wir bei den 150 kcps der Stellen TA12-22/23 und TA11-9 auf einen geschätzten Urangehalt in der Gegend von 1 % (Gewichtsprozent).

## Gammaspektren der Erzproben und absoluter Urangehalt

Die Gammaspektren, siehe *Abb. 30*, wurden freundlicherweise durch Dr. Pierluigi Casolaro am HPGe-Spektrometer des LHEP Uni Bern gemessen und anschliessend vom Autor mit dem frei erhältlichen Programm INTERSPEC ausgewertet.

In a nutshell: Das Gammaspektrum ist ein Histogramm der Energien von Gamma-Photonen. Radioaktive Isotope, in unserem Fall die Familienmitglieder von U-238 und U-235, besitzen ihr eigenes, charakteristisches Energiespektrum – natürlich nur falls diese Isotope Gammastrahlung erzeugen (was lange nicht alle tun).

Die gemessenen Gammaspektren zeigen untereinander eine perfekte Übereinstimmung buchstäblich bis auf den letzten Peak. Das ist nicht weiter erstaunlich, da es sich um Natururan handelt. Weiter ist nichts zu sehen von Peaks der Thorium-232 Familie. Dies erstaunt ebenfalls wenig unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die XRF-Messungen, siehe *Abb. 26*, Verhältnisse U/Th > 120:1 zeigen. Mit dem Verhältnis der Halbwertszeiten von 1:3 folgt ein Aktivitätsverhältnis von sogar > 400:1. Das heisst: Allfällige Peaks der Th-Familie versinken im Background des U-Spektrums. Ebenfalls ist der Peak von K-40 absent.

Mit Hilfe der gezählten Gammapartikel im Peak von Protactinium-234m bei 1000 keV Energie lässt sich die absolute Menge von U-238 Kernen in der gemessenen Probe bestimmen. Die Messungen an den Erzproben, Details siehe Anhang, ergaben folgende

Erzprobe	Urangehalt in Gewichts-%
TA11-9	1.9 +/- 0.2
TA12-6	1.1 +/- 0.2
TA12-22	0.71 +/- 0.04
TA1	0.28 +/- 0.06
les Plans	4.6 +/- 0.8

Diese präzisen Werte bestätigen sehr schön die Abschätzung im vorangegangenen Kapitel.

## Gesamtfazit

Neu gegenüber der Untersuchungen in den Sechzigerjahren ist die Erkenntnis, dass sich die Indikationen der Kategorie 2 grösstenteils entlang des tektonischen Kontakts zwischen Col-de-Chassoure- und Bruneggjoch-Formation erstrecken (neu insbesondere, da die Unterscheidung dieser Gesteine seinerzeit gar nicht vorgenommen wurde).

Mit grösster Wahrscheinlichkeit damals unentdeckt blieb die schmale Anomalienzone unterhalb der Moosalp mit Urangehalten bis deutlich über ein Prozent. Diese Zone ist gut zugänglich, man hätte problemlos Schürfgräben erstellen und/oder Kernbohrungen ansetzen können, wie das andernorts unter bedeutend schwierigeren Umständen geschah. Um die Genese dieser Vererzungen abzuklären wären hier unter anderem Altersbestimmungen hilfreich.

Interessant weiter zu verfolgen, auch aus biologischer Perspektive, wäre sicher das Thema der Anomalien in den Sumpfbereichen.

Zum Schluss ein Sicherheitsaspekt, immerhin befinden sich die Uranvorkommen in touristischem Gebiet. Dazu kann man festhalten, dass die ausserordentlich starken Indikationen sich abseits genug von in Karten verzeichneten Pfaden und Orten befinden – kaum jemand wird auf die Idee kommen dort ein Zelt aufzuschlagen. Alle andern Anomalien sind relativ unproblematisch. Allenfalls liesse es sich überlegen, im Gebiet des Flachmoors besser nicht Vieh weiden zu lassen. Das Radonproblem in Gebäuden ist natürlich wie vielerorts ein Thema; man sollte jedenfalls regelmässig lüften und gegebenenfalls im Keller eine Radonmessung vornehmen lassen.

## Anhang

Einige Eigenschaften der verwendeten Apparate

a) Die Sonde **Graetz-2002** (*Abb. 18*) verfügt über einen  $(70 \times 70 \times 13)\text{mm}^3$ -NaI-Kristall als Detektor (GRAETZ 2023). Die maximale Zählrate beträgt 50 kcps. Die Herstellerfirma gibt im Prüfprotokoll (nur für die Strahlung von Cäsium-137) den Zusammenhang zwischen Dosisleistung und

Zählrate an: 1  $\mu\text{Sv/h}$  entspricht 1580 cps und 10  $\mu\text{Sv/h}$  entsprechen 13700 cps; es herrscht keine Linearität. Der (vermutete) Grund dazu wird im folgenden Absatz angeführt.

b) Der **HAL-2022** (Abb. 5) verfügt über einen 1.5" x 3" NaI-Kristall als Detektor und kann sehr hohe Raten bis 262 kcps (18 bit) verarbeiten (STUCKI 2023). Tests zeigen eine Linearität innerhalb von ca. 1% bis zu einer Rate von über 20 kcps. Bei sehr hohen Strahlungspegeln ergeben sich aber zunehmend zu kleine Zählraten, weil zwei zeitlich nahe beieinander liegende Impulse als nur einer gezählt werden. (Die Impulsbreite für ein 662 keV-Gamma von Cs-137 beträgt bei diesem Zähler 900 Nanosekunden). Dieser systematische Fehler könnte sich bei einer Rate von 262 kcps durchaus im zweistelli-

gen Prozentbereich bewegen. Weiter enthält der HAL-2022 einen einstellbaren Divider, mit dem die akustisch durch «Klicks» dargestellte Rate bis maximal um einen Divisor von 128 verkleinert werden kann. Aufgrund der Poisson-Statistik wird mittels des Dividierers die Zählrate deutlich regelmässiger; man kann damit im Feld sehr feine Ratenunterschiede (akustisch) wahrnehmen. Dies hat sich als ausserordentlich wertvoll zum Auffinden von Anomalien erwiesen. Schliesslich verfügt der HAL-2022 nebst einer optischen über eine – im Feldeinsatz praktische – Möglichkeit zur Sprachausgabe (in ziemlich chinesischem Englisch) der Messwerte. Die Steuerung erfolgt mit einem ARDUINO-Mikrokontroller.

c) Der «Inspector» GM-Zähler (Abb. 6) ist mit einem LND 7317 Pancake-Zählrohr

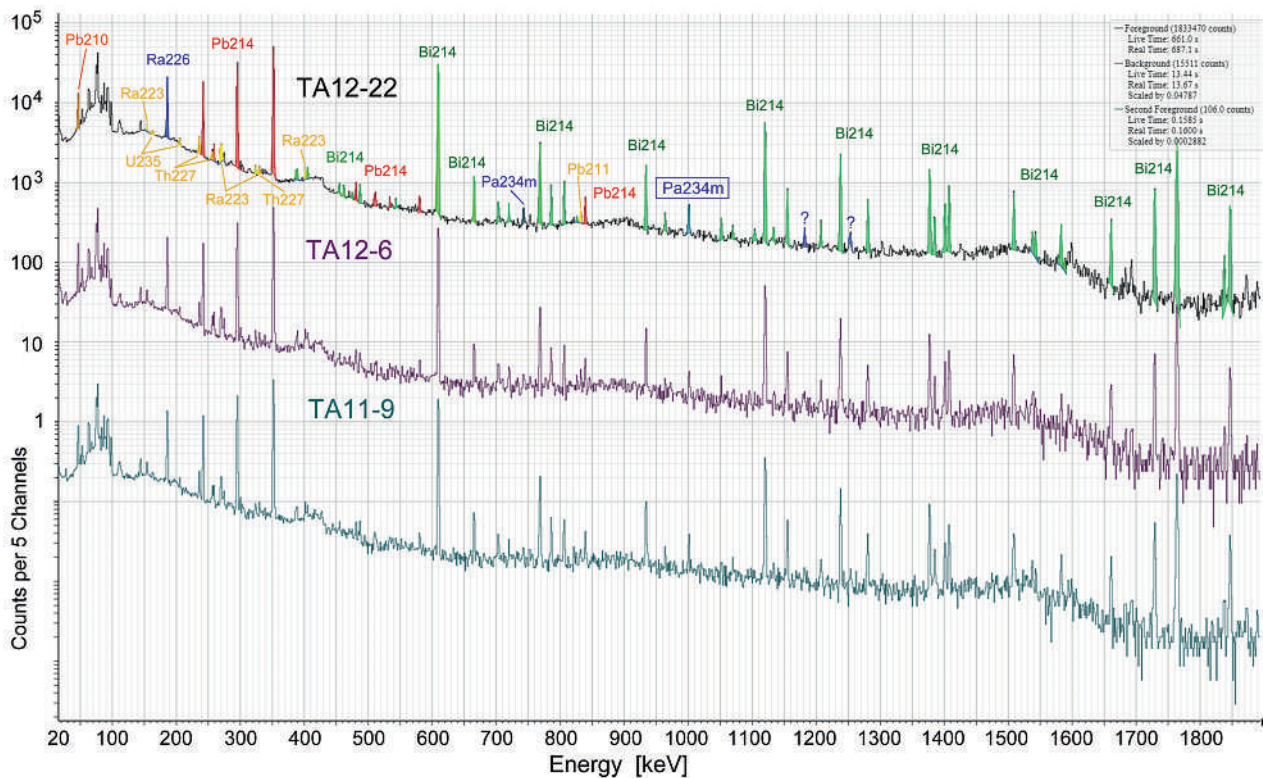


Abb. 30: Gammaspectren dreier Erzproben aus TA11 und TA12. Nur für TA12-22 sind die Zählraten wahr. Die beiden anderen sind zwecks Darstellung skaliert. Die Peaks stammen vor allem von den Isotopen Blei-214 (rot), Bismut-214 (grün), Radium-226 (blau) und Protactinium-234m (blau) der «Natürlichen radioaktiven Familie» von U-238, siehe auch Abb.4. Es sind weiter Peaks von Isotopen der Familie von U-235 (gelb) zu sehen, sowie ein Röntgen-Peak von Pb-210. Den blau gerahmten Peak von Pa-234m kann man zur Bestimmung des absoluten Gehaltes von Uran benutzen. Weitere Erläuterungen im Haupttext.

des aktiven Durchmessers von 45 mm ausgerüstet, die Flächenmasse des Mica-Fensters beträgt nur 2 mg/cm<sup>2</sup> entsprechend einer Dicke von ca. 8 µm (INTERNATIONAL MEDCOM INC. 2023).

- d) Das **Amptek-XRF-Spektrometer** verfügt über einen State-of-the-Art SDD-Detektor, Auflösung gemäss Herstellerangaben: 125 eV FWHM @ 5.9 keV-Linie von Fe-55 (AMPTEK 2023a). Dieser Detektor ist heute durch einen noch schnelleren Nachfolger ersetzt (AMPTEK 2023b). Die Mini-X-Röhre enthält eine Silber-Anode (daher lässt sich Ag nicht genau messen) und kann mit bis zu 50 kV Beschleunigungsspannung und 100 µA Anodenstrom betrieben werden. Das Modell ist weniger für die «Plug-and-Play»-Anwendung gedacht, sondern eher als Entwickler/Experimentierer-Device. Es verfügt über ein mächtiges Auswertungsprogramm von CROSSROADS SCIENTIFIC (2023). Für Absolutmessungen müsste es mit Kalibrierproben geeicht werden (im Moment nicht der Fall).

### Bestimmung des U-238 Gehaltes aus dem Gammapeak von Pa-234m

Die Methode fusst darauf, dass 0.847% der Beta-Zerfälle der Uran-Tochter Th-234 in einen so genannt metastabilen Zustand Pa-234m gehen. Beim Übergang in den Grundzustand Pa-234 wird ein Gamma der Energie von 1000.03 keV emittiert (SCHKADE ET AL. 2018). Misst man die Zählrate dieser Gammas und ist die «Efficiency» der Messvorrichtung bekannt, kann mit einfachen Dreisätzen die Aktivität des Mutternuklids U-238 berechnet werden. Efficiency heisst: Welcher Bruchteil der von einer Quelle emittierten Gammas wird im Detektor registriert. Diese Grösse hängt von der Geometrie der Anordnung und der Energie der Gammas ab.

Aus der Aktivität von U-238 kann wieder mit einfachen Rechnungen auf die vorhandene Anzahl U238-Kerne und daraus auf das Gewicht geschlossen werden. Indem man die Erzprobe auf die Waage legt, lässt sich anschliessend der gewichtsprozentuale Anteil von U in der Probe berechnen (Natur-

uran besteht, wie weiter oben erwähnt, zu 99.3% aus U-238 und 0.7% U-235).

Zahlenbeispiel: Für die Probe TA12-22 wurde mit Hilfe der Tools des Programms INTERSPEC V. 1.0.10 im 1000keV-Peak eine Zählrate von (0.9816 +/- 0.061) cps ermittelt. Gemäss CASOLARO (2023) beträgt die Efficiency = 0.01297 für eine punktförmige (welche die Erzprobe natürlich nicht ist) Quelle; daraus folgt eine Aktivität der Probe von 8935 Becquerel. Aus dieser lässt sich mit Hilfe der Halbwertszeit bzw. der Zerfallskonstanten von U-238 die Anzahl Kerne = 1.82E21 und daraus die Uranmasse von 0.723 Gramm bestimmen. Somit resultieren für die 102.51 Gramm schwere Probe schliesslich 0.71 +/- 0.04 Gewichtsprozent Natururan.

### Koordinaten einiger Stellen

Stelle	LK-Koordinaten		Höhe
Lerbermatt	599774	197686	559
Asbestgrube	633273	125290	1261
Mont Chemin	574388	104155	1269
Réchy	604264	122535	624
TA1 NE	632022	121454	1778
TA5-5	632403	122747	1655
TA7-1	632243	122175	1741
TA11-1	631451	123177	2038
TA11-6	631478	123197	2041
TA11-9	631495	123297	2049
TA11-23	631444	123598	1952
TA11-27	631338	123756	1910
TA12-12	631648	122847	2021
TA12-14	631588	122830	2032
TA12-22	631484	122861	2061
TA12-23	631482	122849	2063
TA12-43	631548	123002	2033

## Dank

An dieser Stelle sei dem Redaktor der NGB-Mitteilungen, Dr. Christoph Thalmann, für die angenehme Zusammenarbeit und die guten Tipps herzlich gedankt.

Herzlicher Dank geht auch an Dr. Pierluigi Casolaro vom LHEP Uni Bern für die freundliche Hilfe bei der Messung der Gamma-spektren und die Profs. Michele Weber und Saverio Braccini für die Ermöglichung.

Last but not least: Nach einem Tag durst-erzeugender Kraxelei in den Bergwäldern Törbels winkte auf der Terrasse des Restaurants Weisshorn – mit prächtigem Blick auf dasselbe – stets ein kühles Bier und anschliessend ein feines Nachtessen, zubereitet und serviert durch das Wirtehepaar Noemi und Frippi Lorenz-Abgottspon. Seit einem Jahr leben die beiden im wohlver-dienten Ruhestand und haben mit Dominic Juon einen würdigen Nachfolger gefunden.

## Literatur

- AMPTTEK, 2023a. <https://www.amptek.com/products/exp-2-complete-experimenters-kit>
- AMPTTEK, 2023b. <https://www.amptek.com/products/x-ray-detectors/fastsdd-x-ray-detectors-for-xrf-eds/fastsdd-silicon-drift-detector>
- ANSERMET S., 2001. Le Mont Chemin. Mines et Minéraux du Valais. Saint Maurice.
- ANSERMET S., 2012. Anniviers et Tourtemagne. Mines et Minéraux du Valais. Ayer.
- BÄCHTIGER K., 1963. Die Kupfer- und Uranmine-ralisationen der Mürtchenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 38
- BEARTH P., 1980. Blatt 1308 St. Niklaus. Geol. Atlas Schweiz 1:25 000 , Erläut. 71. [https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer\\_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-71.pdf](https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-71.pdf)
- BURRI M., 1992. Die Gesteine. Erkenne die Natur im Wallis. Martigny.
- CASOLARO PIERLUIGI, 2023. Mündliche Mitteilung.
- CROSSROADS SCIENTIFIC, 2023. <https://xrayscientific.com/>
- DIETRICH V., HUONDER N., RYBACH L., 1967. Uran-vererzungen im Druckstollen Ferrera – Val Niemet. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 44
- EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR REAKTORFORSCHUNG, 1973. Das Eidgenössische Institut für Reaktor-forschung Würenlingen. Würenlingen. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/06/185/6185893.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/06/185/6185893.pdf)
- FELDMANN M., 1986. Uran und seltene Erden Mi-neralisationen im Raum Embd-Törbel, Mulde von St. Niklaus, Mattertal, Wallis. Diplom-arbeit ETH. Zürich. Unveröffentlicht.
- FÜCHTBAUER H., HELING D., MÜLLER G., RICHTER D.K., SCHMINCKE H.-U., SCHNEIDER H.-J., VALETON I., WALTHER H.W., WOLF M., 1988. Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart.
- GILLIÉRON F., 1988. Zur Geologie der Uranminera-lisation in den Schweizer Alpen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 77
- GRAETZ, 2023. <https://graetz.com/produkte/sonden/nai-szintillationssonde-graetz-2002/>
- HABICHT C., 2008. Kanadier suchen im Wallis nach Uran, Tages Anzeiger 18. 11. 2008. Zürich. <https://www.derbund.ch/kanadier-suchen-im-wallis-nach-uran-964783134149>

- HAUSMANN K., 2016. Vergangenes wird wieder aktuell: Diorit-Plutonium. *Energieia Magazin des Bundesamtes für Energie*. <https://energieiaplus.com/2016/03/24/vergangenes-wird-wieder-aktuell-diorit-plutonium/>
- HÜGI TH., KÖPPEL V., DE QUERVAIN F., RICKENBACH E., 1967. Die Uranvererzungen bei Iséables (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 42*
- INTERNATIONAL MEDCOM INC., 2023. <https://medcom.com/product/imi-inspector-alert-surface-contamination-meter/>
- KRAMERS J., 1973. Zur Mineralogie, Entstehung und alpine Metamorphose der Uranvorkommen bei Trun, Graubünden. *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 52*
- KÖPPEL V., 1964. Bericht über die erzmikroskopischen Untersuchungen der Uranvererzungen bei Törbel und Embd im Visper- und Mattertal (Wallis). *InfoGeol-Nr 36453. swisstopo.*
- LABHART T.P., 1967. Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 43*
- LABHART T.P., RYBACH L., 1971. Abundance and Distribution of Uranium and Thorium in the Syenite of Piz Giuv (Aar-Massif-Switzerland). *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 55*
- LABHART T.P., RYBACH L., 1974. Granite und Uranvererzungen in den Schweizer Alpen. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 60*
- LEU H., 1970. Radioaktivitätsmessungen über Uranvorkommen beim Scheibenstand Embd. *InfoGeol-Nr. 21164. swisstopo.*
- MAGILL J., PFENNIG G., GALY J., 2006. *Karlsruher Nuklidkarte 7. Auflage. Lage (Germany)*.
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022a. [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers\\_visibility=false&layers\\_timestamp=18641231&E=2715138.71&N=1205648.31&zoom=2](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers_visibility=false&layers_timestamp=18641231&E=2715138.71&N=1205648.31&zoom=2)
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022b. [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&E=2631845.26&N=1122984.05&zoom=7&catalogNodes=508,532,533&layers=ch.swisstopo.swissalti3d-reliefschattierung,ch.swisstopo.geologie-geocover&layers\\_opacity=0.8,0.4](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&E=2631845.26&N=1122984.05&zoom=7&catalogNodes=508,532,533&layers=ch.swisstopo.swissalti3d-reliefschattierung,ch.swisstopo.geologie-geocover&layers_opacity=0.8,0.4)
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022c. [2,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geologischer\\_atlas](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2631306.46&N=1122823.58&zoom=10&catalogNodes=53,2533&layers=ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas)
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022d. [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2631553.01&N=1122896.58&zoom=11&layers=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2586437.76&N=1106375.09&zoom=9&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover&layers\\_opacity=0.75](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2631553.01&N=1122896.58&zoom=11&layers=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2586437.76&N=1106375.09&zoom=9&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover&layers_opacity=0.75)
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2022e. [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2586437.76&N=1106375.09&zoom=9&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover&layers\\_opacity=0.75](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2586437.76&N=1106375.09&zoom=9&catalogNodes=532,533&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover&layers_opacity=0.75)
- MAP.GEO.ADMIN.CH, 2023. [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers\\_visibility=false&layers\\_timestamp=18641231&E=2631976.05&N=1122846.20&zoom=5](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers_visibility=false&layers_timestamp=18641231&E=2631976.05&N=1122846.20&zoom=5)
- MEISSER N., 2012. La Minéralogie de l'uranium dans le massif des Aiguilles Rouges. *Mater. Géol. Suisse, Sér. géotech. 96*
- PIFFNER O.A., 2010. *Geologie der Alpen. Bern.*
- PINGUELY N., 2019. In den Alpen lagern versteckte Schätze. *Sontagszeitung 23. 6. 2019. Zürich.* <https://www.derbund.ch/in-den-alpen-lagern-versteckte-schaetze-460526874237>
- PREGLER A., SURBECK H., EIKENBERG J., WERTHMÜLLER S., SZIDAT S., TÜRLER A., 2019. Increased uranium concentrations in ground and surface waters of the Swiss Plateau: A result of uranium accumulation and leaching in the Molasse basin and (ancient) wetlands? *Journal of Environmental Radioactivity. Vol 208–209, 106026.* <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106026>
- QUERVAIN F. DE, 1973. Die Uranvererzungen Valsoirey südlich Bourg St. Pierre (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 59*
- RYBACH L., RAUMER J. VON, ADAMS J.A.S., 1966. A Gamma Spectrometric Study of Mont Blanc Granite Samples. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 37*
- RYBACH L., GRAUERT B., LABHART T.P., 1970. Non-destructive Determination of Uranium and Thorium in Accessory Minerals by Gamma Ray Spectroscopy. *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 48*
- SARTORI M., GOUFFRON Y., MARTHALER M., 2006. Harmonisation et définition des unités lithostratigraphiques briançonnaises dans les nappes penniques du Valais. *Ecologiae*

- geol. Helv. 99 363-407. <http://doi.org/10.5169/seals-169246>
- SARTORI M., MARTHALER M., GOUFFRON Y., MEISSER N., 2017. Blatt 1288 Raron. Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 153. [https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer\\_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-153.pdf](https://data.geo.admin.ch/ch.swisstopo.geologie-geologischer_atlas/erlaeuterungen/GA25-ERL-153.pdf)
- SCHKADE U.-K., HECKEL A., WERSHOFEN H., 2018. Gammasspektrometrische Bestimmung der Aktivitäten natürlicher Radionuklide, Hrsg. Bundesamt für Strahlenschutz. [https://www.bmv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Strahlenschutz/strlsch\\_messungen\\_gamma\\_natrad\\_bf.pdf](https://www.bmv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/strlsch_messungen_gamma_natrad_bf.pdf)
- SEELMANN-EGGEBERT W., PFENNIG G., MÜNZEL H., KLEWE-NEBENIUS H., 1981. Nuklidkarte 5. Auflage. Lage, Lippe.
- SCHEIBER T., PFIFFNER O.A., SCHREURS G., 2013. Upper crustal deformation in continent-continent collision: A case study from the Bernard nappe complex (Valais, Switzerland). *Tectonics*, 32, 1320-1342, doi:10.1002/tect.20080. <https://doi.org/10.7892/boris.48588>
- STAUB T., 1983. Die Fahlerz- und Uranvorkommen bei Affeier (Vorderrheintal, Graubünden). Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 62
- STRATI.CH, 2023. <https://www.strati.ch/de/tectonic/siviez-mischabel>
- STUCKI R., 2023. Ein schneller Szintillationszähler für den Feldeinsatz. *VSMP Bull.* 151. St. Gallen.
- WOLLEMAN R., 2004. Zwischen Atomwaffe und Atomsperrvertrag. Hrsg. ANDREAS WENGER, Forschungsstelle für Sicherheitspolitik der ETH Zürich. Zürcher Beiträge zur Sicherheitspolitik und Konfliktforschung 75. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004899149>
- WOODTLI R., JAFFÉ F., RAUMER J. VON, & DELLA VALLE G., 1987. Prospection minière en Valais: le projet Uromine. *Mater. Géol. Suisse, Sér. géotech.* 72
- ZAUGG Z., 2019. Radiometrische Anomalien und «Seltene Erden» im Mattertal. Maturarbeit am Gymnasium Lerbermat. Köniz. Unveröffentlicht.
- ZEMAN A., 2009. War der Bau des schweizerischen Versuchs-Leistungsreaktors militärisch orientiert? Proseminararbeit am Historischen Institut Uni Bern, Abt. WSU. [http://www.zeme.ch/userfiles/pdfs/War\\_der\\_Bau\\_von\\_Lucens\\_militaerisch\\_orientiert.pdf](http://www.zeme.ch/userfiles/pdfs/War_der_Bau_von_Lucens_militaerisch_orientiert.pdf)



### Ruedi Stucki

Jahrgang 1957. Aufgewachsen und Volksschulen besucht im Berner Seeland in Ins. Lehrer:innenseminar, Sekundarlehramt und ab Herbst 1982 Physikstudium an der Uni Bern als «Werkstudent» mit ein paar Math-Lektionen an der Berufsmittelschule Bern. Diplomarbeit 1989 «Szintillationseigenschaften ausgewählter Materialien bei tiefen Temperaturen» im Labor für Hochenergie LHEP unter den Profs. Beat Hahn und Klaus Pretzl. Ein knappes Jahr als wissenschaftlicher Assistent am LHEP tätig. Dann drei Semester lang Physiklehrer am Gymnasium Kirchenfeld; am Staatlichen Seminar für Haushaltungslehrerinnen und -lehrer bis zu dessen Auflösung 2002 und ab 1997 zunehmend am Gymnasium Lerbermat bis zur Retirierung 2022. Nebst langjähriger Beschäftigung mit Astronomie, Audiotechnik, Elektronik und Weinbau im Jahr 2010 die alte Liebe zur Geologie/Mineralogie neu entdeckt und sich unzählige Tage in den ehemaligen Minen und Uranfundstellen des Südwallis und auch am Lötschberg herumgetrieben. Quasi als eine Frucht davon ergab sich obiger Bericht.

Kontakt: [rudolfstucki@bluewin.ch](mailto:rudolfstucki@bluewin.ch)



# Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz

**Autorin**  
Martina S. Ragetti

Der Klimawandel, den wir heute insbesondere mit steigenden Temperaturen, Hitzewellen, Dürren und Starkregen erleben, hat auch Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Bereits heute sind gesundheitliche Folgen von Klima- und Wetterveränderungen in der Schweiz erkennbar.

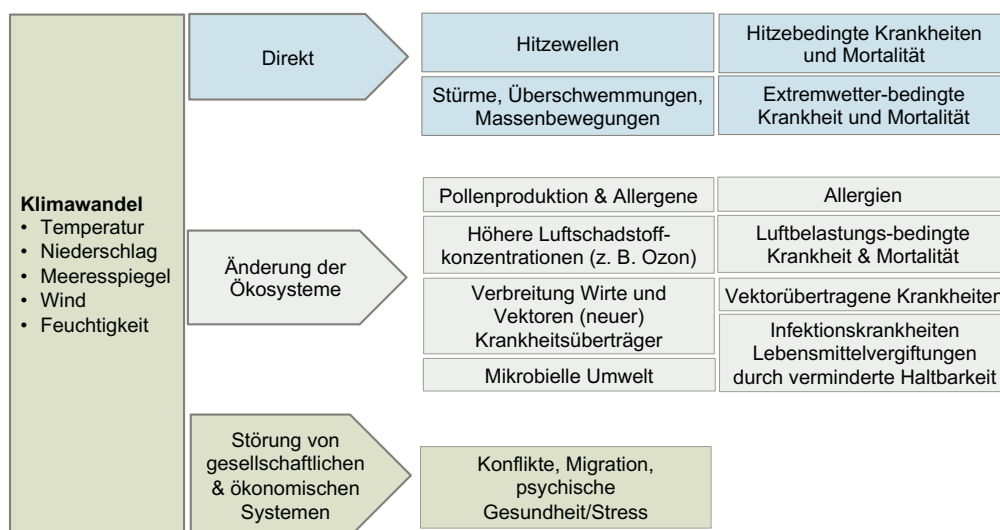
## Der Klimawandel hat direkte und indirekte Auswirkungen auf unsere Gesundheit

**D**er Klimawandel verändert unsere Umwelt. Dies hat auch Auswirkungen auf die Gesundheit, denn eine intakte Umwelt beugt Krankheiten vor, fördert eine gesunde Entwicklung und ist eine wichtige Voraussetzung für eine gute Lebensqualität. Viele der gesundheitsrelevanten Umweltfaktoren werden durch das Klima beeinflusst. Veränderte Klima- und Wetterbedingungen können sich direkt und unmittelbar auf die menschliche Gesundheit auswirken, oder auch indirekt durch Veränderungen der Ökosysteme (*Abb. 2*).

Zu den wichtigsten direkten Gesundheitsrisiken des Klimawandels in der Schweiz gehört die zunehmende Hitzebelastung. Hohe Temperaturen beeinträchtigen das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz. Hitze kann Erschöpfung und Hitzschlag auslösen sowie bestehende Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-, Atemwegs-, Nieren- oder psychische Erkrankungen verschlimmern. Untersuchungen in der Schweiz zeigen, dass ab Tages-

höchsttemperaturen von 30°C das hitzebedingte Sterberisiko erheblich ist und mit jedem zusätzlichen Grad stark zunimmt [1]. Tropennächte (Temperatur sinkt nachts nicht unter 20°C) sind ein zusätzliches Gesundheitsrisiko, da die nächtliche Erholung durch die fehlende Abkühlung beeinträchtigt wird. Seit dem Sommer 2021 basieren die Hitzewarnungen von MeteoSchweiz auf der Tagesmitteltemperatur, um sowohl heisse Temperaturen während dem Tag als auch während der Nacht zu berücksichtigen [2].

Aufgrund der Extremtemperaturen in den Sommern 2003, 2015, 2018 und 2019 starben zwischen Juni und August deutlich mehr Menschen als üblicherweise im gleichen Zeitraum (*Tab. 1*). Besonders betroffen waren Menschen ab 75 Jahre, denn mit dem Alter erhöht sich die Empfindlichkeit gegenüber hohen Temperaturen [5]. Neue Untersuchungen zeigen aber auch, dass jüngere Menschen aus weniger privilegierten Bevölkerungsschichten ebenfalls zur Risikogruppe für hitzebedingte Gesundheitsauswir-



**Abb. 1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit.**

Quelle: Swiss TPH, adaptiert von [3, 4].

Sommer	Rangfolge der heissesten Sommer (ohne 2022)	Zusätzliche Todesfälle (Anzahl)	Übersterblichkeit in Prozent (mit 95% Konfidenzintervall)
2003	1	975	6.9 (4.9;8.8)
2015	2	804	5.4 (3.0;7.9)
2018	3	185	1.2 (-0.7;3.1) <sup>a</sup>
2019	4	521	3.5 (1.6;5.3)

**Tab. 1: Hitzebedingte Übersterblichkeit während den Hitzesommern 2003, 2015, 2018 und 2019 (Juni bis August) in der Schweiz.**

<sup>a</sup> statistisch nicht signifikant. Im Jahr 2018 beschränkte sich die Übersterblichkeit auf den Monat August (+3.4%).  
Quelle: publiziert in Ragettli und Rööfli [5]

kungen gehören. Dies mag unter anderem damit zusammenhängen, dass solche Personen häufiger im Beruf der Hitze ausgesetzt (z.B. in der Baubranche) sind und ihre Wohnungen weniger gut gegen Hitze isoliert sind als von Personen mit einem höheren sozioökonomischen Status [6].

Höhere Durchschnittstemperaturen, wärmere Winter und die zunehmende Sommer-trockenheit wirken sich nachteilig auf die Ökosysteme aus und beeinträchtigen die Gesundheit auf vielfältiger Weise: die Überlebensbedingungen für einheimische und gebietsfremde Schadorganismen (z.B. Mücken und Zecken) werden begünstigt, eine verlängerte sowie gleichwohl intensivere Pollensaison belastet Allergikerinnen und Allergiker, und die zunehmende sommerliche Ozonbelastung infolge anhaltender Schönwetterlagen verstärkt Atemwegsbeschwerden.

### Anpassung zahlt sich aus

Es muss davon ausgegangen werden, dass die Temperaturen in der Schweiz weiter steigen, sowie Hitzewellen häufiger und intensiver auftreten. Um die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit zu verringern, braucht es neben einem wirksamen Klimaschutz auch adäquate Anpassungsmassnahmen. Im Sektor Gesundheit fokussieren solche Strategien auf den Schutz der Bevölkerung vor Hitze, UV-Strahlung und Luftschadstoffen, auf die Überwachung von potenziell krankheitsübertragenden, gebietsfremden Stechmückenarten, sowie auf die Überwachung und Früherkennung von durch Mücken und Zecken übertragenen Infektionskrankheiten.

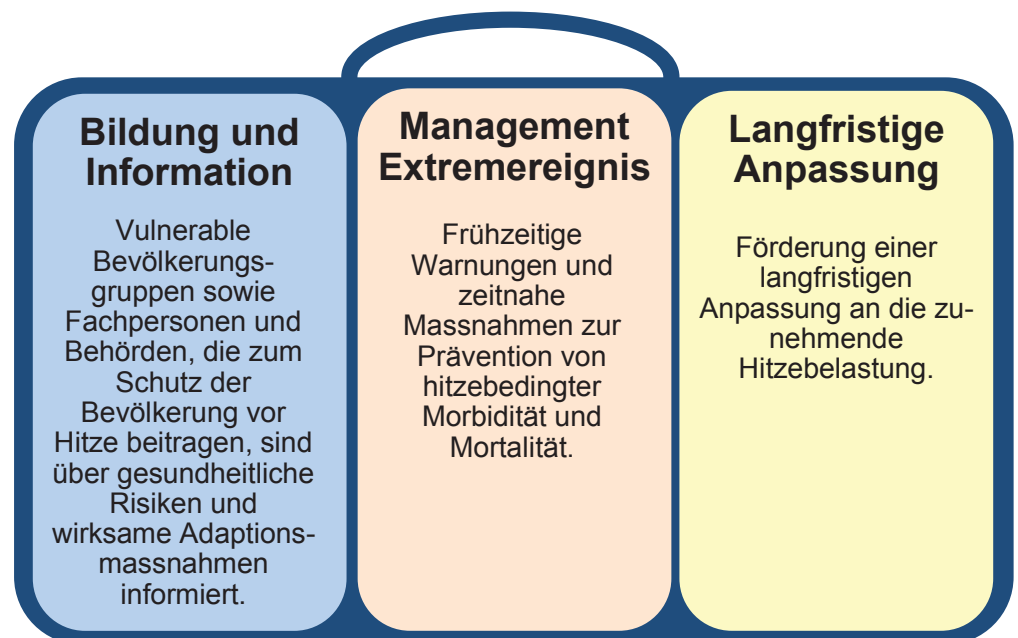
Für einen wirksamen Schutz der Bevölkerung vor Hitze sind Massnahmen auf un-

terschiedlichen Ebenen erforderlich. Dazu gehören die Sensibilisierung und Schulung der Bevölkerung und der Akteure des Gesundheitssystems über die gesundheitlichen Risiken von Hitze, spezielle Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Hitzewellen, sowie eine langfristige Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung (*Abb. 2*) [7]. Verschiedene Untersuchungen in der Schweiz und im Ausland zeigen, dass solche Massnahmen zu einer Verringerung der Wirkung von hohen Temperaturen auf die Sterblichkeit beigetragen haben. In der Schweiz ist die Hitze-assoziierte Übersterblichkeit in 2018 und 2019 im Vergleich zu früheren Hitzesommer in 2003 und 2015 deutlich geringer ausgefallen (*Tab. 1*). Die Abnahme des hitzebedingten Sterberisikos in den letzten Jahren erfolgte besonders deutlich in Kantonen mit Hitzeaktionsplänen. Diese wurden nach dem Rekordsommer 2003 in einigen Kantonen in der Westschweiz (VD, GE, FR, NE, VS) und im Tessin eingeführt. Sie umfassen kurz-, mittel- und langfristige Massnahmen zum Gesundheitsschutz von verschiedenen Akteuren im Gesundheits- und Sozialbereich [5, 6]. Solche, meist durch das Kantonsarztamt koordinierten

Massnahmen, werden mit der zunehmenden Hitzebelastung immer wichtiger.

### **Klimawandel als Chance für die Gesundheit**

Viele der Massnahmen, die wir zum Schutz des Klimas und zur Anpassung an unvermeidliche Entwicklungen umsetzen müssen, vermindern nicht nur die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels, sondern fördern die Gesundheit sogar. Daher gilt der Klimawandel nicht nur als Bedrohung für unsere Gesundheit, sondern kann auch als Chance betrachtet werden. Beispiele dafür sind der Umstieg von passiven auf aktive Mobilitätsformen wie Radfahren, die Förderung einer nachhaltigen und pflanzenbasierten Ernährung, und die Schaffung von hochwertigen Grünflächen in den Städten. Zu wenig Bewegung, Luftverschmutzung und ungesunde Ernährung sind die Ursachen für viele Krankheiten. Grünflächen haben eine entscheidende Bedeutung für das Wohlbefinden [8]. Um diese Chance für die Gesundheit zu nutzen, sind Anstrengungen nicht nur alleine im Ge-



**Abb. 2: Massnahmen-Ebenen zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Hitze.**

Quelle: Hitzemassnahmen-Toolbox 2021 [7].

sundheitssektor nötig. Auch andere Politikbereiche können mit ihren Aktivitäten zu einem Schutz der Gesundheit der Bevölkerung bei der zunehmenden Hitzebelastung und anderen klimatischen Risiken beitragen. Dies betreffen besonders Strategien mit positiver Langzeitwirkung. Gerade bei der Reduktion der Hitzebelastung in den Städten sowie Förderung von energieeffizienter Gebäudekühlung leisten die Sektoren Raumplanung, Architektur und Energie wichtige Beiträge. Um die Umwelt und Gesundheit nachhaltig zu schützen ist also eine enge Zusammenarbeit zwischen den Sektoren wünschenswert. Dies schützt die Umwelt, das Klima und fördert gleichzeitig unsere Gesundheit – wir profitieren alle davon.

## Literatur

1. RAGETTLI MS, SAUCY A, FLÜCKIGER B, VIENNEAU D, DE HOOGH K, VICEDO-CABRERA AM, et al. Explorative Assessment of the Temperature–Mortality Association to Support Health-Based Heat-Warning Thresholds: A National Case-Crossover Study in Switzerland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(6):4958. PubMed PMID: doi:10.3390/ijerph20064958.
2. MeteoSchweiz. Hitzewarnungen 2021 [abgerufen am 23. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/wetter/wetterbegriffe/hitze/hitzewarnungen.html>.
3. WATTS N, ADGER WN, AGNOLUCCI P, BLACKSTOCK J, BYASS P, CAI W, et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*. 2015;386(10006):1861-914.
4. HAINES A, EBI K. The imperative for climate action to protect health. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(3):263-73.
5. RAGETTLI MS, RÖÖSLI M. Die Bedeutung von Präventionsmassnahmen. Hitzebedingte Sterblichkeit im Sommer 2019. *Prim Hosp Care Allg Inn Med*. 2021;21(03):90-5. doi: <https://doi.org/10.4414/phc-d.2021.10296>.
6. RAGETTLI MS, FLÜCKIGER B, RÖÖSLI M. Hitze und Gesundheit: Die Wirkung von Hitzeinseln, Grünräumen und anderen Faktoren. Schlussbericht Pilotprojekt A.06. Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogramms Anpassung an den Klimawandel, unterstützt durch das Bundesamt für Gesundheit. National Centre for Climate Services (NCCS); 2022 [abgerufen am 21. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/pak/projektphase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel--cluster--umgang-/a-06-hitze-und-gesundheit.html>.
7. RAGETTLI MS, RÖÖSLI M. Hitze-Massnahmen-Toolbox. Ein Massnahmenkatalog für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor Hitze. Überarbeitet und aktualisiert im April 2021. Erstellt vom Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit (BAG). 2021.
8. ROMANELLO M, DI NAPOLI C, DRUMMOND P, GREEN C, KENNARD H, LAMPARD P, et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet*. 2022;400(10363): 1619-54. Epub 2022/10/29. doi: 10.1016/s0140-6736(22)01540-9.

### Martina S. Ragetti



studierte an der Universität Basel Geographie. Sie interessierte sich schon während dem Studium für Zusammenhänge zwischen Umwelt und Gesundheit. Nach Abschluss ihres Studiums in 2009 doktorierte sie im Fach Epidemiologie zu verkehrsbedingten Luftschadstoffen und forschte anschliessend in Montreal zu den Auswirkungen von verkehrsbedingtem Lärm auf Gesundheit und Wohlbefinden. Seit 2015 arbeitet sie im Bereich Umwelt und Gesundheit am Schweizerischen Tropen- und Public Health Institut (Swiss TPH) in Allschwil bei Basel. In ihrer Forschung befasst sie sich derzeit hauptsächlich mit den gesundheitlichen Auswirkungen von klimatischen Veränderungen.

Kontakt: [Martina.Ragetti@swisstph.ch](mailto:Martina.Ragetti@swisstph.ch)

# Nachhaltigkeit und Demokratie – vereinbar oder widersprüchlich?

**Autorin**  
**Karin Ingold**

Um grosse Transformationen wie die Energiewende oder die Netto-Null-Gesellschaft zu erreichen, scheint die Umsetzung definierter Nachhaltigkeitsprinzipien unabdingbar. Doch sind solche überhaupt mit demokratischem Entscheiden vereinbar? Wie nachhaltig ist die Demokratie und wie demokratisch die Nachhaltigkeit?

## Einleitung

Was genau bedeutet Nachhaltigkeit für uns? Und was heisst es, der Klimakrise nachhaltig zu begegnen und ihr nachhaltig entgegenzuwirken? Zur Beantwortung dieser Fragen sollten wir die «Klimakrise» als Phänomen genau verstehen (siehe INGOLD ET AL., 2018). Die Klimakrise wird als «globales Problem mit regionalen und lokalen Auswirkungen» definiert, was bereits viel darüber aussagt, wie man diesem begegnen könnte oder gar sollte. Mit der geographischen und insbesondere der zeitlichen Komponente der Klimakrise bestehen zwei grosse Herausforderungen für das politische, und hier konkret das demokratische System. Denn Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger denken oftmals in ihren Gebietskörperschaften sowie in zeitlich begrenzten Legislaturen. Die Klimakrise erfordert jedoch einerseits einen globalen Effort, um Treibhausgase zu reduzieren, andererseits auch nationale Politiken, welche die internationalen Versprechen einhalten, und schlussendlich regionale oder gar lokale Massnahmen, um sich an den schon spürbaren Klimawandel anzupassen. Zudem

verschärfen die Emissionen von heute den Klimawandel von morgen: es gilt also langfristige Politiken einzuführen.

Nebst dieser Mehrebenen- und Langzeitcharakteristik beinhaltet der Klimawandel auch sektorenübergreifende Aspekte: Politiken sollen in der Energie- und Ernährungspolitik eingeführt werden, um den Klimawandel zu vermeiden, sowie in Bereiche wie Gesundheit, Gewässerschutz oder Migration vordringen, um sich an ihn anzupassen. Aber immer noch, und entgegen der «Sustainable Development Goals» (SDG, siehe auch PHAM-TRUFFERET ET AL., 2020), werden Politiken in so genannten Silos und eher unabhängig voneinander – statt sektorenübergreifend – gestaltet und umgesetzt. Die Frage stellt sich also, ob der Klimawandel nachhaltig und demokratisch adressiert werden kann und wie demokratisch die Nachhaltigkeit überhaupt ist?

## Nachhaltigkeitsprinzipien

Es gibt unzählige Nachhaltigkeitsdefinitionen und -prinzipien. Wir werden uns hier drei davon merken, da sie in direktem Zu-



Bild 1: Parlamentsdienste 3003 Bern

Rob Lewis

sammenhang mit der Bewältigung der Klimakrise und der Demokratie stehen: Das Drei-Säulen-Prinzip, die generationenübergreifende Perspektive und die Partizipation. Diese drei Prinzipien sind auch im Brundtland-Bericht «Our Common Future» festgeschrieben (UN, 1987).

Das Drei-Säulen-Prinzip fordert, dass die Wirtschaft, die Gesellschaft und die Umwelt gemeinsam gedacht werden. Für politische Prozesse bedeutet dies, dass einerseits Strukturen und Institutionen geschaffen werden, welche allen drei Säulen Rechnung tragen, und andererseits auch Akteure aus diesen drei Bereichen an einer Entscheidung teilhaben. Wie oben erwähnt ist sowohl die Klimamitigation als auch – und wohl noch viel mehr – die Klimaanpassung von dieser sektorenübergreifenden Natur. Aktuelle Strukturen in der Verwaltung und auch in der Politik erschweren jedoch die konkrete Umsetzung des Drei-Säulen-Prinzips in der Klimapolitik (INGOLD ET AL., 2018).

Auch die generationenübergreifende Perspektive wurde im Brundtland Regime schon stark propagiert, wo «die aktuellen Bedürfnisse der Gesellschaft nicht die der zukünftigen kompromittieren sollten» (UN, 1987, S.43). Das Phänomen des Klimawandels verlangt deshalb eine Nachhaltigkeitsperspektive, weil sich die Auswirkungen der heute ausgestossenen Treibhausgasemissionen zeitlich und geographisch von der Quelle entkoppelt niederschlagen. Dieser zeitliche und geographische «Mismatch» erfordert sowohl eine internationale Verbindlichkeit als auch eine regionale und lokale Umsetzung. Und gerade die zeitliche Komponente rechtfertigt eine generationenübergreifende Perspektive in der Klimapolitik.

Schlussendlich bedeutet Nachhaltigkeit, dass betroffene lokale, öffentliche und private Akteure am Entscheiden beteiligt sind. Dieser Gedanke der Partizipation ist auch stark in der Demokratie verankert, wie nachfolgend dargelegt.

## Demokratieprinzipien

Demokratie heisst das Regieren durch das Volk oder mittels durch das Volk gewählter Repräsentantinnen und Repräsentanten (SCHMIDT, 2019, *Bild 1*). Doch um «als Volk» am Entscheiden teilzunehmen, sind Ressourcen wie Information, Zeit oder Wissen nötig. Es braucht auch das Recht, am Entscheiden teilnehmen zu dürfen. Das heisst konkret, dass Kriterien wie die Betroffenheit von einem Problem oder die lokale Verbundenheit mit einer natürlichen Ressource für die Demokratie nicht ausreichen, um stimmberechtigt zu sein. Diese Exklusivität, so schon die frühen Kritiken, macht die Demokratie schlussendlich doch zu einem elitären Gebilde.

Den Bürgerinnen und Bürgern ist durch ihr Stimmrecht jedoch zugesichert, dass sie mit eben dieser Stimme sowohl politische Inhalte prägen, aber auch Repräsentantinnen und Repräsentanten des Volkes wählen können. Diese gewählten Repräsentantinnen und Repräsentanten sind ihnen gegenüber ausserdem rechenschaftspflichtig. Erfüllen diese in den Augen der Wählerschaft die versprochenen Ziele nicht, können sie abgewählt werden. Auch können Bürgerinnen und Bürger einen Vergleich zwischen demokratischer «Input»- und «Output»-Legitimität machen. Die Qualität politischer Prozesse kann also mit der Qualität politischer Produkte (wie ambitionierten Klimagesetzen oder wirkungsvollen Massnahmen) in Zusammenhang gebracht werden.

## Herausforderungen Nachhaltigkeit und Demokratie zu vereinbaren

Auch ohne Nachhaltigkeitsthemen, steht die Demokratie oft vor der Herausforderung, gute Prozesse (im Sinne von Partizipation, Legitimität oder Transparenz) mit wirkungsvollen Produkten (im Sinne von guten Gesetzen und Politiken) in Einklang zu bringen. Werden die verschiedenen Klimapolitiken unterschiedlicher Länder betrachtet, fällt auf, dass eine parlamentarische Demokratie im Vergleich zu einem präsidentiellen System beispielsweise mehr Mühe bekundet, internationale Versprechen mit natio-

naln Politiken zu harmonisieren (BAKER, 2023). Dies leuchtet schnell ein: in parlamentarischen Demokratien verhandeln die Regierung und die Verwaltung internationale Abkommen, die nationale Politik wird dann vom Parlament (und je nachdem auch vom Volk) entschieden. Es liegt also in der Natur des Systems, dass eine gewisse Diskrepanz besteht zwischen dem, was die einen Akteure international, und dem, was andere Akteure national entscheiden. Ein präsidentielles System mit den gleichen Akteuren auf den unterschiedlichen Ebenen hat es dahingehend einfacher, politische Versprechen vertikal zu harmonisieren.

Nun stellt sich aber die Frage, wie es um dieses Gleichgewicht steht und vor allem um die so genannte Input-Legitimität guter und transparenter Entscheidungsprozesse, wenn man die Nachhaltigkeit mitdenkt? Die Nachhaltigkeit ist sehr offen, wenn es um Partizipation geht, und wäre wohl inklusiver. Ein konkretes Beispiel dafür ist der Einbezug junger Menschen in politische Prozesse noch vor dem legalen Stimmrechtsalter oder auch anderer Bevölkerungsgruppen ohne Stimmrecht (*Bild 2*). Prominent ist auch immer wieder die Debatte rund um die Wissenschaft und ihre politische Rolle. Sollen beratende Organe geschaffen werden, die als wissenschaftliche «Task Force» die Regierung, das Parlament oder die Verwaltung beraten? Diese Formen scheinen inklusiv und nachhaltig, nicht nur was die Partizipation anbelangt, sondern auch das Drei-Säulen-Prinzip (durch die Teilnahme von Akteuren aus verschiedenen Sektoren und gesellschaftlichen Bereichen) und die generationenübergreifende Perspektive. Aus demokratischer (Input-)Sicht weisen sie jedoch ein grosses Manko auf: sie beschneiden die demokratischen Rechte der Bürgerinnen und Bürger, da diese Menschen nicht gewählt sind. Mitglieder einer wissenschaftlichen «Task Force» werden von Bürgerinnen und Bürgern weder gewählt noch abgewählt. Bei Unzufriedenheit mit Entscheiden, die durch die «Task Force» direkt oder indirekt gestützt oder gar getroffen werden, ist es ein sehr langer Weg zwischen jenen, die zur Rechenschaft gezogen werden können (typischerweise das Parlament, und dies



Bild 2: Animaflora

stock.adobe.com

auch nur aus dem eigenen Wahlkreis) und jenen, die als verantwortlich erachtet werden (Regierung und Wissenschaft). Sobald Nicht-Gewählte Politik machen, leidet die demokratische Input-Legitimität.

## Lösungen?

Gibt es denn keine kompatiblen Formen von Demokratie und Nachhaltigkeit? Als Regel kann gesagt werden, dass je direkter (im Gegensatz zu repräsentativ) eine Demokratie ist, desto mehr werden beide Prinzipien (Nachhaltigkeit und Demokratie) respektiert – zumindest, wenn es um die Offenheit und Inklusion von Prozessen geht. Natürlich könnte das Alter für Stimmberechtigte nach unten gesetzt werden, um junge Menschen besser zu integrieren und die verschiedenen Generationen adäquater abzubilden. Oder allgemein eine grössere Offenheit anderen Bevölkerungsgruppen gegenüber entwickelt werden, die bis anhin nicht stimmberechtigt waren.

Eine weitere, sehr nachhaltig erscheinende demokratische Entscheidungsform ist die Deliberation. In dieser so genannten Verhandlungsdemokratie wird versucht, im Kreise der Teilnehmenden zu einem Konsens zu gelangen (SCHMIDT, 2019). Dies erfordert viel Zeit und Investition von den deliberierenden Akteuren, denn häufig ist es das Ziel, einstimmig eine Lösung zu präsentieren. Da diese Form des Entscheidens viele verschiedene Ressourcen beansprucht, wird sie oft kritisiert. Nur eine ausgewählte oder Handvoll von Akteuren kann deliberieren. Diese Akteure erlangen dann ein gros-

ses Wissen, was zu einer Diskrepanz, ja sogar einem Elitismus gegenüber der breiten Bevölkerung führen kann (SCHMIDT 2019). Und trotzdem gibt es immer neue deliberative Formen, mit denen in den verschiedensten globalen Kontexten innovativ umgegangen wird (BOSWELL ET AL., 2022), um demokratische Entscheide auch nachhaltiger zu gestalten. Gerade im Klimabereich gibt es Bürgerinnen- und Bürger-Räte und so genannte «Mini-Publics», die versuchen, wirkungsvolle Klimapolitiken näher beim Volk vorzuschlagen (WILLIS ET AL., 2022).

## Fazit

Wenn Entscheidungsprozesse transparent, legitim oder gar nachhaltig gestaltet sind, ist das noch lange keine Garantie, dass auch die politischen Produkte und Entscheide wirkungsvoll und ambitioniert sind. Und trotzdem möchte ich optimistisch schliessen: schon OSTROM (1990) hat uns aufgezeigt, dass gut definierte Institutionen (also Spielregeln, wer wann an einem Prozess teilnehmen darf etc.) dabei helfen, komplexe Probleme wie den Klimawandel zu lösen.

Ein anderer vielversprechender Ansatz ist bei den so genannten funktionalen Räumen (VARONE ET AL., 2013) zu orten: hierbei wird der Raum des Entscheidens dem Raum des Problems angepasst. Diesem Ansatz folgend bringt es also nichts, ein grenzüberschreitendes Gewässerproblem wie den Hochwasserschutz oder die Wasserqualität in Fließgewässern, innerhalb einer Gebietskörperschaft zu lösen. Grenzüberschreitende Probleme bedürfen grenzüberschrei-



tender Lösungen. Das Gleiche gilt auch für andere Charakteristiken wie die Langfristigkeit oder die geographische oder zeitliche Entkoppelung von Quelle und Auswirkung eines Problems. Konkret sollten wir uns also gerade in der Schweiz unseren Föderalismus noch mehr zunutze machen und über die verschiedenen Ebenen und Gebiete hinweg gemeinsam unsere Lehren in unterschiedlichen Politikbereichen, gerade in der Klimapolitik, ziehen. Auch dürften wir mehr Mut zur kreativen Zerstörung haben (KIVIMAA & KERN 2016): anstatt stets weitere Regulierungen einzuführen, mit dem Risiko, dass sie sich gegenseitig aufheben oder widersprechen, dürften wir verschiedene Politiken einfach auch abschaffen, damit mehr Raum für Neues entsteht. Dies ist sicher im Sinne beider: einer generationenübergreifenden Demokratie und einer wirkungsvollen Nachhaltigkeit.

## Literatur

- BAKER, J. (2023) Keeping promises? Democracies' ability to harmonize their international and national climate commitment. *Forthcoming*
- BOSWELL, J., SMITH, G. & DEAN, R. (2022) Integrating citizen deliberation into climate governance: Lessons from six climate assemblies. *Public Administration*, 101(1), 182-200.
- INGOLD, K., DRIESSEN, P.P.J., RUNHAAR, H.A.C. & WIDMER, A. (2018) On the necessity of connectivity: linking key characteristics of environmental problems with governance modes. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(11), 1821-1844.
- KIVIMAA, P. & KERN, F. (2016) Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions, *Research Policy*, 45(1), 205-217.
- OSTROM, E. (1990) *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PHAM-TRUFFERT, M., METZ, F., FISCHER, M. & RUEFF, H. (2020). Interactions among Sustainable Development Goals: knowledge for identifying multipliers and virtuous cycles. *Sustainable Development*. 28(5), DOI: 10.1002/sd.2073
- SCHMIDT, M. (2019). *Demokratietheorien. Eine Einführung*. Wiesbaden: Springer.
- UNITED NATIONS (UN) (1987) Report of the World Commission on Environment and Development. *Our common future* (Brundtland Report).
- VARONE, F., NAHRATH, S., AUBIN, D., GERBER, J.-D. (2013) Functional regulatory spaces. *Policy Sci.* 46 (4) 311-333.
- WILLIS, R., CURATO, N., & SMITH, G. (2022) Deliberative democracy and the climate crisis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13(2), e759. DOI: 10.1002/wcc.759

## Karin Ingold



ist Professorin am Institut für Politikwissenschaft und dem Oeschger Center für Klimaforschung der Universität Bern. Sie betreut auch eine Forschungsgruppe an der Eawag, dem Wasserforschungsinstitut der ETH Domäne. Ihre Schwerpunkte liegen in der Analyse der Schweizer und internationalen Umweltpolitik mit einem speziellen Fokus auf Akteure, Machtgefüge, und Kollaborationsnetzwerke. Sie interessiert sich auch für die Analyse der sektor- und ebenen-übergreifenden Politikinstrumente in Bereichen wie der Klima-, Wasser-, oder Energiepolitik.

Kontakt: karin.ingold@unibe.ch



Bild: AdobeStock

Der Naturwissenschaftler findet seinen Lohn in dem, was Henri Poincaré die Freude des Begreifens nennt und nicht in der Möglichkeit der Anwendung, zu denen Entdeckungen führen können.

Quelle: «Einstein sagt» Zitate, Einfälle, Gedanken  
Herausgegeben von Alice Calaprice; 1997 Piper Verlag GmbH München,  
ISBN 978-3-492-25089-4.

# Von Hitzeinseln zu kühlen Oasen

**Autor**  
**Moritz Gubler**

Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Urbanisierung machen Städte weltweit zu Brennpunkten der nachhaltigen Entwicklung. Begleitet von Fachpersonen aus Forschung und Praxis begaben sich die Mitglieder der NGB in der Stadt Bern auf die Suche nach coolen Antworten auf heisse Fragen.

## Exkursionsbericht vom 21. Mai 2022

Kaum trafen die ersten NGB-Mitglieder beim vereinbarten Treffpunkt auf der Berner Schützenmatte ein, verstreuten sie sich auf der Suche nach einer schattigen Sitzgelegenheit bereits wieder in alle Himmelsrichtungen. Damit lieferte das Wetter an diesem frühsummerlichen Nachmittag auch gleich den perfekten Einstieg ins Thema der heutigen NGB-Exkursion: Stadthitze, deren Folgen und was die Stadt Bern dagegen unternimmt. Unter der Leitung von Sabine Mannes (Co-Leiterin der Fachstelle Klimaanpassung bei Stadtgrün Bern) und Moritz Gubler (Stadtklimatologie am Geographischen Institut der Uni Bern) werden die immer zahlreicher eintreffenden Zuhörenden ohne grosse Umschweife an die Thematik herangeführt.

Die Stadt und das Klima führen eine ambivalente Beziehung: Einerseits sind Städte für einen Grossteil der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich und befeuern so den globalen Klimawandel in überproportionalem Masse. Andererseits verstärken sie dessen Folgen und stellen damit Gesellschaft, Politik und Verwaltung vor immer grössere Herausforderungen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf häufigere, längere und intensivere Hitzeextreme, die in bebauten Gebieten durch das Phänomen der städtischen Wärmeinsel (EN: Urban Heat

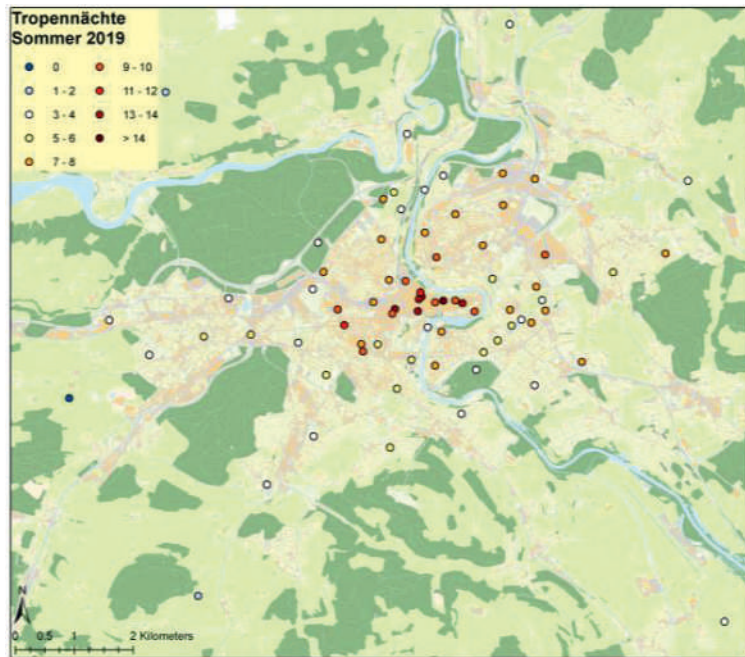
Island; vgl. OKE ET AL. 2017 für umfassende Grundlagen) zusätzlich verstärkt werden. Neu ist dieses indes nicht. Bereits Luke Howard stellte in London anfangs des 19. Jahrhunderts erheblich höhere Lufttemperaturen als auf dem Umland fest (siehe MILLS 2008 für eine digitale Abschrift). Seither sind der städtische Wärmeinseleffekt, seine Ursachen und Folgen sowie der adäquate Umgang damit Gegenstand von Forschungsaktivitäten, die weit über das Feld der Stadtklimatologie hinausgehen.

Seit 2018 widmet sich die Gruppe für Klimatologie des Geographischen Instituts der Universität Bern der vertieften Analyse des Berner Stadtklimas. Mit einem Messnetz bestehend aus 60–90 selbstgebauten, kostengünstigen Temperatursensoren wird seither jeden Sommer die Lufttemperatur auf dem Stadtgebiet hochaufgelöst erfasst (GUBLER ET AL. 2021; vgl. *Abb. 1*). Nebst der Identifikation von lokalen Hotspots oder mikroklimatischen Einflussfaktoren, ermöglichen die Daten Einblicke in die zeitliche Entwicklung der städtischen Wärmeinsel von Bern sowie Analysen zum Einfluss von Urbanisierung und Klimawandel darauf. So zeigt sich beispielsweise, dass es auf dem Bundesplatz in den frühen Nachtstunden durchschnittlich 2 bis 3 °C wärmer ist als bei der ländlich geprägten Wetterstation in Zollikofen (vgl. *Abb. 2*). Die Gründe dafür liegen in der ver-

änderten Energiebilanz überbauter Gebiete: Dichtstehende und hochreichende Gebäude, wärmespeichernde und eher dunkle Oberflächenmaterialien (z.B. Beton, Asphalt), hohe Anteile versiegelter Oberflächen (z.B. Strassen, Plätze), reduzierte Grünbestände und zusätzliche Wärmeemissionen (z.B. Verkehr, Abluft) sorgen dafür, dass sich die Innenstadt tagsüber stärker erwärmt und nachts nur verzögert abkühlt (OKE ET AL. 2017).

Solche praxisrelevanten und öffentlichkeitswirksamen Ergebnisse gaben dem selbstfinanzierten Projekt dermassen Auftrieb, dass es mittlerweile auf die Unterstützung des Oeschger-Zentrums für Klimaforschung ebenso zählen darf wie auf diejenige der Stadt Bern sowie des städtischen Energiedienstleisters ewb, welche das Messnetz seit 2021 mitfinanzieren. Die enge Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltung und Forschung hat sich seither äusserst bewährt und erlaubt nicht nur eine praxisorientierte Grundlagenforschung, sondern auch den direkten Einbezug von Forschungsergebnissen in laufende Planungs- und Umsetzungsprojekten der Stadt.

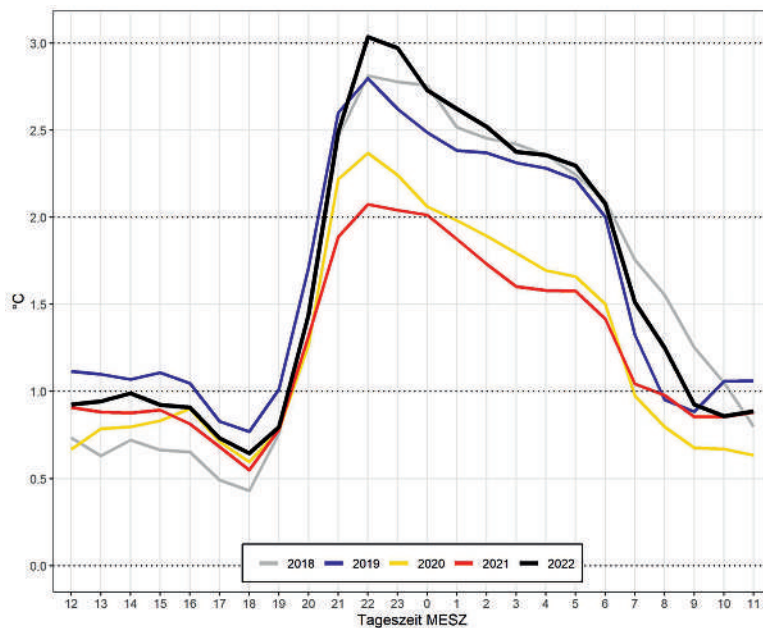
Beispielhaft dafür steht der Waisenhausplatz, der zweite Standort der Exkursion. Wie bereits die Schützenmatte gehört auch dieser Perimeter zu den am stärksten von Hitze belasteten Stadtteilen, was mit Hilfe von mikroklimatischen Aufwertungsmassnahmen geändert werden soll. Mit hochaufgelösten Modellierungen zur Wirkung verschiedener Abkühlungsmassnahmen (z.B. Begrünung, Entsiegelung, Beschattung, Wasserspiel) sowie deren Validierung durch gewonnene Messdaten, liefert die Forschung hier die Basis für stadtpolitische Entscheidungen. Das Projekt zeigt aber auch exemplarisch die vielschichten Herausforderungen einer klimaangepassten Stadtentwicklung auf: Baumpflanzungen wären laut Stadtklimamodellierungen äusserst effektiv, jedoch durch den eingeschränkten Wurzelraum aufgrund des darunterliegenden Parkhauses kaum umsetzbar. Weiter muss der Platz verschiedene Nutzungen wie Märkte oder Kulturveranstaltungen erlauben und dabei den strengen Vorgaben des Denkmalschutzes innerhalb des UNESCO-



**Abb. 1: Anzahl registrierter Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ ) an den Standorten des Berner Stadtklimamessnetzes während des Sommers 2019 (Quelle: BURGER & GUBLER 2020).**

Perimeters genügen. Dadurch wird das Möglichkeitsspektrum eingeschränkt, technische Massnahmen wie beispielsweise eine künstliche Wolke aus feinem Wassernebel wie über dem Turbinenplatz in Zürich hätten in der Berner Altstadt daher einen schweren Stand. Dies wirft eine Grundsatzfrage der nachhaltigen Stadtentwicklung auf: Wie kann ein solcher Aushandlungsprozess zwischen unterschiedlichen Interessen, Bedürfnissen und Ansprüchen gelingen?

Nach kurzem Zwischenhalt am Hirschengraben steht diese Frage beim letzten Exkursionsstopp im Monbijoupark im Zentrum. Diese grosszügige innerstädtische Grünfläche entfaltet nicht nur eine beträchtliche Kühlwirkung, sondern fungiert gleichzeitig als beliebter Quartiertreffpunkt für Jung und Alt. Solche städtischen Freiräume weisen eine Vielzahl an Funktionen für Mensch und Umwelt auf und dienen als wichtige Puffer gegenüber klimabedingten Risiken. Kaum erstaunlich also, nimmt deren Wahrung und Vernetzung einen wichtigen Eckpfeiler im ganzheitlichen Umgang mit dem Klimawandel im urbanen Raum



**Abb. 2: Tageszeitliche Entwicklung des sommerlichen Wärmeinselseffekts auf dem Bundesplatz von 2018 bis 2022, dargestellt als Mittelwert der Temperaturdifferenz zur Wetterstation in Zollikofen über alle Sommermonate (Quelle: BURGER 2022).**

ein. Zum Abschluss erläutert Sabine Manes diese städtische Querschnittsaufgabe an einem Beispiel im Untergrund des Parks: Hier wird das Dachwasser des Oberzoll-direktionsgebäudes seit Kurzem in zwei voluminösen Regenwassertanks gesammelt und zur Bewässerung der Bäume und Rasenflächen genutzt. Zum einen kann so die Kühlwirkung des Parks im Sommer sichergestellt werden, zum anderen wird die Kanalisation durch Retention des Regenwassers bei Starkniederschlägen entlastet und

gleichzeitig können zusätzliche Kosten für die Bewässerung eingespart werden. In der Hoffnung, die Relevanz einer klimaangepassten Stadtentwicklung aus Sicht von Forschung und Praxis aufgezeigt und den Blick für ganzheitliche Strategien und Ansätze geschärft zu haben, wurden die Teilnehmenden in den lauen Frühsommerabend entlassen.

## Literatur

- BURGER M. UND GUBLER M. (2020) Der Berner Stadthitze auf der Spur: Stadtforschung aus klimatologischer Perspektive. *GeoAgenda*, 3, 4-9.
- BURGER M. (2022) Stadtklima Bern im Sommer 2022. Geographisches Institut der Universität Bern: Factsheet zu Resultaten des Berner Stadtklimamessnetzes (Bezugslink; aufgerufen am 22. April 2023).
- GUBLER M., CHRISTEN A., REMUND J. AND BRÖNNIMANN S. (2021) Evaluation and application of a low-cost measurement network to study intra-urban temperature differences during record summer 2018. *Urban Climate*, 37, 100817.
- MILLS, G. (2008) Luke Howard and the Climate of London. *Weather*, 63 (6), 146-160.
- OKE T.R., MILLS G., CHRISTEN A. AND VOOGT J.A. (2017) *Urban Climates*. Cambridge University Press, Cambridge.

## Moritz Gubler



ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter des Forschungsprojektes «Urban Climate Bern» in der Gruppe für Klimatologie am Geographischen Institut der Universität Bern. Nach dem Studium in Geografie und Klimawissenschaften initiierte er im Rahmen seiner Dissertation 2018 das Berner Stadtklimamessnetz, welches seither erfolgreich weiterbetrieben wird. Daneben arbeitet der ehemalige Meteorologe und ausgebildete Gymnasiallehrer als Dozent für Geografie und Bildung für nachhaltige Entwicklung an der Pädagogischen Hochschule Bern.

Kontakt: moritz.gubler@unibe.ch



Bild: AdobeStock

Die Wissenschaft ist eine wunderbare Sache, wenn man nicht seinen Lebensunterhalt damit verdienen muss. Nur wenn wir niemandem Rechenschaft schuldig sind, finden wir Freude am Betreiben von Wissenschaft.

Quelle: «Einstein sagt» Zitate, Einfälle, Gedanken  
Herausgegeben von Alice Calaprice; 1997 Piper Verlag GmbH München,  
ISBN 978-3-492-25089-4.

# Walddynamik im Pfywald – eine Geschichte von Fluor, Beweidung, Waldbewirtschaftung, Trockenheit und Störungen

## Autoren

Lieveke van Vugt,  
Erika Gobet und  
Christoph Schwörer

Auf der Exkursion durch den Pfywald entdeckten wir die Artenvielfalt des grössten Föhrenwaldes der Schweiz und wie sich der Wald in den letzten hundert Jahren unter dem Einfluss von Mensch, Feuer und Trockenheit verändert hat.

## Einführung

Im Juni 2022 fand eine Exkursion der NGB zum Thema Walddynamik im Pfywald statt, geleitet von Prof. Dr. Andreas Rigling vom WSL und unter Beteiligung von Prof. Dr. Arthur Gessler (ETH Zürich und WSL). Im Rahmen des Jahresthemas

«Klimakrise» befassten wir uns während der Exkursion nicht nur mit der Geschichte des Waldes, sondern auch damit, wie Klimawandel und Störungen den Wald in Zukunft verändern könnten.

Start der Exkursion war am Bahnhof von Leuk, wo wir von Prof. Dr. Andreas Rigling



Abb. 1: Karte des Pfywaldes und Umgebung (Swisstopo, 2023). Das Naturschutzgebiet Pfywald ist in grün umrandet, die ungefähre Fläche des Waldbrandes bei Leuk in rot.

empfangen wurden. Bald waren wir auf dem Weg zum Waldreservat Pfywald, dem grössten Föhrenwald der Schweiz (Abb. 1; Huovinen und Wohlgemuth 2021). Um zu verstehen, wieso die Waldföhre (*Pinus sylvestris*) hier so weit verbreitet ist, lohnt sich ein Blick zurück in die Vergangenheit. Eine Vegetationsrekonstruktion basierend auf Pollen aus den Sedimenten vom Lac du Mont d'Orge (Welten 1982), einem kleinen See bei Sion, etwa 20 km westlich des Pfywaldes, zeigt, wie sich die Vegetation in der Region nach der letzten Eiszeit entwickelte. Nach dem Abschmelzen der Gletscher vor ca. 16 000 Jahren begannen auf den kargen Böden die ersten Steppenpflanzen zu wachsen. Vor ca. 14 600 Jahren breiteten sich mit der Waldföhre und der Hängebirke (*Betula pendula*) die ersten Bäume aus. Als dann zu Anfang des Holozäns (11 700 Jahre vor heute) die Temperaturen stiegen und mehr Feuchtigkeit zur Verfügung stand, konnten sich andere Bäume wie Flaumeichen (*Quercus pubescens*), Ulmen (*Ulmus*) und Linden (*Tilia*) etablieren. Im Gegensatz zu den tiefen Lagen nördlich der Alpen konnte sich die Buche (*Fagus sylvatica*) nie im Wallis ausbrei-

ten, weil die Bedingungen zu kontinental und trocken sind. Die Waldföhre, welche an solche Bedingungen gut angepasst ist, dominiert also seit der letzten Eiszeit den Talboden im Wallis (Welten 1982).

Das Wallis, als inneralpines Tal, ist mit nur 583 mm Jahresniederschlag einer der trockensten Orte der Schweiz (Klimastation Sion, Klimanormwerte 1994–2020; MeteoSchweiz 2023). Die geringen Niederschläge und die schlechte Wasserspeicherkapazität der Böden erlauben es der Föhre, hier grosse Bestände zu bilden. Für viele andere Baumarten sind diese Bedingungen zu trocken, daher ist die Föhre hier konkurrenzfähig (Landolt 2010).

## Illgraben

Warum kann der Boden im Pfywald so wenig Wasser speichern? Unser erster Halt bei der Brücke über den Illgraben gibt eine Erklärung. Wir befinden uns mitten in einem 4 km breiten Schwemmkegel, der damit zu den grössten der Schweiz gehört (Huovinen und Wohlgemuth 2021). Über Jahrtausende hat der Illbach Geröll, Kies und Sand aus dem Gebiet um das Illhorn und den Gorwetschgrat ins Rohntal hinunter transportiert. Aufgrund der geologischen Verhältnisse (leicht verwitterbarer Dolomit) lösen sich bei starken Regenfällen, Gewittern oder



Abb. 2: Links: Der Illgraben mit dem Meretschhorn im Hintergrund (Bild: Christoph Schwörer). Rechts: Einbau der Murgangwaage im Illgraben (Bild: Brian McArdell, WSL).



starker Schneeschmelze grossen Mengen an Felsschutt, welche vom Wasser als Murgang ins Tal transportiert werden. Jedes Jahr kommt es im Illgraben zu ca. 3 bis 5 Murgängen, welche jährlich insgesamt ca. 100 000 km<sup>3</sup> an Material transportieren (Berger et al. 2011). Dieser Felsschutt wird unten im Tal abgelagert und bildet einen grossen Kegel von Geröll, Kies und Sand. Dieser Untergrund ist extrem wasserdurchlässig und verstärkt so die lokale Trockenheit.

Seit 2000 hat das Eidg. Institut für Wald Schnee und Landschaft WSL verschiedene Messgeräte und Sensoren im Illgraben installiert, wobei eine spezielle «Murgangwaage» besonders erwähnenswert ist (Abb. 2). Die Waage wurde 2003 in Betrieb genommen und besteht aus einer 8 m<sup>2</sup> grossen Stahlplatte und 6 Sensoren (McArdell 2016). Während eines Murgangs kann sie die Menge an Material, aber auch die Fließgeschwindigkeit, die Höhe, den Wassergehalt und die Temperatur messen (WSL 2023b).

### Föhrenwälder und Feuerdynamik

Wir setzen unsere Wanderung fort und kommen in den Pfywald (Abb. 3). Obwohl die Föhre dominiert, wachsen im Pfywald auch viele andere Gehölze. Der Wald besteht aus ca. 70% Wald-Föhre, 15% Eichen (*Quercus* sp.) und 10% Hänge-Birken (*Betula pendula*). Die übrigen 5% sind Arten wie Echte Mehlbeere (*Sorbus aria*), Fichte (*Picea abies*), Süsskirsche (*Prunus avium*), Tanne (*Abies alba*), Lärche (*Larix decidua*) und Wacholder (*Juniperus communis*). Die ältesten Bäume sind alles Föhren und über 150 Jahre alt (Huovinen und Wohlgemuth 2021; Wohlgemuth und Moser 2018).

Die Waldzusammensetzung ist nicht überall gleich und wird von lokalen Störungen beeinflusst. Ein Waldbrand im Jahr 1962 zerstörte zum Beispiel ca. 0.5 km<sup>2</sup> Wald. Hier sind die Föhren deutlich jünger und andere Pionier-Baumarten wie die Hängebirke sind häufiger anzutreffen. Waldbrände treten im Pfywald relativ oft auf (im Schnitt alle 10 Jahre) und sind ein wichtiger ökologischer Faktor für die Ausprägung der Föhrenwälder (Gimmi et al.

2004; Bendel et al. 2006). Die Föhre, Flaumeiche (*Quercus pubescens*) und die Hänge-Birke haben alle unterschiedliche Strategien im Umgang mit Feuer. Die Föhre etwa hat eine dicke Rinde, die sie vor Bodenfeuern schützt. Die Nadeln enthalten jedoch viele ätherische Öle und sind sehr leicht entflammbar, weshalb die Föhren bei einem Kronenbrand absterben. Die Flaumeiche ist anfälliger auf Feuer, da ihre Rinde nicht so dick ist wie die der Wald-Föhre. Ihre Fähigkeit zum Stockausschlag ermöglicht ihr, grössere Brände zu überstehen. Die Hängebirke ist aufgrund ihrer dünnen Rinde sehr feuerempfindlich, zudem kann sie nach Störungen nicht wieder austreiben. Allerdings produzieren Birken viele Samen, die leicht vom Wind verbreitet werden. Nach einem Brand kann sich die raschwüchsige lichtliebende Birke schnell ausbreiten und als Pionierbaumart rasch wieder auf den offenen Flächen ansiedeln (Wohlgemuth und Moser 2018).

### Biodiversität und Landnutzung

Heute wächst und lebt im Pfywald eine grosse Vielfalt an Pflanzen, Insekten und Vögeln, darunter mehrere seltene Arten. Diese hohe Biodiversität ist unter anderem auch das Ergebnis einer jahrtausendelangen Landnutzung. In der Vergangenheit wurde der Wald landwirtschaftlich intensiv genutzt: Bauern schlugen Holz zum Heizen, für die Köhlerei oder zum Bauen, liessen ihr Vieh im Wald weiden und sammelten heruntergefallenes Laub und Nadeln als Einstreu für ihre Tiere (Gimmi und Buergi 2007). Diese Aktivitäten hielten den Wald relativ offen und führten zu einem Mosaik aus verschiedenen Pflanzengesellschaften als Habitate für viele verschiedene Tierarten. Um die hohe Artenvielfalt zu erhalten, muss der Wald jedoch aktiv bewirtschaftet werden. Als nach 1960 die Industrie im Wallis an Bedeutung gewann und die meisten Menschen nicht mehr auf die Landwirtschaft angewiesen waren, ging die Bewirtschaftung zurück. Der Wald verbuschte, hat teilweise viel Unterholz oder das Kronendach verdichtete sich, was zu einem Rückgang der Artenvielfalt führte (Abb. 4; Huovi-

nen und Wohlgemuth 2021; Bendel et al. 2006).

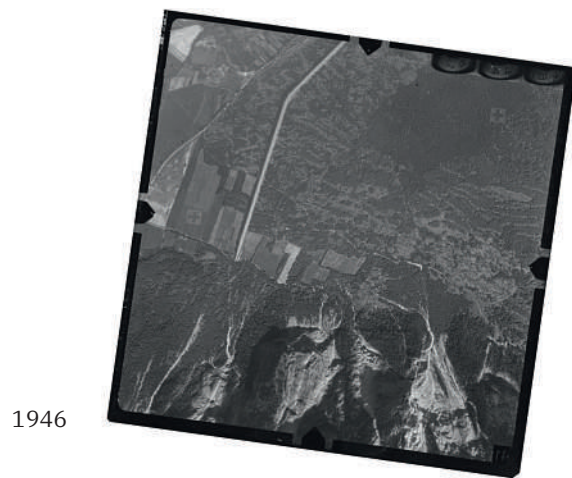
Mit verschiedenen Massnahmen wurde in den letzten Jahren versucht, die Artenvielfalt im Pfywald wieder zu erhöhen. So wurde auf gewissen Flächen die Waldweide mit Ziegen und Eseln wieder eingeführt. Waldweiden waren früher sehr wichtig, die meisten Familien hielten mindestens eine Ziege für die Milchproduktion. Die Ziegen wurden zusammen in die Wälder getrieben wo sie die Sträucher und Sprösslinge im Unterholz frassen und so für relativ offene Bedingungen sorgten. Ziegen haben zudem eine Vorliebe für Eichensprösslinge und fördern so die Wald-Föhre (Rigling et al. 2013). Auch während unserer Exkursion grasten mehrere Esel und Ziegen zwischen den Bäumen, und verhinderten das Aufkommen von Jungwuchs und Unterholz (Abb. 5).

Eine zweite Massnahme zur Förderung der Biodiversität beinhaltet die gezielte Abholzung bestimmter Waldflächen (Abb. 4), welche regelmässig, etwa alle 20 Jahre, wiederholt wird. Diese Praxis der Niederwaldbewirtschaftung war in der Vergangenheit weit verbreitet (Huovinen und Wohlgemuth 2021), wie auch im Pollendiagramm aus dem nahegelegenen Pfafforetsee ersichtlich ist (Abb. 6; Bendel et al. 2006). In den letzten ca. 170 Jahren treten kleinere Öffnungen des Waldes ca. alle 30 Jahre auf. Nach der Rodung entwickelt sich jeweils ein strukturreicher Niederwald bestehend aus Pioniervegetation und einigen grösseren Bäumen, welche stehen gelassen wurden. Gehölze, welche die Fähigkeit zu Stockausschlag haben, sind hier dominant, wie z.B. die Weiden (*Salix* spp.), Pappeln (*Populus* spp.), Mehlbeere (*Sorbus aria*) und die Flaumeiche (*Quercus pubescens*). Solche strukturreichen Waldlichtungen bieten einen idealen Lebensraum für eine Vielzahl von Insekten, Vögeln und anderen Tieren (Huovinen und Wohlgemuth 2021). Indem über die Jahre verschiedene Flächen abgeholzt werden, entstehen so verschiedene Entwicklungsstadien eines Niederwaldes. Dies verbessert wiederum die Waldstruktur und führt zu einem Mosaik von verschiedenen Pflanzengesellschaften, welche Lebensraum für heute selten gewordene Tierarten bieten, wie z.B. dem Ziegen-

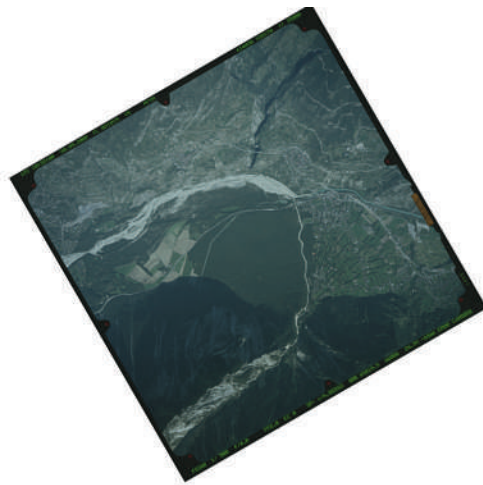


**Abb. 3: Der Pfywald. Der Wald besteht aus Föhren (*Pinus sylvestris*), Flaumeichen (*Quercus pubescens*) und Hängebirken (*Betula pendula*). Die Weisse Segge (*Carex alba*) ist im Unterwuchs sehr häufig. Die Föhre hat ein sehr breites Verbreitungsbiet und als Pionierart kann sie unter verschiedenen Umweltbedingungen wachsen (Bild: Christoph Schwörer).**

melker (*Caprimulgus europeaus*). Natürlicherweise würden Störungen wie z.B. Windwurf und Waldbrände für solche offenen Flächen sorgen. Da der Pfywald aber das letzte grosse Überbleibsel der einst ausgedehnten Föhrenwälder im Wallis ist, muss hier der Mensch nachhelfen.



1946



2002



2021

**Abb. 4: Luftbilder vom oberen Pfynwald in den Jahren 1946, 2002 und 2021 (SwissTopo 2023). Der Wald entwickelte sich von einer Weide- und Waldlandschaft (1946) zu einem geschlossenen Wald (2002). Seit 2008 werden zur Förderung der Biodiversität regelmässig kleinere Waldstücke geöffnet.**

## **Trockenheit und deren Auswirkungen auf Föhren und Eichen**

Seit den 90er Jahren sterben vermehrt Waldföhren in den inneralpinen Trockentälern. Im Rhonetal starben beispielsweise lokal bis zu 50% der Waldföhren (Rigling und Cherubini 1999; Rebetez und Dobbertin 2004). Früher waren Schäden an Waldföhren vor allem eine Folge von Fluor-Emissionen aus der nahegelegenen Aluminium-Herstellung (Kienast 1982), seit der Installation von effizienten Schadstofffiltern in den 80er Jahren konnte diese Belastung behoben werden (Rickli et al. 1989). Viele weitere Faktoren wie Trockenheit, Insekten- und Pilzbefall können zu einer erhöhten Mortalität der Waldföhre führen. Obwohl Waldföhren gut an trockene Standorte angepasst sind, zeigten viele Bäume zu Beginn dieses Jahrhunderts vermehrt Anzeichen von Trockenstress (Rebetez und Dobbertin 2004). Für das Überleben der Bäume in solchen trockenen Gebieten ist eine positive Wasserbilanz entscheidend. Falls mehr Wasser durch die Bäume verdunstet wird, als über den Niederschlag wieder aufgenommen werden kann, führt dies zu einer negativen Wasserbilanz und zu Trockenstress bei den Bäumen. Jahre mit einer ausgeprägten negativen Wasserbilanz führen zu Schäden an den Bäumen und oft zum Absterben im gleichen oder nächsten Jahr.

Die Waldföhre wächst im Rhonetal nahe an ihrer Trockenheitsgrenze; mit dem Klimawandel und noch trockeneren Verhältnissen wird sie zunehmend unter Trockenstress leiden (Rigling et al. 2013). Im Gegensatz dazu scheint die Flaumeiche, welche ihr Hauptverbreitungsgebiet im mediterranen Raum hat, besser an die trockenen Verhältnisse im Pfynwald angepasst zu sein (Rigling et al. 2013). Es ist deshalb wahrscheinlich, dass sich unter zunehmend trockeneren Bedingungen die Waldzusammensetzung ändern wird und vermehrt Flaumeichen, aber auch andere trockenresistente Gehölze wie die Mehlbeere (*Sorbus aria*) vorkommen werden. In lokal besonders trockenen Gebieten, beispielsweise aufgrund besonderer Bodenverhältnisse,

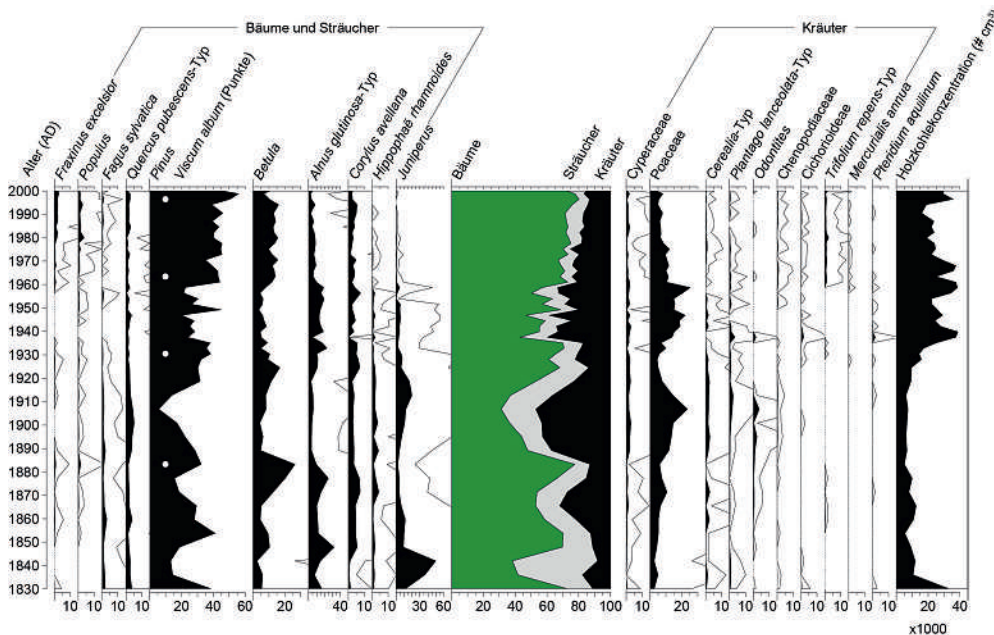
könnte es sogar zu einem Rückgang des Waldes und zur Ausbreitung der Steppe kommen.

Aber das Überleben der Waldföhre hängt nicht nur von Änderungen der Wasserbilanz ab, auch die Mistel (*Viscum album*) spielt eine entscheidende Rolle. Bäume, welche von vielen Misteln befallen sind, besitzen in Jahren mit einer negativen Wasserbilanz eine höhere Wahrscheinlichkeit zu sterben. Misteln sind Halb-Parasiten, sie betreiben zwar Photosynthese aber beziehen Wasser und Nährstoffe von ihrem Wirtsbaum (Laubert et al. 2018). In normalen Jahren mit einer ausreichenden Wasserverfügbarkeit stellt dies für gesunde Bäume kein Problem dar, in trockenen Jahren kann dies jedoch problematisch werden. Studien zeigen, dass Misteln eine andere Strategie bei Trockenheit anwenden als die Waldföhre (Dobbertin et al. 2005). Während die Waldföhre unter trockenen Bedingungen ihre Spaltöffnungen schliesst, um die Verdunstung und den damit verbundenen Wasserverlust zu stoppen, bleiben die Spaltöffnung an den Misteln offen. Dies führt zu einem verstärkten Trockenstress bei den befallenen Waldföhren.



**Abb. 5: Esel im Pfywald fördern die Artenvielfalt. Esel, Ziegen und andere Tiere grasen regelmässig in Waldweiden und halten so den Waldboden offen und schaffen unterschiedliche Lebensräume für Pflanzen, Insekten und andere Tiere (Bild: Christoph Schwörer).**

Die geographische Verbreitung der immergrünen Mistel ist vor allem durch Minimumtemperaturen im Winter bestimmt (Iversen 1944). Aufgrund des Klimawandels und damit verbundenen steigenden Temperaturen, breiten sich Misteln in ganz Europa aus (Walas et al. 2022). Ein verstärkter Befall von Misteln wird in Zukunft zu zusätzlichem Trockenstress bei den Waldföhren im Pfywald führen.

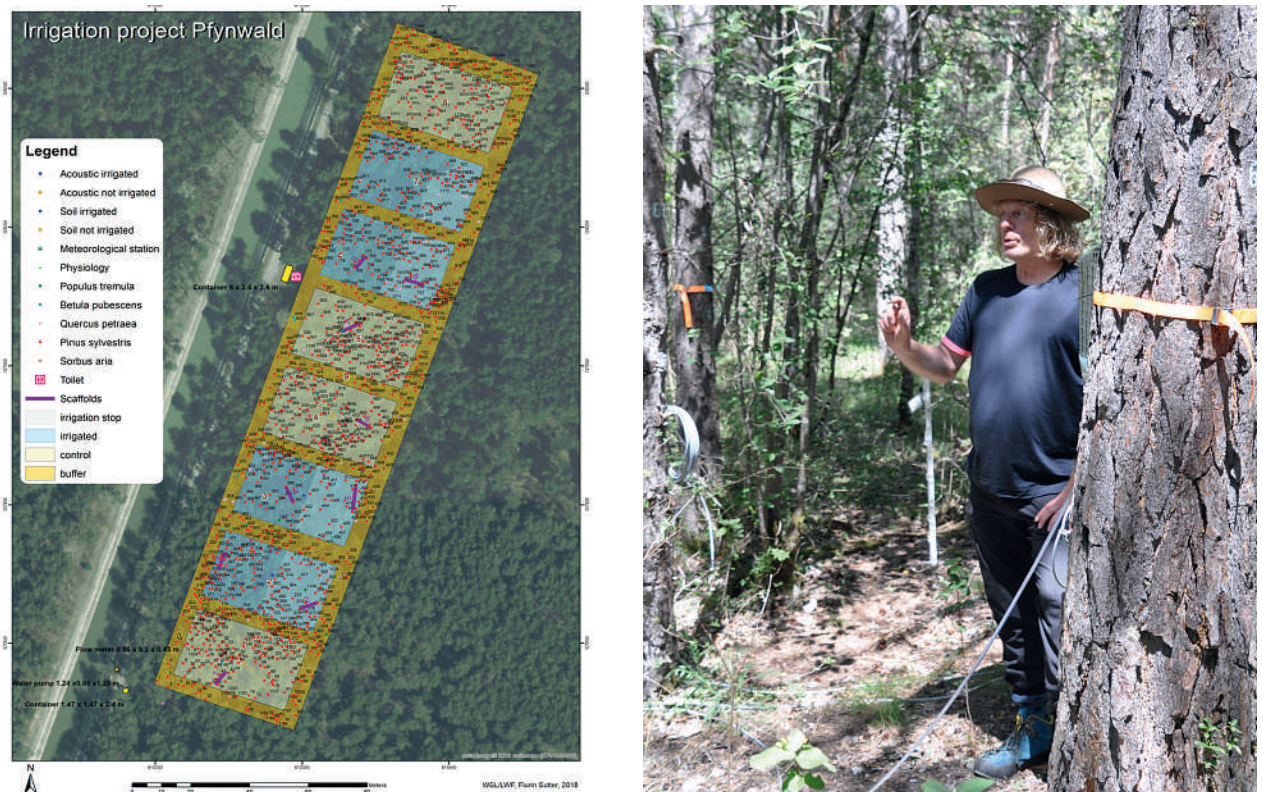


**Abb. 6: Pollendiagramm des Pfafforetsees, Pfywald, welches Vegetationsänderungen von ca. 1830 bis 2000 zeigt. Auffällig sind regelmässige Öffnungen des Waldes ca. alle 30 Jahre, welche vor 1960 vorkommen. AD: anno domini. Abgeändert nach Bendel et al. (2006).**

Eine Möglichkeit, um den Waldföhren zu helfen Trockenperioden zu überstehen, ist, den Wasserverbrauch von anderen Pflanzen im Wald zu verringern. Der Pfywald ist heute relativ dicht bewachsen, mit Sträuchern und Kräutern im Unterwuchs, die ebenfalls Wasser verbrauchen. Wenn dieser Unterwuchs entfernt wird, kann die Bodenfeuchtigkeit und die Wasserverfügbarkeit für die Waldföhre markant erhöht werden. Das zusätzlich verfügbare Wasser führte in einer Studie zu einem schnelleren Wachstum, einer erhöhten Nadelproduktion und einer tieferen Mortalität bei der Waldföhre (Giuggiola et al. 2018). Dieses Experiment zeigt wie die Landnutzung und besonders die Beweidung mit Nutztieren oder die mechanische Entfernung der Strauchschicht das Überleben der Waldföhre sichern und zusätzlich die Artenvielfalt im Pfywald erhöhen könnte.

### WSL Langzeit-Bewässerungsexperiment

Unser nächster Halt ist das Langzeit-Bewässerungsexperiment der WSL, wo wir von Prof. Dr. Arthur Gessler, dem Leiter der Langfristigen Waldökosystemforschung (Abb. 7), begrüsst werden. Das Bewässerungsexperiment läuft schon seit über 20 Jahren unter Beteiligung von vielen verschiedenen Forschungsgruppen und ist eines der grössten Langzeit-Waldbeobachtungsexperimente der Welt (WSL 2023a). Das Hauptziel des Experimentes ist die Untersuchung des Waldsterbens, unter Berücksichtigung verschiedenster Faktoren, aber mit einem Schwerpunkt auf Trockenstress. Dazu wird ein holistischer Ansatz verwendet, bei dem alle Komponenten des Waldes miteinbezogen werden. In 8 Untersuchungsflächen (Abb. 7), mit insgesamt ca.



**Abb. 7:** Links: Überblick über das WSL Langzeit-Bewässerungsexperiment im Pfywald. Das Bewässerungsexperiment besteht aus vier bewässerten und vier unbewässerten Kontrollflächen (25 m x 40 m, mit jeweils 60–100 Bäumen). In den hellblauen Teilflächen wurde die Bewässerung Ende 2013 vorübergehend gestoppt. (Bild: F. Sutter, WSL). Rechts: Prof. Dr. Arthur Gessler führt unsere Gruppe durch die verschiedenen Experimente der Untersuchungsfläche (Bild: Christoph Schwörer).

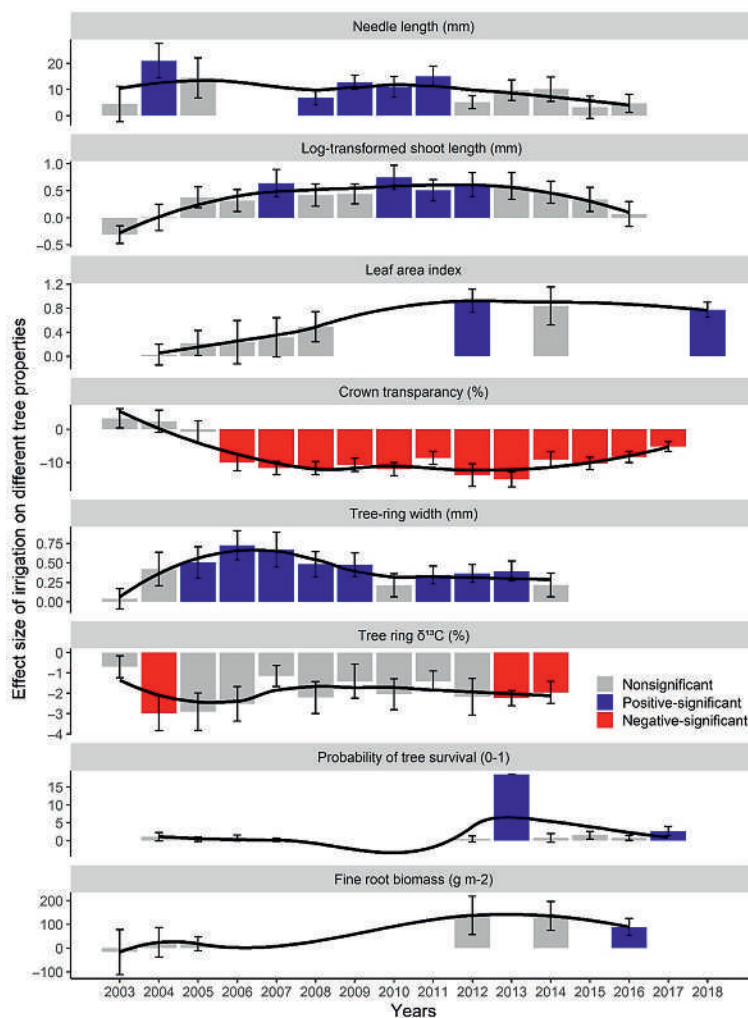
800 Bäumen werden alle möglichen Parameter durch die WSL gemessen. Vom Wachstum oder der Schrumpfung der Bäume zu Bodenfaktoren, der isotopischen Fraktionierung / chemischen Zusammensetzung des Bodenwassers, zu den Bodeninsekten und -Mikroben und den Interaktionen verschiedener Systemkomponenten (Bose et al. 2022).

Die Hälfte der Untersuchungsflächen erhält die doppelte Menge Niederschlag im Vergleich zu den Kontrollflächen (Abb. 7). In den bewässerten Flächen enthält der Boden entsprechend mehr Feuchtigkeit, was sich unmittelbar auf die Vegetation auswirkt. Bäume wachsen schneller und haben eine grössere Krone und längere Nadeln (Abb. 8). Besonders zu Beginn des Experimentes stieg auch der Wasserverbrauch der Waldflächen. Da das Experiment schon seit mehr als 20 Jahren läuft, ist es möglich, auch längerfristige Auswirkungen zu untersuchen. Interessanterweise sind die Unterschiede in verschiedenen gemessenen Parametern zwischen den bewässerten und unbewässerten Flächen fast verschwunden, was dafür spricht, dass sich das System in einem neuen Gleichgewicht eingependelt hat (Bose et al. 2022). Es ist geplant, das Experiment für mindestens 10 Jahre weiterzuführen, um weitere langfristige Effekte untersuchen zu können.

Am Ende unserer Besichtigung konnten wir die Beobachtungsplattform mitten im Föhrenwald besteigen. Inmitten der Baumkronen hatten wir einen einzigartigen Ausblick auf den Pfywald und die weitere Umgebung (Abb. 8).

## Der Waldbrand bei Leuk

Auf dem Weg zurück zum Bahnhof konnten wir aus der Ferne noch die Fläche, welche durch den Waldbrand oberhalb von Leuk in 2003 zerstört wurde, beobachten (Abb. 1). Vor diesem Ereignis gab es keine genauen Daten zur Vegetationsentwicklung nach Waldbränden in der Schweiz. Um solche Prozesse im Detail zu untersuchen, wurde die Vegetation in Teilen der Waldbrandfläche sich selber überlassen. Resultate eines installierten Beobachtungsnetzwerkes zei-



**Abb. 8: Einfluss zusätzlicher Bewässerung auf verschiedene Eigenschaften der Bäume über den Untersuchungszeitraum von 2003–2018 (nach Bose et al. 2022).**

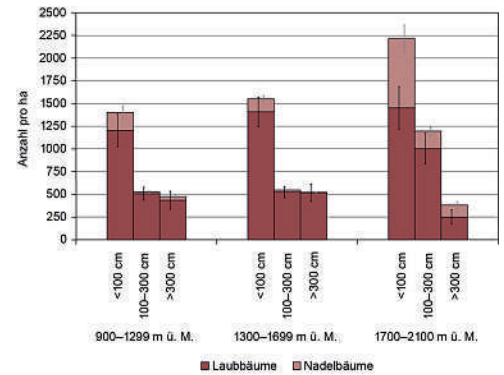
gen die typischen Muster einer natürlichen Sukzession, mit dem Auftreten und Verschwinden unterschiedlicher Arten (Wohlgemuth und Moser 2018). Vor dem Waldbrand bestand der Wald vor allem aus Fichten (*Picea abies*), mit Lärchen (*Larix decidua*) in höheren und Eichen und Waldföhren in tieferen Lagen (Wohlgemuth et al. 2010). Zehn Jahre nach dem Waldbrand finden sich wieder junge Lärchen und Fichten auf der gleichen Höhenstufe, aber in tieferen Lagen änderte sich die Vegetationszusammensetzung (Abb. 10; Wohlgemuth und Moser 2018). Eichen sind neu dominant und ersetzen die Waldföhre aufgrund eines



**Abb. 9:** Oben: Aussicht über den Pfywald vom Beobachtungsturm des WSL Langzeit-Bewässerungsexperimentes in den Baumkronen der Föhren. Im Hintergrund ist die Waldbrandfläche von Leuk zu sehen, im Vordergrund der Befall von Misteln auf den Waldföhren. Unten: Prof. Dr. Andreas Rigling erklärt unserer Gruppe die verschiedenen Messgeräte, welche auf dem Turm installiert sind. (Bilder: Christoph Schwörer).



Rückganges in Beweidung aber auch wegen unterschiedlicher Samenverbreitung. Eicheln werden vor allem durch den Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) verbreitet, welcher zahlreich in der Gegend vorkommt und die nährstoffreichen Eicheln effizient im Gebiet verteilt, was ihnen offenbar einen Vorteil im Gegensatz zu den zwar windverbreiteten aber kleinen und wenig weit fliegenden Föhrensamens bietet (Wohlgemuth und Moser 2018).



**Abb. 10:** Verjüngung auf der Brandfläche zehn Jahre nach dem Feuer, gruppiert in drei Höhenstufen, drei Grössenklassen und unterteilt in Nadel- und Laubbäume (aus Wohlgemuth and Moser 2018).

## Zusammenfassung

Auf unserer Exkursion durch den Pfywald konnten wir den einzigartigen Charakter und die hohe Artenvielfalt des Pfywaldes erleben. Der Wald, den wir heute sehen, ist das Ergebnis verschiedener Faktoren, wobei besonders das Klima und die Landnutzung eine wichtige Rolle spielen. Zunehmende Trockenperioden aufgrund des Klimawandels, aber auch ein Rückgang der Landnutzung wird in Zukunft viele Arten bedrohen, welche heute hier vorkommen. Um diese Arten zu schützen ist es wichtig, den Klimawandel zu stoppen und die Wasserverfügbarkeit für die Waldföhre zu erhöhen, aber auch ein Mosaik aus verschiedenen Lebensräumen für die Vögel, Insekten und anderen Tiere des Waldes zu schaffen.

## Literatur

- BENDEL, M.; TINNER, W.; AMMANN, B. (2006): Forest dynamics in the Pfy forest in recent centuries (Valais, Switzerland, Central Alps): interaction of pine (*Pinus sylvestris*) and oak (*Quercus* sp.) under changing land use and fire frequency. In *The Holocene* 16 (1), pp. 81–89. DOI: 10.1191/0959683606hl906rp.
- BERGER, C.; McARDELL, B. W.; SCHLUNEGGER, F. (2011): Direct measurement of channel erosion by debris flows, Illgraben, Switzerland. In *J. Geophys. Res.* 116, F01002. DOI: 10.1029/2010JF001722.

- BOSE, A.K.; RIGLING, A.; GESSLER, A.; HAGEDORN, F.; BRUNNER, I.; FEICHTINGER, L. ET AL. (2022): Lessons learned from a long-term irrigation experiment in a dry Scots pine forest: Impacts on traits and functioning. In *Ecological Monographs* 92 (2). DOI: 10.1002/ecm.1507.
- DOBBERTIN, M.; HILKER, N.; REBETEZ, M.; ZIMMERMANN, N. E.; WOHLGEMUTH, T.; RIGLING, A. (2005): The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland—the result of climate warming? In *International journal of biometeorology* 50 (1), pp. 40–47. DOI: 10.1007/s00484-005-0263-5.
- GIMMI, U.; BUERGI, M. (2007): Using Oral History and Forest Management Plans to Reconstruct Traditional Non-Timber Forest Uses in the Swiss Rhone Valley (Valais) Since the Late Nineteenth Century. In *Environment and history* 13 (2), pp. 211–246. DOI: 10.3197/096734007780473492.
- GIMMI, U.; BÜRGI, M.; WOHLGEMUTH, T. (2004): Wie oft brannte der Walliser Wald im 20. Jahrhundert? | Forest fire occurrences in Canton Valais in the 20th century. In *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 155 (10), pp. 437–440. DOI: 10.3188/szf.2004.0437.
- GIUGGIOLA, A.; ZWEIFEL, R.; FEICHTINGER, L. M.; VOLLENWEIDER, P.; BUGMANN, H.; HAENI, M.; RIGLING, A. (2018): Competition for water in a xeric forest ecosystem – Effects of understory removal on soil micro-climate, growth and physiology of dominant Scots pine trees. In *Forest Ecology and Management* 409, pp. 241–249. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.002.
- HUOVINEN, C.; WOHLGEMUTH, T. (2021): Wandern, wo andere forschen. Ober- und Mittelwallis. 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- IVERSEN, JOHS (1944): *Viscum*, *Hedera* and *Ilex* as Climate Indicators. In *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 66 (3), pp. 463–483. DOI: 10.1080/11035894409445689.
- KIENAST, F. (1982): Jahrringanalytische Untersuchungen in immissionsgefährdeten Waldschadengebieten des Walliser Rhonetals. In *Geogr. Helv.* 37 (3), pp. 143–148. DOI: 10.5194/gh-37-143-1982.
- LANDOLT, E. (2010): *Flora indicativa*. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. With assistance of Elias Landolt. 2., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt (Editions des Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève).
- LAUBER, K.; WAGNER, G.; GYGAX, A. (2018): *Flora Helvetica*. Illustrierte Flora der Schweiz. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- MCArDELL, B.W. (2016): Field Measurements of Forces in Debris Flows at the Illgraben: Implications for Channel-Bed Erosion. In *IJECE* 9 (4), pp. 194–198. DOI: 10.13101/ijece.9.194.
- METEO SCHWEIZ (2023): Klimanormwerte Sion. Normperiode 1991–2020. [www.meteo-schweiz.ch](http://www.meteo-schweiz.ch), aufgerufen am 18/2/2023.
- REBETEZ, M.; DOBBERTIN, M. (2004): Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps. In *Theor Appl Climatol* 79 (1-2), pp. 1–9. DOI: 10.1007/s00704-004-0058-3.
- RICKLI, C.; SCHULIN, R.; ATTINGER, W.; FLÜHLER, H. (1989): Dekontamination ehemals fluorbelasteter Waldstandorte im Wallis. In *Bulletin de la Murithienne* 107, pp. 113–124.
- RIGLING, A.; BIGLER, C.; EILMANN, B.; FELDMEYER-CHRISTE, E.; GIMMI, U.; GINZLER, C. ET AL. (2013): Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests. In *Global change biology* 19 (1), pp. 229–240. DOI: 10.1111/gcb.12038.
- RIGLING, A.; CHERUBINI, P. (1999): Wieso sterben die Waldföhren im «Telwald» bei Visp? Eine Zusammenfassung bisheriger Studien und eine dendroökologische Untersuchung. In *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 150, pp. 113–131.
- WALAS, Ł.; KĘDZIORA, W.; KSEPKO, M.; RABSKA, M.; TOMASZEWSKI, D.; THOMAS, P. A. ET AL. (2022): The future of *Viscum album* L. in Europe will be shaped by temperature and host availability. In *Sci Rep* 12 (1), p. 17072. DOI: 10.1038/s41598-022-21532-6.
- WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. In *Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 95.
- WOHLGEMUTH, T.; MOSER, B. (2018): Zehn Jahre Vegetationsdynamik auf der Waldbrandfläche von Leuk (Wallis). In *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 169 (5), pp. 279–289.
- WOHLGEMUTH, T.; HESTER, C.; JOST, A.-R.; WASEM, U.; MOSER, B. (2010): Dynamik der Wiederbewaldung im Waldbrandgebiet von Leuk (Wallis) | Recruitment dynamics following the forest fire near Leuk (Valais). In *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 161 (11), pp. 450–459. DOI: 10.3188/szf.2010.0450.



WSL (2023a): Das Bewässerungs-Experiment Pfywald. <https://www.wsl.ch/de/ueber-die-wsl/versuchsanlagen-und-labors/flaechen-im-wald/pfywald.html>, aufgerufen am 31/3/2023.

WSL (2023b): Murgangtestgelände Illgraben. <https://www.wsl.ch/de/ueber-die-wsl/versuchsanlagen-und-labors/naturgefahren-anlagen/murgang-anlagen/murgangtestgelaende-illgraben-susten-leuk-vs.html>, aufgerufen am 31/3/2023.

---

### Lieveke van Vugt



ist Doktorandin am Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern. Sie hat an der Universität Leiden in den Niederlanden Archäologie studiert und kam 2012 in die Schweiz. Nach mehreren Jahren Arbeit im Pfadizentrum Kandersteg begann sie im Jahr 2017 ein Masterstudium in Klimawissenschaften an der Universität Bern, auf welches ab 2021 ein Doktorat folgte. Sie befasst sich in ihrer Dissertation mit der Vegetationsgeschichte von Nord-Griechenland und erforscht, wie sich die Vegetation während den letzten 11 000 Jahren unter dem Einfluss von Klima und Mensch verändert hat.

Kontakt: [lieveke.vanvugt@unibe.ch](mailto:lieveke.vanvugt@unibe.ch)

---

### Erika Gobet



studierte an der Universität Bern und schloss mit einem Lizentiat in Geobotanik ab. Im Anschluss folgte eine Doktorarbeit zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin unter Berücksichtigung vergangener Klimaänderungen und des Einflusses des Menschen auf die Vegetation. Sie ist als Dozentin, wissenschaftliche Mitarbeiterin und Laborleiterin am Institut für Pflanzenwissenschaften tätig. Neben der Ausbildung von Studierenden ist sie an laufenden Projekten der Abteilung Paläoökologie beteiligt, die sich hauptsächlich mit den Auswirkungen des Klimawandels in Kombination mit landwirtschaftlicher Tätigkeit beschäftigen.

Kontakt: [erika.gobet@unibe.ch](mailto:erika.gobet@unibe.ch)

---

### Christoph Schwörer



studierte Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich und doktorierte in Klimawissenschaften an der Universität Bern. Für seine Doktorarbeit im Bereich Paläoökologie untersuchte er den Einfluss von Klima und menschlicher Landnutzung auf die Vegetation am Iffigsee im Berner Oberland. Nach einem Postdoc an der University of Oregon (USA) kehrte er an die Universität Bern zurück, wo er seit 2019 eine eigene Forschungsgruppe leitet. Er interessiert sich besonders für die Auswirkungen vergangener Klimaänderungen auf Wälder und kombiniert dazu paläoökologische Methoden mit dynamischen Vegetationsmodellen und der Analyse von alter DNA.

Kontakt: [christoph.schwoerer@unibe.ch](mailto:christoph.schwoerer@unibe.ch)



Bild: AdobeStock

Was ich in der Natur sehe, ist eine grossartige Struktur, die wir nur sehr unvollkommen zu erfassen vermögen und die einen vernünftigen Menschen mit einem Gefühl von Demut erfüllen muss.

Quelle: «Einstein sagt» Zitate, Einfälle, Gedanken  
Herausgegeben von Alice Calaprice; 1997 Piper Verlag GmbH München,  
ISBN 978-3-492-25089-4.

# Bernische Botanische Gesellschaft

## Jahresbericht 2022

### 1. Vorstand

Im Vorstand amtierten während des Jahres 2022:

Präsidentin:	KATJA REMBOLD
Kassierin:	REGINA BLÄNKNER
Sekretärin:	BARBARA STUDER
Exkursionen:	ADRIAN MÖHL
Redaktor:	STEFFEN BOCH
Webmasterin:	TABEA KIPFER
Mitgliederbetreuung:	BARBARA STUDER
Beisitzer:innen:	STEFFEN BOCH STEFAN EGGENBERG NORA RIEDER RUEDI SCHNEEBERGER
Rechnungsrevisoren:	MAX GÖLDI, URS KALBERMATTEN

### 2. Vorträge

Anlässlich des im Botanischen Garten Bern neu eröffneten, in der Schweiz einzigartigen «Gondwanahauses», widmeten wir die Vortragsreihe im Winterhalbjahr 2022/2023 dem Thema Gondwana. Vor rund 180 Millionen Jahren zerfiel der Urkontinent Pangäa in zwei Teile, Laurasia im Norden und Gondwana im Süden. Das Leben auf den beiden neu entstandenen Kontinenten entwickelte sich weitgehend unabhängig voneinander in eigene Richtungen und es entstanden jeweils neue Tier- und Pflanzengruppen. Durch die Verschiebung der Kontinentalplatten begann Gondwana sich vor rund 150 Millionen Jahren weiter aufzulösen. Südamerika, Afrika, Antarktika, Australien, Arabien, Madagaskar, Neuguinea, Zealandia und Indien separierten sich.

An sieben Terminen führten uns die Vortragenden jeweils an verschiedene Orte der Südhemisphäre und brachten uns so den Südsommer in den Nordwinter. Abgerundet wurden die Vorträge diesmal nicht durch einen anschliessenden Apéro, sondern durch einen «Sundowner» im neuen Gondwanahaus des Botanischen Gartens.

#### Montag, 14. November 2022

CHRISTINA BRAUN

*Die Antarktis wird «grün» – Die Ausbreitung der Antarktischen Schmiele in der maritimen Antarktis*

In den letzten Jahrzehnten zeigten die westlichen und

nördlichen Bereiche der antarktischen Halbinsel (Maritime Antarktis) einen der stärksten globalen Erwärmungstrends der atmosphärischen Temperaturen. Dieser Klimawandel verursacht starke Veränderungen biotischer und abiotischer Komponenten der antarktischen Ökosysteme auf verschiedenen Ebenen. Die Fildes-Region auf King George Island (South Shetland Islands) stellt eines der grössten eisfreien Areale in der Maritimen Antarktis dar. Seit nun mehr als vier Jahrzehnten beobachten hier deutsche Ökologinnen und Ökologen, v.a. von der Universität Jena, die Veränderungen in der Tier- und Pflanzenwelt der Fildes-Region. So liegt inzwischen ein für die Antarktis einmaliger Langzeitdatensatz vor, um den Zustand des Ökosystems zu beurteilen. Die Fildes-Region zeichnet sich durch eine hohe biologische Vielfalt aus und beherbergt eine Vielzahl von Brutvogelarten, eine grosse Anzahl von Robben und die am besten entwickelten und ausgedehntesten Pflanzengemeinschaften der Region. Die einzige in diesem Gebiet vorkommende Gefässpflanze ist die Antarktische Schmiele (*Deschampsia antarctica*). Drei Erfassungen während der vergangenen Jahrzehnte zeigt eine erhebliche Ausbreitung dieser Grasart. Durch den Rückzug von Gletschern und durch längere schneefreie Perioden hat sich das Gras an vielen bekannten Standorten rasant ausgebreitet und zusätzlich weitere geeignete Flächen besiedelt. Zudem haben eine Vergesellschaftung mit Moosen und Flechten, sowie der Eintrag von Nährstoffen durch Vögel und Robben einen starken Einfluss auf das Wachstum der Antarktischen Schmiele. Darüber hinaus scheint die regionale Erwärmung entscheidend für die beträchtliche Ausbreitung dieser Grasart in der maritimen Antarktis zu sein.

#### Montag, 28. November 2022

CHRISTIAN RIXEN / SONJA WIPF

*Down Under und Mittelmeer: Die Alpen auf der anderen Seite der Erde*

Alpen ausserhalb der Alpen? Natürlich. Auch die Australischen und die Neuseeländischen Alpen haben viel zu bieten. Erstaunlicherweise sehen viele Pflanzen durchaus vertraut aus. Es gibt Enzian, Augentrost und Hahnenfuss. Andere Elemente sind für uns komplett exotisch: Die Baumgrenze in Australien wird durch Schnee-Eukalyptus gebildet und in Neuseeland durch Südbuchen. Uns brachte ein Forschungsprojekt über al-

pine Pflanzen für ein halbes Jahr nach Australien und Neuseeland. In unserem Vortrag berichteten wir von den spannenden Pflanzen, denen wir begegneten, aber auch von vielen weiteren Impressionen vom anderen Ende der Welt.

### Montag, 5. Dezember 2022

ADRIAN MÖHL

*Kapland oder das Spiel mit dem Feuer – Botanischer Spaziergang in Gondwanas kleinstem Florenreich*

Königsproteen, rätselhafte Taupflanzen und Samen, die erst keimen, wenn man Rauchpartikel ins Giesswasser gibt: die Flora im Südwesten des afrikanischen Kontinents ist voller Wunder und eine biogeografische Besonderheit. Hier findet man auf einer Fläche, die nur etwa zweimal so gross ist wie die Schweiz, eine ausserordentlich artenreiche Flora. Ungefähr 70% der rund 9000 Pflanzenarten der Kapflora kommen nur um Kapstadt vor. So hohe Anteile an Endemiten kennt man sonst nur von Inseln und lassen einen rätseln, wie diese Flora entstanden ist. Auf einem botanischen Rundgang durch das Kapland wurde die wundersame Flora und die spezielle Vegetation am Kap vorgestellt. Gondwanas kleinstes Florenreich ist eine Welt voller Pflanzenwunder und vielen spannenden Geschichten und war damit genau das Richtige für einen dunkeln Dezemberabend.

### Montag, 16. Januar 2023

STEFAN EGGENBERG

*Chile ist eine Insel – Pflanzen zwischen dem trockensten und feuchtesten Punkt der Erde*

Eingezwängt zwischen dem Pazifischen Ozean und der hohen Andenkette erstreckt sich über eine Länge von 4200 km ein unendlich langes, schmales Land. Mit ihrem Reichtum an Endemiten verhält sich seine so eingeschlossene Flora wie eine Inselflora. Aber was für eine! Die Pflanzen finden in der Vielgestalt Chiles eine unglaubliche Vielfalt von Nischen. In Chile befindet sich der trockenste und der feuchteste Ort der Erde. Das Land erstreckt sich vom Meer bis zum höchsten Vulkan der Erde. Es gibt Wüsten und Regenwälder, mediterrane Macchia und Bergwiesen. Hinzu kommt die Fremdartigkeit der gondwanischen Pflanzenwelt, die das Land und seine Vegetation so einzigartig machen. Der Vortrag illustrierte diese Extreme mit vielen Beispielen aus der dort vorkommenden Flora.

### Montag, 30. Januar 2023

KATJA REMBOLD

*Mystisches Madagaskar – der achte Kontinent*

Madagaskar ist die viertgrösste und wohl älteste Insel der Welt. Schon sehr früh löste sie sich vom Afrikanischen

Kontinent und später auch von Indien. Seither liegt Madagaskar isoliert im Indischen Ozean, wodurch sich eine einzigartige Pflanzen- und Tierwelt entwickelte, die in dieser Form nirgendwo anders zu finden ist. Darunter sind zahlreiche endemische Arten, die es nur auf Madagaskar gibt. Von tropischen Regenwäldern bis zu bizarren Dornwäldern, von Sümpfen bis Trockensavannen und von Küstenwäldern bis zu alpiner Vegetation in knapp 3000 m Höhe hat Madagaskar eine berauschende Vielzahl von Vegetationsformen zu bieten. Wir begaben uns auf eine Reise durch den achten Kontinent und entdeckten gemeinsam seine vielfältigen natürlichen Besonderheiten.

### Montag, 6. Februar 2023

MICHAEL NEUMANN

*Sikkim – Faszinierende Pflanzenwelt an den Hängen des indischen Himalayas*

Es erwartete uns ein spannender und reich bebildeter Reisebericht aus Sikkim, einer unzugänglichen Region im südlichen Himalaya. Dieses ehemalige Königreich ist heute ein indischer Bundesstaat und grenzt direkt an Nepal, Bhutan und Tibet. Obwohl Sikkim nur ungefähr so gross ist wie der Kanton Graubünden, sind auf dieser kleinen Fläche enorme Höhenunterschiede zu überwinden: das tiefste Tal liegt bei rund 380 m ü. M., der höchste Berg misst 8586 m ü. M. Bei den Reisen durch dieses buddhistische Land können auf kurzer Distanz zahlreiche Vegetationszonen durchquert werden, vom subtropischen Monsunwald in den Tälern bis zur alpinen Flora der Hochlagen. Rund 4000 Pflanzenarten sind aus dieser Region bekannt, aber vieles ist bis heute noch nicht erforscht. Daher stellte Michael Neumann auch einige wunderschöne, aber bislang namenlose Blütenpflanzen vor.

### Montag, 20. Februar 2023

ALESSIO MACCAGNI / BRIGITTE MARAZZI

*Gondwana in der Schweiz – Eine faszinierende Insel der Vielfalt*

Vor der Kulisse von Palmen und exotischen Arten, die den südlichen Teil der Schweizer Alpen prägen, ragen die Brissago-Inseln aus dem Wasser des Lago Maggiore. Ursprünglich im Besitz der Baronin von Saint-Léger, beherbergen sie seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts den Botanischen Garten des Kantons Tessin (BRISS). Dank ihrer besonderen Lage verfügen sie über ein sehr mildes Klima, das die Erhaltung von über 2000 Taxa aus subtropischen (und mediterranen) Klimazonen auf der ganzen Welt ermöglicht, darunter die Südostküste Australiens, die zentrale Zone Chiles und die Kapregion Südafrikas. Eine Besonderheit dieser Gebiete ist, dass man dort unter den vielen verschiedenen Farben auch eine grosse Vielfalt an roten Blüten bewun-

dern kann. Diese Farbe kommt in der einheimischen Flora der Schweiz nicht vor, da es sich um eine Anpassung handelt, die bei uns nicht stattgefunden hat. Die Vortragenden führte, uns zur Entdeckung der Geschichte und der Geheimnisse der «gondawanischen» Inseln und der roten Blumen.

#### **Montag, 27. Februar 2023**

Jahreshauptversammlung mit Kurzvorträgen

### **3. Exkursionen**

#### **Donnerstag, 21. April 2022**

«Grünalgen und der Schritt an Land»

Wie alles begann – Auftaktveranstaltung zur Evolutionsjahr der BBG

Leitung: KATJA REMBOLD und ADRIAN MÖHL

#### **Samstag, 23. April 2022**

«Nacktsamer»

Urtümliche Samenpflanzen im Wallis

Leitung: STEFAN EGGENBERG und HANNAH INNIGER

#### **Samstag, 21. Mai 2022**

«Blütenpflanzen – Monokotyle zum Ersten»

Schmal im Fokus – Gräser & Co und das Projekt COMECO

Leitung: LUCIENNE DE WITTE

#### **Samstag, 4. Juni 2022**

«Blütenpflanzen – Dikotyle»

Netzaderigen und Erfolgreichen auf der Spur (mit Blitzinventar!)

Leitung: ADRIAN MÖHL

#### **Samstag, 30. Juli 2022**

«Blütenpflanzen – Monokotyle zum Zweiten»

Schmalblättrige auf dem Hasliberg

Leitung: STEFFEN BOCH

#### **Samstag, 13. August 2022**

«Farne»

Farnjagd zwischen Sulwald und Zweilütschinen

Leitung: MICHAEL KESSLER

#### **Samstag, 20. August 2022**

«Basale Angiospermen»

Der Schatz am Gräppelensee – Besuch bei der Kleinen Teichrose

Leitung: CLAUDIA HUBER

#### **Samstag, 10. September 2022**

«Bärlappgewächse»

Jurassic Parc und *Lycopodiella inundata* auf dem Niederhorn

Leitung: NORA RIEDER

### **4. Mitgliederstand**

Die BBG-Mitgliederliste enthielt per 31. Dezember 2022 353 Mitglieder. Im Jahr 2022 gab es 22 Eintritte, 7 Austritte, 4 Verstorbene und 4 Mitglieder, welche nicht mehr erreicht werden konnten, da keine aktuellen Adressen ausfindig gemacht werden konnten. Wir hoffen, auch für das Jahr 2023 auf eine positive Entwicklung der Mitgliederzahlen.

### **5. Sitzungsberichte**

Die Sitzungsberichte 2021 sind erschienen und wurden den Mitgliedern zusammen mit dem Winterprogramm zugestellt.

### **6. Exkursionsberichte**

#### **Donnerstag, 21. April 2022**

«Grünalgen und der Schritt an Land»

Wie alles begann – Auftaktveranstaltung zum Evolutionsjahr der BBG

Leitung: KATJA REMBOLD und ADRIAN MÖHL

Passend zum Auftakt des Evolutionsjahres der BBG, wurde im Botanischen Garten der Universität Bern ein neuer Evolutionsgarten eingerichtet. Die Eröffnung des Evolutionsgartens fand erst im Frühjahr 2023 statt, damit die Pflanzen Zeit hatten sich zu etablieren. Die Installationen und ein Grossteil der Bepflanzung mit zahlreichen Vertretern verschiedener Pflanzengruppen, waren bei der Auftaktexkursion jedoch bereits abgeschlossen. Somit bot uns dieses neue Gartengebiet eine hervorragende Grundlage für einen Spaziergang durch die Evolution der Pflanzen. An einem herrlich sonnigen Aprilabend versammeln sich rund 20 Teilnehmer:innen im Innenhof des Instituts für Pflanzenwissenschaften auf dem Gelände des Botanischen Gartens.

#### **Der Beginn im Wasser**

Unsere Reise durch die Pflanzenevolution begann an der Einführungstafel vor dem Bibliotheksgebäude. Nach einem generellen Einstieg in die Evolution der Pflanzen und der Entwicklung der verschiedenen Pflanzengruppen, verliessen wir kurz den Evolutionsgarten und begaben uns zum angrenzenden Nordamerikanischen Hochmoor. Während sich der Evolutionsgarten vor allem den Landpflanzen widmet, gingen wir bei der Exkursion noch einen Zeitschritt zurück: ins Wasser, wo alles Leben begann.



**Beginn der Veranstaltung bei den Grünalgen im Nordamerikanischen Hochmoor des Botanischen Gartens Bern.**

Wir starteten also mit den Grünalgen, aus denen sich unsere heutigen Landpflanzen entwickelt haben. Die meisten der 4600 bis heute weltweit beschriebenen Grünalgenarten (Schätzungen für die Gruppe der Chlorophyta gehen aber von deutlich höheren Zahlen aus) sind im Wasser geblieben. Etwa 90 % von ihnen leben im Süßwasser, einige im Meer und der Rest an Land. Zu den Grünalgen gehören einzellige und koloniebildende begeißelte oder unbegeißelte Arten, verschiedene koloniale und fadenförmige Formen, sowie hochdifferenzierte mehrzellige Arten wie der Meersalat. Eine besondere Vertreterin der Armleuchteralgen (*Charophyceae*), welche lange als direkte Vorfahren der Landpflanzen galten, konnten wir im Wasserbecken rund um das Hochmoor live bewundern: die stark gefährdete Stachelspitzige Glanzleuchteralge (*Nitella mucronata*).

### Der Schritt an Land

Um das Land erobern zu können, waren einige Anpassungen nötig, wie eine Wachsschicht (*Cuticula*) auf der Oberfläche zum Schutz vor Wasserverlust. Die ersten Pflanzen, die den Schritt an Land gewagt haben, sind die Moose. Also begaben wir uns zurück in den Evolutionsgarten und fuhren mit den Moosen fort, um uns von dort aus durch die verschiedenen Pflanzengruppen und ihre jeweiligen Anpassungen zu arbeiten. Mit jedem Entwicklungsschritt wurden die Pflanzen etwas unabhängiger vom Wasser, was es ihnen heute ermöglicht, selbst Wüstengebiete zu besiedeln.

### Moose

Vor ca. 470 Millionen Jahren waren die Lebermoose (*Marchantiophytina*) die erste Pflanzengruppe, die das Land erobert hat, gefolgt von den Laubmoosen (*Bryophytina*) und Hornmoosen (*Anthocerotophytina*). Moose findet

man fast überall, aber es braucht seine Zeit sie zu kultivieren. Deshalb sind im Moos-Teil des Evolutionsgartens bisher vor allem die ausdrucksvollen Zeichnungen von Nina Schwarz zu bewundern. Die echten Moose müssen erst noch heranwachsen.

### Bärlapppflanzen

Die Bärlapppflanzen (*Lycopodiopsida*) sind die erste Pflanzengruppe mit echten Leitsystemen. Deshalb werden Bärlapppflanzen zusammen mit allen nachfolgenden Gruppen auch als Gefäßpflanzen (vaskuläre Pflanzen) bezeichnet. Die Leitsysteme ermöglichen es den Gefäßpflanzen Wasser und Nährstoffe von den Wurzeln bis zu den Blättern zu transportieren, wodurch sie in der Lage sind, viele Meter in die Höhe zu wachsen. Heute gibt es nur noch krautige Vertreter der Bärlapppflanzen, aber einst bildeten bis zu 30 m hohe Bärlappbäume die ersten Wälder.

### Farne

Zusammen mit den Bärlapppflanzen bedeckten einst baumförmige Farne grosse Teil der Erde. Heute bilden sie einen Hauptbestandteil unserer Steinkohlevorkommen. Schachtelhalmbäume sind inzwischen ausgestorben und ebenfalls nur noch als krautige Vertreter erhalten (Gattung *Equisetum*), während Baumfarne bis heute überlebt haben. Die Gruppe der Farne ist extrem formenreich, mit winzigen bis baumförmigen Vertretern, aquatischen, terrestrischen, epiphytischen und kletternden Arten, ungefederten (z.B. die Gemeine Natternzunge) bis mehrfach gefiederten Wedeln und Arten deren Wedel aussehen wie Kleeblätter (Kleefarn, Gattung *Marsilea*).



**Die Gemeine Natternzunge (*Ophioglossum vulgatum*) ist ein eher ursprünglicher Vertreter der Gruppe der Farne.**



Nachdem der Schritt an Land erfolgt war, wurden unter anderem die Nacktsamer (Gymnospermen) vorgestellt.

#### Nacktsamer (Gymnospermen)

Die Nacktsamer (*Gymnospermen*) bilden zusammen mit den Bedecktsamern (*Angiospermen*) die Gruppe der Samenpflanzen. Der Name kommt daher, dass die Samenanlagen «nackt» auf dem Samenblatt aufliegen. Neben den bei uns bekannteren Nadelbäumen gehören in diese Gruppe auch Pflanzen mit Laubblättern wie die tropi-

sche Gattung *Gnetum*. Zudem enthält sie einige lebende Fossilien wie den Ginkgo (*Ginkgo biloba*) oder die Wollemie (*Wollemia nobilis*), die sich seit Jahrtausenden kaum verändert haben. Die Wollemie wurde anhand von Fossilien beschrieben und galt zunächst als ausgestorben. Erst 1994 fand man noch lebendige Exemplare in den Blue Mountains in Australien.



Seerosen gehören zu den Basalen Angiospermen. Sie sind sekundär vom Land wieder ins Wasser zurückgegangen.

#### Bedecktsamer (Angiospermen)

Bei den Bedecktsamern sind die Samenanlagen durch das Fruchtblatt bedeckt. Sie sind die jüngste und heute artenreichste Pflanzengruppe. Manchmal werden sie als «Blütenpflanzen» bezeichnet, da sie häufig schöne Blüten haben. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht ganz korrekt, denn auch viele der vorhergehenden Pflanzengruppen bringen bereits Blüten hervor, nur sind diese nicht so aufwendig gestaltet, da die wind- oder wasserbestäubt sind. Die Bedecktsamer sind dagegen häufig tierbestäubt. Sie haben im Wechselspiel mit ihren Bestäubern aufwendige Schauapparate hervorgebracht, um Bestäuber anzulocken.

Die artenreichen Angiospermen lassen sich in drei Grossgruppen unterteilen, denen im Evolutionsgarten jeweils ein eigenes Gebiet gewidmet ist: Basale Angiospermen (z. B. Seerosen), Monokotyledonen und Eudikotyledonen. Keins der Gebiete des Evolutionsgartens ist gross genug, um ihre gesamte Formenvielfalt zeigen zu können. Deshalb bietet sich nach dem Rundgang durch den Evolutionsgarten ein Spaziergang durch die anderen Gartengebiete an, in denen noch viele weitere Vertreter zu finden sind.

## Auf der Exkursion angetroffene Arten

Pflanzengruppe	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie
Armlauchteralgen	<i>Nitella mucronata</i>	Stachelspitzige Glanzleuchteralge	Characeae
Bärlapppflanzen	<i>Lycopodiella inundata</i>	Sumpf-Bärlapp	Lycopodiaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella braunii</i>		Selaginellaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella densa</i>		Selaginellaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella kraussiana</i>		Selaginellaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella moellendorffii</i>		Selaginellaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella sibirica</i>		Selaginellaceae
Bärlapppflanzen	<i>Selaginella willdenowii</i>		Selaginellaceae
Farne	<i>Arachniodes standishii</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	Schwarzstieliger Streifenfarn	Aspleniaceae
Farne	<i>Asplenium adulterinum</i>	Braungrüner Streifenfarn	Aspleniaceae
Farne	<i>Asplenium sarelii</i> subsp. <i>pekinense</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Blechnum appendiculatum</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Blechnum medium</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Blechnum microphyllum</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Blechnum penna-marina</i> subsp. <i>penna-marina</i>	Seefeder Rippenfarn	Aspleniaceae
Farne	<i>Coniogramme intermedia</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Cyrtomium fortunei</i>	Fortunes Sichel-farn	Polypodiaceae
Farne	<i>Davallia perdurans</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Deparia petersenii</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Dryopteris crispifolia</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Dryopteris lepidopoda</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Dryopteris tokyoensis</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Hemionitis atropurpurea</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Hemionitis distans</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Hemionitis glabella</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Hemionitis myriophylla</i>		Pteridaceae



Farne	<i>Lepisorus tosaensis</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Ophioglossum vulgatum</i>	Gewöhnliche Natternzunge	Ophioglossaceae
Farne	<i>Phyllitis scolopendrium</i>	Hirschzungenfarn	Aspleniaceae
Farne	<i>Polypodium cambricum</i>	Säge-Tüpfelfarn	Polypodiaceae
Farne	<i>Polypodium scoleri</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Polystichum luctuosum</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Polystichum proliferum</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Pteris multifida</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Pteris wallichiana</i>		Pteridaceae
Farne	<i>Pyrrosia lingua</i>		Polypodiaceae
Farne	<i>Woodwardia orientalis</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Woodwardia unigemmata</i>		Aspleniaceae
Farne	<i>Equisetum hyemale</i>	Winter-Schachtelhalm	Equisetaceae
Farne	<i>Equisetum scirpoides</i>	Binsenförmiger Schachtelhalm	Equisetaceae
Gymnospermen	<i>Diselma archeri</i>		Cupressaceae
Gymnospermen	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	Ginkgoaceae
Gymnospermen	<i>Microcachrys tetragona</i>		Podocarpaceae
Gymnospermen	<i>Podocarpus lawrencei</i>	Tasmanische Steineibe	Podocarpaceae
Gymnospermen	<i>Wollemia nobilis</i>	Wollemie	Araucariaceae
Basale Angiospermen	<i>Aristolochia tomentosa</i>		Aristolochiaceae
Basale Angiospermen	<i>Asarum caudigerum</i>		Aristolochiaceae
Basale Angiospermen	<i>Calycanthus chinensis</i>		Calycanthaceae
Basale Angiospermen	<i>Laurus nobilis</i>	Echter Lorbeer	Lauraceae
Basale Angiospermen	<i>Magnolia grandiflora</i>	Immergrüne Magnolie	Magnoliaceae
Basale Angiospermen	<i>Magnolia stellata</i>	Stern-Magnolie	Magnoliaceae
Basale Angiospermen	<i>Nymphaea candida</i>	Kleine Seerose	Nymphaeaceae
Eudikotyle	<i>Clematis armandi</i>	Armands Waldrebe	Ranunculaceae
Eudikotyle	<i>Prunus tenella</i>	Zwerg-Mandel	Rosaceae
Eudikotyle	<i>Pyrus communis</i> 'Williams Christ'	Kultur-Birne	Rosaceae

Eudikotyle	<i>Salvia yangii</i>	Silber-Perowskie	Lamiaceae
Eudikotyle	<i>Trachelospermum jasminoides</i>	Chinesischer Sternjasmin	Apocynaceae

Bericht: KATJA REMBOLD (Botanischer Garten der Universität Bern; katja.rembold@unibe.ch) und ADRIAN MÖHL (Info Flora; adrian.moehl@infoflora.ch)

FOTOS: KATJA REMBOLD und ADRIAN MÖHL

### Samstag, 23. April 2022

«Nacktsamer»

Urtümliche Samenpflanzen im Wallis

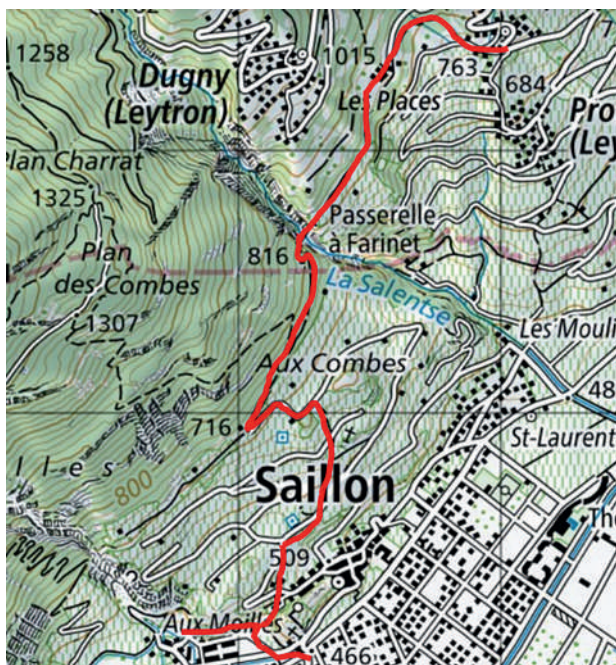
Leitung: STEFAN EGGENBERG und HANNAH INNIGER

Die hier beschriebene Exkursion reiht sich in die Thematik der Evolutions-Exkursionen 2022 ein und war den Gymnospermen (Nacktsamern) gewidmet.

Bei der Postautohalde Saillon – Les Moilles begannen die Erklärungen zur Stellung der ersten Samenpflanzen: Innerhalb der Evolution der Pflanzen hat die Entwicklung des Samens eine besondere Bedeutung. Der Generationswechsel der Pflanzen wurde vereinfacht und erstmals ein weit entwickelter Embryo, versehen mit nötigem Proviant, als Same auf die Reise geschickt. Diesem Evolutionsschritt wurde für einmal nicht in der Schulstube oder dem Praktikumssaal nachgegangen, sondern draussen in freier Natur.

Das Aufsuchen von Nacktsamern, der ursprünglichsten noch lebenden Pflanzengruppe, die mit Samen um sich streuen, erfolgte zunächst südwestlich von Saillon, einem Städtchen im unteren im Mittelwallis. Wieso gerade in Saillon? Wir wollten unbedingt das Schweizer Meerträubchen (*Ephedra helvetica*) als merkwürdigsten und seltensten der einheimischen Gymnospermen aufsuchen und über seine Gestalt, seine Biologie und seine Nutzungen (Ephedrin!) diskutieren.

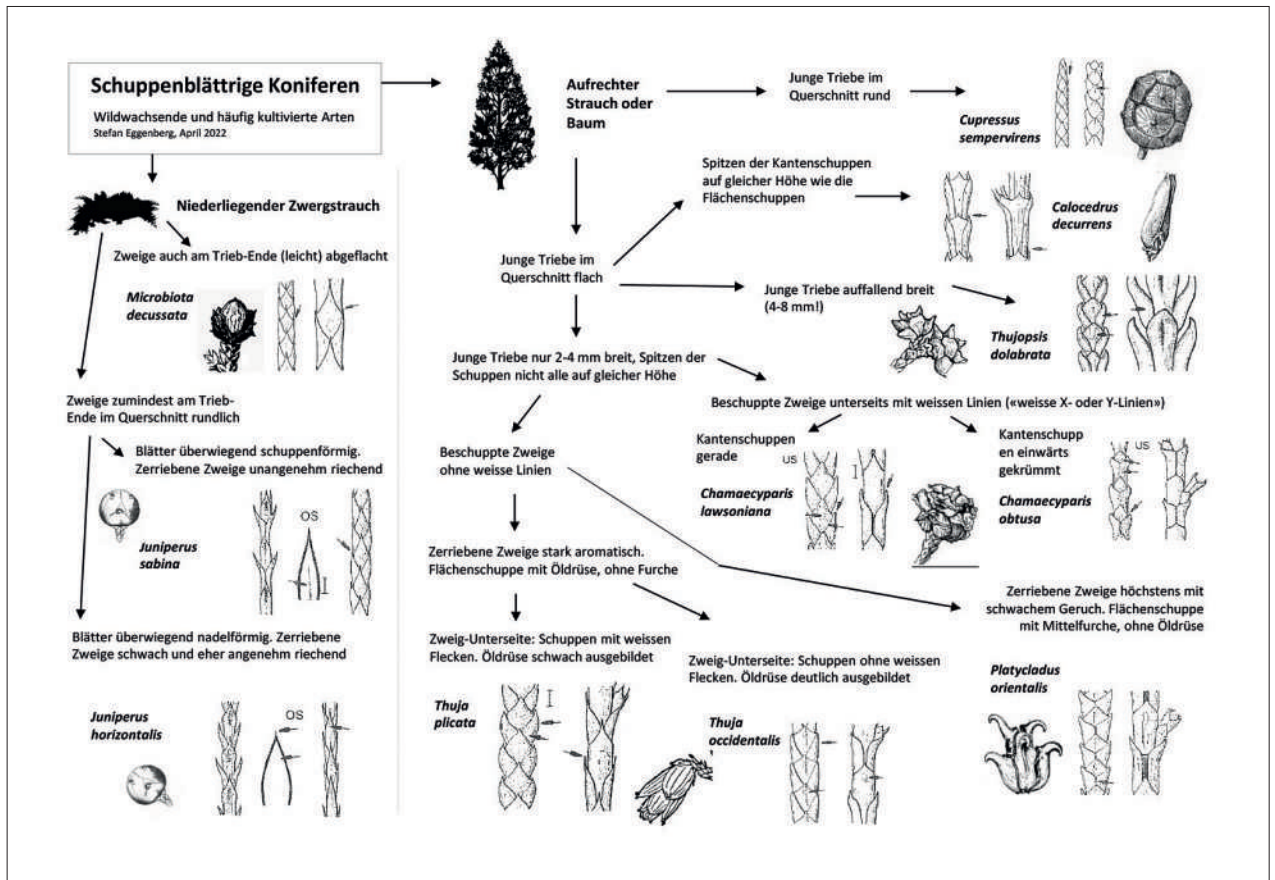
Aber natürlich wurden auch andere Gymnospermen gesucht und besprochen. Mit *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Larix decidua*, *Abies alba*, *Taxus baccata*, *Juniperus sabina* und *Juniperus communis* subsp. *communis* konnte schliesslich ein grosser Teil der in der Schweiz wild wachsenden Gymnospermen gezeigt werden. Doch damit nicht genug, diese Gehölze waren ja den meisten Teilnehmenden hinlänglich bekannt. Ein besonderes Augenmerk sollte den etwas unbekannteren, schuppenblättrigen Zypressengewächse gewidmet werden, die öfter aus Gärten verwildern und nicht immer einfach zu identifizieren sind.



Exkursionsroute von Saillon nach Montagnon.



Ausschnitt aus der grossen Population von *Ephedra helvetica* südwestlich von Saillon.



Speziell für die Exkursion vorbereitete Bestimmungshilfe zu einheimischen und verwilderten, schuppenblättrigen Gymnospermen. Auf der Exkursion wurden gezeigt: *Chamaecyparis lawsoniana* (kultiviert), *Juniperus horizontalis* (kultiviert), *J. sabina* (einheimisch), *Platycladus orientalis* (verwildert), *Thuja occidentalis* (kultiviert).



Sieht nur aus wie eine junge Gymnosperme: *Linum tenuifolium* im vegetativen Zustand.

Der Eichenwald oberhalb von Saillon ist mit verschiedenen Gymnospermen durchsetzt. *Pinus sylvestris* findet sich in der Baumschicht. Im Unterwuchs fanden wir *Abies alba*, *Juniperus communis*, *Picea abies* und *Taxus baccata*. Obwohl die Artenvielfalt zu diesem frühen Zeitpunkt im Jahr noch nicht allzu gross war, fanden wir eine Reihe von weiteren Pflanzenarten.

Der Wanderweg führte schliesslich über die Schlucht der Salentse, die über eine spektakuläre Hängebrücke überquert werden kann, welche dem berühmten Geldfälscher Farinet von Ramuz gewidmet ist (Passerelle à Farinet). Über die Route de la Passerelle gelangte man rasch nach Montagnon (Gemeinde Leytron), wo wir mit dem Postauto die Heimreise antraten.

## Weitere, auf der Exkursion angetroffene Arten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
<i>Acer opalus</i>	Schneeballblättriger Ahorn
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	Raugras
<i>Acinos arvensis</i>	Feldsteinquendel
<i>Alyssum alyssoides</i>	Kelch-Steinkraut
<i>Anchusa arvensis</i>	Krummhals
<i>Anthriscus cerefolium</i>	Garten-Kerbel
<i>Arabis turrita</i>	Turm-Gänsekresse
<i>Artemisia absinthium</i>	Echter Wermut
<i>Artemisia campestris</i>	Feld-Beifuss
<i>Artemisia vallesiaca</i>	Walliser Beifuss
<i>Artemisia vulgaris</i>	Gemeiner Beifuss
<i>Asperugo procumbens</i>	Niederliegendes Scharfkraut
<i>Asperula cynanchica</i>	Hügel-Waldmeister
<i>Berberis vulgaris</i>	Gemeine Berberitze
<i>Borago officinalis</i>	Borretsch
<i>Buglossoides arvensis</i>	Acker-Steinsame
<i>Bupleurum falcatum</i>	Sichelblättriges Hasenohr
<i>Cardaria draba</i>	Pfeilkresse
<i>Carex acutiformis</i>	Scharfkantige Segge
<i>Carex distans</i>	Langgliedrige Segge
<i>Carex flacca</i>	Schlaffe Segge
<i>Carex halleriana</i>	Hallers Segge
<i>Carex humilis</i>	Niedrige Segge
<i>Caucalis platycarpus</i>	Möhren-Haftdolde
<i>Centaurea vallesiaca</i>	Walliser Flockenblume
<i>Clypeola jonthlaspi</i>	Schildschötchen
<i>Descurainia sophia</i>	Sophienkraut

<i>Dianthus sylvestris</i>	Stein-Nelke
<i>Erodium cicutarium</i>	Langschnäbeliger Reiherschnabel
<i>Eruca sativa</i>	Ruke
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	Brunnenkressenblättrige Rampe
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressenblättrige Wolfsmilch
<i>Euphorbia seguieriana</i>	Steppen-Wolfsmilch
<i>Festuca vallesiaca</i>	Walliser Schwingel
<i>Fumana procumbens</i>	Niederliegendes Heideröschen
<i>Fumaria officinalis</i>	Echter Erdrauch
<i>Galium lucidum</i>	Glänzendes Labkraut
<i>Globularia cordifolia</i>	Herzblättrige Kugelblume
<i>Helianthemum nummularium subsp. obscurum</i>	Ovalblättriges Sonnenröschen
<i>Hippocrepis emerus</i>	Strauchwicke
<i>Holosteum umbellatum</i>	Spurre
<i>Hornungia petraea</i>	Steinkresse
<i>Hyssopus officinalis</i>	Echter Ysop
<i>Isatis tinctoria</i>	Färber-Waid
<i>Koeleria vallesiana</i>	Walliser Kammschmiele
<i>Lamium amplexicaule</i>	Stängelumfassende Taubnessel
<i>Lathraea squamaria</i>	Schuppenwurz
<i>Lathyrus heterophyllus</i>	Verschiedenblättrige Platterbse
<i>Medicago minima</i>	Zwerg-Schneckenklee
<i>Muscari comosum</i>	Schopfige Traubenhyaazinthe
<i>Nepeta racemosa</i>	Traubige Katzenminze
<i>Odontites luteus</i>	Gelber Zahntrost
<i>Ononis natrix</i>	Gelbe Hauhechel
<i>Ononis pusilla</i>	Zierliche Hauhechel

<i>Ononis rotundifolia</i>	Rundblättrige Hauhechel
<i>Onosma helvetica</i>	Schweizer Lotwurz
<i>Papaver argemone</i>	Sand-Mohn
<i>Papaver dubium</i>	Saat-Mohn
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Steinbrech-Felsnelke
<i>Polygonatum odoratum</i>	Echtes Salomonssiegel
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel
<i>Potentilla pusilla</i>	Graufaumiges Fingerkraut
<i>Primula veris</i>	Frühlings-Schlüsselblume
<i>Prunus dulcis</i>	Mandelbaum
<i>Prunus spinosa</i>	Schwarzdorn
<i>Pulsatilla montana</i>	Berg-Anemone
<i>Quercus pubescens</i>	Flaum-Eiche
<i>Reseda lutea</i>	Gelbe Reseda
<i>Rumex crispus</i>	Krauser Ampfer
<i>Saponaria ocymoides</i>	Rotes Seifenkraut
<i>Scorzonera austriaca</i>	Österreichischer Schwarzwurzel
<i>Scorzonera laciniata</i>	Schlitzblättrige Schwarzwurzel
<i>Sempervivum tectorum</i>	Dach-Hauswurz
<i>Stipa capillata</i>	Pfriemgras
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Edel-Gamander
<i>Trifolium medium</i>	Mittlerer Klee
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme
<i>Veronica polita</i>	Glänzender Ehrenpreis
<i>Vicia cracca subsp. incana</i>	Gewöhnliche Vogelwicke
<i>Viola kitaibeliana</i>	Zwerg-Stiefmütterchen
<i>Vicia sativa subsp. sativa</i>	Gewöhnliche Futterwicke
<i>Viola arvensis</i>	Acker-Stiefmütterchen
<i>Viola hirta</i>	Behaartes Veilchen
<i>Viola tricolor</i>	Gewöhnliches Feld-Stiefmütterchen

Bericht: STEFAN EGGENBERG (Info Flora; stefan.eggenberg@infoflora.ch) und HANNAH INNIGER (Universität Bern; hannah.inniger@unibe.ch)

Fotos: STEFAN EGGENBERG und HANNAH INNIGER

**Samstag, 21. Mai 2022**

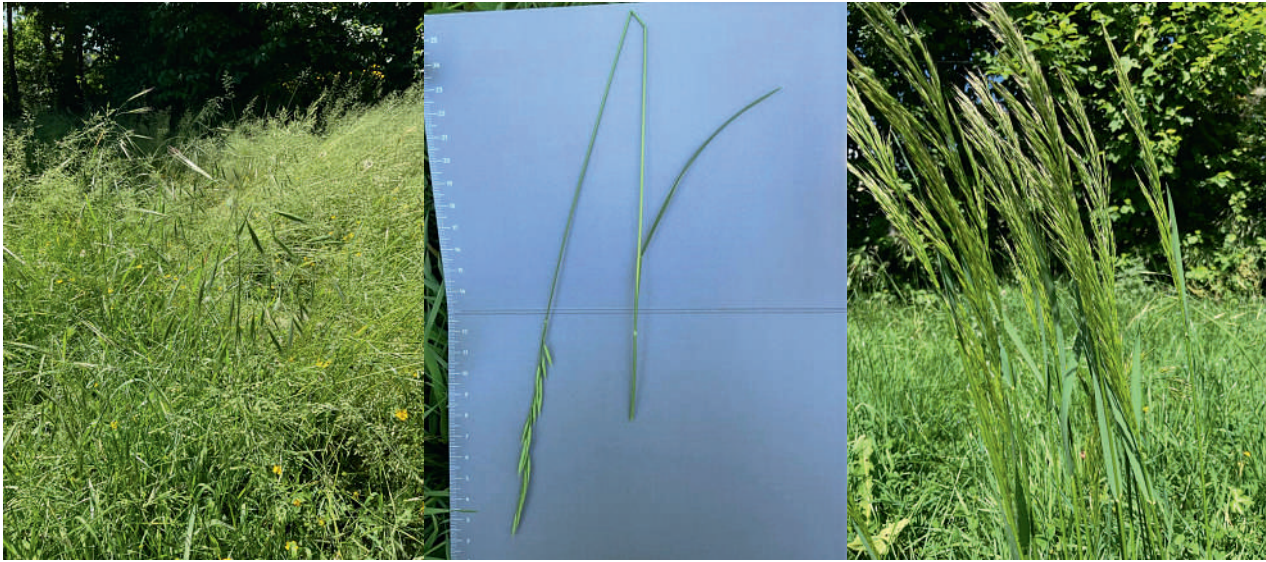
«Blütenpflanzen – Monokotyle zum Ersten»

Schmal im Fokus – Gräser & Co und das Projekt COMECO  
Leitung: LUCIENNE DE WITTE

Diese Exkursion mit 11 Teilnehmerinnen und Teilnehmern führte vom Bahnhof Solothurn zuerst an der Aare entlang nach Feldbrunnen östlich von Solothurn. An der ersten Station stellte Exkursionsleiterin Lucienne de Witte die Mobiltelefon-App «FlorApp» vor, mit welcher Pflanzenfunde einfach und unkompliziert an das Nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora (Info Flora) gemeldet werden können. Besprochen wurde auch, wie Informationen zu einem Pflanzenfund, wie Taxon, geografische Position sowie Fundort als Freitext eingegeben werden können. Zudem wurde diskutiert, wann und wie eine Pflanze bildlich dokumentiert werden sollte. An dieser Station waren mit dem Wiesen-Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), dem Gemeinen Rispengras (*Poa trivialis*) und dem Französischen Raygras (*Arrhenatherum elatius*) bereits drei häufige Vertreter der Süßgräser (Poaceae) zugegen, an denen erste Übungsfotos entstanden. Entlang des Uferwegs fanden wir noch andere Arten, die aber nicht zu den Grasartigen (Poales) gehören: Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) und



Die Exkursion am Jurasüdfuss führte zuerst der Aare entlang Richtung Feldbrunnen. Bereits nach wenigen Metern fanden wir die ersten blühenden Gräser am Ufer, die sich an der Sonne besonders schön fotografieren liessen. Links *Poa trivialis*, rechts *Arrhenatherum elatius*.



**In der schönen Wiese am Wanderweg blühten viele Gräser wie *Bromus sterilis* (links) oder waren kurz vor dem Aufblühen wie *Festuca pratensis* (Mitte) und *Trisetum flavescens* (rechts). Das Fotografieren auf der Graukarte hilft, die Details im grünen Dickicht besser erkennbar zu machen.**

die Fruchtstände des Gemeinen Aronstabs (*Arum maculatum*) sowie Vielblütiges Salomonssiegel (*Polygonatum multiflorum*).

Bei den nächsten beiden Stationen standen die Gräser im Zentrum. Jeder durfte zwei Vertreter sammeln – jeweils eine Art, die man gut kennt und eine Art, die man nicht gut kennt –, um die Arten gemeinsam genauer anzuschauen und zu besprechen. Die Anzahl Gräser, die in wenigen Minuten zusammengetragen wurde, war beachtlich. Die erste Aufgabe bestand darin, alle Exemplare einer Art zu büscheln. Bereits diese Übung war für manche Arten nicht ganz einfach, da je nach Entwicklungsstadium der Blütenstand unterschiedlich aussehen kann und verdeutlichte die grosse Vielfalt der Wuchsformen und der Gräsermerkmale. Dann wurde sortiert, um diese grosse Vielfalt besser begreifen und einteilen zu können. Dazu wurden die Gräser zuerst nach Blütenstandsformen in die Gruppen Rispengräser, Ährengräser und Ährenrispengräser eingeteilt. Dann wurden die Arten mit ihren wichtigsten Merkmalen einzeln betrachtet. So zum Beispiel die Stellung und Position der Ährchen bei den beiden Raygräsern *Lolium perenne* und *Lolium multiflorum*, oder die unterschiedliche Länge der Ährchen bei den wichtigen Gattungen *Bromus*, *Festuca* und *Poa*. Gefundene Vertreter dieser Gattungen waren Taube Trespe (*Bromus sterilis*), Gemeines Rispengras (*Poa trivialis*) und Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*). Ein weiteres häufiges Gras, das an dieser Station vorkam, war der Goldhafer (*Trisetum flavescens*). Bei dieser Art wurde die Variabilität der Blütenstandsform in-

nerhalb der Art diskutiert, denn die Art zieht nach der Blüte die Rispenäste wieder zusammen. Deshalb sahen auch die gesammelten Exemplare recht unterschiedlich aus.

Beim vierten Halt am nördlichen Ufer der Aare stand das Fotografieren der Pflanzen wieder im Fokus. Vor allem wurden die Exkursionsteilnehmer:innen darauf



**Wasser ist immer ein guter Hintergrund für Pflanzenfotos. Der Farbkontrast des Wassers zu *Holcus lanatus* (links) und *Carex paniculata* (rechts) war an der Aare besonders schön.**



**Im Schatten der Bäume ist es besonders schwierig, die feinen Details von *Bromus benekenii* (rechts und Mitte) zu fotografieren. Der helle Hintergrund eines Mergelwegs kann helfen Details besser kenntlich zu machen, wie das Blatthäutchen von *Miliium effusum* (links).**

aufmerksam gemacht, dass Wasserflächen einen hervorragenden Hintergrund für die Pflanzenfotografie bieten können. Die Exkursionsleiterin gab zudem Tipps, wie die Pflanzenmerkmale auf Fotos optimal erfasst werden können. Solche Fotos sind für die Bild-Datenbank von Info Flora sehr wertvoll, da sie für Weiterentwicklungen wie die Bilderkennung genutzt werden. Am Ufer standen schöne Exemplare des Süssgrases Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*) und des Sauergrases Rispen-Segge (*Carex paniculata*).

Bereits drückte die Hitze des Tages, deshalb wurde der weitere Spaziergang im kühlen Schatten der reizvollen Baumallee Richtung Friedhof St. Katharinen sehr geschätzt. Nach all den schwierigen Gräsern konnte eine mentale Pause eingelegt und der soziale Austausch gepflegt werden. Auf dem Friedhof wurde auf einer Grünfläche mit Trockenrasenarten die ökologische Grünflächengestaltung und -pflege der Stadt begutachtet und diskutiert. Das Ziel, bereits zur Mittagszeit beim Restaurant Pintli anzukommen, wurde durch diese zusätzliche interessante Station zwar verzögert, aber die Teilnehmenden hielten durch. Die lang ersehnte Mittagsrast, für einige auf der Terrasse des Restaurants, für andere im kühlen Schatten des Gehölzes am Ufer des Verenabachs, hatten sich alle redlich verdient. Beim gemeinsamen Kaffee und Dessert auf der Restaurantterrasse wurde intensiv über den Sinn der digitalen Datenbanken und die vielen Möglichkeiten der digitalen Werkzeuge diskutiert. Dabei wurde auch die Qualität der verschiedenen Pflanzenerkennungssapps wie PlantNet, Flora Incognita oder iNaturalist verglichen.

Anschliessend half ein gemütlicher Spaziergang durch den lichten Buchenmischwald oberhalb von St. Niklaus bei der Verdauung. Am Waldweg begegneten wir einigen typischen Waldgräsern wie Benekens Trespe (*Bromus benekenii*), Waldhirse (*Miliium effusum*), Nickendes Perlgras (*Melica nutans*) sowie den Sauergräsern Hängesegge (*Carex pendula*) und Schlawflasse Segge (*Carex flacca*). Bei den Weihern in der Biedermannsgrube, die zum Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung gehören, wurden die Lockerährige Segge (*Carex remota*) sowie die Sumpfbfinse (*Eleocharis palustris* aggr.) entdeckt.



**In der Biedermannsgrube fanden wir blühende Exemplare von *Carex remota* (links) und *Eleocharis palustris* aggr. (Mitte und rechts).**



In der kühlen Verenaschlucht fanden wir zwischen den Moosen schöne Farne wie *Cystopteris fragilis* (links) sowie *Cardamine pentaphyllos* (Mitte) und *Carex digitata* (rechts).

Nach dem anschliessenden steilen Abstieg in die schöne Verenaschlucht freuten wir uns über die angenehme Kühle am Bach sowie über die vielen schönen Moose und Farne. Zum Beispiel der zerbrechliche Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*), der hier recht häufig vorkommt, sowie ein paar grosse Exemplare des Gelappten Schildfarn (*Polystichum aculeatum*). Daneben wurden Fingerblättrige Zahnwurz (*Cardamine pentaphyllos*), Fingersegge (*Carex digitata*), Waldsauerklee (*Oxalis acetosella*), Bärlauch (*Allium ursinum*), Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*) oder auch Bitteres Schaumkraut (*Cardamine amara*) gefunden. Am Ausgang der Schlucht waren wir alle sehr zufrieden mit den tollen Eindrücken, die uns die Exkursion beschert hatte, und verabschiedeten uns voneinander.

Bericht und Fotos: LUCIENNE DE WITTE (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; lucienne.dewitte@wsl.ch)

### Samstag, 4. Juni 2022

«Blütenpflanzen – Dikotyle»

Netzaderigen und Erfolgreichen auf der Spur (mit Blitzinventar!)

Leitung: ADRIAN MÖHL

### Ein prächtiger Junitag mit Blitz (ohne Donner)

Wo anfangen? Das war die Frage des Tages, denn bei den Zweikeimblättrigen gibt es unendlich viel zu erzählen. Zum Exkursionsziel, die Vispertäler im Wallis, lässt sich ebenfalls aus botanischer Warte viel Interessantes berichten. Der Exkursionsleiter hatte also an diesem sonnigen 4. Juni 2022 wirklich keine einfache Aufgabe, denn überall leuchtete es farbig und lud zu langen botanischen Ausführungen ein.

Rund 20 Leute fanden sich an dem prächtigen Frühsommertag bei der Bergstation Gspon ein und plötzlich wirkte das kleine Örtchen stark belebt. Unweit der Bergbahn lud eine farbenfrohe Bergfettwiese (Trisetion) zu ersten Ausführungen ein und der wunderbare Weitblick bis ins Rohnetal war ideal, um die Einführung zu untermalen.

### Walliser Spezialitäten und vielfältige Zweikeimblättrige

An ein schnelles Vorwärtskommen war an diesem Tag nicht zu denken: am Wegrand lockten Rote Schuppenmiere (*Spergularia rubra*) und Frühlings-Ehrenpreis (*Veronica verna*), um die Häuser Scharfkraut buhlten (*Asperugo procumbens*) und Sofienkraut (*Descurainia sophia*) um Aufmerksamkeit und als die Gruppe bei den ersten Steppenrasen mit der seltenen Purpur-Witwenblumen (*Knautia purpurea*) ankam, wurde auch dem/der letzten BBGler:In bewusst, dass es ein sehr artenreicher Tag werden würde. Farne, Nacktsamer und Einkeimblättrige wurden zwar nach Möglichkeit nicht beachtet, aber weil die Zweikeimblättrigen so zahlreich waren, konnte dadurch nur wenig Zeit gewonnen werden.

An verschiedenen Stationen, etwa im herrlich lichten Lärchenwald unweit von Gspon, wurde die Evolution der Zweikeimblättrigen erläutert und es wurden Kniffs ausgetauscht, wie die verschiedenen Gruppen einfach zu erkennen und zu unterscheiden sind. Wer sich weniger für die botanischen Ausführungen interessierte konnte die herrliche Bergluft und die Blumenvielfalt geniessen – wie den Blasse Storchenschnabel (*Geranium rivulare*), eine typische Art der lichten Lärchenwälder in der Region oder den am Wegrand wachsenden Rundblättrigen Hauhechel (*Ononis rotundifolia*).



#### 42 Augen sehen mehr – das Blitzinventar

Von Gspon ging es über einen guten Bergweg in Richtung Visperterminen (Gruppenfoto) und relativ schnell erreichten wir «Waldegga», eine Stelle, wo das Blitzinventar für Info Flora in Angriff genommen wurde. Schnell waren die Regeln für das Inventar erklärt und eine sinnvolle Aufteilung der Arbeit in Angriff genommen. Von überall riefen Stimmen botanische Namen durch den eher artenarmen Wald und es war erstaunlich, dass die 42 Augen nach etwa einer Stunde doch 89 Arten festhalten konnten. Damit ist das Blitzinventar sicher noch nicht abgeschlossen, weil gegen Sommerende mitunter noch einige Arten dazu kommen, doch die erste Bilanz durfte sich durchaus sehen lassen.

Nach der erfolgreichen Arbeit genoss die bunte Truppe dann ein wohlverdientes Picknick. Zum Dessert leuchteten blaue Teppiche mit Frühlingsenzian, der trotz den eher untypischen Blättern ebenfalls zu den «Dicots» gehört. Glücklicherweise verlief der Weg zum grossen Teil durch den doch eher artenarmen Lärchen-

wald – sonst wäre es wohl unmöglich gewesen, die ganze Strecke zu bewältigen – denn immerhin ist der Weg von Gspon nach Visperterminen 7 Kilometer lang und es gilt dabei 700 Höhenmeter zu bewältigen. An einer lauschigen Stelle wurde dann auch noch das Bestimmen von Zweikeimblättrigen mit dichotomen Schlüsseln geübt. In der Gruppe macht dies besonders viel Freude und gab Anlass zur einen oder anderen Diskussion, wie man am besten beim Bestimmen vorgeht.

#### Abschluss mit Blumenbouquet

Als die ersten Heuwiesen und das «Offenland» um Visperterminen betreten wurden, gab es viele spannende Arten zu entdecken. So beeindruckten die Beifusswürger (*Orobanche artemisiae-campestris*) mit ihren wuchtigen Blütenständen, andere wiederum erfreuten sich an den grazilen Blüten der Esparsetten-Wicke (*Vicia onobrychoides*) oder des Kicherebsen-Tragants (*Astragalus cicer*).



Immer wieder eine Augenweide: der Blasse Storchneschnabel (*Geranium rivulare*) ist eine bemerkenswerte Art der lichten Lärchenwälder um Visperterminen.



Eine Netzaderige mit besonders auffälligen Blüten: Rundblättrige Hauhechel (*Ononis rotundifolia*).



Am Wegrand zwischen Gspion und Visperterminen gab es aus botanischer Sicht manch Spannendes zu entdecken.



Ein alter Kalkbrennofen lud zum Ausruhen nach den harten Bestimmungübungen ein.



Eine sehr seltene Angelegenheit: weisse Form der Esparsetten-Wicke (*Vicia onobrychoides*).



Den Kicherebsen-Tragant (*Astragalus cicer*) kriegt man nicht alle Tage zu sehen.

Einige waren den vielen Arten und Namen aber auch schon überdrüssig und sehnten sich nach einer Erfrischung im Dorf. Glücklicherweise kam die Gruppe pünktlich zur Postautoabfahrt in Visperterminen an.

Aus dem in Aussicht gestellten Weisswein vom höchsten Weinberg der Schweiz wurde dann leider doch nichts mehr – aber die durstigen Kehlen lechzten ohnehin mehr nach Wasser denn nach Alkoholika.

#### Auf der Exkursion angetroffene Arten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Familie
<i>Arabis nova</i>	Felsen-Gänsekresse	Brassicaceae
<i>Astragalus cicer</i>	Kicherebsen-Tragant	Fabaceae
<i>Astragalus exscapus</i>	Stängelloser Tragant	Fabaceae
<i>Astragalus penduliflorus</i>	Alpenlinse	Fabaceae
<i>Camelina microcarpa</i>	Kleinfrüchtiger Leindotter	Brassicaceae
<i>Campanula barbata</i>	Bärtige Glockenblume	Campanulaceae
<i>Campanula rhomboidalis</i>	Rautenblättrige Glockenblume	Campanulaceae
<i>Caucalis platycarpos</i>	Möhren-Haftdolde	Apiaceae

<i>Centaurea valesiaca</i>	Walliser Flockenblume	Asteraceae
<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	Guter Heinrich	Amaranthaceae
<i>Corallorhiza trifida</i>	Korallenwurz	Orchidaceae
<i>Cynoglossum officinale</i>	Echte Hundszunge	Boraginaceae
<i>Descurainia sophia</i>	Sophienkraut	Brassicaceae
<i>Erysimum rhaeticum</i>	Schweizer Schöterich	Brassicaceae
<i>Geranium rivulare</i>	Blassblütiger Storchschnabel	Geraniaceae
<i>Hepatica nobilis</i>	Leberblümchen	Ranunculaceae
<i>Hypochaeris maculata</i>	Geflecktes Ferkelkraut	Asteraceae
<i>Knautia purpurea</i>	Purpur-Witwenblume	Caprifoliaceae
<i>Lappula deflexa</i>	Zurückgebogener Igelsame	Boraginaceae
<i>Laserpitium halleri</i>	Hallers Laserkraut	Apiaceae
<i>Ononis natrix</i>	Gelbe Hauhechel	Fabaceae
<i>Ononis rotundifolia</i>	Rundblättrige Hauhechel	Fabaceae
<i>Orobanche artemisiae-campestris</i>	Beifuss-Würger	Orobanchaceae
<i>Oxytropis halleri subsp. velutina</i>	Samtiger Haller-Spitzkiel	Fabaceae
<i>Pimpinella nigra</i>	Schwarze Kleine Bibernelle	Apiaceae
<i>Potentilla rupestris</i>	Felsen-Fingerkraut	Rosaceae
<i>Saxifraga cuneifolia</i>	Keilblättriger Steinbrech	Saxifragaceae
<i>Silene otites</i>	Öhrchen-Leimkraut	Caryophyllaceae
<i>Spergularia rubra</i>	Rote Schuppenmiere	Caryophyllaceae
<i>Veronica triphyllos</i>	Dreiteiliger Ehrenpreis	Plantaginaceae
<i>Veronica verna</i>	Frühlings-Ehrenpreis	Plantaginaceae
<i>Vicia onobrychioides</i>	Esparssetten-Wicke	Fabaceae

Bericht und Fotos: ADRIAN MÖHL  
(Info Flora; adrian.moehl@infoflora.ch)

### Samstag, 30. Juli 2022

«Blütenpflanzen – Monokotyle zum Zweiten»

Schmalblättrige auf dem Hasliberg

Leitung: STEFFEN BOCH

Die Vorexkursion am Tag vor der eigentlichen Exkursion stand unter keinem guten Stern und liess die schlimmsten Wetterverhältnisse vermuten. Bei Starkre-

gen und Gewitter inmitten der Wolke musste die geplante Exkursionsroute wegen der grossflächigen Gülle-Applikation auf allen Wiesen und Weiden um die Station Mägisalp, dem Startpunkt der Exkursion, etwas modifiziert werden. Die ungefähre Exkursionsroute von der Mägisalp über Käserstatt zur Station Lischen mit potenziellen Stationen an Gräser-Hotspots konnte zwar festgelegt werden, an Pflanzenbestimmung und gemütliches Botanisieren war aber bei Blitz und Donner nicht zu denken.



**Keine Spur von Fernsicht auf der Vorexkursion. Einzige Weggefährten inmitten der Wolke auf dem Hasliberg war dieser Steinadler sowie ein paar aufgeschreckte Murmeltiere.**

Am Exkursionsmorgen waren die Wolken zwar noch nicht ganz verschwunden und die Wohlfühltemperatur blieb noch deutlich unterschritten, es hatte aber zumindest aufgehört zu regnen. Trotz der suboptimalen Wetterbedingungen, dem weiten Weg von Bern und dem für manche abschreckenden Thema «Gräser» kamen 18 Exkursionsteilnehmer:innen um kurz nach 9 Uhr zur Gondelbahn Hasliberg Reuti.

Der erste Teil des Weges führte uns durch die frischen Bschüttiwiesen. Ein kurzer Stopp am Wegrand ermöglichte uns eine kleine Einführung zum Thema Gräser, ihrer weltweiten Bedeutung als Nahrungslieferanten für uns Menschen sowie für Ökosystemfunktionen und weshalb man sich mit ihnen beschäftigen sollte. Anhand von Beispielen schauten wir uns den morphologischen Aufbau der Grasartigen mit Fokus auf die Unterscheidung von Süssgräsern (Poaceae) und Sauergräsern (Cyperaceae) anhand von vegetativen und Blütenmerkmalen an. Als Beispiele für die unterschiedlichen Hauptgruppen der Süssgräser (Ähren-, Rispen- und Ährenrispengräser) dienten die auch in dieser Höhe vorkommenden, weil wohl teils eingesäten, Allerweltsarten der Fettwiesen: Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*), Gewöhnliches Wiesen-Lieschgras (*Phleum pratense*), Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*), Englisches Raygras (*Lolium perenne*), Wiesen-Knäuelgras (*Dactylis glomerata*). Ebenfalls fanden wir den in der Schweiz wegen seines hohen Futterwertes für Milchkühe wohl am grossflächigsten eingesäten Neophyten, das Italienische Raygras (*Lolium multiflorum*). Steter Begleiter war das Alpen-Rispengras (*Poa alpina*), das entweder vivipar

oder normal blühend entlang des Weges wuchs. Modell für die Sauergräser stand die Hasenpfoten-Segge (*Carex leporina*). Auch die Binsengewächse (*Juncaceae*) konnten kurz anhand der in einer feuchten Senke wachsenden Glieder-Binse (*Juncus articulatus*) vorgestellt werden.

Von einem etwas höher gelegenen Punkt, wo selbst Felsen und steile Borde mit Trockenrasencharakter, an denen die Schlawe Segge (*Carex flacca*) und das Mittlere Zittergras (*Briza media*) wuchs, komplett mit frischer Gülle bedeckt waren, konnten wir die Wiesen und Weiden der Mägisalp überblicken. Wir nutzten den Stopp, um über Sinn und Unsinn der grossflächigen Intensivierung der Landwirtschaft sowie die ökologischen Auswirkungen wie Biodiversitätsverlust zu diskutieren. Die Intensivierung ist selbst in Bergregionen allgegenwärtig und neben der Aufgabe der traditionellen Nutzung einer der Hauptgründe für den Biodiversitätsverlust in der Schweiz.

Unser nächster Stopp war eine trockene Felswand bei der wir die Gattung der Schwingel (*Festuca*) etwas näher



**Ein blaugrüner Horst des Glatten Schwingels (*Festuca laevigata*; grosses Foto). Bei 100-facher Vergrösserung des im Durchmesser ca. 1,1 mm langen Blattquerschnitts (kleines Foto) erkennt man Leitbündel (helle Punkte im Blatt) sowie den ungleichmässig dicken Sklerenchymring (farblose Zellen) an der Aussenseite des Blatts.**



**Blattquerschnitt des Niedrigen Schwingels (*Festuca quadriflora*). Bei 100-facher Vergrößerung des im Durchmesser ca. 0,5 mm breiten Blattquerschnitts erkennt man Leitbündel (dunkle Punkte im Blatt) sowie die Sklerenchymbündel (farblose Zellen) in den Ecken an der Aussenseite des Blatts. Beim Niedrigen Schwingel ist die Anordnung der Sklerenchymzellen sehr variabel, von vereinzelt stehenden Bündeln bis hin zu einem (fast) zusammenhängenden Ring an der Aussenseite des Blatts.**

betrachteten und Herausforderungen bei der Bestimmung ansprachen. Wir fanden dort neben dem Glatten Schwingel (*Festuca laevigata*), eine wegen ihrer Variabilität nicht immer einfach zu bestimmende Art, sehr grosse und wahrscheinlich bereits sehr alte Horste des Niedrigen Schwingels (*Festuca quadriflora*). Der Niedrige Schwingel ist wegen seines langen Blatthäutchens und des charakteristischen Blattquerschnitts eine eher einfach zu bestimmende Art innerhalb der Gruppe der horstförmigen Schwingel.

Der Aufstieg führte uns durch Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen, wo wir noch häufige Arten wie das Borstgras (*Nardus stricta*), die auf der Blattunterseite behaarte Bleiche Segge (*Carex pallescens*) betrachteten und die seifigen Blätter der Draht-Schmiele (*Avenella flexuosa*) fühlten, bevor wir an einem Bächlein einen Seggenstopp einlegten. Dort wuchs die immer in diesen Höhenlagen an feuchten Gräben oder Bachrändern zu findende Eis-Segge (*Carex frigida*) sowie die feuchte Hänge bevorzugende Rost-Segge (*Carex ferruginea*).

Danach widmeten wir uns wieder den Simsen und Binsen: in einem schön ausgeprägten Borstgrasrasen wuchsen nämlich die Gewöhnliche Sudeten-Hainsimse (*Luzula sudetica*) mit kurz gestielten, schwärzlichen Blütenköpfen und die Vielblütige Hainsimse (*Luzula multiflora*) mit lang gestielten, braunen Blütenköpfchen direkt nebeneinander. Ein Stück weiter konnten wir an einer feuchten Stelle nebeneinander die Flatter-Binse (*Juncus effusus*), die Glieder-Binse (*Juncus articulatus*) sowie die Alpen-Binse (*Juncus alpinoarticulatus*) entdecken.



**Gruppenfoto der Exkursionsteilnehmer:innen beim Start des Muggestutz Zwergenweges in Käserstatt.**

Über die beiden letzteren Arten mit quergekammertem Mark im Inneren ihrer Blätter, freuten wir uns ganz besonders, da man gut die Merkmale der beiden Arten vergleichen konnte.

Auf dem höchsten Punkt legten wir eine Mittagsrast ein. Neben unseren Rucksäcken fanden wir das Felsen-Straussgras (*Agrostis rupestris*), Alpen-Ruchgras (*Anthoxanthum alpinum*) sowie die Immergrüne Segge (*Carex sempervirens*).

Während des Abstiegs in Richtung Käserstatt hielten wir kurz an einem kleinen (überweideten) Wasserloch mit Moorcharakter, wo wir das Sortiment der nasse Verhältnisse liebenden Arten vervollständigen konnten: Faden-Binse (*Juncus filiformis*), Faltiges Süssgras (*Glyceria notata*), Braune Segge (*Carex nigra*), Schnabel-Segge (*Carex rostrata*), Graue Segge (*Carex canescens*), Igelfrüchtige Segge (*Carex echinata*) und Gewöhnliche Gelbe Segge (*Carex flava*).

Bei der Station Käserstatt angelangt, war die Exkursion offiziell als beendet geplant. Die meisten liessen sich jedoch durch das in Aussicht gestellte Moor überreden nicht die Gondel zu nehmen, sondern zu Fuss weiter bergab den Muggestutz Zwergenweg in Richtung Lischen oder Wasserwendi zu gehen. Während des Abstiegs wanderten wir und schauten nur noch wenige Arten an, wie die namensgebende Art der dort ausgedehnt vorkommenden Pfeifengraswiesen (Molinion), das Blaue Pfeifengras (*Molinia caerulea*), die am Waldrand wachsende Gewöhnliche Wald-Hainsimse (*Luzula sylvatica*) und Hunds-Quecke (*Elymus caninus*) oder die in feuchten Trittstellen kriechende Zusammengedrückte Quellbinse (*Blysmus compressus*). Zufrieden, dass das Wetter mitgespielt hatte und mit den auf der Exkursion gewonnenen Eindrücken mit einer Vielfalt von gesehenen Arten, beendeten wir die Exkursion an der Busstation Wasserwendi.

**Auf der Exkursion angetroffene Arten**

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Agrostis alpina</i>	Alpen-Straussgras
<i>Agrostis rupestris</i>	Felsen-Straussgras
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanz
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Alpen-Ruchgras
<i>Astrantia minor</i>	Kleine Sterndolde
<i>Avenella flexuosa</i>	Draht-Schmiele
<i>Blysmus compressus</i>	Zusammengedrückte Quellbinse

<i>Briza media</i>	Mittleres Zittergras
<i>Bupleurum ranunculoides</i> <i>subsp. ranunculoides</i>	Gewöhnliches Hahnenfuss-Hasenohr
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	Wald-Reitgras
<i>Calamagrostis varia</i>	Berg-Reitgras
<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras
<i>Callitriche palustris</i>	Sumpf-Wasserstern
<i>Carex canescens</i>	Graue Segge
<i>Carex echinata</i>	Igelfrüchtige Segge
<i>Carex ferruginea</i>	Rost-Segge
<i>Carex flacca</i>	Schlaffe Segge
<i>Carex flava</i>	Gewöhnliche Gelbe Segge
<i>Carex frigida</i>	Eis-Segge
<i>Carex leporina</i>	Hasenpfoten-Segge
<i>Carex nigra</i>	Braune Segge
<i>Carex pallescens</i>	Bleiche Segge
<i>Carex rostrata</i>	Schnabel-Segge
<i>Carex sempervirens</i>	Immergrüne Segge
<i>Cetraria islandica</i>	Isländisches Moos
<i>Cuscuta epithymum</i>	Quendel-Seide
<i>Cystopteris fragilis</i>	Zerbrechlicher Blasenfarn
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras
<i>Draba aizoides</i>	Immergrünes Felsenblümchen
<i>Elymus caninus</i>	Hunds-Quecke
<i>Euphrasia alpina</i>	Alpen-Augentrost
<i>Festuca laevigata</i>	Glatter Schwingel
<i>Festuca pratensis</i>	Wiesen-Schwingel
<i>Festuca quadriflora</i>	Niedriger Schwingel
<i>Festuca violacea</i> aggr.	Violetter Schwingel
<i>Galium anisophyllum</i>	Alpen-Labkraut
<i>Gentiana campestris</i>	Feld-Enzian

<i>Glyceria notata</i>	Faltiges Süsgrass
<i>Juncus alpinoarticulatus</i>	Alpen-Binse
<i>Juncus articulatus</i>	Glieder-Binse
<i>Juncus effusus</i>	Flatter-Binse
<i>Juncus filiformis</i>	Faden-Binse
<i>Kernera saxatilis</i>	Felsen Kugelschötchen
<i>Leucanthemum adustum</i>	Berg-Wiesen-Magerite
<i>Lolium multiflorum</i>	Italienisches Raygras
<i>Lolium perenne</i>	Englisches Raygras
<i>Luzula multiflora</i>	Vielblütige Hainsimse
<i>Luzula sudetica</i>	Gewöhnliche Sudeten-Hainsimse
<i>Luzula sylvatica</i>	Gewöhnliche Wald-Hainsimse
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Fieberklee
<i>Molinia caerulea</i>	Blaues Pfeifengras
<i>Nardus stricta</i>	Borstgras
<i>Phleum pratense</i>	Gewöhnliches Wiesen- Lieschgras
<i>Phleum rhaeticum</i>	Rätisches Alpen-Lieschgras
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Halbkugelige Rapunzel
<i>Poa alpina</i>	Alpen-Rispengras
<i>Potamogeton alpinus</i>	Alpen-Laichkraut
<i>Scirpus sylvaticus</i>	Waldbinse
<i>Sedum dasyphyllum</i>	Dickblättriger Mauerpfeffer
<i>Senecio ovatus</i> <i>subsp. ovatus</i>	Gewöhnliches Fuchs- Greiskraut
<i>Senecio ovatus</i> <i>subsp. alpestris</i>	Alpen-Fuchs-Greiskraut
<i>Thamnolia vermicularis</i>	Wurmflechte
<i>Viola lutea</i>	Gelbes Alpen-Stiefmütterchen

Bericht: STEFFEN BOCH (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; stefen.boch@wsl.ch) und CORINNE HUCK (Info Flora; corinne.huck@infoflora.ch)  
Fotos: STEFFEN BOCH und CORINNE HUCK

### Samstag, 13. August 2022

«Farne»

Farnjagd zwischen Sulwald und Zweilütschinen

Leitung: MICHAEL KESSLER

Im Rahmen des Themas «Evolution» der diesjährigen Exkursionsreihe fokussierte sich diese Exkursion auf die Farne und Lycophyten. Entlang des Höhengradienten von 650 m bis 1600 m konnten wir nicht weniger als 25 Farntaxa finden und detailliert ihre Bestimmung besprechen. Darüber hinaus gab es ausreichend Zeit, um über Prozesse der Artbildung bei Farnen (Hybridisierung, Polyploidisierung, Apomixis), der Evolution der Farnfamilien, und die Ökologie der Farne zu reden.

Die Exkursion begann an der Seilbahnstation Suhlwald, von wo aus wir zunächst ein wenig bergauf in die feuchten Nadelwälder des Guferwaldes stiegen. Hier fanden wir eine reichhaltige Farnflora, inklusive mehrerer *Asplenium*- und *Dryopteris*-Arten. Besonders schön war es, Eichenfarn (*Gymnocarpium dryopteris*) und Ruprechtsfarn (*Gymnocarpium robertianum*) direkt nebeneinander vergleichen zu können. Ein paar Exemplare des Tannenbärlapps (*Huperzia selago*) auf einem Felsblock waren die einzigen Vertreter der Bärlappe auf dieser Exkursion, da diese Familie normalerweise saure Böden bevorzugen. Beim Picknickstopp fanden wir neben dem Zerbrechlichen Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*) auch noch drüsige Exemplare dieser Art, deren taxonomischer Status unklar ist, die aber unter dem Namen *Cystopteris fragilis* var. *huteri* geführt werden können.

Nach einem zügigen Abstieg über das weitgehend waldfreie Gebiet um Isenfluh herum, fanden wir in den Buchenwäldern auf den steilen Hängen unterhalb des Ortes eine vollkommen andere Farnflora. Reichlich Hirschzunge (*Asplenium scolopendrium*) in den Felswänden war besonders auffällig. Wir fanden drei Vertreter der Artengruppe der Schuppigen Wurmfarne und konnten ihre Merkmale studieren: Borrers Wurmfarn (*Dryopteris affinis* subsp. *borreri*), Wallisischer Wurmfarn (*D. affinis* subsp. *cambrensis*) und Eleganter Wurmfarn (*D. affinis* subsp. *pseudodisjuncta*). Auch konnten wir den Breiten Wurmfarn (*D. dilatata*) und den Eleganten Wurmfarn (*D. expansa*) direkt nebeneinander sehen und vergleichen.

Zudem gab es mit dem Dornigen Wurmfarn (*D. carthusiana*) noch einen weiteren Vertreter dieser komplizierten Gattung. Der Höhenpunkt der Exkursion war jedoch ein einzelnes Exemplar des Borstigen Schildfarns



(*Polystichum setiferum*), einer Art die seit hundert Jahren nicht mehr in dem Gebiet gefunden worden war und deren nächste Standorte bei Luzern und Fribourg zu finden sind. Nach sieben Stunden Farnstudium endete die Exkursion an der Bahnstation Zweilütschinen.



**Bläuliche Exemplare des Zerbrechlichen Blasenfarns (*Cystopteris huteri*) entpuppen sich unter der Lupe als drüsige Vertreter der Varietät *huteri*.**



**Breiter Wurm farn (*D. dilatata*, rechts, dunkelgrün) und Eleganter Wurm farn (*D. expansa*, links, hellgrün) direkt nebeneinander.**

**Auf der Exkursion angetroffene Arten**

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	Mauerraute
<i>Asplenium scolopendrium</i>	Hirschzunge
<i>Asplenium trichomanes subsp. quadrivalens</i>	Tetraploider Braunstiel-Streifenfarn
<i>Asplenium viride</i>	Grünstieliger Streifenfarn
<i>Athyrium filix-femina</i>	Wald-Frauenfarn
<i>Cystopteris fragilis</i>	Zerbrechlicher Blasenfarn
<i>Cystopteris fragilis var. huteri</i>	«Drüsiger» Zerbrechlicher Blasenfarn
<i>Dryopteris affinis subsp. borrieri</i>	Borrers Wurm farn
<i>Dryopteris affinis subsp. cambrensis</i>	Wallisischer Wurm farn
<i>Dryopteris affinis subsp. pseudodisjuncta</i>	Eleganter Wurm farn
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Dorniger Wurm farn
<i>Dryopteris dilatata</i>	Breiter Wurm farn
<i>Dryopteris expansa</i>	Alpen-Wurm farn
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Echter Wurm farn
<i>Equisetum arvense</i>	Acker-Schachtelhalm
<i>Equisetum telmateia</i>	Riesen-Schachtelhalm
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Eichenfarn
<i>Gymnocarpium robertianum</i>	Ruprechtsfarn
<i>Huperzia selago</i>	Tannenbärlapp
<i>Phegopteris connectilis</i>	Buchenfarn
<i>Polypodium vulgare</i>	Gemeiner Tüpfelfarn
<i>Polystichum aculeatum</i>	Gelappter Schildfarn
<i>Polystichum lonchitis</i>	Lanzenfarn
<i>Polystichum setiferum</i>	Borstiger Schildfarn
<i>Pteridium aquilinum</i>	Adlerfarn

Bericht und Fotos: MICHAEL KESSLER (Universität Zürich; michael.kessler@systbot.uzh.ch)

**Samstag, 20. August 2022**

«Basale Angiospermen»

Der Schatz am Gräppelensee – Besuch bei der Kleinen Teichrose

Leitung: CLAUDIA HUBER

Die Exkursion vom 20. August führte ins Toggenburg zu einem kleinen Naturparadies: dem Gräppelensee. Bereits die Fahrt nach Alt St. Johann wartete mit einer Überraschung auf, als das Postauto ungeplant auf die Seite fahren und einen entgegenkommenden traditionellen Alpabzug mit Rindern, Ziegen und Menschen in farbigen Trachten abwarten musste. In Alt St. Johann machte sich dann die kleine Exkursionsgruppe an den Aufstieg zum Gräppelensee, welcher nur zu Fuss erreichbar ist. Das Wetter war eher etwas bedeckt, dafür nach einer langen Hitzeperiode angenehm kühl. Der Weg führte auf der Bergstrasse am alten Kloster vorbei hangaufwärts und wir fingen auch bald schon an zu botanisieren. Die Landschaft ist geprägt von nährstoffreichen Wiesen, Heckenzügen, Einzelbäumen und einigen Trockensteinmauern, auf deren Mauerkronen Milder und Weisses Mauerpfeffer (*Sedum sexangulare* und *S. album*), Feld-Thymian (*Thymus serpyllum* aggr.) und Gemeines Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*) wuchsen. Am Fuss des Mittelbergs führt ein schmaler Wanderweg steil aufwärts durch einen schluchtartigen Buchenwald. Zwischen den Steinblöcken gedieh der Rundblättrige Steinbrech (*Saxifraga rotundifolia*), vereinzelt war auch die Alpen-Heckenkirsche (*Lonicera alpigena*) anzutreffen. Weiter oben, wo sich der Wald zu lichten begann, wuchsen Hochstauden-Bestände mit verblühtem Alpen-Greiskraut (*Senecio alpinus*).



In den Flachmooren beim Gräppelensee ist der Schwalbenwurz-Enzian (*Gentiana asclepiadea*) häufig anzutreffen.



So präsentierte sich der Gräppelensee auf der Vorexkursion eine Woche vor der Exkursion. Gut erkennbar sind im Vordergrund der Schlamm-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) und der Schwimmblatt-Gürtel mit Kleiner Teichrose (*Nuphar pumilar*).



Blühende Kleine Teichrose (Kämmoosweiher, Kanton ZH).



Begegnung mit einem Blutegel.

Auf der angrenzenden Bergweide blühten noch Wiesen-Augentrost (*Euphrasia rostkowiana*) und Geflecktes Johanniskraut (*Hypericum maculatum*). Oben auf der Bergkuppe leuchteten uns von weitem in irisierendem Blau Blütenstände des Schwalbenwurz-Enzians (*Gentiana asclepiadea*) entgegen.

Nach einigen Metern Abstieg lag dann auf 1307 Metern ü.M. endlich der Gräppelensee vor uns, eingebettet in einer langgezogenen Mulde inmitten einer geschützten Moorlandschaft. Nach einer kurzen Picknickpause folgten wir dem schmalen Uferweg bis zu einem Holzsteg. Leider zeigten sich die umgebenden Berggipfel des Säntisgebiets wolkenverhangen und zum Baden lud der Bergsee auch nicht gerade ein. Vom Steg aus entdeckten wir im ufernahen Wasser den Schatz vom Gräppelensee: das Langblättrige Laichkraut (*Potamogeton praelongus*) und die Kleine Teichrose (*Nuphar pumila*), zwei national hoch prioritäre Pflanzenarten. Letztere kommt in der Schweiz nur noch in vier natürlichen Populationen vor und gilt als stark gefährdet. Leider war die Kleine Teichrose bereits verblüht, nur gerade zwei Blüten und vereinzelte Früchte waren auf dem Rundgang entlang des Seeufers zu entdecken. Anhand des vorhandenen Schwimmblattgürtels war aber gut festzustellen, in welchen Uferstreifen des Gräppelensees sie vorkommt. In Ufernähe ragten zudem rasige Bestände des Schlamm-Schachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) aus dem Wasser, während der Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*) die angrenzenden Sumpfwiesen bevorzugte.

Entlang des Seeuferwegs waren verschiedene weitere typische, leider meist verblühte Moorarten zu entdecken, wie der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*), das Blutauge (*Potentilla palustris*), Abbisskraut (*Succisa pratensis*) und Moorenzian (*Swertia perennis*). Nachdem wir den See umrundet und Bekanntschaft mit einem Blutegel geschlossen hatten, machten wir uns auf den Rückweg.

Der Abstieg führte von der Alp Risi durch einen mit Kalkfelsen durchzogenen Wald im Zickzack zurück nach Alt St. Johann. Unterwegs gediehen auf den Felsen subalpine Arten wie Leberbalsam (*Erinus alpinus*) und Aurikel (*Primula auricula*). Im Wald fielen die verbreitet vorkommende Waldgerste (*Hordelymus europaeus*), die Klebrige Salbei (*Salvia glutinosa*) und besonders der Ris-pige Scheck-Eisenhut (*Aconitum variegatum subsp. paniculatum*) ins Auge. Nach dem Abstieg reichte die Zeit in Alt St. Johann aus, um im Restaurant Rössli noch gemeinsam ein erfrischendes Getränk zu geniessen, bevor sich dann alle auf den Rückweg begaben.

Bericht und Fotos: CLAUDIA HUBER (Botanischer Garten der Universität Bern; claudia.huber@unibe.ch)

## Samstag, 10. September 2022

### «Bärlappgewächse»

Jurassic Parc und *Lycopodiella inundata* auf dem Niederhorn

Leitung: NORA RIEDER

Trotz schlechter Wetterprognose wagten sich Mitte September einige unerschrockene Botaniker:innen auf eine abenteuerliche Jurassic-Parc-Exkursion auf dem Niederhorn. Da die Exkursion Anfang Herbst stattfand, war das Fokussieren auf die Bärlappgewächse einfach. Denn für diese urchige Pflanzenfamilie ist dies genau der richtige Zeitpunkt. Die meisten angetroffenen Bärlappe waren zum Zeitpunkt der Exkursion grün, «gross» gewachsen und bildeten bereits Sporen oder waren kurz davor. Die meisten übrigen Pflanzen waren hingegen bereits verblüht. Die wenigen verbliebenen Blütenpflanzen wurden jedoch nicht komplett missachtet.

Das erste Highlight nach der Luftseilbahnfahrt waren jedoch die zahlreichen Steinböcke, welche sich unmittelbar neben der Bergstation aufhielten. Auch das Niederliegende Mastkraut (*Sagina procumbens*), welches sogar noch auf knapp 2000 m.ü.M. zwischen den Ritzen des Fussweges wuchs, war einen kurzen Stop wert. Anschliessend gingen wir entlang der Krette des Niederhorns auf die Suche nach botanischen «Dinosauriern». Denn die Bärlappgewächse (*Lycopodiopsida*) haben sogar die Dinosaurier überlebt: Erste Funde der Familie sind 420 Millionen Jahre alt und noch heute gibt es weltweit 400 Vertreter der Familie. Nach einem kurzen Überblick zum Generationenwechsel der Bärlappgewächse nahmen wir die Vermehrungsstrategien und die Besonderheiten der einzelnen Arten unter die Lupe. Ebenfalls testeten wir die bereits seit langer Zeit bekannte leichte Entflammbarkeit der Bärlappsporen. Die Sporen wurden früher «Blitzpulver» genannt und kamen bei jungsteinzeitlichem Schamanismus zur Anwendung, als Lichteffect bei Film und Fotografie, beim Feuerspucken oder wurden in rauen Mengen bei Konzerten der Band Ramstein entzündet.

Nebst häufigen Vertretern konnten wir auch zwei seltenere Arten der Bärlappgewächse bestaunen. Zum einen den Keulenbärlapp (*Lycopodium clavatum*). Dieser machte seinem Namen alle Ehre und die zwei bis dreikeuligen Sporangien ragten zahlreich zwischen den Steinen hoch. Schaut man sich die Blätter etwas genauer unter der Lupe an, kann man erkennen, dass jedes Blatt in einem weissen, feinen Haar endet.

Zum anderen konnten wir den schweizweit seltenen und gefährdeten Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*) unmittelbar neben dem Wanderweg betrachten. Diese Art hat einen sehr bezeichnenden wissenschaftlichen Namen. «*Lycopodiella*» bedeutet Bärlappchen und «*inundata*»



Der Wald-Bärlapp (*Lycopodium annotinum*) auf der Krete des Niederhorns.



Der Keulenbärlapp (*Lycopodium clavatum*) hat zwei bis drei Sporangienähren pro Stiel.



Start der Exkursion auf dem Niederhorn.



An der Spitze jedes Blattes des Keulenbärlapps (*Lycopodium clavatum*) findet sich ein feines, krauses, weisses Haar.



Die leicht entzündbaren Sporen der Bärlappgewächse.



Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*).



Um den sehr kleinen Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*) zu entdecken, muss man ganz genau hinschauen.



Der Sumpfgrashüpfer (*Pseudochorthippus montanus*) kann in feuchten, offenen Lebensräumen angetroffen werden und gilt schweizweit als «verletzlich».

überschwemmt. Der Name passt sehr gut zu der kriechend-wachsenden Pflanze, welche im Winter oft überschwemmt wird. Am Niederhorn wächst der Bärlapp in einem inventarisierten Flachmoor, welches beweidet wird. Auffällig ist, dass die Art hier häufig in den Trittsiegeln der Kühe wächst. Zum Schutz dieser in der Schweiz immer seltener werdenden Art erarbeitet der Kanton Bern aktuell einen Aktionsplan, um die noch grossen Bestände (v.a. in der Gemeinde Habkern) des Moorbärlapps zu erhalten.

Da es trotz wolkenverhangenem Himmel wider Erwarten trocken blieb, kamen wir gegen Ende der Exkursion noch in den Genuss eines faunistischen Exkurses von Nico Heer zu einigen Heuschreckenarten. Auf demselben Flachmoor, in welchem der Moorbärlapp wächst, fanden wir nämlich den Sumpfgrashüpfer (*Pseudochorthippus montanus*), eine in der Schweiz seltene und gefährdete Heuschreckenart feuchter Lebensräume. Ein ungewöhnlicher, jedoch faszinierender, Abschluss für eine Botanikexkursion!

### Auf der Exkursion angetroffene Arten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Blechnum spicant</i>	Rippenfarn
<i>Bromus benekenii</i>	Benekens Trespe
<i>Callitriche</i> sp.	Wassersterne
<i>Calluna vulgaris</i>	Besenheide
<i>Carex firma</i>	Polster-Segge
<i>Carex pallescens</i>	Bleiche Segge
<i>Danthonia decumbens</i>	Dreizahn
<i>Erica carnea</i>	Schneeheide
<i>Huperzia selago</i>	Tannenbärlapp
<i>Ligusticum mutellina</i>	Alpen-Liebstock
<i>Loiseleuria procumbens</i>	Alpenazalee
<i>Lycopodiella inundata</i>	Moorbärlapp
<i>Lycopodium annotinum</i>	Wald-Bärlapp
<i>Lycopodium clavatum</i>	Keulen-Bärlapp
<i>Nardus stricta</i>	Borstgras
<i>Oreopteris limbosperma</i>	Bergfarn
<i>Parnassia palustris</i>	Sumpf-Herzblatt
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Rostblättrige Alpenrose
<i>Rosa pendulina</i>	Alpen-Hagrose
<i>Sagina procumbens</i>	Niederliegendes Mastkraut
<i>Salix appendiculata</i>	Grossblättrige Weide
<i>Selaginella selaginoides</i>	Dorniger Moosfarn
<i>Sorbus chamaemespilus</i>	Zwergmispel
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
<i>Vaccinium uliginosum</i> aggr.	Rauschbeere

Bericht: NORA RIEDER (IMPULS AG; norari@bluewin.ch)

Fotos: NICO HEER (Hintermann und Weber AG;

heer@hintermannweber.ch)

# Naturforschende Gesellschaft in Bern Jahresbericht 2022

Niemand mehr zweifelt daran: Seit der Industrialisierung erwärmt sich die Erde stark. Das Klima hat sich massgeblich verändert. Global sind die letzten 10 Jahre bereits 1,2 °C wärmer als der Durchschnitt vor der Industrialisierung. Die globalen Mittelwerte der Temperatur sind heute so hoch wie seit Jahrtausenden nicht mehr. Im Innern von Kontinenten, wie z.B. in der Schweiz ist der Temperaturanstieg sogar noch deutlicher zu spüren, da sich Landmassen stärker erwärmen, respektive Ozeane einen ausgleichenden Effekt auf die Temperatur haben. In der Schweiz beträgt die Erwärmung im Vergleich zu vorindustriellen Werten 2,5 °C.

Am 9. August 2021 erschien der 1. Band des sechsten Berichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, «Weltklimarat»). Dieser fasst den jeweils aktuellen Wissenstand zum Klimawandel zusammen. 721 Expertinnen und Experten aus 90 Ländern sind an den Berichten beteiligt, darunter ist auch die Schweiz vertreten. Diese Berichte sollen die Grundlage für wissenschaftsbasierte Entscheidungen in der Politik zu Klimaschutz und Klimaanpassung schaffen. Der neue Bericht zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels bestätigt die Ergebnisse früherer IPCC-Berichte. Es steht zweifelsfrei fest, dass die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen das Klima erwärmt haben und auch für jüngste Klima- und Wetterextreme mitverantwortlich sind. Leider nahm der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre trotz des Wissens um die Problematik auch seit dem letzten Bericht stetig zu. Die Mühlen der Politik mahlen langsam. Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern scheint schwierig zu sein. Gleichzeitig beschäftigt die Thematik immer grössere Teile der Gesellschaft. Der Aufstieg der Fridays for Future Bewegung und die Aktion Klimastreik brachten vor der Corona-Pandemie bis zu 50 000 Personen auf die Strasse, welche an Klimademos für konkrete Massnahmen gegen die Klimakrise demonstrierten. Vor diesem Hintergrund kam dann in der Schweiz 2019 auch die «Gletscherinitiative» zustande. Mit dieser wäre der Verbrauch von fossilen Energieträgern (z.B. Benzin, Diesel und Erdgas) ab dem Jahr 2050 verboten worden. Bundesrat und Parlament ging dieser Vorstoss jedoch zu weit und es wurde ein indirekter Gegenvorschlag ausge-

arbeitet: Das Klima- und Innovationsgesetz (KIG), welches die Klimaneutralität für das Jahr 2050 anstrebt und mit Fördergeldern den Ersatz von auf fossilen Brennstoffen basierten Heizungen und die Innovation alternativer Energieträger unterstützt.

Das Erscheinen des sechsten IPCC-Berichtes und das grosse gesellschaftliche Echo, gerade bei der Jugend, haben wir zum Anlass genommen, um unser Jahresprogramm 2022 der KLIMAKRISE zu widmen. Ziel war es einerseits die Ursachen der Klimakrise zu beleuchten, aber auch Beispiele für Auswirkungen auf verschiedenste Bereiche der Umwelt und Gesellschaft zu zeigen. Alle Vorträge und Exkursionen stiessen auf reges Interesse und dafür möchten wir Ihnen herzlich danken.

## 1. Rückblick auf das Jahresprogramm 2022

Am 8. März 2022 haben wir die Vortragsreihe mit einem äusserst gut besuchten Vortrag von Prof. Dr. Thomas Stocker vom Physikalischen Institut in Bern eröffnet. Er wirkt seit 1998 an den IPCC Berichten mit und wurde ab 2008 Co-Vorsitzender der Arbeitsgruppe, welche sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen beschäftigt. Bereits im letzten Band der Mitteilungen der NGB erschien ein Bericht dazu. Es folgte ein weiterer spannender und immer noch hochaktueller Vortrag zu Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung-Resultate aus aktuellen Forschungsprojekten von Dr. Christian Schaffner vom Energy Science Center der ETH Zürich. Dr. Martina Raggelli vom Schweizerischen Tropen- und Public Health Institut hat uns im nächsten Vortrag darüber informiert, wie sich die wärmeren Temperaturen und z.B. Hitzesommer auf unsere Gesundheit auswirken.

Am 21. Mai 2022 fand unsere jährliche Mitgliederversammlung statt. Ein ausführlich diskutierter Punkt war, wie wir mehr jüngere Mitglieder gewinnen können. Dazu kamen einige Ideen, eine davon konnten wir bereits umsetzen. So werden für den Besuch der Veranstaltungen der NGB neu ECTS-Punkte vergeben, welche als Zusatzleistungen von Studierenden der Geographie und Biologie an ihr Studium angerechnet werden können. Im Anschluss an die Jahresversammlung machten wir uns auf einen Hitzespaziergang durch die Stadt

Bern. Dr. Moritz Gubler vom Geographischen Institut und Sabine Mannes von der Fachgruppe Klimaanpassungen der Stadt Bern haben uns viel Spannendes über die besonderen Herausforderungen in Städten bezüglich der mit dem Klimawandel einhergehenden höheren Sommertemperaturen, welche sich in Städten besonders stark auswirken, erzählt.

Am 11. Juni 2021 reiste dann eine Gruppe von NGB-Mitgliedern ins Wallis, wo uns Prof. Dr. Andreas Rigling vom WSL auf eine spannende Wanderung in den Pfynwald mitgenommen hat. Surreal bleibt der Anblick verkabelter Bäume in Erinnerung. Ein ausführlicher Bericht zur Exkursion ist in diesem Band zu finden. Am 27. September 2022 hat uns ein weiterer Forscher des WSL, Dr. Beat Wermelinger, darüber berichtet, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Insekten hat. Im Oktober zeigte uns Prof. Dr. Karin Ingold vom Institut für Politikwissenschaft der Universität Bern auf, dass die

Demokratie immer noch am besten geeignet ist um auf die Klimakrise zu reagieren. In ihrem Vortrag mit dem Titel: «Demokratie und Nachhaltigkeit – Vereinbar oder nicht?» thematisierte sie aber auch wo die Hürden zwischen Politik und Wissenschaft liegen. Eindrücklich und erschütternd bleibt der Vortrag von Dr. Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg, im Gedächtnis: Das Abschmelzen kleinerer Gletscher in den Alpen ist bereits nicht mehr aufzuhalten. Nur wenn wir jetzt handeln und alles daran setzen den Klimawandel zu stoppen, können wir die grossen Gletscher vielleicht noch retten. Als Abschluss der Veranstaltungsreihe organisierten wir am 22. November 2022 in der UniS eine Podiumsdiskussion mit Vertretern der Klimajugend (Lena Bühler und Aline Rihm) und der Forschung (Prof. Martin Grosjean und Prof. Margit Schwikowski). Gekonnt moderiert wurde der Anlass von Thomas Häussler (WWF Schweiz). Es war spannend zu sehen, welche unterschiedlichen und doch gleichen Ansichten Forschende und die Klimajugend haben und wie die Klimakrise alle auch auf einem persönlichen Niveau beschäftigt.

Wir möchten uns hier nochmals herzlich bei allen Vortragenden bedanken, dass sie sich die Zeit genommen haben, um ihre Forschung unserer Gesellschaft in leicht verständlicher Form zu vermitteln. Gerade im heutigen akademischen Umfeld mit der Doppelbelastung von Lehre und Forschung (und zunehmender Administration) wissen wir dies sehr zu schätzen.

**KLIMAKRISE-  
WEGE IN DIE ZUKUNFT**

**22. November 2022**

**Podiumsdiskussion mit Vertretern aus Wissenschaft und Klimajugend**

19 Uhr, UniS, Schanzeneckstrasse 1, Bern

Moderation: Thomas Häusler, WWF Schweiz

Teilnehmer:  
Lena Bühler, Klimastreik Bern  
Prof. Martin Grosjean, Oeschger Zentrum für Klimaforschung, Uni Bern  
Aline Rihm, Gymnasiastin Hofwil  
Prof. Margit Schwikowski, Paul Scherrer Institut, Villigen

**NGB**  
www.ngbe.ch

Naturforschende Gesellschaft in Bern  
gegründet 1786

EINTRITT:  
FREI

**An der Podiumsdiskussion zum Thema Klimakrise diskutierten Jugendliche und Wissenschaftler, wie die Klimakrise bewältigt werden könnte und wie sie ganz persönlich mit dem Thema umgehen.**

## 2. Wissenschaftliche Publikationen

Unser Mitteilungsband 2022 (Nr. 79) erschien im Juli unter dem Titel Klimakrise – Folgen, Herausforderungen und Wege in die Zukunft. Wiederum hat unser Redaktor Christoph Thalmann es geschafft, eine stattliche Anzahl spannender Beiträge aus verschiedenen Richtungen der naturwissenschaftlichen Forschung zusammenzubringen. Neben verschiedenen vertiefenden Beiträgen zu Vorträgen und Exkursionen des Vorjahres, z.B. zu Mikroplastik im Boden, der Vegetationsgeschichte der Schweiz, der Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle, dem Büsselimoos bei Bern und dem Labor für Kohlenstoffdatierungen, enthält Band 79 auch zwei Artikel zu herpetologischen Beobachtungen in der Westschweiz und zu Tsunamis am Genfersee. Wie üblich beinhaltet der Mitteilungsband auch Artikel in eigener Sache und den Jahresbericht der Bernischen Botanischen Gesellschaft.



<b>Datum</b>	<b>Titel – Referent*In / Führer*In / Organisator*In</b>	<b>Teilnehmer</b>
8. März 2022	<b>Vortrag: Klimakrise: Was Modelle vor 50 Jahren vorhergesagt haben, ist heute Realität</b> PROF. DR. THOMAS STOCKER, Physikalisches Institut, Universität Bern	85
12. April 2022	<b>Vortrag: Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung – Resultate aus aktuellen Forschungsprojekten</b> DR. CHRISTIAN SCHAFFNER, Energy Science Center, ETH Zürich	47
10. Mai 2022	<b>Vortrag: Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz</b> DR. MARTINA RAGETTLI, Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut	38
21. Mai 2022	<b>Exkursion: Von Brennpunkten zu kühlen Oasen – Hitzespaziergang durch Bern</b> DR. MORITZ GÜBLER, Geographisches Institut, Universität Bern; SABINE MANNES, Fachgruppe Klimaanpassungen, Stadtgrün Bern	19
11. Juni 2022	<b>Exkursion: Walddynamik im Pfywald – Eine Geschichte von Fluor, Beweidung, Waldbewirtschaftung, Trockenheit und Störungen</b> PROF. DR. ANDREAS RIGLING & PROF. DR. ARTHUR GESSLER, Eidg. Forschungsanstalt für Schnee, Wald und Landschaft WSL	20
27. September 2022	<b>Vortrag: Insekten im Klimawandel</b> DR. BEAT WERMELINGER, Eidg. Forschungsanstalt für Schnee, Wald und Landschaft WSL	64
25. Oktober 2022	<b>Vortrag: Demokratie und Nachhaltigkeit: Vereinbar oder nicht?</b> PROF. DR. KARIN INGOLD, Institut für Politikwissenschaften, Universität Bern	42
8. November 2022	<b>Vortrag: Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels</b> DR. MATTHIAS HUSS, Departement für Geowissenschaften, Universität Fribourg	56
22. November 2022	<b>Podiumsdiskussion: Klimakrise – Wege in die Zukunft</b> LENA BÜHLER, Klimastreik Bern; PROF. DR. MARTIN GROSJEAN, Oeschger Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern; ALINE RIHM, Gymnasiastin Hofwil; PROF. DR. MARGIT SCHWIKOWSKI, Paul Scherrer Institut; Moderation: THOMAS HÄUSSLER, WWF	62

### 3. Mitgliedschaft

Der Mitgliederbestand per 31.12.2022 beträgt 296 Mitglieder (Vorjahr 301). Die meisten Austritte fanden altersbedingt statt, wir konnten aber auch wieder einige neue, jüngere Mitglieder für unsere Gesellschaft gewinnen. Wie an der Jahresversammlung beschlossen bleiben die Mitgliederbeiträge unverändert bei Fr. 60.– für Normalmitglieder, Fr. 20.– für Jungmitglieder (und Studierende) und Fr. 100.– für Korporationsmitglieder. Zusätzlich zum Jahresprogramm und dem letzten Mitteilungsband erhalten alle Mitglieder neu auch einen Mitgliederausweis.

### 4. Subventionen

Auch im Jahr 2022 wurde die NGB wieder von der Schweizerischen Akademie der Wissenschaften (SCNAT) mit einem grossen Beitrag finanziell unterstützt. Dabei beteiligte sich die SCNAT mit Fr. 7400.– an der Produktion des Mitteilungsbandes und mit Fr. 2500.– an den Exkursionen. Zusätzlich wurde uns von der SCNAT ein ausserordentlicher Zusatzbeitrag von Fr. 1000.– zugesichert, um die Mehrkosten bei der Organisation der Podiumsdiskussion zu decken. Wir möchten der SCNAT einmal mehr für diese wichtige Unterstützung danken.

### 5. Vorstandstätigkeiten

Im 2022 fanden wie jedes Jahr zwei Vorstandssitzungen statt (am 17. März und 27. Oktober). Dabei wurde einerseits das laufende Jahr besprochen und das Jahresthema sowie die einzelnen Veranstaltungen für das nächste Jahr festgelegt. Nach einer grossen Ideenrunde, von der wir noch viele Jahre zehren könnten, hat sich der Vorstand auf das Jahresthema «Naturgefahren» festgelegt. Dieses schien uns besonders geeignet, um viele unterschiedliche Aspekte der naturwissenschaftlichen Forschung im Raum Bern zu präsentieren. Zusätzlich denken wir, dass die spannenden Vorträge und Exkursionen bei unseren Mitgliedern auf grosses Interesse stossen könnten.

Die Zusammensetzung des Vorstandes blieb im Jahr 2022 unverändert. An dieser Stelle möchten wir uns vom Co-Präsidium nochmals ausdrücklich für die grosse Arbeit des Vorstandes bedanken! Ohne die äusserst engagierte und freiwillige Mitarbeit der einzelnen Vorstandsmitglieder wäre es unmöglich, ein solch vielfältiges und spannendes Jahresprogramm auf die Beine zu stellen. Merci viu mau!

### Zusammensetzung des Vorstandes

<b>Co-Präsidium:</b>	Dr. Erika Gobet, Biologie, Universität Bern Dr. Christoph Schwörer, Biologie, Universität Bern
<b>Aktuar:</b>	Dr. Stefan Hertwig, Biologie, Naturhistorisches Museum Bern
<b>Kassier:</b>	Matthias Haupt, Haupt Verlag, Bern
<b>Redaktor:</b>	Dr. Christoph Thalmann, Physik
<b>Webmaster:</b>	Dr. Michael Moser, Physik
<b>Mitgliederverwaltung:</b>	Dr. Renato Baumgartner, Chemie, Gymnasium Hofwil Christine Keller, Biologie, Gymnasium Hofwil
<b>Beisitzer*In:</b>	Prof. Markus Leuenberger, Physik, Universität Bern Prof. Willy Tinner, Biologie, Universität Bern Prof. Marcel Egger, Physiologie, Universität Bern Prof. Sönke Szidat, Chemie, Universität Bern Dr. Daniela van den Heuvel, Geologie, Universität Bern Prof. Chinwe Ifejika Speranza, Geographie, Universität Bern Martin Künzle, Pro Natura Marianne Del Vesco Franziska Nyffenegger
<b>Kontrollstelle:</b>	

# Rechnungsabschluss

31. Dezember 2022

## 1. Betriebsrechnung

	Einnahmen		Ausgaben	
	2022	2021	2022	2021
<b>Einnahmen</b>				
1. Beiträge und Zuwendungen				
1.1. Mitgliederbeiträge	17 340.00			
1.2. Freiwillige Beiträge	520.00			
1.3. Spenden	0.00	17 860.00	17 650.00	
2. Erlös aus Verkäufen				
2.1. Mitteilungen	337.22	337.22	795.16	
3. Mitteilungen der NGB				
3.1. Beitrag der SCNAT	7 400.00			
3.2. Weitere Beiträge	5 302.00	12 702.00	11 880.00	
4. Verschiedene Einnahmen		0.00	0.00	
5. Einnahmen Exkursionen				
5.1. Beitrag der SCNAT	2 500.00			
5.2. Beiträge Teilnehmer	0.00	2 500.00	2 600.00	
6. Entnahme aus Fonds		0.00	0.00	
<b>Ausgaben</b>				
1. Mitteilungen der NGB				
1.1. Herstellungskosten			23 382.90	23 465.20
2. Vorträge, Tagungen, Exkursionen			4 799.25	1 465.50
3. Beiträge				
3.1. SCNAT	608.00			
3.2. Andere Gesellschaften	70.00		678.00	720.00
4. Informationen				
4.1. Veranstaltungskalender			1 054.40	1 054.40
5. Administration				
5.1. Gebühren	116.71			
5.2. Büromaterial, Telefon, Porti	1 849.55			
5.3. Drucksachen	0.00		1 966.26	2 349.72
6. Werbung			0.00	0.00
7. Verschiedenes			1 021.45	1 032.30
8. Vorstandskosten			157.75	153.90
9. Steuern			79.55	-17.25
10. Einlage in Fonds			0.00	2 000.00
11. Ausserordentlicher Aufwand			0.00	0.00
Gewinn			259.66	701.39
		<b>33 399.22</b>	<b>32 925.16</b>	<b>33 399.22</b>
				<b>32 925.16</b>

## 2. Bilanz

	Aktiven		Passiven	
	2022	2021	2022	2021
1. Postcheck 30-1546-4	16 181.24	15 878.20		
2. Postcheck E-Deposito 92-331142-7	0.00	0.00		
3. Aktive Rechnungsabgrenzung	10 000.00	10 260.00		
4. Debitoren	0.00	0.00		
5. Kreditoren			0.00	0.00
6. Passive Rechnungsabgrenzung			700.00	916.62
7. Eigenkapital			25 481.24	25 221.58
	<b>26 181.24</b>	<b>26 138.20</b>	<b>26 181.24</b>	<b>26 138.20</b>

## 3. Fondsrechnungen

	Aktiven		Passiven	
	2022		2022	
1. Wertschriften		155 000.00		
2. Valiant Bank Bern Universalkonto		88 159.25		
3. Postcheck 30-1546-4		2 000.00		
4. Postcheck E-Deposito 92-331142-7		0.0		
5. Verrechnungssteuerguthaben		185.40		
6. Publikationsfonds				
Bestand 1.1.2022	92 258.86			
Neuanlage/Entnahme	0.00			
Überschuss 2022	134.85			92 393.71
7. Vortragsfonds				
Bestand 1.1.2022	35 321.26			
Neuanlage/Entnahme	0.00			
Überschuss 2022	51.60			35 372.86
8. La Nicca-Naturschutzfonds				
Bestand 1.1.2022	41 092.86			
Neuanlage/Entnahme	0.00			
Überschuss 2022	60.05			41 152.91
9. De Giacomo-Fonds				
Bestand 1.1.2022	31 928.51			
Neuanlage/Entnahme	0.00			
Überschuss 2022	46.65			31 975.16
9. Wyss-Fonds				
Bestand 1.1.2022	44 385.11			
Neuanlage/Entnahme	0.00			
Überschuss 2022	64.90			44 450.01
		<b>245 344.65</b>		<b>245 344.65</b>

#### 4. Bericht der Rechnungsrevisorinnen

Die unterzeichnenden Rechnungsrevisorinnen haben die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Bern für die Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 2022, bestehend aus

- der Betriebsrechnung 2022
- der Bilanz per 31. Dezember 2022
- den Fondsrechnungen 2022  
(Publikationsfonds, Vortragsfonds, La Nicca-Naturschutzfonds, De Giacomi-Fonds, Wyss-Fonds)

geprüft und für richtig befunden.

Die Betriebsrechnung schliesst mit einem Gewinn von **Fr. 259.66** ab.

Die Bilanz weist ein Eigenkapital von **Fr. 25 481.24** 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         | <b>Fr. 92 393.71</b> |
| • Vortragsfonds             | <b>Fr. 35 372.86</b> |
| • La Nicca-Naturschutzfonds | <b>Fr. 41 152.91</b> |
| • De Giacomi-Fonds          | <b>Fr. 31 975.16</b> |
| • Wyss-Fonds                | <b>Fr. 44 450.01</b> |

Das Rechnungswesen ist sauber und übersichtlich geführt.

Die Rechnungsrevisorinnen beantragen der Hauptversammlung

- die Rechnung für das Geschäftsjahr 2022 zu genehmigen
- dem Kassier für seine Arbeit herzlich zu danken
- Kassier und Vorstand zu entlasten
- den Mitgliederbeitrag für 2023 bei Fr. 60.00 bzw. Fr. 20.00 (Jungmitglieder) bzw. Fr. 100.00 (Korporativmitglieder) zu belassen.

Bern, 3. April 2023

Die Rechnungsrevisorinnen



Marianne Del Vesco



Franziska Nyffenegger