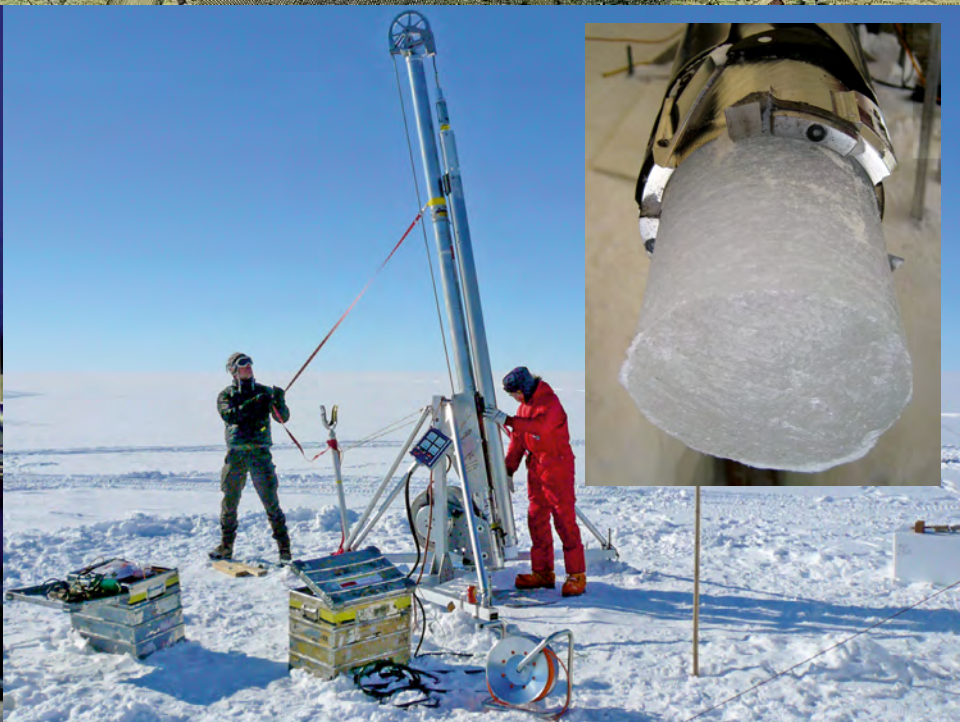
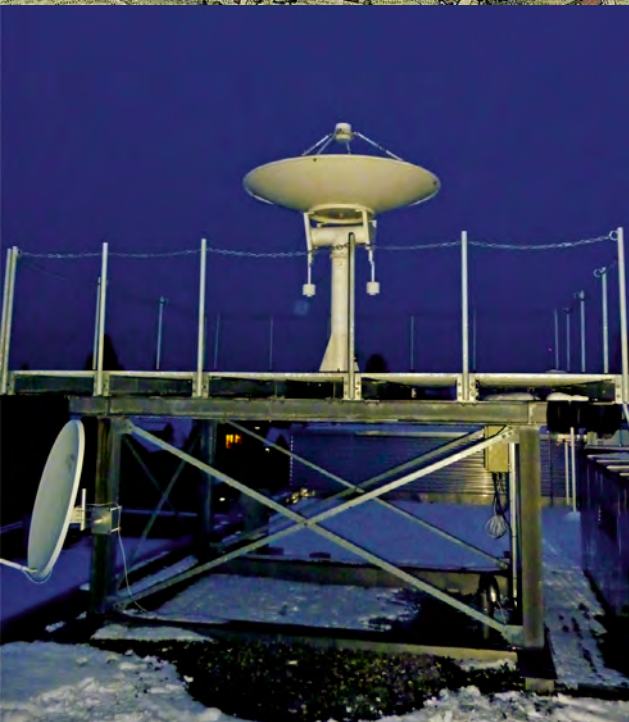
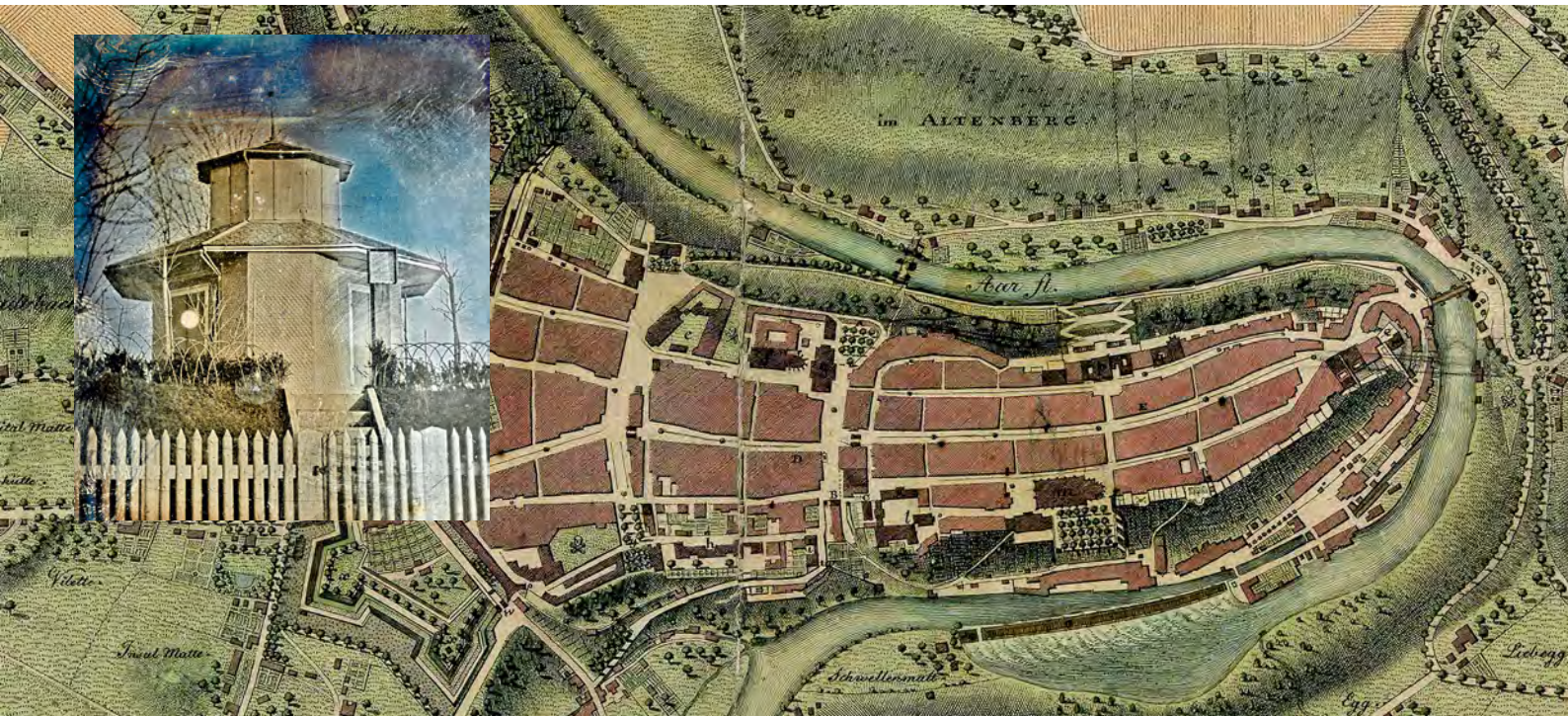


Geschichte der Wetter- und Klimaforschung an der Universität Bern



Autor:

Heinz Wanner

Layout:

Alexander Hermann

Titelbild:

Oben: Ausschnitt aus dem Plan der Stadt und Gegend von Bern, aus geometrischen Grundrissen gezogen und gezeichnet 1807 von Bollin; Kupferstich von L. Girardet (Staatsarchiv des Kantons Bern, StABE AA IV 19a) und Daguerrotypie der alten Berner Sternwarte, aufgenommen im Jahr 1845 (ETH Bibliothek Zürich, Inventarnummer KGS-454-0). Unten links: Wettersatelliten-Empfangsstation auf dem Dach des Instituts für Exakte Wissenschaften (Foto: Stefan Wunderle). Unten rechts: Bohrturm südwestlich der Neumayer-Station in der Antarktis (Foto: Jakob Schwander) und Eiskernbohrsystem mit Eiskern (Foto: Pascal Bohleber).

Wanner, Heinz (2025). Geschichte der Wetter- und Klimaforschung an der Universität Bern. Geographica Bernensia, G107, 43 S., doi:10.4480/GB2025.G107.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 5 |
| 2. Die Zeit vor der Universitätsgründung im Jahre 1834 | 6 |
| 2.1. Frühe Einzelbeobachter und Chronisten | 6 |
| 2.2. Von der Beobachtung zur Messung – das frühe Berner Messnetz | 6 |
| 2.3. Die Anfänge der Berner Gletscherforschung | 8 |
| 2.4. Von der Hohen Schule über die Akademie zur Universität Bern | 8 |
| 3. Nach der Universitätsgründung 1834: Bedeutende Forscher in der Astronomie | 9 |
| 3.1. Johann Rudolf Wolf – Erforscher der Sonnenflecken (1816–1893) | 9 |
| 3.2. Heinrich Wild – Pionier der Wettermessung (1833–1902) | 10 |
| 3.3. Aimé Forster und die wechselvolle Geschichte der Berner Klimastation (1843–1926) | 12 |
| 4. Ein früher Höhenflug in der Geographie | 12 |
| 4.1. Eduard Brückner – erster Berner Klimatologe (1862–1927) | 14 |
| 5. Neustart nach einer Ruhephase | 14 |
| 5.1. Aufrechterhaltung des Lehrangebots | 14 |
| 5.2. Forschungsaktivitäten in Geographie und Pflanzenwissenschaften | 14 |
| 5.3. Der Neustart in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts | 14 |
| 6. Die Pioniere des Neustarts – ihre Schüler und Nachfolger | 15 |
| 6.1. Klimaforschung im Rahmen der Pflanzenwissenschaften des Systematisch-Geobotanischen Instituts der Universität Bern | 15 |
| 6.1.1. Max Welten (1904–1984) | 15 |
| 6.1.2. Gerhard Lang (1924–2016) | 15 |
| 6.1.3. Brigitta Ammann (geb. 1941) | 16 |
| 6.1.4. André Lotter (geb. 1956) | 17 |
| 6.1.5. Weitere Beiträge von Forschern des Systematisch-Geobotanischen Instituts | 17 |
| 6.2. Klimaforschung der Abteilung für Klima- und Umweltp Physik des Physikalischen Instituts der Universität Bern | 18 |
| 6.2.1. Hans Oeschger (1927–1998) | 18 |
| 6.2.2. Heinz Hugo Loosli (1936–2021) | 19 |
| 6.2.3. Bernhard Stauffer (1938–2017) | 20 |
| 6.2.4. Ulrich Siegenthaler (1941–1994) | 20 |
| 6.2.5. Thomas Stocker (geb. 1959) | 21 |
| 6.2.6. Weitere Beiträge von Forschenden des Physikalischen Instituts | 22 |
| 6.3. Klimaforschung und Atmosphärenphysik am Institut für angewandte Physik (IAP) der Universität Bern | 23 |
| 6.3.1. Niklaus Kämpfer (geb. 1953) | 23 |
| 6.3.2. Christian Mätzler (geb. 1945) | 23 |
| 6.4. Klimaforschung am Geographischen Institut der Universität Bern | 24 |
| 6.4.1. Bruno Messerli (1931–2019) | 24 |
| 6.4.2. Matthias Winiger (geb. 1943) | 25 |
| 6.4.3. Heinz Zumbühl (geb. 1943) | 26 |
| 6.4.4. François Jeanneret (geb. 1946) | 26 |
| 6.4.5. Heinz Wanner (geb. 1945) | 27 |
| 6.4.6. Weitere Beiträge von Forschern des Geographischen Instituts | 28 |
| 6.5. Klimaforschung am Institut für Geologie sowie am Departement Chemie, Biochemie und Pharmazie der Universität Bern | 29 |
| 6.5.1. Christian Schlüchter (geb. 1947) | 29 |
| 6.5.2. Weitere Forschungsaktivitäten des Geologischen Instituts | 30 |
| 6.5.3. Heinz Gäggeler (geb. 1946) | 30 |
| 6.6. Klimaforschung an der philosophisch-historischen Fakultät der Universität Bern: Historisches Institut | 30 |
| 6.6.1. Christian Pfister (geb. 1944) | 30 |
| 6.7. Einbezug der Klimaforschung durch Vertreter anderer Fakultäten der Universität Bern | 31 |
| 6.7.1. Institut für Archäologische Wissenschaften: Werner E. Stöckli (geb. 1947) | 31 |
| 6.7.2. Institut für Europa- und Wirtschaftsvölkerrecht: Thomas Cottier (geb. 1950) | 32 |
| 6.7.3. Volkswirtschaftliches Institut: Gunter Stephan (geb. 1952) | 32 |
| 7. Vor und nach der Jahrtausendwende – Erneuerung und grosse Projekte | 32 |
| 7.1. Bern als Geburtsort von IGBP und PAGES | 32 |
| 7.2. Berner Schritte auf dem nationalen Parkett | 33 |
| 7.2.1. Von der Idee eines Schweizer Klimaprogramms zu Proclim und OcCC | 33 |
| 7.2.2. Die Beteiligung der Universität Bern an nationalen Forschungsvorhaben | 33 |
| 7.2.3. Bern als Standort des Nationalen Forschungsschwerpunktes Klima (NFS Klima) | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 7.3. Mitarbeit von Berner Forscherinnen und Forschern im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der UNO | 35 |
| 7.3.1. Zur Beteiligung von Berner Forschenden in der Arbeitsgruppe I (Physikalische Grundlagen) des IPCC | 35 |
| 7.3.2. Bern mit Thomas Stocker als Co-Chair und als Standort der Technical Support Unit (TSU) | 35 |
| 8. Das Oeschger-Zentrum für Klimaforschung | 36 |
| 8.1. Zur Geschichte des Oeschger-Zentrums | 36 |
| 8.2. Zur Organisationsstruktur des Oeschger- Zentrums | 36 |
| 8.3. Zur Forschung des Oeschger-Zentrums | 37 |
| 8.4. Zur Ausbildung im Oeschger-Zentrum | 38 |
| 8.5. Zur Kommunikation des Oeschger-Zentrums | 38 |
| 9. Rückblick und Ausblick | 38 |
| Literaturverzeichnis | 40 |

1. Einleitung

Bereits vor der Gründung der Universität Bern beschäftigten sich interessierte Laien wie Ärzte, Pfarrpersonen, Gutsbesitzer oder Professoren der Hohen Schule und der Akademie Berns mit der Beobachtung und dem Studium des Wetters. Auf dieser Tradition aufbauend wurde Bern im 19. Jahrhundert zu einem europäischen Zentrum der Wetter- und Klimaforschung (Wanner, 2023). Nach einem Unterbruch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Klimaforschung an der Universität Bern erneut zu einem der zentralen Forschungs- und Ausbildungsschwerpunkte.

Vor allem die Erinnerung an frühe Pioniere lieferte den Ansporn für eine Darstellung der Wetter- und Klimaforschung an unserer Universität. Es war nicht einfach, die grosse Vielfalt der Arbeiten über mehr als zwei Jahrhunderte zu überblicken. Aus diesem Grund wurde ein möglichst einfaches und einheitliches Vorgehen gewählt. Als erstes Gliederungskriterium bot sich die Zeitachse an. Dargestellt wurden entlang dieser Zeitachse die einzelnen Personen mit ihren wichtigsten inhaltlichen Schwerpunkten. Dabei wurden nur die Arbeiten bereits verstorbener oder pensionierter Forscherinnen und Forscher beschrieben. Die Biographien der aktiven Forschenden wurden nicht dargestellt. Ihre Namen werden zusammen mit der Benennung ihrer Forschungsgruppen in einer Tabelle im Kapitel zum Oeschger-Zentrum vorgestellt.

Die Klimaforschung der Universität Bern befindet sich gegenwärtig in ihrer aktivsten Phase. Im Rahmen der Ansiedlung des ersten Nationa-

len Forschungsschwerpunktes Klima an der Universität Bern und des daraus hervorgegangenen Oeschger-Zentrums für Klimaforschung wurde eine interdisziplinäre Forschungsstruktur angestrebt, welche neben den Naturwissenschaften auch die Geistes- und Sozialwissenschaften, die Ökonomie und die Medizin einschliesst.

Der Verfasser bedankt sich für Beratung und Nachkontrolle von Texten herzlich bei Peter von Ballmoos, Stefan Brönnimann, Jürg Fuhrer, Heinz Gäggeler, Martin Grosjean, Niklaus Kämpfer, Christian Mätzler, Albrecht Neftel, Thomas Stocker, Werner Stöckli und Willy Tinner. Andreas Verdun danken wir für die alten Darstellungen der Berner Sternwarte.

Für einzelne Grafiken bedanke ich mich bei Tamara Baumann. Ein grosser Dank geht auch an meinen Nachfolger Stefan Brönnimann und an den Direktor des Oeschger-Zentrums, Martin Grosjean, für die finanzielle Unterstützung dieses Vorhabens. Der grösste Dank geht an Alex Hermann für die grosse und kreative Unterstützung bei Grafik und Layout

Die Darstellung dieser Geschichte stellt das Resultat meiner Erfahrungen und meiner persönlichen Einschätzungen dar. Ich möchte mich deshalb abschliessend bei jenen Kolleginnen und Kollegen entschuldigen, deren Arbeit mir entweder nicht ausreichend bekannt war, oder deren Wirken aus ihrer Sicht unzureichend dargestellt wurde.

2. Die Zeit vor der Universitätsgründung im Jahre 1834

2.1. Frühe Einzelbeobachter und Chronisten

Einleitend soll an Persönlichkeiten erinnert werden, welche sich lange vor der Universitätsgründung im Jahr 1834 mit Wetterbeobachtung beschäftigt haben. Nur wenige dieser frühen Wetterchronisten haben sich auch die Frage nach der langfristigen Wetterentwicklung und nach der Statistik des Wetters, also nach dem Klima, gestellt. Im Gedächtnis der Menschen haben sich in erster Linie die extremen Wetterereignisse eingeprägt (Heymann, 2010; Pfister und Wanner, 2021).



Fig. 1: Diebold Schilling in seinem Atelier; aus der Spiezer Chronik (Bern, Burgerbibliothek).

Einer der frühesten Wetterchronisten Berns war Diebold Schilling der Ältere (geboren um 1445, gestorben um 1486). Als Gerichtsschreiber verfasste er die dreibändige «Amtliche Chronik der Stadt Bern» und am Ende seines Lebens auch die «Spiezer Chronik» (Fig. 1). Besonders beeindruckend ist seine Schilderung des Hochwassers im Juli 1480. Er beginnt seinen ausführlichen, kurz nach dem Ereignis verfassten Bericht mit den Worten «donstag vor sant Magdalenen tag» (29. Juli) fing es an, drei Tage und Nächte ohne Unterbruch an zu regen «und warent anders nit dann gross slegregen» (Starkregen; Tobler, 1897). Nach Pfister und Wetter (2011) lösten diese Niederschläge die grösste Überschwemmungskatastrophe der letzten 750 Jahre aus. Diebold Schilling schildert, dass es zuvor heiss war, und dass dadurch auch eine eindruckliche Schneeschmelze in Gang gesetzt worden war. Die extreme Ausprägung der Überschwemmung wurde durch die Tatsache belegt, dass im ersten Stock der Wohnhäuser in der Berner Matte Betten und Tische herumschwammen. Der in Solothurn geborene Schilling schildert ebenfalls, dass dort das Wasser «an der letzi und muren durch die zinnen und venster» in die Stadt gedrungen sei (Tobler, 1897).

Der Schritt von der Einzelbeschreibung zur systematischen Wetterbeobachtung und Abfassung von Wettertagebüchern ist aus der Sicht der Klimaforschung von grosser Bedeutung. Der erste Berner, der seine Beobachtungen jedoch im Raum Zürich vorgenommen hat, war Wolfgang Haller. Er wurde 1525 in Thun geboren, war ab 1547 Pfarrer in Meilen und wirkte nach 1552 im Zürcher Grossmünster in verschiedenen Funktionen. Wolfgang Hallers Witterungsaufzeichnungen umfassen den Zeitraum von 1545 bis 1576. Pfister (1984) bezeichnet sie als die wichtigste Quelle der mitteleuropäischen Klimageschichte für das dritte Viertel des 16. Jahrhunderts.

2.2. Von der Beobachtung zur Messung – das frühe Berner Messnetz

Verschiedene institutionelle Veränderungen in Bern waren das Resultat nationaler und vor allem internationaler Aktivitäten. Mit der Entwicklung der ersten Messinstrumente gingen auch die Berner Wetterchronisten dazu über, parallel zu ihren Beobachtungen Messungen mit den neu verfügbaren Instrumenten vorzunehmen. Der florentinische Astronom und Physiker Galileo Galilei (1564–1642) entwickelte das erste thermometerartige Instrument, und sein Schüler Evangelista Torricelli (1608–1647) konstruierte das erste Quecksilberthermometer. Etwa gleichzeitig hatte Pater Benedetto Castelli (1577/78–1643) den ersten Regenmesser entwickelt. Diese Aktivitäten erlaubten in Florenz bald die Errichtung des ersten meteorologischen Messnetzes der Welt, das unter dem Namen «Medici-Messnetz» ab 1654 betrieben wurde (Pfister und Wanner, 2021). In der Schweiz dürfte der Zürcher Naturforscher Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) neben vielen anderen naturwissenschaftlichen Tätigkeiten ab spätestens 1708 auch meteorologische Messungen durchgeführt haben (Pfister, 1978).

Die Vorgängerinstitutionen der Universität Bern beschäftigten sich höchstens am Rand mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Die 1525 gegründete Hohe Schule, welche 1805 in eine Akademie umgewandelt wurde, konzentrierte sich auf eine theologische Ausbildung mit Sprachen und Literatur. Die Akademie wurde aus der kirchlichen Aufsicht herausgelöst, besass jedoch weder Wissenschaftsfreiheit noch Promotionsrecht. Neben der theologischen unterhielt die Akademie auch eine juristische, philosophische und medizinische Fakultät. Eine Standardisierung der akademischen Laufbahn nach dem Muster der deutschen Universitäten erfolgte in Bern erst mit der Universitätsgründung im Jahr 1834.

Angeregt durch nationale und internationale Aktivitäten ging die Initiative zur Beobachtung und instrumentellen Messung von Wetter und Klima in Bern zunächst von der 1759 gegründeten Ökonomischen Gesellschaft aus. Ziel dieser vor allem aus Patriziern bestehenden Gesellschaft war es, den Landbau zu fördern. Pfister (1975) weist darauf hin, dass sie auch die Errichtung eines schweizerischen meteorologischen Mess- und Beobachtungsnetzes bezweckte. Sie war damit auch eine Vorläuferin der 1786 gegründeten Naturforschenden Gesellschaft Bern sowie der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, gegründet im Jahr 1815. Das meteorologische Berner Messnetz der Ökonomischen Gesellschaft umfasste neben Thermometern, Barometern und einfachen Windmessern auch erstmals standardisierte Regenmesser an 10 Standorten der Kantone Bern, Freiburg und Waadt. Nicht alle Beobachter sandten ihre Messungen ein, was leider schon nach etwa 10 Jahren zur Aufgabe des Messnetzes führte (Pfister, 1975; Pfister et al., 2019).

Ohne Zweifel waren die Aktivitäten der Ökonomischen Gesellschaft Bern einer der Auslöser für eine erhöhte Beobachtungstätigkeit in Kombination mit Messinstrumenten. Auch in anderen Kantonen wurden in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts Messnetze errichtet. Bevor auf die Aktivitäten eingegangen wird, welche von der Berner Hohen Schule ausgingen, sollen einige Beobachterpersönlichkeiten besonders gewürdigt werden.

Eine Ausnahmeerscheinung war ohne Zweifel der Pfarrer Johann Jakob Sprüngli (1717–1803). Pfister (1984) erwähnt dessen wachen Sinn für die Umwelt und den gewaltigen Fleiss, von dem er zeit seines Lebens getrieben wurde. Neben Temperatur- und Druckmessungen hinterliess er 4000 Einzelbeobachtungen, darunter sehr detaillierte phänologische Beobachtungen sowie Angaben zum Auf- und Abbau der Schneedecke in seiner Umgebung und an Bergketten. Schade war aus meteorologischer Sicht eigentlich nur, dass Sprüngli an drei verschiedenen Orten wirkte, beobachtete und Messungen betrieb (ab 1757 in Zweisimmen, ab 1766 in Gurzelen in der Nähe von Thun und ab 1784 in Sutz am Bielersee). Herausragend war auch, dass er seine Witterungsnotizen tabellarisch zusammenfasste. Figur 2 zeigt seine

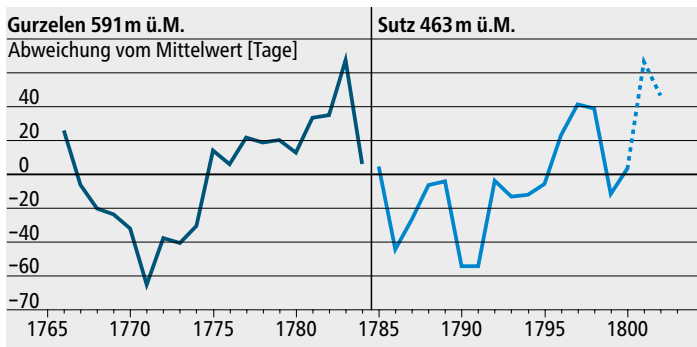


Fig. 2: Die Zeitreihe der frostfreien Perioden, erhoben aufgrund der Beobachtungen von Johann Jakob Sprüngli in Gurzelen und Sutz. Abgebildet sind die Abweichungen vom Mittelwert der jeweiligen Beobachtungsperiode (Pfister 1975).

zwei Zeitreihen der frostfreien Periode, welche das Resultat seiner Beobachtungen an beiden Wirkungsorten Gurzelen und Sutz darstellen. Pfister (1975) erwähnt besonders die ungünstigen und kühlen Witterungsrückfälle, welche zwischen 1768 und 1771 zu einem starken Rückgang der frostfreien Perioden und der Vegetationszeit führte. Die verkürzten Vegetationszeiten sind auf Figur 2 deutlich sichtbar. Wie zahlreiche andere Pioniere der Wetterbeobachtung führte auch Sprüngli barometrische und thermometrische Messungen durch.

Einer der frühesten Berner Beobachter war auch der führende Ökonom und Politiker Niklaus Emanuel Tscharner (1727–1794). Er hatte ein Bedürfnis, im Einklang mit der Natur zu leben (Pfister, 1975) und nahm trotz seiner vielen öffentlichen Verpflichtungen ab Februar 1759 tägliche Aufzeichnungen vor (Wälchli, 1964). Von ihm stammt die Beschreibung der Lufttrübungen im Zusammenhang mit dem Ausbruch des isländischen Vulkans Laki am 8. Juni 1783.

Franz Jakob von Tavel (1729–1798) zog sich im Gegensatz zu mehreren Kollegen der Berner Ökonomischen Gesellschaft im Sommer nicht auf ein Landgut ausserhalb Berns zurück und führte seine Beobachtungen und Messungen in Stadtnähe im Monbijou durch (Wälchli, 1964). Die Reihe seiner vorliegenden Witterungsbeobachtungen und Messungen umfasst die Jahre 1760–1770 (Pfister, 1984; Wyer, 2021).



Fig. 3: Porträt von Samuel Studer (1757–1834), gemalt von Pieter Recco im Jahr 1816 (Burgerbibliothek Bern, M. 289, Foto: Gerhard Howald).

Wie verschiedene seiner Kollegen war auch der Berner Theologieprofessor Samuel Emanuel Studer (1757–1834) stark an naturwissenschaftlichen Vorgängen interessiert (Häberli, 1959; Pfister 1975). Seine Beobachtungszeit reichte von 1779 bis 1827. Sie umfasste Wetterbeobachtungen (insbesondere auch Bewölkung), phänologische Phasen und meteorologische Messungen. Seine Leidenschaft für die beobachtende Meteorologie war so gross, dass er bei seiner Hochzeit mit Maria Werder auf dem Weg nach Köniz den Wagen beim Berner Burgerspital anhalten liess, um persönlich die Instrumentenabmessungen vornehmen zu können. Figur 3 zeigt das von Pieter Recco gemalte Porträt von Samuel Studer.

Erwähnenswert sind auch die Wetteraufzeichnungen des Berner Juristen und Politikers Franz Rudolf von Lerber (1757–1822) sowie das Witterungstagebuch (Beobachtungszeitraum 1806–1831) des Kaufmanns Samuel Emanuel Fueter (1775–1851).

Die Pioniere der Wetterbeobachtung haben, angeregt durch die Ökonomische Gesellschaft Bern, die Entwicklung der ersten Messgeräte mit grossem Interesse verfolgt und früh begonnen, ebenfalls meteorologische Messungen durchzuführen. Sie haben sich intensiv mit der Frage nach der Genauigkeit ihrer Messungen auseinandergesetzt. Entsprechend haben sie die Aufstellung der Messgeräte und auch deren Typ und Ausstattung mehrmals geändert, was bei der Homogenisierung der frühen Instrumentenmessungen oft Schwierigkeiten bereitet (Bider et al., 1958; Pfister et al., 2019). Wyer et al. (2021) haben aus den ersten meteorologischen Messungen von drei Pionieren eine 32jährige Zeitreihe erstellt. Dabei handelt es sich um die Messungen des oben erwähnten Franz Jakob von Tavel (Messungen 1760–1770) im Monbijou Bern, Johann Jakob Sprüngli (Messungen 1766–1784) in Gurzelen sowie von Frédéric Moula (Messungen 1753–1782) in Neuchâtel. Figur 4 zeigt die Monatsmittel von Luftdruck und Temperatur der Jahre 1753 bis 1784, ergänzt mit den Werten des nächsten Gitternetzpunktes aus der globalen Datenrekonstruktion von Valler et al. (2021). Der Blick auf die Monatsmittel der Temperatur weist auf die kalten Winter der späten 1750er und der 1760er Jahre hin.

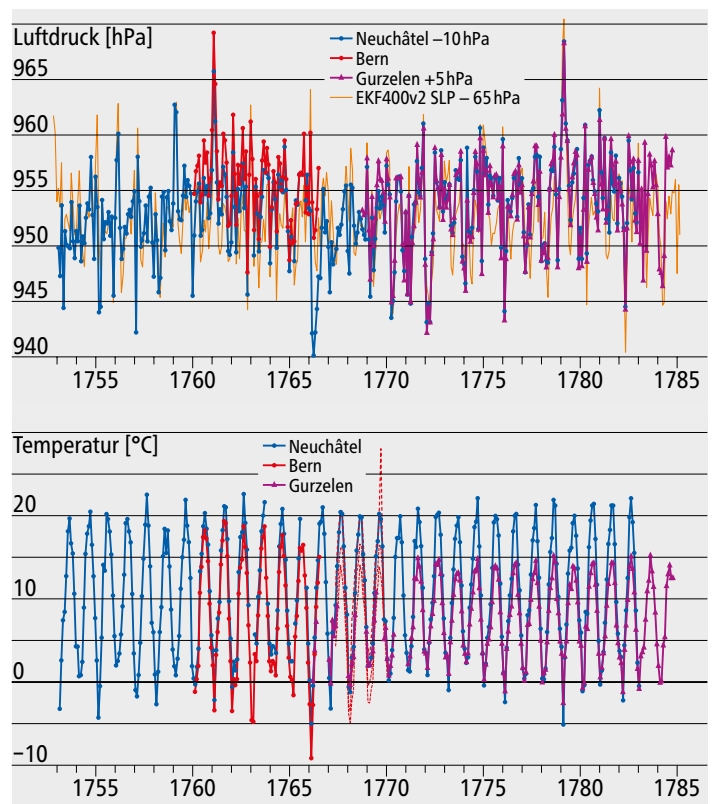


Fig. 4: Monatsmittel von Luftdruck (oben) und Temperatur (unten) für die Orte Neuchâtel, Bern und Gurzelen; oben ergänzt durch Daten aus der Rekonstruktion von Valler et al., 2021 (nach Wyer et al., 2021 sowie Brugnara et al., 2022).

Bern weist aus der Frühzeit ebenfalls hervorragende Niederschlagsmessungen auf. Die ersten Messungen wurden ebenfalls von Franz Jakob von Tavel im Rahmen des Messnetzes der Ökonomischen Gesellschaft vorgenommen. Die verschiedenen Messreihen haben Gimmi et al. (2006) erlaubt, aus den vorhandenen Messungen eine Zeitreihe des Berner Niederschlages von 1760 bis 2003 zu rekonstruieren. Die Namen der verantwortlichen Messnetzbetreiber sind zusammen mit dem Standort ihrer Niederschlagsmesser im Raum Bern auf Figur 5a dargestellt. Die Standorte waren sehr unterschiedlich. Münsterturmwart Heinrich Reinhardt hatte sein Gerät sogar in der Nähe seiner Wohnung auf dem Turm aufgestellt. Die unterschiedlichen Standorte und Messtechniken erforderten eine aufwendige Bewertung und Kalibrierung des Datenermaterials (Gimmi et al., 2006). Figur 5b zeigt die Jahresmittel sowie eine 30jährige Gaussfilterung für die Jahre 1760 bis 2003. Die Zahlen unter

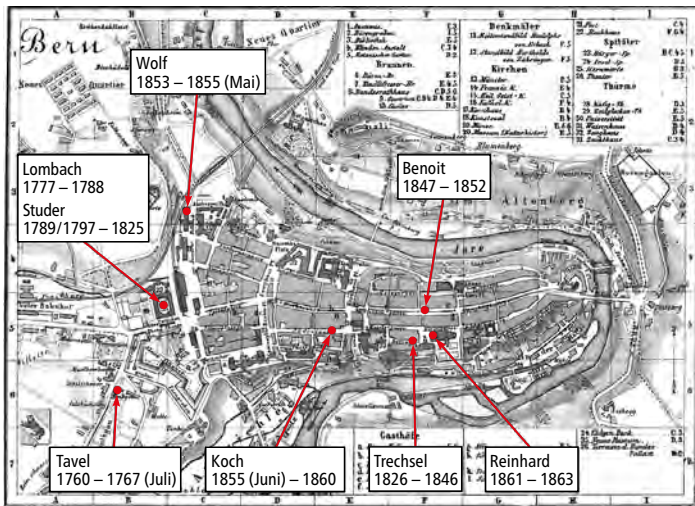


Fig. 5a: Niederschlagsmessungen Bern: Namen der Beobachter und Standorte ihrer Regenmesser (rote Punkte).

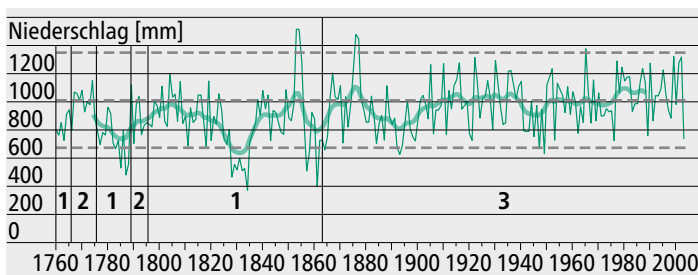


Fig. 5b: Jahresmittel des Niederschlags für Bern. Die dicke grüne Linie stellt das 30-jährige gleitende Gaussmittel dar.

der Kurve erklären den jeweiligen Datentyp (1: Textbeschreibung; 2: statistische Rekonstruktion; 3: Messung). Relativ tiefe Niederschlagswerte wurden nach 1780, um 1830, 1860 sowie nach 1890 registriert. Auffallend sind auch zwei Spitzen zwischen 1850 und 1880.

2.3. Die Anfänge der Berner Gletscherforschung



Fig. 6: Porträt von Jakob Samuel Wyttenbach (1748–1830), gemalt von Pieter Recco im Jahr 1818 (Burgerbibliothek Bern, M. 290, Foto: Gerhard Howald).

Im Umfeld der 1786 gegründeten Naturforschenden Gesellschaft Bern entwickelte sich ein ausgesprochenes Interesse für die Gletscherforschung. Ein wichtiger Initiator war ohne Zweifel der Pfarrer an der Heiliggeistkirche und Lehrer für Naturwissenschaftler am Waisenhaus Jakob Samuel Wyttenbach (1748–1830; Dübi, 1910). Figur 6 zeigt das ebenfalls von Pieter Recco gemalte Porträt von Samuel Wyttenbach. Ab 1773 unternahm Wyttenbach zusammen mit dem Maler Caspar Wolf (1735–1783) und dem Verleger Abraham Wagner (1734–1782) mehrere Alpenreisen mit Besichtigungen von Gletschern. Daraus entstanden einige der imposantesten Gletschergemälde

Wolfs aus den Berner und Walliser Alpen (Zumbühl et al., 2016; siehe Figur 36b). Einen Enthusiasmus für die Gletschererkundung entwickelte auch der oben erwähnte Samuel Emanuel Studer. Im Kreis dieser an Gletscher interessierten Berner Persönlichkeiten erwuchs 1781 die Idee für ein Preisausschreiben der Ökonomischen Gesellschaft Bern. Dieses warb für das weltweit möglicherweise erste glaziologische Forschungsprojekt,

welches nicht zuletzt durch die Gletschervorstöße der 1770er Jahre angeregt worden war (Krüger, 2008). Dabei sollte anhand von Urkunden die unterschiedliche Ausdehnung der alpinen Gletscher rekonstruiert werden. Leider war dem Projekt nicht jener Erfolg beschieden, der dann 1817 dem Vorhaben der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft zukam, welches auf einer ähnlichen Preisfrage basierte. Im Zuge dieser Schweizer Ausschreibung wurde Karl Kasthofer (1777–1853), Oberförster des Berner Oberlandes, im Jahr 1820 für seine Beschreibung alter Gletscherstände ein zweiter Preis zugesprochen. Nach einer weiteren Ausschreibung ging der erste Preis 1822 an den Walliser Kantonsingenieur Ignaz Venetz (1788–1859). In seiner Arbeit setzte er sich mit Temperaturschwankungen und deren Auswirkung auf die Ausdehnung von Gletschern auseinander (Venetz, 1822).

Obschon beim Berner Preisausschreiben keine Arbeit eingereicht worden war, hat der Kreis um Samuel Wyttenbach wahrscheinlich auch den bedeutenden Berner Staatsmann Bernhard Friedrich Kuhn (1762–1825) angeregt, seine ausgedehnten Untersuchungen zur Dynamik der Gletscher weiter auszubauen. Er war der Sohn des reformierten Pfarrers und Arztes von Grindelwald, Friedrich Kuhn. Wahrscheinlich war er der erste, der Thermodynamik und Mechanik geschickt kombinierte, um die Bewegung von Gletschern zu erklären (Röthlisberger, 1987; Blatter et al., 2010). In seiner vielbeachteten Publikation von 1787 erteilte er aufgrund seiner Beobachtungen am Oberen und Unteren Grindelwaldgletscher sozusagen eine Antwort auf die 1781 gestellte Frage der Berner Preisausschreibung (Kuhn, 1787). Neben seinen wohlüberlegten Ausführungen zur sommerlichen Erwärmung und zur Gletscherbewegung äusserte er sich in bemerkenswerter Weise zu den Schwankungen der Massenbilanz und zu deren Bedeutung für die Entstehung der Moränen als Resultat von Temperaturschwankungen. Er lieferte insbesondere auch klare Hinweise zur Entstehung der Mittelmoränen durch das Zusammentreffen zweier Gletscher.

2.4. Von der Hohen Schule über die Akademie zur Universität Bern

Die 1528 gegründete Hohe Schule im umgebauten Barfüsserkloster am heutigen Casinostandort verfolgte das Ziel, Pfarrer auszubilden. Neben Sprachen und Literatur wurden mathematisch-naturwissenschaftliche Ergänzungen angeboten. Mit Johann Georg Tralles aus Hamburg (1763–1822) wurde seit 1686 erstmals wieder ein Professor aus dem Ausland berufen. Mit erst 22 Jahren löste er 1785 den Berner Niklaus Blauner (1713–1791) ab, der in seiner Funktion als Mathematikprofessor seinerzeit auch das Konzept des meteorologischen Messnetzes der Ökonomischen Gesellschaft entworfen hatte. Tralles versah eine Professur für Mathematik und Physik und leitete von Bern aus die erste Landesvermessung in die Wege (Tralles, 1798; Kobold, 1983). Neben diesen geodätischen Aktivitäten bekundete er auch ein reges Interesse für Meteorologie. Auf der Münsterplattform wurde ihm ein Kabinett zur Verfügung gestellt mit dem Auftrag, dass «von dem neuen Professor in den mathematischen und physikalischen Wissenschaften auch etwas in der Astronomie und der Lehre über die Atmosphäre geleistet werde und dass derselbe mit seinen Auditoren auch zuweilen astronomische Beobachtungen anstelle... dazu sei... ein Ort und ein kleines Gebäude vonnöten, das einen ausgebreiteten Horizont hat». Tralles trat leider 1803 im Zusammenhang mit den politischen Wirren rund um die Franzosenzeit nach Differenzen mit den bernischen Stadtbehörden zurück. Nach einem kurzen privaten Aufenthalt in Neuchâtel siedelte er nach Berlin über, wo er 1810 Professor für Mathematik an der Friedrich-Wilhelm-Universität wurde.

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 (Fig. 7). Ab 1811 leitete er die erste bernische Landestriangulation. Dabei benutzte er die

von Tralles bei Aarberg bestimmte Basis als Grundlage (Kobold, 1983). Zudem leitete er später das vorbereitende Nivellement der ersten Juragewässerkorrektur. 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



Fig. 7: Friedrich Johann Trechsel (1776–1849); Quelle: Wikipedia).

höchsten Punkt beim Pulverturm auf der Grossen Schanze (Bastion Hohliebi), von wo mit Hilfe des Sichtkontaktes zu den höchsten Punkten von Chasseral und Röhiflud 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, welche als «Station primaire» bezeichnet wird (Verdun, 2022). Dies war der eigentliche



Fig. 8: 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 des Kantons Bern, StABE AA IV 19a).

Beginn der Aussiedlung der Akademie und später der Universität vom Casinoplatz auf die Grosse Schanze. Fig. 8 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. Wie die erstaunlich klare Daguerrotypie auf Fig. 9 zeigt, handelte es sich um ein Achteck mit zirka drei Metern Durchmesser mit einem aufgesetzten Turm (Verdun, 2004). Aufgrund der ersten astronomischen Arbeiten an diesem Standort wählte Guillaume-Henri Dufour später den Standort der Berner Sternwarte als Nullpunkt der schweizerischen Triangulation (Dufour, 1855). Trechsel folgte der Tradition früherer Kollegen wie Studer und von Tavel und führte über mindestens 20 Jahre meteorologische Messungen durch (Gimmi, 2006), die er auch publizierte (Merian, 1838). Seine Messgeräte befanden sich grösstenteils in seinem Haus am Münsterplatz. Als Mitglied der meteorologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) bemühte er sich speziell um genaue Barometerbeobachtungen. Obschon sein Gehalt mit der Gründung der Berner Universität im Jahr 1834 gekürzt wurde, verblieb Johann Friedrich Trechsel bis 1847 im Amt und verstarb im Jahr 1849.



Fig. 9: 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).

3. Nach der Universitätsgründung 1834: Bedeutende Forscher in der Astronomie

3.1. Johann Rudolf Wolf – Erforscher der Sonnenflecken (1816–1893)

Nach dem Rücktritt von Trechsel wurden Physik und Mathematik getrennt. Für das Fach Mathematik wurden drei Privatdozenten berufen. Einer dieser Privatdozenten war der aus Zürich stammende Astronom und Mathematiker Johann Rudolf Wolf, Lehrer an der Berner Realschule, der seinen Neigungen folgend gleichzeitig zum Direktor der Sternwarte gewählt wurde (Fig. 10a). Wolf ergriff sofort die Initiative, um die vernachlässigte Sternwarte zu erneuern. Er liess die störenden Bäume in der Umgebung ohne Rücksprache mit den Behörden fällen und erwirkte 1848 den Einbau von Heizung und Beleuchtung sowie 1853 eine Erweiterung mit einem turmartigen Aufbau mit Drehkuppel. Im gleichen Jahr wurde er zum ausserordentlichen Professor ernannt.



Fig. 10: Die drei grossen Berner Klimaforscher des 19. Jahrhunderts. **a)** Johann Rudolf Wolf (1816–1893; Wikipedia). **b)** Heinrich Wild (1833–1902; St. Petersburger Lehrervereinigung/www.eduspb.com). **c)** Eduard Brückner (1862–1927; Wikipedia).

Rudolf Wolf interessierte sich neben der Astronomie ausgesprochen für die Meteorologie. Bereits an der Berner Realschule hatte er mit seinen Schülern neben astronomischen Beobachtungen auch meteorologische Übungen durchgeführt (Lutstorf, 1993). 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). Er hat in verschiedenen Gremien und Zeitschriften regelmässig über seine Messungen berichtet.

Rudolf Wolf war ein leidenschaftlicher Beobachter und Experimentator. Die Anschaffung neuer meteorologischer und astronomischer Geräte bildete den Neuanfang für eine äusserst aktive und erfolgreiche Forschungstätigkeit. Er entdeckte im Jahr 1852, gleichzeitig und unabhängig mit dem Genfer Jean Alfred Gautier und dem Engländer Edward Sabine, die Korrelation zwischen dem Erdmagnetfeld und der Sonnenaktivität (Balmer, 1993) und wurde dafür von der Universität Bern mit dem Ehrendoktorat ausgezeichnet. Dadurch wurde sein grosses Interesse für die Sonnenflecken weiter geweckt, deren Entdeckung die beobachtende Astronomie bereits im frühen 17. Jahrhundert belebt hatte. Im Kontakt mit bekannten Astronomen und Naturforschern ganz Europas (u.a. Julius Schmidt und Alexander von Humboldt) sammelte Rudolf Wolf die existierenden Sonnenfleckenbeobachtungen und ermittelte deren Häufigkeit zurück bis ins Jahr 1610. Im Kontakt 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 Sonnenflecken bestätigen (Wolf, 1852). Seine unermüdliche Beobachtung der Sonnenflecken, die bis heute in gleicher Form fortgeführt wird, verhalf ihm zusammen mit seiner aktiven Forschungstätigkeit zu Weltruhm. Das solare Aktivitätsminimum von 1280 bis 1350 AD wurde deshalb mit seinem Namen benannt (Wolf-Minimum).

Angesichts der Tatsache, dass die Sonnenflecken auch in Gruppen auftraten, begründete Wolf die weltweit verwendete Relativzahl R:

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

f: Zahl der Einzelflecken

g: Zahl der Sonnenfleckengruppen

k: Korrekturfaktor (abhängig von Teleskop und Beobachter)

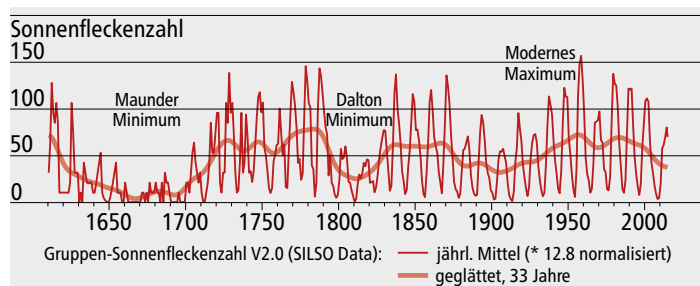


Fig. 11: Zeitreihe der langjährigen Sonnenfleckenbeobachtungen, welche in der Frühphase von Rudolf Wolf stammen (Quelle: Wikipedia).

Figur 11 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: Gleissbergzyklus (90 Jahre), Suess- oder de Vries-Zyklus (210 Jahre).

Rudolf Wolf entwickelte auch ein breites Interesse für die Wirkung des allgemeinen Zustandes der Atmosphäre. Angeregt durch die Entdeckung des Ozons im Jahre 1839 durch seinen Basler Kollegen, den Chemiker und Physiker Christian Friedrich Schönbein, mass Wolf mit

dem Schönbein'schen Ozonmeter 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 Gründung der eidgenössischen Sternwarte im Jahr 1864 betätigte er sich sehr aktiv als Wissenschaftshistoriker. Seinem starken Interesse für Meteorologie blieb er auch in Zürich treu. Er brachte die seit 1864 publizierte Reihe «Schweizerische meteorologische Beobachtungen» heraus. So leitete er auch 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. Ein solches war bereits 1823 ins Leben gerufen worden, scheiterte jedoch im Jahr 1837 wegen einer fehlenden zentralen Leitung und wegen des fehlenden Interesses der Beobachter.

3.2. Heinrich Wild – Pionier der Wettermessung (1833–1902)

Nach Rudolf Wolf wurde Wilhelm von Beetz (1822–1886) aus Berlin als Professor für Physik und Astronomie berufen. Er hat den Ruf nach Bern scheinbar nur als Sprungbrett benutzt (Flury, 1929), wirkte bloss ein Jahr an der Berner Universität und wurde anschliessend Professor in Erlangen und danach in München.

Nach von Beetz wurde 1858 Heinrich Wild aus Zürich durch den Regierungsrat als Professor für Physik und Astronomie und als Leiter der Berner Sternwarte gewählt (Fig. 10b). Heinrich Wild (auch Heinrich Iwanowitsch Wild oder Heinrich von Wild genannt), 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 meteorologischen Arbeiten und der experimentellen (instrumentellen) Meteorologie galt. Die Schwerpunkte seiner meteorologischen Arbeiten lagen bei der Entwicklung neuer Messgeräte und bei der synoptischen



Fig. 12: Photographie der alten Sternwarte Bern auf dem Hügel der Grosse Schanze zur Zeit Heinrich Wilds (1868), von Norden aus gesehen (Copyright: PD Dr. Andreas Verdun).

Analyse der Daten aus den frühen meteorologischen Messnetzen. Zeit seines Lebens beschäftigte sich Heinrich Wild auch mit dem Föhn der Alpen, 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 1861 ausgebaut und zur meteorologischen Zentralstation des Kantons erhoben (Wild, 1864). Figur 12 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. Vor allem seine selbstregistrierenden Messinstrumente haben international ein grosses Interesse gefunden. Sie waren ab 1862 auf der Berner Sternwarte operationell im Betrieb (Wild, 1866) und gehörten zweifellos zu den ersten automatischen Wetterstationen, welche nicht durch Pendeluhr, sondern elektrisch angetrieben wurden (Knowles Middleton, 1969). Die Berner 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 Papiervorschub, 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. Figur 13 zeigt die Umzeichnung eines einzelnen Beispiels der total 37 präzisen und farbig dargestellten, mehrtägigen Föhnanalysen von Heinrich Wild. 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 Conrad Escher, Edouard Desor und Oswald Heer distanziert, welche den Föhn im Zusammenhang mit den Eiszeiten als warmen Wind aus der Sahara bezeichnet haben. Er hat den Einfluss warmer, anströmender Luft aus Süden nie ganz ausgeschlossen. Zweitens haben ihm die massiven Auseinandersetzungen mit dem bekannten Berliner Meteorologen Heinrich Wilhelm Dove (1803–1879) eher geschadet als genützt, 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 Entste-

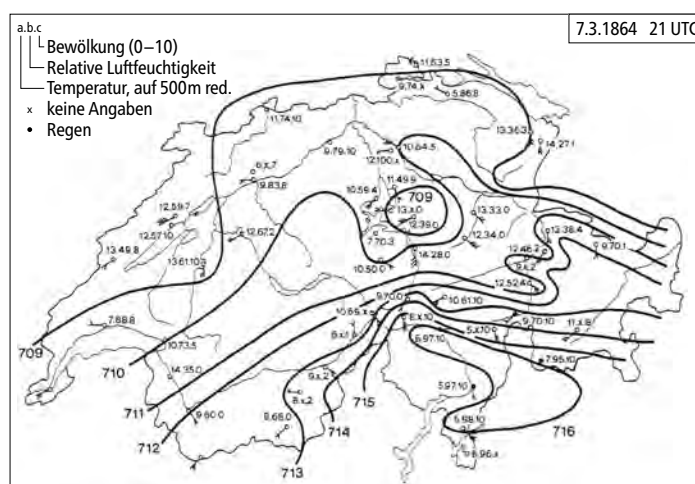


Fig. 13: Von der Originalanalyse von Heinrich Wild nachgezeichnete synoptische Feinanalyse des Föhnereignisses vom 7.3.1864, 21 Uhr. Dargestellt sind das auf 500m NN. reduzierte Druckfeld (mm Hg) sowie die Stationsmessungen von Wind, Bewölkung, Temperatur (ebenfalls auf 500m NN. reduziert) und Feuchte. Wild hatte zusätzlich die Niederschlagsgebiete eingezeichnet.

hung des Föhns fest und führte diesen auf feuchtwarme Luftmassen zurück, welche aus dem atlantischen Äquatorialraum von Südwesten 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 13 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 beigeben musste.

Heinrich Wild hat mit seinen Analysen ganz wesentlich zur Entwicklung der thermodynamischen Föhntheorie (Steinacker, 2006; Richner und 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 mit dem Föhn befassen (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. Dabei wurde seine «Verdünnungstheorie», die später erneut von Streiff-Becker (1931) vertreten wurde, von der moderneren Föhnforschung verständlicherweise kritisiert. Figur 14 zeigt eine Skizze, welche versucht, die Ideen Wilds zu visualisieren. Er postulierte,

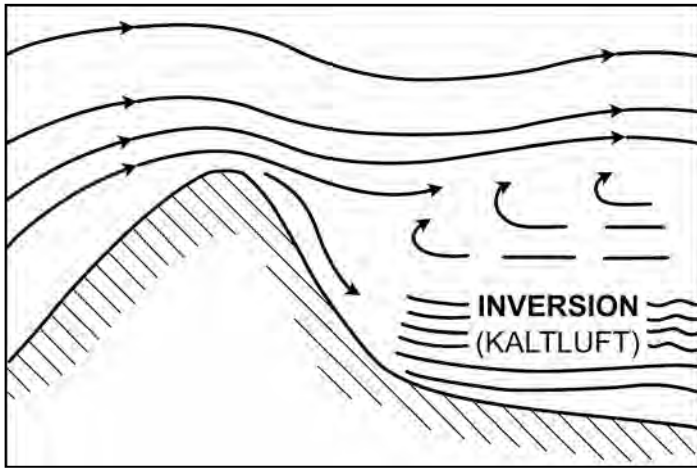


Fig. 14: Visualisierung der Föhntheorie von Heinrich Wild. Wie später Streiff-Becker hält er fest, dass die höheren Luftschichten auf der Alpennordseite infolge der Turbulenz der Südströmung leicht erodiert werden und so die höhere Talatmosphäre «verdünnt», worauf eine Zone tiefen Drucks entsteht, in welche die Höhenluft eher eindringt als die kältere, bodennahe Luft.

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 eindringt als die kältere, bodennahe Luft.

Mit dem 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 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 präsidierte. 1895 kehrte er für seine letzten Lebensjahre erschöpft in die Schweiz zurück, wo er 1902 starb.

3.3. Aimé Forster und die wechselvolle Geschichte der Berner Klimastation (1843–1926)

Es war nicht leicht, in die grossen Fussstapfen von Heinrich Wild zu treten. Sein im Jahre 1868 gewählter Nachfolger Karl Adolph Paalzow (1823–1908) aus Berlin erkrankte nach wenigen Monaten schwer und kehrte nach Berlin zurück. Die Leitung der meteorologischen Zentralstation wurde bis 1871 dem ehemaligen Assistenten und jetzigen nebenamtlichen Dozenten Emil Jenzer übergeben. Nach seiner Wahl zum Physikprofessor im Jahre 1869 übernahm Aimé Forster von Jenzer die Leitung der Berner Zentralstation sowie der Sternwarte. Wie bei Heinrich Wild fristete die Astronomie auch bei Forster ein eher kümmerliches Dasein. Eine seiner Leidenschaften lag bei der Entwicklung röntgenbasierter Verfahren und der Herstellung von Farbfotos (Forster, 1896). Daneben hat er sich ausgesprochen für den Weiterbetrieb und die



Fig. 15: Das tellurische Observatorium der Universität Bern um 1877 (Astronomisches Institut der Universität Bern).

Unterhaltung der von Wild entwickelten automatischen Messsysteme eingesetzt (Forster, 1872) und kleinere Auswertungen vorgenommen (Forster, 1873). Forster hat den Beobachtungsdienst straff organisiert, indem er jeweils Frauen für diese äusserst mühsame und sehr schlecht bezahlte Arbeit rekrutierte. Mit Leidenschaft hat er sich für einen Neubau der Sternwarte eingesetzt, der schliesslich 1876/77 in Form des tellurischen Observatoriums realisiert werden konnte (Fig. 15). Dieses Gebäude hielt bis zum Neubau des Instituts für Exakte Wissenschaften in den Jahren 1959–1963 Bestand. Aimé Forster war ein leidenschaftlicher und begabter Dozent, dessen Vorlesungen immer hervorragend besucht waren. Er durfte in der Geschichte der Universität Bern der Professor mit der längsten Amtszeit sein, ist er doch nach weit über 100 Semestern seines Wirkens im Alter von 83 Jahren im Amt verstorben.

Die meteorologische Station an der Universität wurde während des Wirkens von Forster und speziell auch durch die Unterstützung des Geographen und Klimatologen Eduard Brückner mit erheblichem Messaufwand betrieben. Forsters Nachfolger Heinrich Greinacher empfand die Betreuung der meteorologischen Messungen als unnötige Last und stellte 1930 den Antrag für deren Aufhebung. Nach der vehementen Fürsprache der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt wurde die Station jedoch weitergeführt. Das Interesse stieg wiederum deutlich an, als Max Schürer, seit 1946 Direktor des Astronomischen Instituts, im Jahre 1952 das meteorologische Observatorium übernahm. Mit dem Bau des Gebäudes der Exakten Wissenschaften Ende der 1950er Jahre wurde die Situation zunehmend schwierig, da für meteorologische Messungen eine stabile, unveränderte Umgebung erwünscht wäre. Die Messgeräte mussten wegen des Baubooms auf der Grosse Schanze mehrmals verlegt werden. Als die Störungen durch Abluftkanäle immer mehr zunahm, wurde die Station im Zuge der Automatisierung des Schweizer Klimamessnetzes im Jahre 1977 an die Forschungsanstalt für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene (FAC) ins Liebfeld und im Jahre 2006 schliesslich an die Landwirtschaftliche Schule Rütli nach Zollikofen bei Bern verlegt. Dies bedeutete, dass Bern nicht mehr über eine eigentliche Stadtklimastation verfügte.

4. Ein früher Höhenflug in der Geographie

4.1. Eduard Brückner – erster Berner Klimatologe (1862–1927)

Mit dem aus Jena stammenden Eduard Brückner (Fig. 10c) wirkte einer der bedeutendsten Geographen und Klimatologen des 19. Jahrhunderts in Bern. Während 16 Jahren vermittelte er dem Berner Geographielehrstuhl 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 1886–88 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 in den Alpen nutzte, erlaubte ihm die Berner Zeit auch eine breite Beschäftigung mit der Frage nach den Ursachen der Klimavariabilität. Nico Stehr und Hans von Storch bezeichnen Eduard Brückner im englisch übersetzten Übersichtswerk seiner klimatologischen Arbeiten zusammen mit seinem späteren Wiener Kollegen Julius Hann als einen der weltweit ersten Klimatologen, welcher sich an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert mit Fragen der Klimavariabilität befasst hat (Stehr und von Storch, 2000). Brückner und Hann haben das Klima im Gegensatz zu vielen Kollegen nicht als konstante Grösse betrachtet.

Eduard Brückner wählte ein streng induktives Vorgehen und sammelte mit grosser Akribie weltweit Daten von Meeres- und 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, hydrologischen 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. Figur 16 zeigt eine von ihm publizierte, sehr erstaunliche Korrelation der Niederschlagsmenge in Süddeutschland

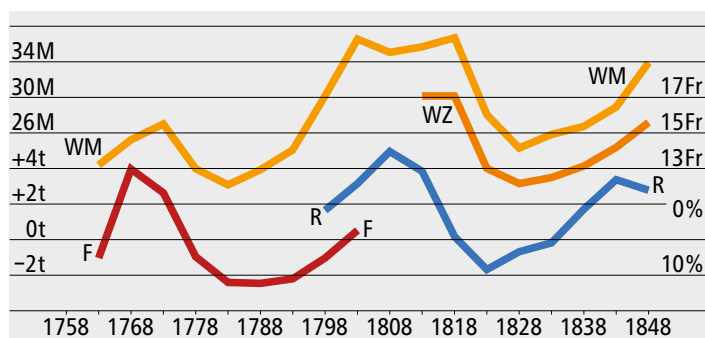


Fig. 16: Vergleichende Darstellung verschiedener Zeitreihen. WM: Getreidepreis von Deutschland in Mark (M). WZ: Getreidepreis der Schweiz in Franken (Fr.). R: Niederschlag in Süddeutschland (Abweichung vom langjährigen Mittel: %). F: Mittleres Datum der Weinernte in Süddeutschland und der Schweiz (Abweichung in Tagen: t). Anhand solcher Zeitreihen hat Eduard Brückner geschlossen, dass das Klima einer Periodizität von 35 Jahren folgt (Brückner, 1895).

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 seinem 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 monumentalen Werk «Die Alpen im Eiszeitalter» beigetragen (Penck und Brückner, 1909). Figur 17 zeigt daraus Eduard Brückners Synthesekarte mit den maximalen Gletscherständen der letzten Eiszeit im zentralen bis östlichen Schweizer Mittelland. Er 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 von Typlokalitäten als Bühl-, Gschnitz- und Daunstadium.

Eduard Brückner war auch im Zusammenhang mit der universitären Öffentlichkeitsarbeit ein Pionier. Im Rahmen seiner «Volksthümlichen Universitätskurse» setzte er sich für eine aktive Kommunikation und Vortragstätigkeit der Universität ein. Seine grosse Ausstrahlung fand international ein grosses Interesse, und Eduard Brückner wurde stark umworben. 1904 folgte er nach 18 erfolgreichen Jahren in Bern einem Ruf nach Halle, und 1906 trat er die Nachfolge seines berühmten Lehrers und Freundes Albrecht Penck in Wien an, wo er 1927 noch im Amt verstarb.

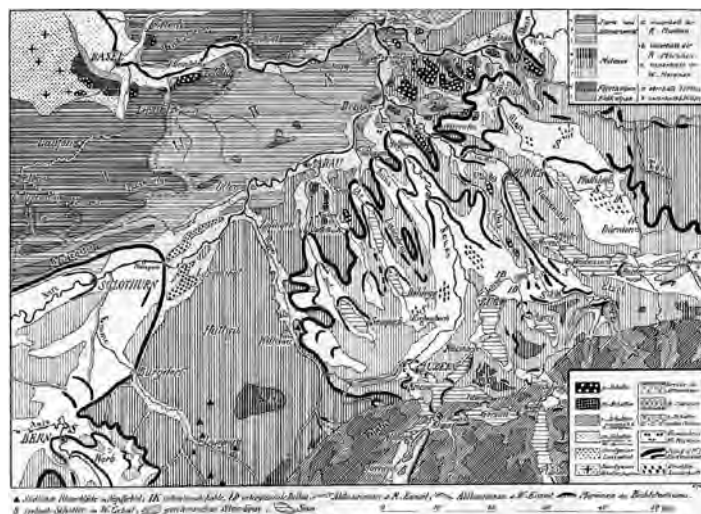


Fig. 17: Eduard Brückner: Karte der Vergletscherung in der Zentral- und Ostschweiz zurzeit der maximalen Eisausdehnung der letzten Eiszeit (aus: Penck A. und Brückner E., 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. Band 2, Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig, S. 496).

5. Neustart nach einer Ruhephase

5.1. Aufrechterhaltung des Lehrangebots

Mit dem Weggang von Eduard Brückner endete in Bern eine längere Periode der klimatologischen Spitzenforschung. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde Klimaforschung eher auf Sparflamme betrieben. Die Lehre wurde jedoch in verschiedenen Instituten aktiv gestaltet. Die Fächer Physik, Geographie und Geologie boten Kurse in Meteorologie, Klimatologie, Gletscherkunde und Ozeanographie an. PD Josef Luterbacher unterrichtete im Rahmen der Physik von 1916 bis 1924 Meteorologie. Die beiden Geographieprofessoren Fritz Nussbaum und Fritz Gygas führten von 1911 bis 1978 regelmässig klimatologische Lehrveranstaltungen durch. Das Astronomische Institut entschloss sich 1949, einen regelmässigen Kurs in Meteorologie abzuhalten. Dieser wurde von 1949 bis 1969 vom nebenamtlichen Basler Dozenten Max Bider gelesen. Aufgrund einer Übereinkunft zwischen der Astronomie und der Geographie wurden die Meteorologievorlesungen von 1971 bis 1979 vom Forschungsleiter der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Honorarprofessor Max Schüepp (1912–2004) in der Geographie weitergeführt. Max Schüepp hat durch seine Begeisterung und Kreativität entscheidend zum Wiederbeginn einer aktiven klimatologischen Forschungstätigkeit in der Geographie beigetragen. Er wurde im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Meteorologischen Zentralanstalt von Walter Kirchhofer abgelöst. Nach dessen Rücktritt existierte bereits ein breites meteorologisch-klimatologisches Vorlesungsangebot in den Fächern Geographie und Physik. Deshalb wurden keine weiteren nebenamtlichen Lehraufträge vergeben.

5.2. Forschungsaktivitäten in Geographie und Pflanzenwissenschaften



Fig. 18: Porträt von Fritz Nussbaum (1879–1966)

Die klimatologische Forschung wurde in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts von zwei Persönlichkeiten im Geographischen Institut und im Institut für Pflanzenwissenschaften mit einem Schwerpunkt im Bereich der Paläoklimatologie fortgeführt. Der Geomorphologe und Glaziologe Fritz Nussbaum (1879–1966; Fig. 18) hatte bei Eduard Brückner studiert und promovierte im Jahr 1906 bei Alfred Philippson mit dem Thema «Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes». Er war danach in der Geographie Assistent bei Max Friederichsen und habilitierte im Jahr 1909 mit einer Arbeit über die Täler der Schweizeralpen. Von 1922 bis 1944 wirkte er neben seiner Tätigkeit am Staatlichen Lehrerseminar Hofwil-Bern als nebenamtlicher ausserordentlicher Professor und danach bis 1949 als Ordinarius und Institutsdirektor. Es war Fritz Nussbaums Robustheit und Begeisterung zu verdanken, dass er trotz der beiden Arbeitsorte, und später trotz der Führung des Institutes in der schwierigen Periode des zweiten Weltkrieges, Zeit für ausgedehnte wissenschaftliche Feldstudien in den Bereichen Geomorphologie und Gletschergeschichte fand. Seine Arbeiten konzentrierten sich auf den glazial bedingten Formenschatz der Alpen und des Alpenvorlandes, des französischen Juras und der Pyrenäen, insbesondere die Formenbildungen der letzten Eiszeit. Fritz Nussbaum war ein ausgezeichnete Gelände- und Kartenzeichner, der seine Feldaufnahmen mit aussagekräftigen Skizzen illustrierte. Besonders hervorzuheben sind seine Arbeiten zum Endmoränenengebiet des Rhone- oder Wallisgletschers bei Wangen an der Aare (Nussbaum, 1910). Fritz Nussbaum war mit William Morris Davis, einem der bedeutendsten Geomorphologen der damaligen Zeit, sehr eng befreundet.

Dieser lud ihn 1912 zur berühmten transkontinentalen USA-Exkursion vom Atlantik zum Pazifik ein. In einem ausgezeichnet ausgebauten Eisenbahnwagen reisten 12 amerikanische und 42 europäische Geographen mit und pflegten einen regen wissenschaftlichen Austausch.

Mit Fragen zur Struktur und Dynamik der Floren und des Klimas der Glaziale und Interglaziale befasste sich ebenfalls der Botaniker Walther Rytz (1882–1966). Er hatte 1907 bei Eduard Fischer mit einer Arbeit über die Pilzgattung *Synchytrium* promoviert und habilitierte sich 1911 mit einer umfangreichen Untersuchung über die «Geschichte der Flora des bernischen Hügellandes zwischen Alpen und Jura». 1920 wurde er zum ausserordentlichen Professor ernannt. In der Paläoökologie ist er bekannt für erste sedimentäre Multiproxyuntersuchungen von Pollen, Diatomeen und Makroresten. Unter anderem hat er wichtige Arbeiten zu den Interglazialfloren und Interglazialklimaten von Gondiswil-Zell und Pianico-Sellere veröffentlicht (Rytz, 1925). Insbesondere war er auch einer der Mitbegründer des Alpengartens Schynige Platte.

5.3. Der Neustart in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts

Nach den bahnbrechenden Arbeiten der drei grossen Forscherpersönlichkeiten des 19. Jahrhunderts (Rudolf Wolf, Heinrich Wild und Eduard Brückner) dauerte es bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, als wiederum drei Professorenpersönlichkeiten in drei verschiedenen Fachbereichen die Klimaforschung der Berner Universität neu belebten. Der erste von ihnen war Max Welten. Er wurde 1952 als Nachfolger von Walther Rytz ans Botanische Institut berufen, wo er mit seinen pollenanalytischen Untersuchungen sehr wesentlich zum Verständnis der Vegetationsgeschichte und der Klimaentwicklung während der Interstadiale und Interglaziale sowie des Spät- und Postglazials beitrug und sein Team zu entsprechenden Arbeiten in zahlreichen Regionen der Schweiz anregte (Lang, 1984).

Die Berner Regierung zeigte sich im Jahr 1952 sehr mutig, indem sie in der Person von Friedrich Georg Houtermans eine schillernde und geniale Persönlichkeit ans Physikalische Institut der Universität wählte. Neben bahnbrechenden Beiträgen zur nuklearen Geophysik (u.a. Bestimmung des Erdalters) trug Houtermans mit seiner Kreativität ganz massgeblich zur Entwicklung der verschiedenen Forschungsrichtungen des Physikalischen Instituts bei. Sein Doktorand Hans Oeschger promovierte 1955 mit einer Arbeit zur Entwicklung eines Zählrohrs, welches die Messung natürlicher Radioisotope, unter anderem ^{14}C , erlaubte. Daraus entwickelte er Methoden zur Messung von Gasen in den grossen Eisschildern der Erde und trug mit seinem grossen Forschungsteam wesentlich zum Verständnis der Klimageschichte der letzten 150 000 Jahre bei.

Die dritte Persönlichkeit, welche zum Neustart des Berner Klimaschwerpunktes beitrug, war der Geograph Bruno Messerli. Nach frühen Arbeiten zum Eiszeitklima beschäftigte er sich mit Gebirgsforschung und Fragen zur Nord-Süd-Problematik. Daneben legte Bruno Messerli die Grundlagen zu mehreren Forschungsvorhaben in den Bereichen Stadt- und Gebirgsklima, Luftverschmutzung und Klimageschichte. Es war ein absoluter Glücksfall, dass sich Welten, Oeschger und Messerli ausgezeichnet verstanden und sich gegenseitig zu spannenden Studien anregten. Welten war der bescheidene und akribische Forscher, der vieles kritisch hinterfragte. Er fand früh den Draht zu Hans Oeschger, welcher den grossen, internationalen Bogen von Grönland bis in die Antarktis spannte. Bruno Messerli konnte mit seinem Enthusiasmus nicht nur sein Team, sondern auch Öffentlichkeit und Politik begeistern. In der Folge sollen die Arbeiten der drei Pioniere sowie jene ihrer Nachfolgerinnen und Nachfolger mitsamt ihrer wichtigsten Teammitglieder vorgestellt werden.

6. Die Pioniere des Neustarts – ihre Schüler und Nachfolger

6.1. Klimaforschung im Rahmen der Pflanzenwissenschaften des Systematisch-Geobotanischen Instituts der Universität Bern



Fig. 19: a) Max Welten (1904–1984), b) Hans Oeschger (1927–1998), c) Bruno Messerli (1931–2019)

6.1.1. Max Welten (1904–1984)

Max Welten (Fig. 19a) wirkte zuerst als Sekundarlehrer in Boltigen und Spiez. Seinen wissenschaftlichen Neigungen folgend studierte er berufsbegleitend Botanik und widmete sich vegetationsgeschichtlichen Themen (Lang, 1984). In seiner ersten grossen, pollenanalytischen Arbeit beschäftigte er sich mit dem Faulenseemoos bei Spiez (Welten, 1944). Er erkannte die grosse Bedeutung dieser Lokalität und interpretierte in seinen Bohrprofilen von bis zu 15 m Tiefe die regelmässige Laminierung richtigerweise als Jahresschichtung mit hohen Pollenzahlen von Haseln, die Ende Winter blühen, und hellen Schichten mit Pollen von Sommerblüheren. Damit bot sich Welten die einzigartige Gelegenheit zur Analyse der Vegetationsdynamik und des Klimas von der ausgehenden letzten Eiszeit bis zur Gegenwart, und er konnte seine Chronologie des Postglazials den bekannten Arbeiten skandinavischer Kollegen gegenüberstellen.

Auch wenn seine in Tabelle 1 dargestellte Chronologie der Postglazialzeit später gewisse Korrekturen erfuhr, darf sie als grosse Pionierleistung bezeichnet werden. Welten beschrieb auch den markanten Kälterückfall um 8200 Jahre vor heute, der später auf eine Abschwächung des Golfstroms infolge schmelzenden Süsswassers aus dem Laurentidischen Eisschild zurückgeführt wurde. Er war seiner Zeit methodisch um ein bis zwei Jahrzehnte voraus und hat weltweit als erster absolute Pollendiagramme mit Influx- oder Fluxzahlen in Pollen pro cm² und Jahr bestimmt, bevor dieser Ansatz von Davis et al. (1967) in den USA wiederentdeckt und als globale Pionierleistung bezeichnet wurde. Diese bahnbrechende Rolle von Welten wurde erst spät international erkannt, beispielsweise nennt Craig (1978) irrtümlicherweise Davis et al. (1967) als Entwickler der absoluten Pollenanalyse (Konzentrationen, Influx), dies weil Welten in den 1940er Jahren auf Deutsch publiziert hatte und seine Entdeckung ausserhalb des deutschsprachigen Raums kaum bekannt war.

| | |
|---------------|--|
| ~7700 v. Chr. | Kurz nach dem Gletscherrückzug: Faulenseemoos wird eisfrei |
| 6750 v. Chr. | Ende der Weidenzeit |
| 6000 v. Chr. | Beginn der Föhrenzeit |
| 5050 v. Chr. | Beginn der Hasel-Eichenmischwaldzeit |
| 3200 v. Chr. | Beginn der 1. Buchenzeit |
| 2350 v. Chr. | Beginn der Tannenzeit |
| 1800 v. Chr. | Beginn der 1. Buchenmischwaldzeit |
| 750 v. Chr. | Beginn der 2. Buchenzeit |
| 450 v. Chr. | Beginn der 2. Buchenmischwaldzeit |
| 200 n. Chr. | Beginn der 3. Buchenzeit |
| 850 n. Chr. | Beginn der 4. Buchenzeit |

Tab. 1: Chronologie der Postglazialzeit von Welten (1944).

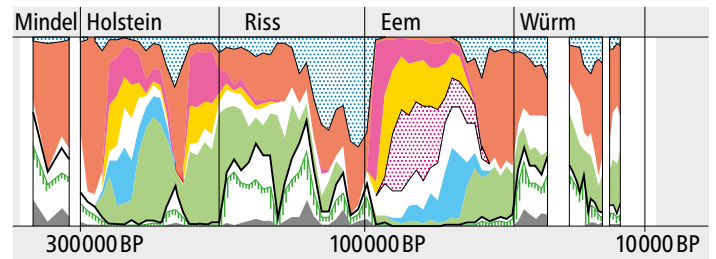


Fig. 20: Vereinfachtes Pollendiagramm der Rotationskernbohrung bei Meikirch südwestlich von Bern (Welten, 1981). Blau punktiert: Birke; rot: Föhre und Eichenmischwald; gelb: Hasel; rot punktiert: Hagebuche und Weissbuche; weiss: Erle und Sträucher; blau: Weisstanne; grün: Fichte; gestrichelte grüne Linie: Gräser; grau: Wermuth.

Einmalig war auch seine Analyse von drei Profilen der 70 m umfassenden geologischen Tiefenbohrung aus der Mulde südlich der Gemeinde Meikirch, welche im Nordwesten von Bern liegt. Die Sedimente im Einflussgebiet des sich nach Nordosten bewegenden Rhonegletschers gewähren zum ersten Mal für Mitteleuropa einen Einblick in etwa drei Eiszeiten, zwei Interglaziale und beschränkt in das Holozän. Figur 20 zeigt das vereinfachte Pollendiagramm dieser Bohrung. Welten (1981 und 1982) charakterisiert das Profil folgendermassen:

1. Unter der dünnen, zirka 1 m mächtigen Sedimentschicht des Holozäns liegen die 39 m mächtigen Würmablagerungen. Im unteren Teil befinden sich glazifluviale Schotter und Sande aus einer ersten Würmvereisungsphase. Darüber folgt nach einer tonigen Beruhigungsphase das Moränenmaterial des jüngsten Würmvorstosses um 20000 Jahre vor heute.
2. Die Eem-Warmzeit (Riss-Würm-Interlazial) dauerte zirka 15000 Jahre und wies die für Mitteleuropa typische Vegetationsfolge auf, mit Eichenmischwald / Haseldominanz / Hagenbuchenwald / Tannenphase / Fichtenwald, mit Buchenspuren / Waldföhrenwald / Birken-Föhren-Tundra.
3. Im Abschnitt der Riss-Eiszeit, welche ausgeprägte Interstadiale (d.h. kürzerzeitige Wärmephasen) aufwies, fehlen jegliche Moränenspuren. Unten figurieren drei Fichten-Interstadiale, nach oben ein langes Birken-Lärchen-Interstadial.
4. Die Holstein-Warmzeit war zweiteilig (Holstein I und Holstein II). Die Wälder wiesen viel Erle, Fichte und Tanne auf. Daher ist anzunehmen, dass diese etwa 15000–30000 Jahre dauernde Warmzeit etwas kühler und feuchter war als das Eem.
5. Von der Mindel-Eiszeit ist nur eine mächtige Rinnenfüllung von deren Ende sichtbar. Möglich ist, dass über der Molasseunterlage auch Spuren des Cromer-Interglazials vorhanden waren.

Neben seiner grossen Arbeit in der Lehre sowie beim Aufbau des Geobotanischen Instituts und des Botanischen Garten hat Max Welten vermehrt versucht, die Resultate aus zahlreichen pollenanalytischen Studien zu vergleichen und in einen Zusammenhang mit der existierenden Literatur zu stellen. Sein Spätwerk «Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern – Wallis» (Welten, 1982a) demonstriert dies nochmals in überzeugender Weise.

6.1.2. Gerhard Lang (1924–2016)

Als Nachfolger von Max Welten wurde 1975 Gerhard Lang gewählt, bis zu diesem Zeitpunkt Professor für Geobotanik an der Universität Karlsruhe. Langs Forschungsschwerpunkt lag bei vegetationsgeschichtlichen und pollenanalytischen Untersuchungen vor allem des Schwarzwaldes. In Bern erweiterte er sein ausgesprochenes Interesse immer mehr in Richtung eines paläoökologischen Multiproxyansatzes. Dies bedeutet, dass die aus Bohrprofilen erarbeiteten Einzelerkenntnisse zu einem Gesamtbild verarbeitet werden. Dabei setzte sich Gerhard Lang vehement für die Entwicklung subaquatischer Plattformbohrun-

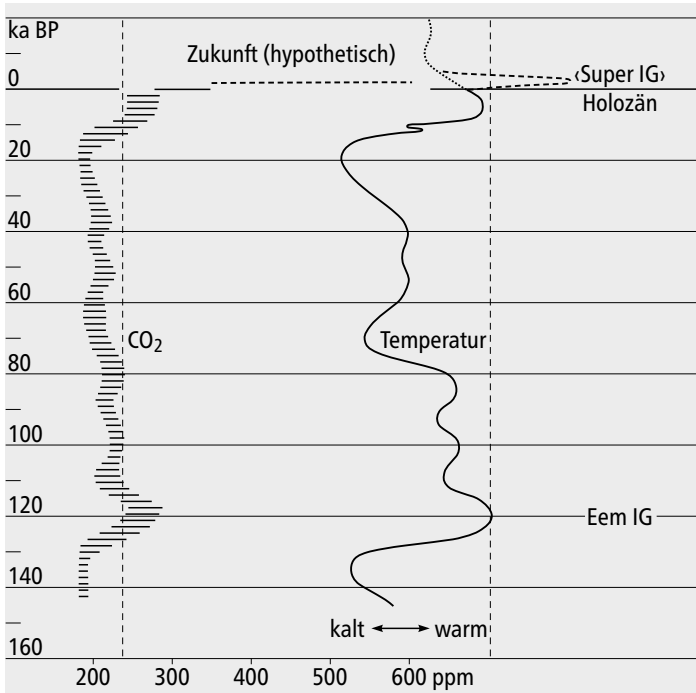


Fig. 21: Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre (links) und globales Temperaturmittel (rechts) während der letzten 150000 Jahre sowie Prognose für die Zukunft. Linke Kurve: Schwankungsbereich nach Lorius et al. (1985). Rechte Kurve nachgezeichnet nach Imbrie und Imbrie (1979).

gen in Seen ein, deren Bohrprofile aufschlussreiche Informationen zum quartären Klima vor allem des Holozäns lieferten.

Gerhard Lang verband seine grossen geobotanischen Kenntnisse stets geschickt mit vegetationsgeschichtlichen Ansätzen, die zeitlich weit ins Pleistozän zurückreichten. Sein «Opus Magnum» war zweifellos die «Quartäre Vegetationsgeschichte Europas», die er fünf Jahre nach seiner Emeritierung im Jahr 1994 vorlegte (Lang, 1994). In diesem Werk, für das er in akribischer Arbeit höchst persönlich die grafisch hervorragenden Figuren zeichnete, befasste er sich neben den quartärbotanischen Methoden sowie der Vegetations- und Florenentwicklung auch mit den Einflüssen des natürlichen und menschgemachten Klimawandels. Als wichtige Marker benützte er Jahresmittel und mittlere Julitemperaturen. Als visionär kann der in Figur 21 gezeigte Vergleich zwischen der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre und der globalen Temperatur bezeichnet werden. Er umfasst nicht nur die letzten 150000 Jahre. Lang wagte in den früher 1990er Jahren auch eine Prognose für die kommenden Jahrzehnte. Dabei spricht er von der Möglichkeit, dass die CO₂-Konzentrationen bis 2080 auf 600ppm anwachsen könnten, was einer Temperaturzunahme von 1.5 bis 4.5°C entsprechen würde. Er befasst sich dabei auch mit den Folgen für die europäischen Vegetation und warnt vor Analogschlüssen, welche sich auf frühere Warmzeiten beziehen. Für die europäischen Gebirge postuliert er ein Höhersteigen der Waldgrenze und in tieferen Lagen Mitteleuropas und Südeuropas eine Verdrängung der Buchenwälder zugunsten thermophiler Eichenwälder.

6.1.3. Brigitta Ammann (geb. 1941)

Brigitta Ammann hat bei Max Welten studiert und im Jahre 1990 die Nachfolge von Gerhard Lang angetreten. In ihren frühesten Arbeiten beschäftigte sie sich mit vegetationskundlichen und pollenanalytischen Studien sowie mit Seespiegelschwankungen in ihrer engsten Heimat am Heidenweg des Bielersees. Bereits früh wuchs in ihr die Erkenntnis, dass vor allem kleine, geschlossene Seebecken eine relativ kontrollierte Dynamik aufweisen und sich deshalb ausgezeichnet für paläoklimatologische Studien eignen. In ihrer Dissertation, die sich mit der spätquartären Vegetationsgeschichte des Lobsigensees auf dem Frienisberger Plateau

befasste, manifestierte sich bereits ihr grosses Interesse für diese Zeitperiode. Ähnlich wie Gerhard Lang entwickelte auch sie ein ausgesprochenes Interesse für Multiproxyanalysen, das heisst für den Einbezug eines breiten Spektrums von Indikatoren aus Fauna und Flora, welche in den erbohrten Moor- oder Seesedimenten gefunden und analysiert werden können (Ammann, 1989). Im übertragenen Sinn könnte sogar festgestellt werden, dass Brigitta Ammann den «Multiproxyansatz» auch auf die Menschen übertragen hat. Eine ihrer grossen Stärken waren nämlich die Begeisterung und der Einbezug von zahlreichen Kolleginnen und Kollegen des In- und Auslandes, welche ihre spezifischen Methoden in die von ihr angeregten Projekte einbrachten.

Es war stets Brigitta Ammanns grosses Anliegen, die Reaktion der Vegetation auf die wirkenden Umwelteinflüsse abzuschätzen und zu erklären. Diesen Fragen ist sie in den gemeinsamen Teamarbeiten nachgegangen. Daraus sind zwei vielbeachtete Spezialausgaben der Zeitschrift PALAEO3 entstanden. Im sogenannten «Rapid-Warming Projekt», dessen Ergebnisse im Jahr 2000 publiziert wurden, wurde die Frage gestellt, wie verschiedene Gruppen von Organismen auf die raschen Klimaänderungen des Spätglazials, insbesondere am Ende der Jüngeren Dryas um 11 535–11 478BP, reagiert haben, und wie schnell diese Reaktionen waren (Ammann, 2000). Dabei spielte immer der Gerzensee eine zentrale Rolle. Bei der zweiten Studie, die Brigitta Ammann in enger Zusammenarbeit mit Herb Wright wiederum mit einem grösseren Team durchführte, stand der Gerzensee sogar im Mittelpunkt der Betrachtungen (Ammann und Wright, 2013). Im Rahmen dieser «Early Rapid Warming» genannten Initiative wurden die biotischen Reaktionen auf die rasche Erwärmung um 14 685 Jahre vor 1950 AD untersucht, welche mindestens 6.2°C betrug. Eine zentrale Rolle spielte insbesondere der Vergleich mit den Temperaturrekonstruktionen des grönländischen NGRIP Projektes.

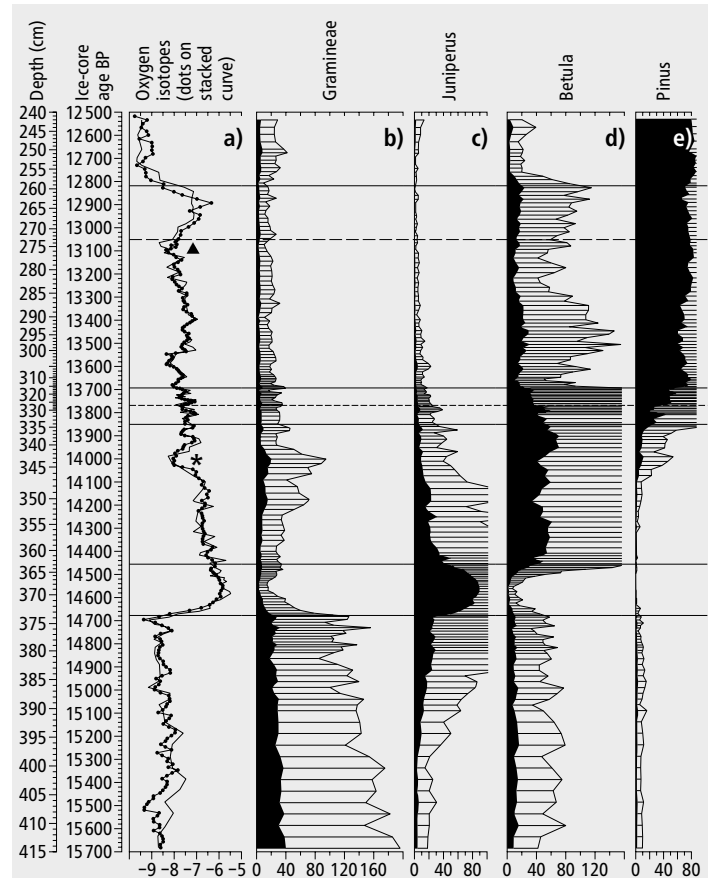


Fig. 22: Ausschnitte eines Pollendiagramms vom Gerzensee (Angaben in %). **a)** Sauerstoffisotopenkurve ($\delta^{18}O$). **b) bis e)** Kurven der Pollenkonzentration ausgewählter Pflanzen. Stern: Temperaturrückgang der Ågelseeoszillation. Dreieck: Temperaturrückgang der Gerzenseeoszillation (nach Ammann et al., 2013).

Figur 22 stammt aus der zweiten Studie in PALAEO3. Sie zeigt anhand einzelner Zeitreihen aus einem Pollendiagramm der Gerzenseebohrung exemplarisch den Übergang von der Ältesten Dryas zu Bølling und Allerød (Ammann et al., 2013). Auf der linken Kurve (Figur 22a) ist anhand der Sauerstoffisotopen deutlich die markante Temperaturzunahme um 14685 Jahre BP (before present, d.h. vor 1950) zu erkennen. Im Verlauf der Kurve sind vor dem Übergang zur Jüngeren Dryas um 12800BP zwei Kälterückfälle zu erkennen: Der Stern markiert die sogenannte Ägelseeoszillation um 14000 Jahre BP, und das Dreieck bei zirka 13000 Jahren zeigt die Ältere Dryas, auch als Gerzenseeoszillation bezeichnet. Anhand der vier Pollenkurven in Figur 22b–e soll in einfacher Form auf die Sukzession der Vegetation nach dem Erwärmungsschub hingedeutet werden. Um 14685BP erfolgte zunächst der Übergang von der Steppentundra (in Figur 22b markiert durch die Gräser: *Graminae*). Danach entwickelte sich eine Waldvegetation, zuerst in Form des Wacholders (Figur 22c, *Juniperus*) und anschliessend in Form eines Birkenwaldes (22d, *Betula*). Letzterer erholte sich auch bei den kurzen Kälterückfällen relativ rasch. Mit Beginn des Allerøds, d.h. nach zirka 13850BP, entwickelte sich zunehmend der Kiefernwald (*Pinus*), welcher beim Übergang zur Jüngeren Dryas um 12800BP in einen offeneren Kiefer-Birkenwald überging. Die Nachfolge von Brigitta Ammann wurde im Jahr 2006 von Willy Tinner angetreten.

6.1.4. André Lotter (geb. 1956)

Nach seinem Studium in Bern bei Gerhard Lang, nach Auslandsaufenthalten und sechs Jahren Tätigkeit an der EAWAG in Dübendorf bei Zürich habilitierte André Lotter in Bern und war hier von 1996 bis 2000 Oberassistent, bevor er während 12 Jahren als Professor und Leiter der Paläoökologie an der Universität Utrecht in Holland tätig war.

Lotter hat bereits in seiner Berner Zeit einen klaren Weg in Richtung einer stringenten statistischen Analyse beschritten und die entsprechenden Methoden stetig weiterentwickelt. Dabei hat er für Klimarekonstruktionen neben Pflanzenpollen insbesondere die Fauna aquatischer Archive wie zum Beispiel die Skelette von Zuckmückenlarven und Wasserflöhen verwendet. Mit Hilfe von Transferfunktionen, welche in kürzeren Perioden kalibriert und verifiziert wurden, konnten die Sommertemperaturen über eine längere Zeitperiode rekonstruiert werden. Unter anderem hat er zusammen mit Kollegen aufgezeigt, wie die Rückstände von Kieselalgen, Wasserflöhen, Zuckmücken und Goldalgen für die Rekonstruktion der früheren Umweltverhältnisse in den Alpen verwendet werden können (Lotter et al., 1997). Im Rahmen des oben erwähnten «Early Rapid Warming» Projektes haben Lotter et al. (2000) mit verschiedenen methodischen Ansätzen die Sommertemperaturen des Gerzensees geschätzt und dabei die Temperaturkurven auf der Basis von hochaufgelösten Pollen- und Wasserflohstratigraphien miteinander verglichen. Figur 23 zeigt diesen Vergleich für die Zeit des Übergangs vom Spätglazial zum Holozän. Neben den beiden Temperaturkurven wird zusätzlich die Isotopenkurve von $\delta^{18}\text{O}$ dargestellt, welche zur zeitlichen Festlegung der Gerzenseedaten beigezogen wurde. Diese zeitliche Einordnung erfolgte mithilfe eines Kurvenvergleiches, «wiggle matching» genannt (Schwander et al., 2000). Erfasst wurde das Zeitfenster zwischen Allerød und Präboreal. Insgesamt weist die Wasserflohkurve auf höhere Sommertemperaturen hin, dies weil die terrestrische Vegetation am Übergang vom Spätglazial zum Holozän noch nicht im Gleichgewicht war. Diese Methode dürfte deshalb die Sommertemperaturen genauer wiedergeben.

Insgesamt ist schön sichtbar, wie nach der ersten Erwärmung des frühen Allerød um 13300 Jahre vor heute insgesamt drei typische Kälterückfälle auftraten. Der grösste, die Jüngere Dryas (JD), umfasste den Zeitraum von zirka 12730 bis 11700 Jahre vor heute und war vor allem eine Folge der verminderten Wärmezufuhr durch den Golfstrom, dessen Strömung durch Ausbrüche von Süsswasser aus dem

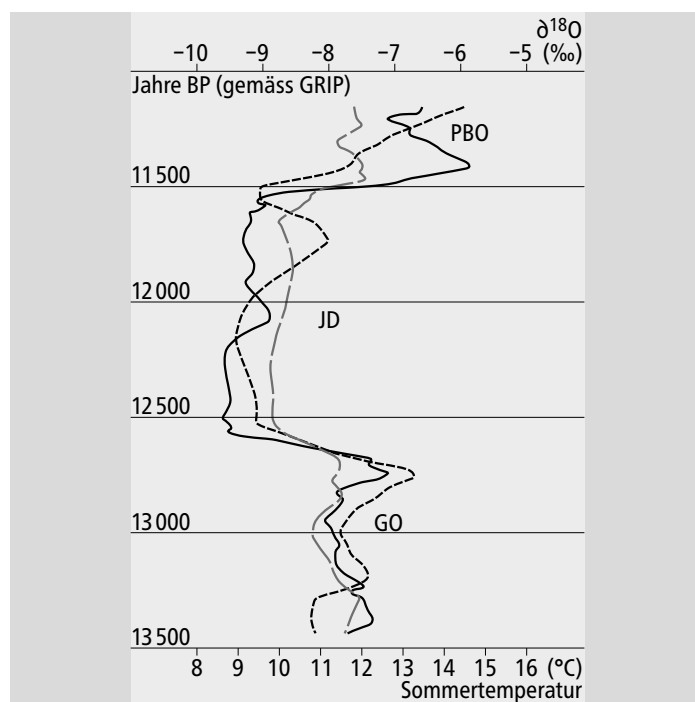


Fig. 23: Mittlere Sommertemperaturen am Übergang vom Spätglazial zum Holozän, bestimmt aufgrund von hochaufgelösten Pollen- (kurz gestrichelte Linie) und Wasserflohstratigraphien (durchgezogene Linie) aus dem Gerzensee. Die lang gestrichelte Linie zeigt den $\delta^{18}\text{O}$ -Verlauf anhand des GRIP-Eisbohrkerns. GO: Gerzensee-Oszillation, JD: Jüngere Dryas, PBO: Präboreale Oszillation (nach Lotter, 2000).

schmelzenden Laurentidischen Eisschild Nordamerikas gebremst wurde. Die Temperatur ging geschätzt von 11–13 auf 9–10°C zurück. In enger Zusammenarbeit mit den Teams von Hans Oeschger und später auch Thomas Stocker wurden diese raschen Kippeffekte im Nordatlantik detailliert untersucht und auch in Modellen rekonstruiert. Da die Sonneneinstrahlung auf der Nordhemisphäre zu dieser Zeit im Sommer aufgrund der Erdbahnschwankungen sehr hoch war, ist denkbar, dass auch die beiden kleineren Oszillationen vor und nach der JD, die Gerzensee-Oszillation (GO) und die Präboreale Oszillation (PBO) zumindest teilweise auf eine Abschwächung des Golfstroms infolge von Schmelzwasserausbrüchen aus dem Laurentidischen Eisschild zurückzuführen waren. Möglicherweise spielten auch starke Vulkaneruptionen eine Rolle.

6.1.5. Weitere Beiträge von Forschern des Systematisch-Geobotanischen Instituts

Klaus Ammann (1940–2023) promovierte 1972 bei Max Welten mit einer Arbeit zur Geschichte der Vegetation und der Gletscher der Alpen. Danach hat er sich in der Forschung vor allem mit der Biologie der Flechten befasst. Daneben hat er sich stark für eine Gentechnik und Biotechnologie eingesetzt, welche eine ökologische Landwirtschaft unterstützt und damit mithilft, die Probleme der globalen Ernährung und des Hungers zu bekämpfen. Klaus Ammann hat in der Schweiz die erste Forschungsgruppe für Lichenologie gegründet. Dank seines breiten Interesses und seiner Kontaktfreudigkeit hat er sich mit seinem Team an verschiedenen meteorologisch-lufthygienischen Projekten beteiligt und dabei die Methode des Biomonitoring erfolgreich zur Abschätzung des Einflusses von Luftfremdstoffen auf die Flechtenvegetation eingesetzt. Ehemalige Mitglieder seiner Forschungsgruppen wirken heute erfolgreich bei der Abschätzung des Einflusses langfristiger Massnahmen zur Reduktion der Luftfremdstoffbelastung in grösseren Agglomerationen mit. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 14 (Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der

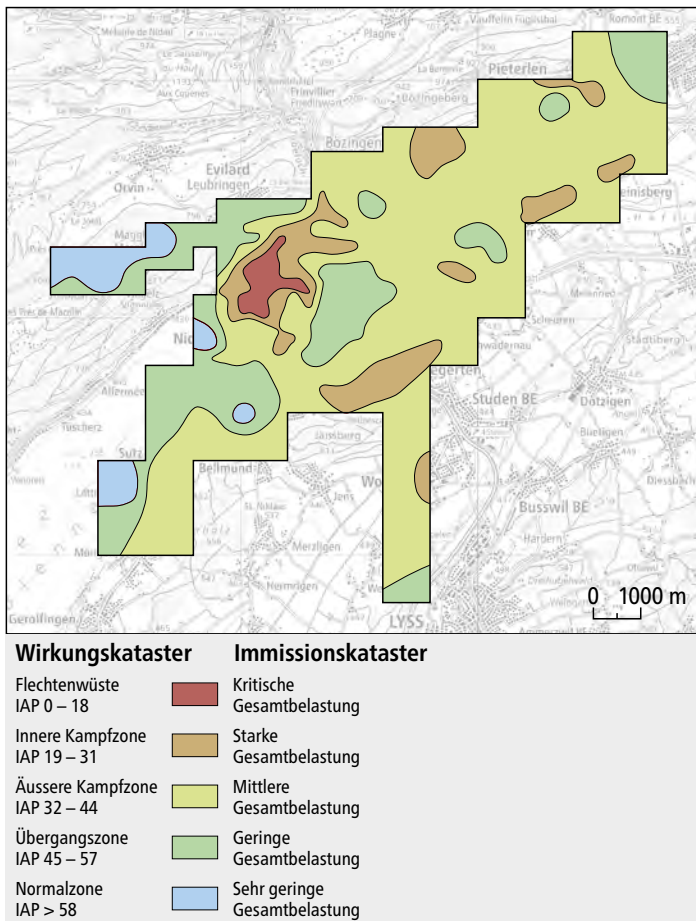


Fig. 24: Auf Flechten basierende Darstellung eines Wirkungs- und Immissionskatasters der Stadtregion Biel (Urech et al., 1991; Wanner, 1991 / Kartengrundlage © swisstopo).

Schweiz) engagierte sich das Team von Klaus Ammann in der Studie zu Klima und Luftverschmutzung in der Stadtregion Biel (Wanner, 1991). Aufgrund eines ausgedehnten Biomonitorings entwarfen sie eine Karte mit einem Wirkungs- und Immissionskataster der Stadtregion (Urech et al., 1991). Diese ist in Figur 24 dargestellt. Dabei ist der Übergang von der Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung im Umland (blaue Farbe) zum Stadtzentrum mit kritischer (sehr hoher) Gesamtbelastung sehr schön zu erkennen.

Urs Feller (geb. 1948) hat an der Universität Bern studiert und promoviert. Er habilitierte im Jahr Bern 1984, war Postdoc an der University of Illinois und wurde 1988 in Bern zum Professor für Pflanzenbau ernannt. Er beschäftigte sich schwerpunktmässig mit interdisziplinären Fragestellungen im Bereich Botanik und Agronomie. Im Rahmen dieser Arbeiten zur Physiologie der Gesamtpflanze studierte er insbesondere die Auswirkungen des Klimawandels auf Bäume sowie auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Er erforschte den Einfluss von Hitzestress auf die physiologischen Vorgänge in Weizenblättern. Unter anderem hat er als Mitherausgeber eine Serie von Beiträgen zum abiotischen Stress in der Agrarökologie durch verschiedene klimatische Faktoren mitgestaltet (Feller et al., 2017).

Jürg Fuhrer (geb. 1952) studierte an der Universität Bern und promovierte in Pflanzenphysiologie. Nach Aufenthalt in den USA als Postdoctoral Fellow am Biologiedepartement der Yale Universität sowie am Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Tucson arbeitete er bis 1985 am Berner Pflanzenphysiologischen Institut. 1986–1999 war er Forschungsgruppenleiter am Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft in Bern-Liebefeld, und von 2000 bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2017 war er Leiter der Gruppe Lufthygiene/Klima an der Forschungsanstalt Agroscope in Zürich-Reckenholz. 1995 verlieh ihm die Universität

Bern den Titel eines Honorarprofessors. Jürg Fuhrer's frühe Arbeiten zur Bestimmung kritischer Grenzen der Ozonbelastung für die Vegetation Europas haben eine breite Beachtung gefunden (Fuhrer et al., 1997) und haben die europäische Luftreinhaltepolitik massgebend beeinflusst. In Experimenten mit sogenannten Open-Top Expositionskammern wurde der Einfluss unterschiedlicher Ozonbelastungen auf Grasland und auf den Weizen studiert. Dabei konnte mithilfe von Modellabschätzungen nachgewiesen werden, dass der Weizenenertrag im Jahr 1994 in weiten Teilen des Schweizer Mittellandes und im Tessin in der Grössenordnung von 10–20% vermindert war. Später wurde mit neuartigen, offenen Begasungssystemen nachgewiesen, dass die Pflanzenzusammensetzung von Naturwiesen im Mittelland und in den Alpen weniger empfindlich auf Ozon, aber stärker auf Stickstoff aus der Luft reagiert (Bassin et al., 2013). Neben der Bilanzierung des Treibhausgasahushaltes von CO₂, N₂O und CH₄ an neun europäischen Grünlandstandorten hat sich Jürg Fuhrer im Zuge des zunehmenden Klimawandels ebenfalls mit dessen Einfluss auf das Bodenwasser und die landwirtschaftliche Produktion auseinandergesetzt. Dabei hat er sich spezifisch mit geeigneten Anpassungsmassnahmen befasst. In einer regionalen Studie im Wallis wurde anhand von vier transienten Klimaszenarien gezeigt, dass künftig in höheren Regionen mit Viehwirtschaft der höhere Wasserbedarf und in Tallagen mit Dauerkulturen der Spätfrost und der Hitzestress für das Vieh die grössten Probleme darstellen (Fuhrer et al., 2014). Für das Seeland wurden Möglichkeiten der Anpassung an eine zunehmende Wasserverknappung in der Landwirtschaft anhand verschiedener Kriterien modellhaft aufgezeigt (Klein et al., 2013). Zusammen mit Peter Gregory hat Jürg Fuhrer ein Buch über den Einfluss des Klimawandels auf Agrarökosysteme und über die Möglichkeiten der Anpassung herausgegeben (Fuhrer and Gregory, 2014). Jürg Fuhrer war Projektleiter mehrerer internationaler Forschungsprojekte und langjähriger Chefredaktor der Zeitschrift «Agriculture, Ecosystems and Environment».

Unter den Forschenden des Systematisch-Geobotanischen Instituts, welche ihre Karriere an anderen Universitäten fortsetzten, ist Oliver Heiri zu erwähnen, dessen Forschungsgruppe sich an der Universität Basel mit der Erforschung von Umwelteinflüssen auf biotische Systeme in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft beschäftigt.

6.2. Klimaforschung der Abteilung für Klima- und Umweltphysik des Physikalischen Instituts der Universität Bern

6.2.1. Hans Oeschger (1927–1998)

Hans Oeschger (Fig. 19b) hatte an der ETH Zürich Physik studiert und 1955 in Bern bei Friedrich Georg Houtermans mit einer experimentellen Arbeit promoviert, in deren Zentrum die Entwicklung eines empfindlichen Zählrohrs zur Messung schwacher Radioaktivitäten stand, unter anderem ¹⁴C. Er wurde deshalb 1958 als Postdoktorand von Hans E. Suess an die Scripps Institution of Oceanography nach La Jolla eingeladen. Dabei gelang es den beiden Forschern, das Mischalter des tiefen Ozeanwassers zu bestimmen, welches im Pazifik bei 1000 Jahren liegt.

Hans Oeschgers Beförderung zum Professor im Jahre 1963 erlaubte ihm die Gründung und den Aufbau der heute weltberühmten Abteilung für Klima- und Umweltphysik (KUP). Mit seiner Idee, wichtige Umweltisotope für die Erforschung der langfristig ablaufenden dynamischen Prozesse einzusetzen, wurde Hans Oeschger zu einem der wichtigsten Pioniere der globalen Umwelt- und Klimaforschung. Zusammen mit Friedrich Houtermans baute er ein ¹⁴C-Labor auf, welches mit sehr hoher Präzision messen konnte. Zusätzlich zu ¹⁴C konnten die Konzentrationen ³H, ¹⁴C, ²⁶Al, ³⁷Ar, ³⁹Ar, ⁸¹Kr und ⁸⁵Kr bestimmt werden.

Im Rahmen militärstrategischer Projekte hatte der amerikanische Forscher Chester Langway von der State University of New York in Buf-

falo in den frühen 1960er Jahren die Bewilligung erhalten, auf dem Raketenstützpunkt «Camp Century» in Grönland eine Eisbohrung vorzunehmen (Langway et al., 1985). Im Jahr 1966 wurde bei einer Bohrtiefe von 1388m der Felsgrund erreicht. Das riesige Interesse am mutmasslich ältesten gefundenen Eis rief den dänischen Forscher Willi Dansgaard auf den Plan. Er konnte anhand der Isotopenanalyse zwar die Temperatur rekonstruieren, das Alter des Eises konnte er jedoch nicht bestimmen. Aufgrund von dessen Publikationen über die ^{14}C -Datierung kontaktierte er deshalb Hans Oeschger (Oeschger et al. 1966). Damit begann eine Jahrzehnte dauernde fruchtbare Zusammenarbeit. 1971 starteten Dansgaard, Oeschger und Langway das «Greenland Ice Sheet Program» (GISP), welches von den USA finanziert wurde, und 1989 begannen die Bohrungen des europäisch finanzierten «Greenland Ice Core Project» (GRIP).

Mit den Eisbohrprojekten mutierten Willi Dansgaard und Hans Oeschger von Labor- zu Feldphysikern, die sich an die einfachen Verhältnisse in Kälte und Eis anpassen mussten. Mit der Bestimmung des Alters der Eisproben wuchs das Interesse nach weiteren Erkenntnissen, insbesondere für die Rekonstruktion des atmosphärischen CO_2 , welches aus den Luftbläschen im Eis extrahiert werden konnte. Damit trat die Berner Gruppe aus dem Schatten der Glaziologen, und Hans Oeschger entwickelte zunehmend ein grosses Verständnis für die Dynamik des Systems Erde, insbesondere für die das Klima bestimmenden Wechselwirkungen zwischen dem Ozean, der Atmosphäre und den Kontinenten mit der Vegetation und den grossen Eisschildern. Durch die wachsenden technischen Möglichkeiten und durch den Ausbau der Forschungsinfrastruktur (u.a. Massenspektrometrie) eröffneten sich Dansgaard und Oeschger neue Möglichkeiten zur hochaufgelösten Bestimmung von CO_2 und $\delta^{18}\text{O}$, und damit auch der Temperatur.

Unter anderem entdeckten die beiden Forscher eine Serie schneller und abrupter Klimaänderungen. Es handelte sich um eine rasche Erwärmung, im Normalfall von zirka 5°C in 30–40 Jahren, gefolgt von einer allmählichen Abkühlung über eine längere Periode, die sie auch mit einer Südverlagerung der Polarfront und mit einem CO_2 -Anstieg von zirka 5 ppm in Verbindung bringen konnten. Figur 25 zeigt die Abfolge dieser zeitweise oszillierenden Ereignisse in der zweiten Hälfte der letzten Eiszeit, welche ungefähr eine Periodenlänge von 1470 Jahren aufweisen. Insgesamt wurden für die letzte Eiszeit 26 Ereignisse registriert, das Phänomen erhielt zu Ehren der beiden Entdecker den Namen «Dansgaard-Oeschger-Ereignis», und Hans Oeschgers Nachfolger Thomas Stocker konnte zeigen, dass es vor allem auf Wärmetransporte im Zusammenhang mit einer «Schaukelbewegung» der Strömung im atlantischen Ozean zurückzuführen ist (davon später). Ein tieferes Verständnis für die Glazial- und Interglazialzyklen erwuchs Hans Oeschger auch durch die Zusammenarbeit mit seinen Kollegen und Freunden Max Welten und Bruno Messerli (Oeschger et al., 1980).

Die grönländischen Eisbohrkerne erlaubten den Einblick in 150 000 Jahre Klimageschichte. Dabei wuchs bei Hans Oeschger die Erkenntnis, dass die Menschen aufgrund der zunehmenden Überschwemmung

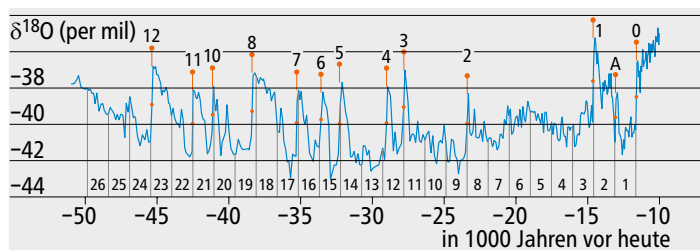


Fig. 25: Darstellung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in der zweiten Hälfte der letzten Eiszeit anhand einer Zeitreihe des GISP2-Bohrkerns aus Grönland. Die roten Punkte mit den Nummern 0 bis 12 markieren die einzelnen Dansgaard-Oeschger-Ereignisse. Die vertikalen Linien weisen auf die typische Periodizität von 1470 Jahren hin (nach Rahmstorf, 2003).

der Erde mit billigem Erdöl und dem damit ausgelösten exponentiellen Anstieg der Treibhausgase das Erdklima immer mehr verändern. Dies führte bei ihm zu neuen Aktivitäten und zum Weiterausbau seines Forschungsteams, dessen Mitglieder ebenfalls zu internationalen Spitzenforschern wurden. Hans Oeschger setzte sich unermüdlich für die Messung weiterer umweltrelevanter Isotope ein und warb für die Ausdehnung der Eisbohrexperimente in den Raum der Antarktis. Er trat auf nationaler Ebene als Vortragsredner und gesuchter Interviewpartner auf. International war er eine prägende Persönlichkeit im Hinblick auf die Konferenz von Rio 1992, und trug wesentlich zum Inhalt des ersten Sachstandsberichtes des IPCC bei (Watson et al., 1990). National wirkte er als Initiator des Treffens von 55 Forscherinnen und Forschern, welche sich 1987 in Gletsch zu einer Aussprache über die Zukunft der Schweizer Klimaforschung trafen. Sie erwirkten damit die Initialzündung zur Schaffung des «Forums für Klima und globalen Wandel Proclim» innerhalb der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften, und indirekt auch zum Start mehrerer nationaler Vorhaben zur Klimaforschung.

Hans Oeschger war ein offener und warmherziger Kollege. Er war kein geborener Stratege und liess seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sehr grosse Freiheiten. Als er älter wurde, konnte ich oft erleben, dass ihm die politische Gegnerschaft zusetzte, und dass ihm die Tatsache des nur langsamen Vorankommens klimapolitischer Massnahmen erhebliche Sorgen bereitete. Er hatte mehrere prestigeträchtige Auszeichnungen erhalten (u.a. 1996 den Tyler Prize und 1997 die Roger Revelle Medal). Trotz dieser Auszeichnungen war bei ihm zunehmend eine leicht hypochondrische Grundstimmung auszumachen, die leider durch seine schwere Krebserkrankung noch gefördert wurde.

6.2.2. Heinz Hugo Loosli (1936–2021)

Ich habe miterlebt, dass Hans Oeschger eine sehr offene Planung verfolgte. Er hat sich aktiv für seine Doktoranden eingesetzt und diesen zu Karrieren verholfen. Neben Martin Wahlen, der früh in die USA ging, waren es Bernhard Stauffer, Uli Siegenthaler und Hugo Loosli. Loosli hat in Bern, Basel und Zürich Physik studiert, 1968 bei Hans Oeschger promoviert und anschliessend als Postdoktorand an der University of California in San Diego gearbeitet. Er habilitierte 1980 in Bern und wurde 1987 zum Professor befördert. Seinen Neigungen folgend hat er sich stark auf Methoden zur Anwendung von Isotopen als radioaktive Tracer spezialisiert. International wurde er durch seine Arbeiten zur Bestimmung der Altersstruktur, des Ursprungs und der Dynamik von Grund- und Porenwässern mithilfe von Isotopen und Edelgasen zu einer wichtigen Autorität (Loosli et al., 2001). National hat er sich mit Projekten zur Überwachung der Radioaktivität profiliert.

Hugo Loosli hat sich neben diesen wichtigen wissenschaftlichen Arbeiten auch in den Dienst unserer Gesellschaft gestellt. Er war bereit, Führungspositionen einzunehmen, leitete als Präsident zuerst die Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KueR) und später ebenfalls die Eidgenössische Meteorologische Kommission. Grosse Verdienste erwarb er sich auch mit der Förderung wissenschaftlicher Projekte auf der Forschungsstation Jungfraujoch. Zudem befasste er sich intensiv mit dem Einfluss der Kernkraftwerke und der chemischen Industrie auf deren Umgebungsatmosphäre (Loosli und Oeschger, 1989) sowie mit dem Einfluss von Radionukliden auf das Waldsterben (Loosli, 1984).

Figur 26 zeigt die Resultate mehrjähriger Untersuchungen in der Umgebungsluft des Kernkraftwerkes Leibstadt. Nach dem Start der Anlage wurde die ^{14}C -Aktivität in den Blättern von Buchen an vier Standorten in deren Umgebung gemessen. Buchenblätter integrieren die atmosphärische Aktivität ihrer Umgebung, dies besonders während der Wachstumsphase in den Monaten Mai und Juni. Die Messungen eignen sich gut für einen Vergleich mit Simulationen von Ausbreitungsmodellen. Ein Anstieg der gemessenen Werte auf 80–100%

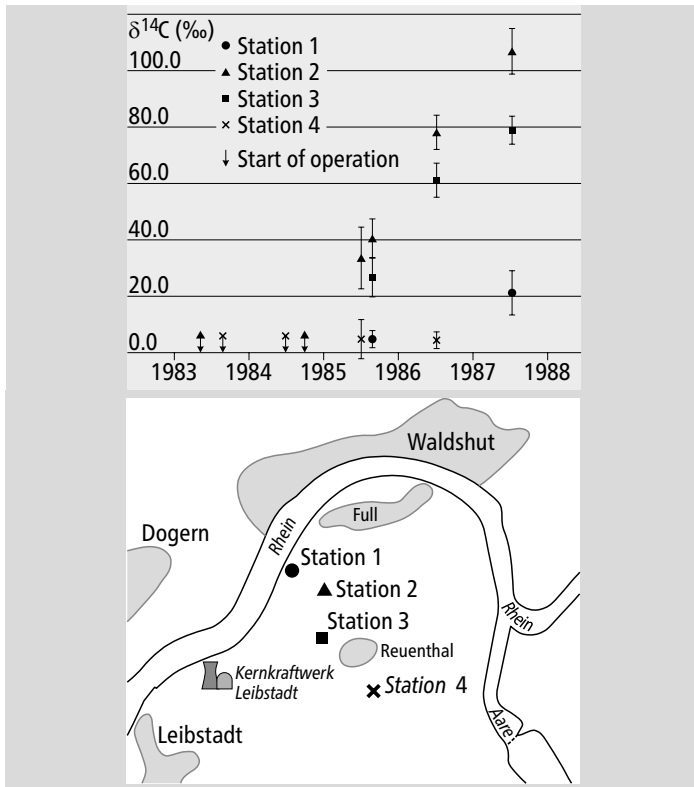


Fig. 26: Messwerte von ^{14}C in der Umgebungsluft des Kernkraftwerkes Leibstadt. Dargestellt sind Relativwerte, bezogen auf eine Referenzstation (nach Loosli und Oeschger, 1989).

$\delta^{14}\text{C}$ ist vor allem im Lee der Hauptwindrichtung Südwest sichtbar. Würde von Personen in der Nähe der Anlage nur Gemüse, Fleisch und Milch von diesem Standort gemessen, würde sich deren Dosis in der Höhe von 0.001 mSv bewegen. Dieser Wert liegt ganz deutlich unter der natürlichen Dosis der kosmischen Strahlung sowie der terrestrischen und internen Quellen in der Grössenordnung von 1.3 mSv (Loosli und Oeschger, 1989).

Hugo Loosli hatte in Bernhard Lehmann einen initiativen Mitarbeiter und Kollegen. Bernhard Lehmann hat sich neben Studien zur Radonemanation aus dem Boden unter anderem mit der Verwendung von Radionukliden bei der Datierung von Grundwasser befasst (Lehmann und Purtschert, 1997).

6.2.3. Bernhard Stauffer (1938–2017)

Bernhard Stauffer studierte an der ETH Zürich Physik und promovierte 1966 bei Hans Oeschger. Nach einem Aufenthalt im Niels-Bohr-Institut in Kopenhagen übernahm er in Bern eine Assistenz, habilitierte 1980 und wurde 1987 zum Professor befördert.

In Hans Oeschgers Team wurde Bernhard Stauffer zum Pionier, der mit seinem Team geeignete Methoden zur Messung von Kohlendioxid und Methan in kleinen Eisproben entwickelte. Der Weg dazu war zum Teil steinig und auch körperlich eine Herausforderung. Im Jahr 1967 begleitete er Hans Oeschger zur ersten Grönlandexpedition mit Bohrrausrüstung und Zelt, bei der es lediglich darum ging, das ^{14}C -Alter des Eises zu bestimmen. Dabei erkannten sie, dass in sehr kaltem Eis alte Luftblasen kompakt eingeschlossen sind, aus denen die Konzentrationen von Spurengasen zeitabhängig bestimmt werden können. Das Team von Bernhard Stauffer entwickelte ein Trockenextraktionssystem mit einem Nadelzerkleinerer, mit dessen Hilfe die Gasproben ohne Verunreinigung analysiert werden konnten. Die daraus resultierende Bestimmung der Schwankungen des Kohlenstoffkreislaufes (vor allem auch des Methans) während der letzten Eiszeit und der gegenwärtigen Warmzeit war ein absoluter Durchbruch der Forschung an Eisbohrkernen.

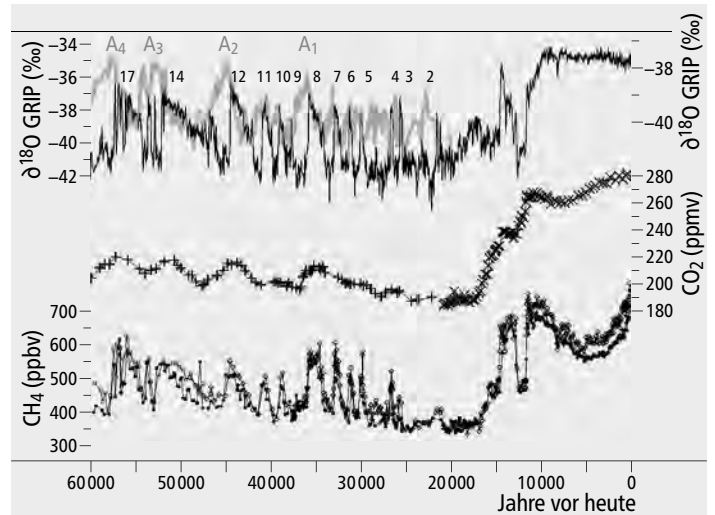


Fig. 27: Synthese aus Daten von Eisbohrkernen in Grönland und der Antarktis für die letzten 60 000 Jahre. Oberste Kurve: $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven für Grönland (schwarz) und die Antarktis (grau). Buchstaben markieren antarktische Warmphasen, Zahlen bezeichnen Dansgaard-Oeschger events (siehe auch Fig. 26). Mittlere Kurve: CO_2 -Konzentrationen an den Standorten Taylor Dome (+) und Dome Concordia (x) in der Antarktis. Unterste Kurve: CH_4 -Konzentrationen an verschiedenen Standorten in Grönland (offene Symbole) und der Antarktis (schwarze Symbole).

Bernhard Stauffer erkannte früh, dass das kältere Eis der Antarktis präzisere Bestimmungen der Spurengaskonzentrationen erlaubte. Er entwickelte sich zu einem Spezialisten für die physikalischen Prinzipien des Gaseinschlusses im Eis (Stauffer, 1981). Aufgrund seines Fachwissens, aber auch durch seine natürliche wissenschaftliche Autorität wurde er zunehmend als Leiter von grossen Projekten in Grönland und in der Antarktis eingesetzt. Unter anderem war er Chefwissenschaftler des bekannten Projektes EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica), in dessen Rahmen das älteste bisher geförderte Eis von zirka 900 000 Jahren gewonnen wurde.

Seine grosse Teamfähigkeit widerspiegelt sich auch in einer grösseren Zahl von Publikationen, in denen Bernhard Stauffer die Ergebnisse aus verschiedenen Eisbohrprojekten systematisch zusammengefasst hat. Figur 27 zeigt eine entsprechende Synthese mit Daten aus Eisproben aus Grönland und der Antarktis (Stauffer et al., 2002). Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der obersten Kurve stellen eine Schätzung der Temperatur dar. Dabei ist die einsetzende Erwärmung nach 17 000 Jahren vor heute, unterbrochen durch den Kälterückfall der Jüngeren Dryas um 12 800 Jahre vor heute, klar erkennbar. Die vier antarktischen Warmphasen A1 bis A4 laufen den Dansgaard-Oeschger Events voraus. Die CO_2 -Werte (mittlere Kurve) verläuft ungefähr synchron mit den grössten atlantischen Warmphasen. Die CH_4 -Konzentrationen (unterste Kurve) laufen recht parallel zu den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten.

6.2.4. Ulrich Siegenthaler (1941–1994)

Hans Oeschger hat früh erkannt, dass das Verständnis für die komplexe Dynamik des Klimasystems neben der Analyse von Daten aus den zahlreichen Feldexperimenten in Grönland und in der Antarktis durch geeignete Modellanwendungen erheblich erweitert werden kann. In Uli Siegenthaler fand er die Person, die für dieses Anliegen ein grosses Verständnis entwickelte. Nach seinem Studium an der ETH Zürich schloss er sein Doktorat bei Hans Oeschger im Jahr 1971 mit einer Arbeit zur Anwendung stabiler Isotopen für das Studium des Wasserkreislaufes ab. Er war ein klarer und kritischer Denker, der sich für die interdisziplinären Probleme der globalen Klimadynamik begeistern liess.

Uli Siegenthaler baute in Bern eine Gruppe zur Modellierung des globalen Kohlenstoffkreislaufes auf, welche ganz wesentlich zum Ver-

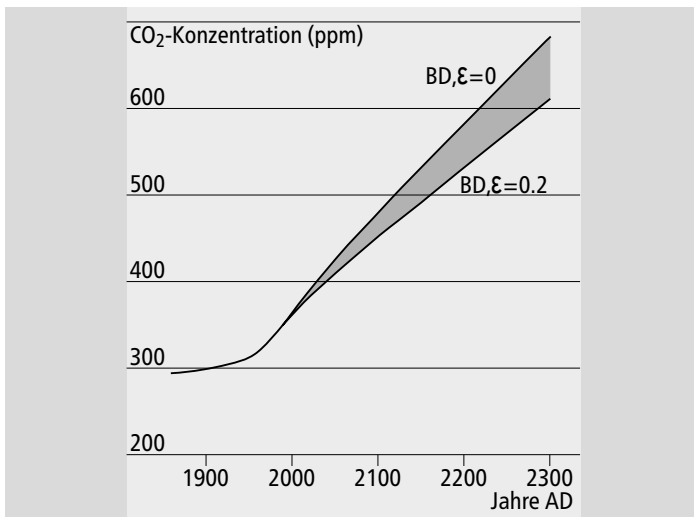


Fig. 28: Prognose der atmosphärischen CO_2 -Konzentrationen bis zum Jahr 2300, basierend auf einer Produktionsrate von 2.4 ppm pro Jahr. Der schattierte Ausschnitt zeigt den Bereich der wahrscheinlichsten Realisierungen (nach Siegenthaler und Oeschger, 1978).

ständnis der relevanten physikalischen und chemischen Prozesse im Zusammenhang mit den natürlichen und anthropogen bedingten Schwankungen des Kohlendioxids beitrug. Besonders zu erwähnen sind seine fundamentalen Beiträge zur Aufnahme des anthropogen produzierten CO_2 durch die Ozeane.

Uli Siegenthaler war massgeblich an der Entwicklung verschiedener Modelle zur Simulation des Kohlenstoffkreislaufes beteiligt. Clevere Parametrisierungen erlaubten es ihm, die Entwicklung der atmosphärischen CO_2 -Konzentration in Vergangenheit und Zukunft abzuschätzen (Joos, 1995). Nicht überraschend wurde das Berner Kohlenstoffzyklusmodell vom Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) als Referenz für Szenarienrechnungen ausgewählt. Siegenthaler hat bereits in der Frühphase des IPCC wesentliche Beiträge geliefert. Er hat sich stark für den Aufbau des Labors zur Messung stabiler Isotope eingesetzt und damit wichtige Grundlagen zur Dynamik dieser Isotope in Seesedimenten geliefert

Zusammen mit Hans Oeschger publizierte er 1978 einen bahnbrechenden Artikel, in dem sie die zukünftige Entwicklung der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentration sowie die Verteilung von deren Emissionen in Biosphäre und Ozean mit erstaunlicher Präzision vorhersagten (Siegenthaler und Oeschger, 1978). In einem Beitrag für die Akademie der Naturwissenschaften betont Hans Oeschgers Nachfolger Thomas Stocker, dass sie klar festhielten, dass eine maximale CO_2 -Grenze nicht überschritten werden darf, damit die atmosphärische Strahlungsbilanz, also die Temperatur der Erdoberfläche, nicht in gefährlicher Weise gestört wird.

Figur 28 zeigt die 1978 vorhergesagte Konzentration des atmosphärischen CO_2 . Angenommen wurde eine konstante Produktionsrate von 2.4 ppm pro Jahr nach 1970. Die beiden auseinanderlaufenden Kurven zeigen den Unsicherheitsbereich. Dabei lässt sich klar erkennen, dass zum Beispiel für die frühen 20er Jahre des 21. Jahrhunderts realistische Konzentrationen um 400 ppm vorausgesagt wurden. Uli Siegenthaler wurde 1993 zum Fellow der American Geophysical Union ernannt und starb leider kurz danach an einer unheilbaren Krankheit. Die Leitung seiner Gruppe wurde von Fortunat Joos übernommen, der die Weiterentwicklung und Anwendung des Berner Kohlenstoffmodelles mit grossem Erfolg förderte.

6.2.5. Thomas Stocker (geb. 1959)

Als Nachfolger von Hans Oeschger wurde im Jahr 1993 Thomas Stocker berufen. Er hatte 1987 an der ETH Zürich bei Kolumban Hut-

ter promoviert und weilte dann als Postdoktorand mehrere Jahre an renommierten angelsächsischen Universitäten. Thomas Stocker hatte sich zum Ziel gesetzt, ein gekoppeltes Ozean-Atmosphären-Klimamodell mittlerer Komplexität zu entwickeln, welches günstigere Rechenzeiten als komplexe globale Modelle zulässt und Simulationen über Tausende von Jahren auf kleineren Rechnern erlaubt. Nach einem Aufenthalt am University College London weilte er an der McGill University in Montreal, wo er im Team mit Daniel Wright und Lawrence Mysak seine Modellidee realisieren konnte (Stocker et al., 1992).

Als Höhepunkt seiner Postdoktorandenzeit bezeichnet Thomas Stocker seinen Aufenthalt am Lamont-Doherty Earth Observatory der Columbia University von New York von 1991 bis 1993, wo er in der Person des international renommierten Geochemikers und Klimaforschers Wally Broecker auf seinen grössten Förderer und späteren Freund traf. Broecker hatte 1987 seine berühmte Publikation über die Existenz eines gigantischen Förderbandes im Weltozean veröffentlicht, das er als Conveyer Belt bezeichnete (Broecker, 1987). Mit Broecker zusammen konnte Thomas Stocker neue, fundamentale Anwendungen seines Modells realisieren. Insbesondere seine Simulationen zur thermohalinen Zirkulation im Atlantik und zur Aufnahme des CO_2 durch den Ozean wurden weltweit beachtet. Wally Broecker nannte jenen Teil des Förderbandes, welches den thermischen Nord-Süd-Austausch im Atlantik besorgt und zu raschen Temperatursprüngen führt (Fig. 25), in einer Publikation als «bipolar seesaw» (Broecker 1997), und Thomas Stocker bezeichnete diesen Vorgang in seiner vielbeachteten Publikation in Science als «Seesaw Effect» (Stocker 1998).

Wally Broecker trug mit seinem Rat dazu bei, dass Thomas Stocker als jungem Wissenschaftler die Leitung der bekannten Abteilung für Klima- und Umweltphysik der Universität Bern übertragen wurde. Mit dieser Aufgabe erweiterte sich das Arbeitsgebiet von Thomas Stocker sehr wesentlich. Unter anderem beteiligte sich Thomas Stocker sehr aktiv an den grossen Eisbohrprojekten in Grönland und vor allem in der Antarktis. Neben Aufhalten an beiden Standorten wirkte er intensiv bei der Interpretation und Publikation der Messdaten der Eisbohrexperimente mit.

Thomas Stocker hat die Wissenschaft immer als Teamarbeit aufgefasst, und eine grosse Zahl junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sehr aktiv gefördert. Einer der zahlreichen Höhepunkte für das Team der Berner Klima- und Umweltphysik war sicher die Publikation der Ergebnisse der über 800 000 Jahre umfassenden, aus Isotopenanalysen von Eisbohrkernen an den Antarktisstationen Dome C und Vostok abgeleiteten Datensätze (Lüthi et al., 2008). Al Gore, den Thomas Stocker bereits aus seiner Zeit in Lamont kannte, hat diese Kurven im Film «An Inconvenient Truth» eingehend kommentiert. Sie sind in Figur 29 dargestellt. Die obere, blaue Kurve stellt die Kon-

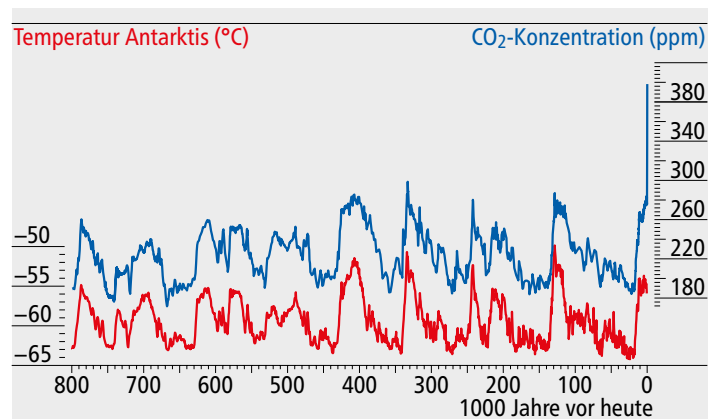


Fig. 29: Aus Eisbohrkernen der Antarktis ermittelte CO_2 -Konzentrationen (ppm; obere blaue Kurve) sowie Temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) für die letzten 800 000 Jahre (nach Lüthi et al., 2008).

zentration des CO_2 dar, und die untere rote Kurve zeigt den Verlauf der Temperatur. Insgesamt ist ein deutlicher Wechsel zwischen wärmeren und kälteren Phasen mit höheren und tieferen CO_2 -Werten zu erkennen, welche in erster Linie eine Folge der wechselnden Sonneneinstrahlung infolge der Erdbahnschwankungen darstellen. Total acht kältere Phasen markieren die letzten acht Eiszeiten oder Glaziale, welche eindeutig eine höhere Temperaturvariabilität aufweisen als die wärmeren Interglaziale. Die kürzeren Kaltphasen werden als Stadiale bezeichnet. Sie werden meistens durch die raschen Erwärmungen der D-O-Ereignisse abgelöst, welche in den Figuren 25 und 27 bereits detaillierter dargestellt wurden.

Wie seinerzeit Hans Oeschger beteiligt sich Thomas Stocker ebenfalls sehr aktiv an der öffentlichen Diskussion zum globalen Klimawandel, sei es als Vortragsredner, Projektleiter oder Mitglied in internationalen Arbeitsgruppen. Neben anderen internationalen Aufgaben wirkte er von 1998 bis 2015 aktiv im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen mit. Höhepunkt war sicher sein entscheidender Einsatz als Ko-Vorsitzender der Arbeitsgruppe I (Wissenschaftliche Grundlagen) im Rahmen des Fünften Sachstandsberichtes. Dabei setzte er sich vehement für die Veröffentlichung klarer und einsichtiger Aussagen ein. Im «Summary for Policymakers» des fünften Dachstandsberichtes wurden unter seiner Leitung von allen Landesvertretern zwei fundamentale Sätze verabschiedet: «Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig. Der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem ist klar.» In einer ausgesprochen politisch ausgetragenen Ausmarchung wurde Thomas Stocker 2015 der südkoreanische Ökonom Hoesung Lee als IPCC-Vorsitzender für die nächste Phase vorgezogen.

Neben der Leitung seiner Abteilung war Thomas Stocker auch national in zahlreichen Funktionen tätig. Er präsierte von 2006 bis 2008 das ProClim Kuratorium der Akademie für Naturwissenschaften und war Mitgründer sowie Präsident des Oeschger Zentrums für Klimaforschung der Universität Bern. Thomas Stocker hat mehrere bedeutende Auszeichnungen erhalten. Unter anderem wurde er 2017 mit dem Marcel-Benoist-Preis geehrt, und 2019 wurde er als erst dritter Berner Professor nach Johannes Geiss und Ewald Weibel zum «Foreign Honorary Member» in die American Academy of Arts and Sciences aufgenommen. Sein Nachfolger an der Universität Bern ist Thomas Frölicher.

6.2.6. Weitere Beiträge von Forschenden des Physikalischen Instituts

Zu den frühen Mitarbeitern von Hans Oeschger gehörten Martin Wahlen, Ueli Eicher und Ueli Schotterer. Martin Wahlen wanderte früh in die USA aus, wo er sich anhand von Untersuchungen an Eisbohrkernen aus Grönland und der Antarktis mit den globalen Budgets wichtiger Spurengase und ihrer Rolle bei vergangenen Klimaänderungen befasste (Wahlen, 2003).

Ueli Eicher war sozusagen der wissenschaftliche Vermittler zwischen der Abteilung Oeschger in der Physik einerseits und den Pflanzenwissenschaften andererseits. Er hat sich in Zusammenarbeit mit Uli Siegenthaler, Andy Lotter und Brigitta Ammann intensiv mit $\delta^{18}\text{O}$ -Analysen in Schweizer Seen (vor allem Gerzensee) beschäftigt und die Übergänge von der Alten Dryas bis zum Präboreal analysiert (Eicher und Siegenthaler, 1976; Lotter et al., 2000).

Ulrich Schotterer wurde von Hans Oeschger aufgrund seiner grossen Erfahrung in der Messung von Tritium (^3H) und Deuterium (^2H) nach Bern berufen. Neben Arbeiten zur Isotopenhydrologie und zur Grundwasserdatierung gehörte er zusammen mit Heinz Gäggeler (siehe Porträt weiter unten) zu den Pionieren der Gewinnung und Analyse von Eisbohrkernen von Gebirgsgletschern in den Alpen und in den Anden Südamerikas. In wichtigen Publikationen hat er sich mit $\delta^{18}\text{O}$ und mit dem Deuteriumexzess als Indikatoren für Temperatur und hydrome-

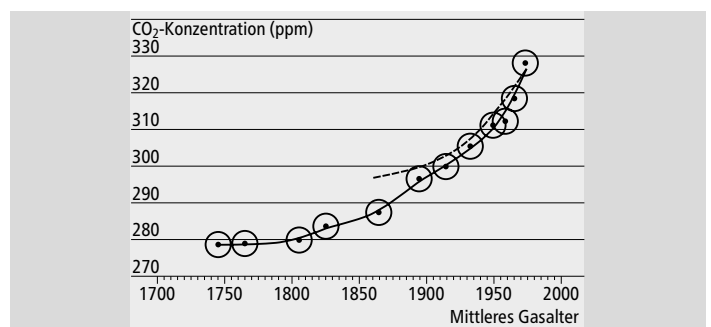


Fig. 30: Gemessene mittlere CO_2 -Konzentrationen, aufgetragen gegen das geschätzte mittlere Gasalter (nach Neftel et al., 1985).

teologische Prozesse auseinandergesetzt (Schotterer et al., 1997). Ulrich Schotterer hat sich ebenfalls aktiv in die öffentliche Klimadiskussion eingeschaltet. Unter anderem hat er im Rahmen seiner Arbeit bei ProClim, dem Forum für Klima und globalen Wandel der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften, das vielbeachtete Buch «Klima – unsere Zukunft?» herausgegeben (Schotterer, 1987).

Eine ganze Generation erfolgreicher Forschender der Abteilung Klima- und Umweltphysik ist nach dem Doktorat in der Forschung verblieben. Jürg Beer trat 1988 der neu geschaffenen Umweltphysikgruppe von Dieter Imboden bei und wurde 2003 zum Professor befördert. Mithilfe kosmogener Radionuklide untersuchte er die Umweltveränderungen, insbesondere der solaren Leuchtstärke (Irradianz) während der letzten 100 000 Jahre. Andere Mitglieder der Klima- und Umweltphysik versahen nach dem Doktorat Postdoktorandenstellen und traten danach Professorenkarrieren an andern Hochschulen an, so Martin Heimann am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena, Thomas Blunier am Niels-Bohr-Institut in Kopenhagen, Andreas Schmittner an der Oregon State University sowie Nicolas Gruber und Reto Knutti an der ETH Zürich.

Albrecht Neftel hat vor seinem Übertritt als Forscher an die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) bedeutende und vielbeachtete Beiträge zur Analytik und Interpretation von Eisbohrkernen geliefert (Neftel et al., 1982). Figur 30 zeigt anhand des Eisbohrkerns von Siple Station in der Antarktis den Anstieg von CO_2 seit der Industrialisierung (Neftel et al., 1985). Solche Schätzungen sind wichtig, um die Veränderungen nach dem Beginn der industriellen Nutzung des Erdöls zu verstehen. Die CO_2 -Konzentrationen liegen vor der Industrialisierung im Bereich von 250–290 p.p.m.v. und steigen dann stark an. In der Gegenwart liegen sie bereits über 420 p.p.m.v.

Hans Oeschger und sein Nachfolger Thomas Stocker haben erkannt, dass die hohe Qualität in der Feldforschung und der Analyse von Klimazeugen nur dann erreicht werden kann, wenn begabte Mitarbeitende eine praxisorientierte Unterstützung auf höchstem Niveau leisten. Das ^{14}C -Labor der Klima- und Umweltphysik unterstützte zahlreiche Forschende über viele Jahre mit ausgezeichneten Analysen. Es konnte im Rahmen des Oeschger Zentrums durch die Beschleuniger-Massenspektrometrie der Berner Chemie unter der Leitung von Sönke Szidat abgelöst werden.

Die Berner Klima- und Umweltphysik hat auch bei der Entwicklung der Eisbohrtechnik Pionierarbeit geleistet, die international noch heute hochgeschätzt und eingesetzt wird. So hat Jakob Schwander nicht nur sehr wesentliche Beiträge zur zeitlichen Homogenisierung verschiedener Zeitreihen von Eisbohrkernen geliefert (Schwander und Stauffer, 1984), sondern zusammen mit Heinrich Ruffli mitgeholfen, die Bohrtechnik dauernd zu verbessern (Schwander und Ruffli, 1994). In neuster Zeit hat er für die Untersuchungen im antarktischen Eis einen Minieisbohrer entwickelt, welcher mithilfe, Eisbohrkerne mit einem wesentlich günstigeren Aufwand zu gewinnen (Schwander et

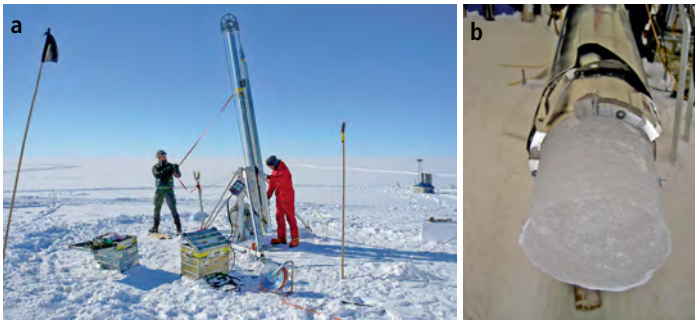


Fig. 31: a) Aufstellung eines einfachen Bohrturms südwestlich der Neumayer-Station in der Antarktis (Foto: Jakob Schwander). b) Klassisches Eiskernbohrsystem mit einem Eiskern (Foto: Pascal Bohleber).

al., 2014). Figur 31a zeigt die Aufstellung eines einfachen Bohrturms durch das Berner Team an einem Standort südwestlich der Neumayer-Station in der Antarktis, und Figur 31b zeigt einen typischen Eisbohrer mit dem gezogenen Eiskern.

6.3. Klimaforschung und Atmosphärenphysik am Institut für angewandte Physik (IAP) der Universität Bern

6.3.1. Niklaus Kämpfer (geb. 1953)

Von 1975 bis 1994 leitete Professor Erwin Schanda (1931–2010) die im Jahr 1964 gegründete Abteilung für Mikrowellenphysik der Universität Bern. Der Schwerpunkt lag bei der Mikrowellen-Fernerkundung der Sonnen- und Erdatmosphäre sowie der Erdoberfläche (Schanda, 1986). Unter der Leitung von Klaus Künzi, der 1988 einem Ruf an die Universität Bremen folgte, wurde ein Schwerpunkt auf die Bestimmung des Höhenprofils von Ozon gelegt. Im Rahmen der Space Shuttle Missionen beteiligte man sich am Projekt MAS (Microwave Atmospheric Sounder). Dabei wurden in den 90er Jahren dreimal O_3 , H_2O und ClO in der mittleren Atmosphäre gemessen.

Nach dem Weggang von Klaus Künzi wurde dessen Forschungsgruppe von Niklaus Kämpfer geleitet, welcher 1994 zum Nachfolger von Erwin Schanda und Leiter der Abteilung für Mikrowellenphysik gewählt wurde. Niklaus Kämpfer entwarf ein klares und nachhaltiges Forschungskonzept in den Bereichen Fernerkundung und Atmosphärenphysik, immer auch mit der Idee, die neu entwickelten Messinstrumente länger in Betrieb zu erhalten, um damit wertvolle klimatologische Messreihen zu generieren. Die Forschungsschwerpunkte wurden auf die langjährige Bestimmung äusserst präziser und zuverlässiger Höhenprofile klimarelevanter Parameter gelegt. Im Vordergrund stand Ozon, gefolgt von Wasserdampf. Wasserdampf in der mittleren Atmosphäre ist sehr schwierig zu messen, da der troposphärische Wasserdampf das Signal von weiter oben massiv dämpft. Deshalb werden diese Beobachtungen möglichst von grosser Höhe aus durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde beim Astronomischen Observatorium Zimmerwald durch den Kanton Bern ein neues Observatorium für Atmosphärenforschung gebaut, da von Zimmerwald aus bereits weniger störender Wasserdampf in der Troposphäre vorliegt und zudem weniger elektromagnetische Störsignale vorliegen, welche die Mikrowellenmessung beeinträchtigen können. Die beiden Mikrowellenradiometer zur Messung von Ozon in Bern und Wasserdampf in Zimmerwald wurden in das internationale Messnetz von NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) aufgenommen.

Über die Jahre wurden die Radiometer optimiert und verfeinert, damit die Höhenauflösung, die Zeitauflösung und die Zuverlässigkeit verbessert werden konnten. Ebenso wurden die Datensätze validiert, damit sie für klimarelevante Aussagen verwendet werden können. Die

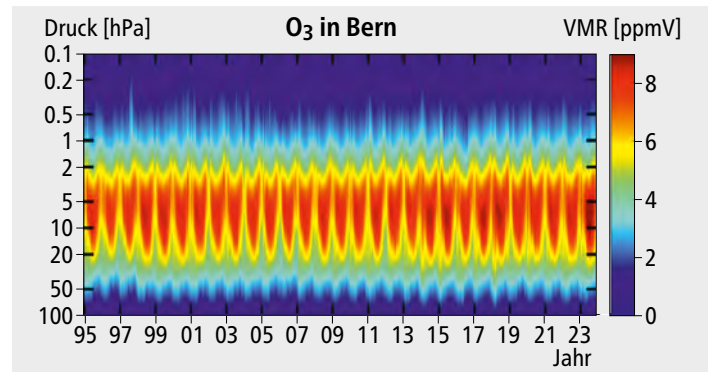


Fig. 32: Langjährige Zeitreihe des Volumen Mischungsverhältnisses (VMR) von Ozon im Bereich von ca. 15–65 km Höhe für den Standort Bern (Niklaus Kämpfer).

Expertise der Mikrowellenabteilung wurde auch von externen internationalen Forschungslabors geschätzt, und es entstanden wertvolle Zusammenarbeiten. So wurden am IAP Ozonradiometer für Meteoschweiz, für das Naval Research Lab in den USA und eine Universität in Seoul, Südkorea entwickelt. Letztere Zusammenarbeit wurde mit dem SKOREA (Swiss Korean Outstanding Research Efforts Award), ausgezeichnet. Figur 32 zeigt die langjährige Zeitreihe des Volumenmischungsverhältnisses (VMR) von Ozon im Bereich von ca. 15–65 km Höhe für den Standort Bern (Datenanalyse: Klemens Hocke; Sauvageat et al., 2022). Deutlich sichtbar ist die Ozonschicht mit ihren charakteristischen Fluktuationen im Jahreszyklus.

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung lag auf der Entwicklung von mobilen Mikrowellenradiometern, die bei internationalen Messkampagnen eingesetzt werden konnten. Instrumente wurden so unter anderem auf Table Mountain, CA, auf Maïdo, La Reunion, in Ny Alesund, Spitzbergen und im Observatoire de Haute Provence eingesetzt, wobei die Daten mit anderen Messmethoden verglichen wurden.

Da chemische Prozesse in der Atmosphäre, die mit dem Ozonabbau einhergehen, temperaturabhängig sind, kam der Wunsch auf, auch das Temperaturprofil messen zu können. Aus diesem Grunde wurde ein neuartiges Mikrowellen-Radiometer zur Bestimmung des Temperaturprofils entwickelt, das erste bodengestützte Radiometer für Temperatur weltweit. Da atmosphärische Prozesse auch von der Dynamik abhängen, ist die Bestimmung des Windprofils in der mittleren Atmosphäre essenziell. Leider gibt es oberhalb etwa 30 km Höhe keine Messungen. Mittels der Mikrowellen-Radiometrie lässt sich diese Lücke jedoch schliessen. Am IAP wurde ein neuartiges Wind-Radiometer entwickelt und als weltweit erstes seiner Art erfolgreich eingesetzt (Rüfenacht et al., 2014). Dank der hohen zeitlichen Auflösung der Mikrowellen-Radiometer lassen sich Phänomene wie der Tagesgang von Ozon, kurzperiodische Wellen oder eine plötzliche Erwärmung der Stratosphäre (sudden stratospheric warmings) bestens untersuchen. Parallel zu den bodengebundenen Messungen wurden in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Luftwaffe über viele Jahre hinweg Messflüge mit einem Wasserdampf-Radiometer von den Tropen bis zum Nordpol durchgeführt, um die meridionale Verteilung von H_2O zu bestimmen.

Niklaus Kämpfer hat sich neben dem Institut für weitere Führungsfunktionen zur Verfügung gestellt, so als Mitglied des Steering Committees von NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) und als Präsident der Eidgenössischen Meteorologischen Kommission.

6.3.2. Christian Mätzler (geb. 1945)

Christian Mätzler hat in Bern studiert und 1974 promoviert. Danach arbeitete er als Postdoktorand am NASA Goddard Space Flight Center und an der ETH Zürich. 1978 wurde er am Institut für angewandte

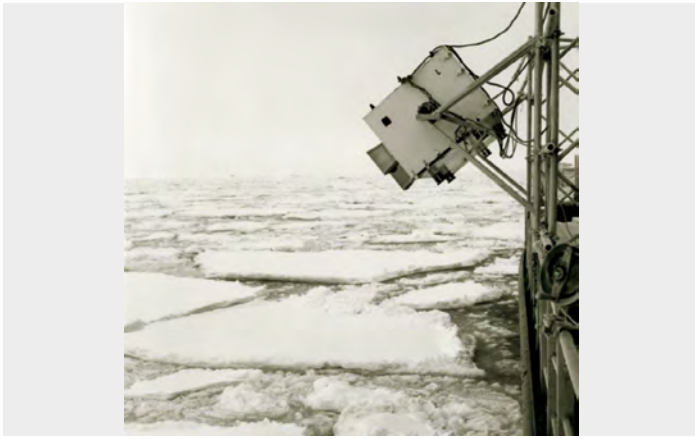


Fig. 33: Das Passive and Active Microwave and Infrared Radiometer (PAMIR), welches von Roland Hofer konzeptionell erdacht und in den Werkstätten des Instituts für angewandte Physik gebaut wurde.

Physik der Universität Bern Leiter der Forschungsgruppe für terrestrische und atmosphärische Radiometrie. Christian Mätzler habilitierte 1986, wurde 1992 zum Professor für angewandte Physik und Fernerkundung befördert und trat im Jahr 2010 zurück.

Christian Mätzler hat sich auf die Entwicklung der Mikrowellen-Fernerkundung von Meereis, Schnee, Bodenfeuchte und Vegetation an der Erdoberfläche, sowie Wasser in der Troposphäre ausgerichtet. Experimentelle Untersuchungen mit Radiometern und Scatterometern im Bereich von 1 bis 100GHz führten vorerst zu empirischen Signaturen der gesuchten Messgrößen. Zusammen mit physikalischen Modellen entstanden daraus quantitative Methoden zur Fernerkundung der Erdoberfläche mit Vegetation, Schnee und Meereis, die heute vor allem mit Sensoren auf Erdsatelliten benutzt werden. Zudem dienen sie zur Messung des Wassergehalts im Boden und in der Vegetation, sowie der Oberflächentemperatur. Radiometer sind zudem wertvoll zur quantitativen Bestimmung des troposphärischen Wassers, sowohl Wasserdampf als auch flüssiges Wasser in Wolken und Niederschlag, sowie des Temperaturprofils in der Atmosphäre. Dank der Unabhängigkeit von Tageslicht dienen die Methoden auch zur Überwachung zeitlicher Veränderungen. Ein besonderer Erfolg ist die Messung der Regenintensität mit Mikrowellenradiometern im Wellenlängenbereich nahe 1 cm.

Ein Fokus der Forschung lag auf der möglichst genauen Messung der dielektrischen Eigenschaften von Eis, Wasser, Schnee, Vegetation, Gestein, Sand und Lehm. Dazu wurden spezielle Sensoren entwickelt. Figur 33 zeigt das in Bern entwickelte PAMIR (Passive and Active Microwave and Infrared Radiometer) während des Jahres 1979 im Messeinsatz auf dem norwegischen Eisbrecher Polarsirkel nördlich Spitzbergen (82°N). Von 1988 bis 1990 war es in Moosseedorf für Feld- und Waldmessungen im Einsatz (Mätzler, 1992).

Ein wertvoller Austausch mit Forschungsgruppen fand an europäischen COST-Aktionen im Bereich Meteorologie und Klima statt. In COST Action 712 (COST: European Cooperation in Science and Technology) «Application of Microwave Radiometry to Atmospheric Research and Monitoring», wirkte Christian Mätzler als Leiter von Projekt 1: «Development of Radiative Transfer Models» und später als Editor einer erweiterten Monographie (Mätzler et al. 2006).

Christian Mätzler wirkte auch in Arbeitsgruppen von ESA (European Space Agency) und EUMETSAT zur Planung von Erdbeobachtungssystemen mit Satelliten mit. Aus seiner Forschungsgruppe entwickelte sich die Firma «Gamma Remote Sensing» in Gümligen unter der Leitung von Urs Wegmüller.

Christian Mätzlers Interesse für Eis und Schnee hat in Zusammenarbeit mit einem Schweizer Kollegen und deutschen Kolleginnen auch zur physikochemischen Analyse eines spannenden Naturphänomens geführt. Sie

sind den Ursachen für die Bildung von Haareis nachgegangen (Wagner und Mätzler, 2009). Dieses bildet bei Temperaturen knapp unter 0°C auf totem Holz von Laubbäumen optisch sehr attraktive Büschel mit einem Durchmesser der Eishaare von 0.02 mm bei einer Länge bis zu 20 cm.

6.4. Klimaforschung am Geographischen Institut der Universität Bern

6.4.1. Bruno Messerli (1931–2019)

Bruno Messerli (Fig. 19c) liess sich zuerst zum Sekundarlehrer ausbilden, studierte danach Geographie und promovierte 1962 bei Fritz Gyga mit einer Arbeit zur eiszeitlichen Vergletscherung der Sierra Nevada in Andalusien. In seiner Habilitation, die er 1965 einreichte, erweiterte er die Fragestellung der Dissertation zum Thema «Die eiszeitliche und gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum» (Messerli, 1967). Mit dieser Studie nahm er die Idee umfassender Feldaufnahmen im Sinne von Penck und Brückner sowie Nussbaum erneut auf und setzte sie in den Gebirgsräumen des Mittelmeerraumes in eindrücklicher Weise um. Dabei wurde er vom berühmten Geographen und Landschaftsökologen Carl Troll aus Bonn väterlich beraten. Bei seinen ausgedehnten und anstrengenden Analysen und Kartierungen im Gebirge wurde Bruno Messerli von Studienkollegen und vor allem von seiner schwangeren Ehefrau und Geographin Béatrice begleitet. Wie später bei weiteren vergleichenden Studien in anderen Hochgebirgen der Erde war es sein Anliegen, die unzähligen Detailanalysen aus dem Feld visionär in einer Synthese zusammenzufassen. Entsprechend werden in Figur 34 die Gliederung der Würmeiszeit sowie ihre Auswirkungen auf die Vergletscherung und die Vergletscherungsformen in einem mediterranen «Durchschnittsgebirge» schematisch dargestellt. Dabei wird die maximale Vorstossphase der Gletscher am Ende des Hochglazials auf der mittleren Figur deutlich sichtbar. Im trockenen Spätglazial werden durch das intensive Frostwechselklima grosse Frostschuttmassen gebildet (zweites Bild von rechts).

Nach der Habilitation im Jahr 1968 verreiste Bruno Messerli zusammen mit Daniel Indermühle auf Einladung deutscher Kollegen für ein Jahr nach Bardai ins Tschader Tibestigebirge, dies mit der Absicht, die Untersuchungen des Mittelmeerraumes auf den Trockenraum Nordafrikas auszudehnen. Leider mussten sie die berühmte deutsche Forschungsstation Bardai bereits nach einem halben Jahr wegen des Bürgerkrieges verlassen und in die Schweiz zurückkehren.

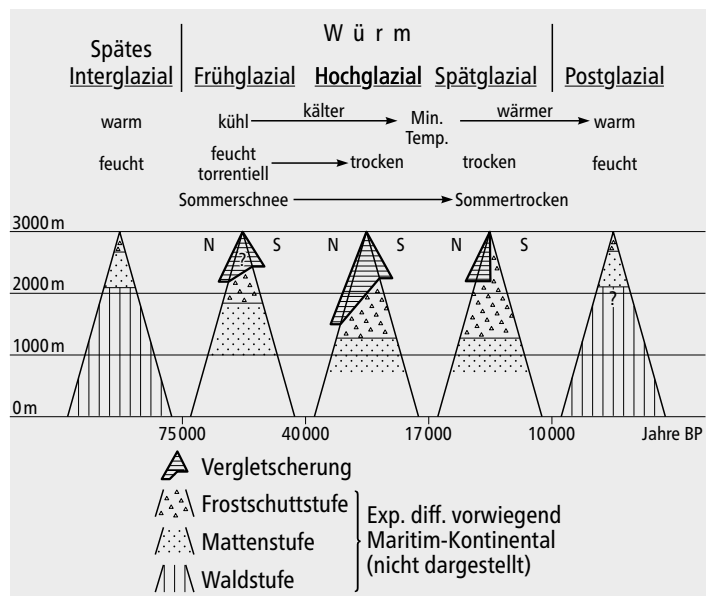


Fig. 34: Glazialgeschichte der mediterranen Hochgebirge (schematisch; Messerli, 1967).

Bruno Messerli hat wiederholt betont, dass er bei seiner Habilitation die Einsicht gewonnen hat, dass er seine Forschung auch auf die moderne Klimatologie ausdehnen möchte. Nach Konsultation ausländischer Kollegen wie Franz Fliri (Innsbruck) und Charles Pierre Péguy (Grenoble) entschloss er sich, zwei neue Projekte in die Wege zu leiten. Das erste umfasste ein auf die Raumplanung ausgerichtetes, regionales Forschungsprogramm im Kanton Bern, in dessen Rahmen freiwillig Beobachtende sowohl pflanzenphänologische Phänomene als auch Nebel und Schneehöhe erfassten (Messerli, 1978). Das zweite Forschungsprogramm widmete sich der Untersuchung von Klima und Lufthygiene in der Stadt Bern (Mathys et al., 1980). Beide Programme haben in der Presse ein grosses Echo gefunden. Neben seinem Organisationstalent war Bruno Messerli ein begabter Motivator, der seine Mitarbeitenden begeistern konnte. Er formte früh ein verschworenes Team, in dem jeder seinen Platz fand: Matthias Winiger vertrat die Regional- und Satellitenklimatologie, François Jeanneret spezialisierte sich in Phänologie, Heinz Zumbühl widmete sich der Gletschergeschichte, Christian Pfister betrieb in der Gruppe Umwelt- und Klimageschichte, Hans Mathys und Roland Maurer vertraten die Stadtklimatologie, Paul Messerli entwickelte eine Methodik zur Analyse von klimatologischen Zeitreihen und Heinz Wanner spezialisierte sich in alpiner Synoptik sowie Grenzschichtdynamik und Lufthygiene. Ein Höhepunkt war auch die Durchführung des MAB-6 (Man and Biosphere) Projektes im Rahmen des UNESCO-Umweltprogrammes. Mit Bruno Messerli als Programmleiter und Paul Messerli als Koordinator wurden in vier alpinen Testgebieten die Mensch-Umwelt-Beziehungen studiert.

Aufgrund der Emanzipation seiner frühen Mitarbeiter und seinem Interesse folgend baute Bruno Messerli ein zweites Team mit Martin Grosjean, Markus Wyss, Andreas Lauterburg und Mathias Vuille auf. Vuille wurde später Professor an der University of New York at Albany. Bruno Messerli widmete sich nun vermehrt der Hochgebirgsforschung sowie Entwicklungsprojekten. Dabei dehnte er die Untersuchungen im Mittelmeerraum und im Trockenraum der Sahara bis in die feuchten Tropen Kenyas aus, wo er 1976 mit seiner Familie im Sabbatical weilte. Später erweiterte er diese durch Forschungsprogramme in den Anden und im Himalaya (Messerli and Ives, 1984). Das Zitat über seinem Pult zu Hause in Zimmerwald charakterisierte stets Bruno Messerlis leidenschaftliches Engagement für Nord-Süd-Projekte: «Keine Hälfte der Welt kann ohne die andere überleben».

Es ist einleuchtend, dass die Persönlichkeit von Bruno Messerli seine Umgebung und die Öffentlichkeit faszinierte. Dies führte zu einem breiten Engagement, sowohl national als auch international. Er diente der Universität als Rektor und stand zusammen mit Hans Hurni und Urs Wiesmann am Anfang der Gründung des Interdisziplinären Zentrums für Nachhaltige Entwicklung und Umwelt (CDE) der Universität Bern. Zudem präsidierte er von 1996 bis 2000 die Internationale Geographische Union, setzte sich an der UNO-Konferenz in Rio 1992 entscheidend für das Gebirgskapitel der Agenda 92 ein und war Gründungsmitglied weiterer internationaler Organisationen und Projekte wie Past Global Changes (PAGES), die International Foundation for Science (IFS) oder das International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).

Bruno Messerli wurde vielfach ausgezeichnet, unter anderem 1990 zusammen mit Hans Oeschger und Werner Stumm mit dem Marcel-Benoist-Preis und 2002 mit dem Prix Vautrin Lud, dem inoffiziellen «Nobelpreis» für Geographie. Sein Nachfolger an der Universität Bern war der inzwischen auch bereits emeritierte Heinz Veit.

6.4.2. Matthias Winiger (geb. 1943)

Am Ende seines Geographiestudiums in Bern wurde Matthias Winiger der erste Assistent von Bruno Messerli. Sein Plan, im Tschad mit Bruno Messerli klimatologische Feldstudien durchzuführen, musste wegen

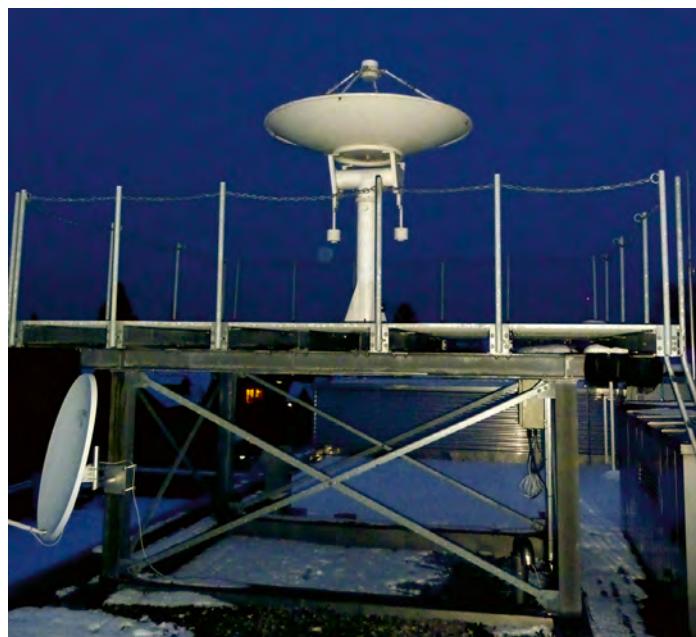


Fig. 35: Moderner Zustand der Berner Wettersatelliten-Empfangsstation auf dem Dach des Instituts für Exakte Wissenschaften (Foto: Stefan Wunderle).

des dortigen Bürgerkrieges verworfen werden. Aus der gegenseitigen Diskussion entstand die Idee, die Bewölkungsverhältnisse über der Sahara mithilfe von Wettersatellitenbildern zu untersuchen (Winiger, 1975). Allerdings gab es zu diesem Zeitpunkt in Europa kaum Empfangsstationen für Satelliten. Dank der Initiative von Matthias Winiger entstand der Kontakt mit Heinz Kaminski von der Sternwarte der Stadt Bochum, welcher als Chemieingenieur und Autodidakt eine eindruckliche Empfangsanlage aufgebaut hatte und Winiger spannende Daten zur Verfügung stellte. Nicht zuletzt aufgrund der Unterstützung von Hans Oeschger baute Matthias Winiger auf dem Dach des Instituts für Exakte Wissenschaften eine eigene Satellitenempfangsstation, welche in den folgenden Jahren von seinen Nachfolgern Michael Baumgartner und Stefan Wunderle technisch modernisiert wurde. Seine Idee eines langfristigen Satellitendatenarchivs wurde immer mehr erweitert und erreichte damit einen auch international stark beachteten Standard. Figur 35 zeigt eine moderne Aufnahme der Berner Satellitenempfangsstation.

Die zunehmende Verfügbarkeit von satellitengestützten Daten führte zusammen mit dem breiten Interesse und dem Talent von Matthias Winiger, komplexe Zusammenhänge in graphisch überzeugenden Übersichten darzustellen, zu einer ganzen Reihe von spannenden Projekten. Als Principal Investigator des «Heat Capacity Mapping Mission» Programmes der NASA initiierte er mehrere spannende Studien zur Stadt- und Geländeklimatologie (Winiger et al., 1982). Dabei wurden Untersuchungen zur Nebeldynamik, zur Struktur der Oberflächentemperaturen sowie zu Bewölkung, Wind und Schnee durchgeführt. Um auch höher aufgelöste Daten erheben zu können, hat Matthias Winiger zusammen mit dem Bauunternehmer Marc Wirz dessen Flugzeug mit multispektral einsetzbaren Hasselbladkameras ausgerüstet. Unter anderem wurden damit wertvolle Untersuchungen im Rahmen des Gutachtens zum geplanten Kernkraftwerk Kaiseraugst (CLIMOD Studie) durchgeführt, in deren Rahmen auch der bekannte «Möhlinjet» entdeckt wurde (siehe Fig. 44).

Matthias Winiger hat sich stets für Gebirgsklimatologie und gebirgsökologische Fragestellungen interessiert. Zusammen mit Paul Messerli und weiteren Kollegen weilte er zurzeit von Bruno Messerlis Sabbatical in Kenya, wo sie 1976 am Mount Kenya klimatologische, vegetationsgeographische und bodenkundliche Untersuchungen durchführten

(Winiger et al., 1981). Daraus resultierte auch das Laikipia Research Programme, in dessen Rahmen zusammen mit der DEZA und der FAO zusammen mit Hanspeter Liniger und andern Mitgliedern des Geographischen Instituts Bern hydroökologische Studien vorgenommen wurden.

Matthias Winiger hat nicht nur ein breites Interesse für allgemeingographische Fragestellungen bekundet. Er hat sich auch für die Verbreitung des klimatologischen Wissens in der Öffentlichkeit eingesetzt. So hat er zusammen mit seiner Forschungsgruppe für Fernerkundung über mehrere Jahre einmal pro Woche in der Tageszeitung «Der Bund» anhand eines Satellitenbildes aktuelle klimatologische Phänomene diskutiert. 1988 erhielt Matthias Winiger einen Ruf als Professor an die Universität Bonn, wo er dann von 2004 bis 2008 als Rektor wirkte.

6.4.3. Heinz Zumbühl (geb. 1943)

Heinz Zumbühl studierte Geographie, Geologie und Geschichte in Bern und Zürich und ergänzte seine Studien 1966 durch ein Semester Ozeanographie in Kiel. Bereits 1964 hatte er den Habilitanden Bruno Messerli mit seiner Frau Béatrice bei Feldarbeiten in der Türkei und im Libanon begleitet. Durch eine Seminararbeit in der Geschichte stiess er auf das berühmte Bild des vorstossenden Unteren Grindelwaldgletschers von Caspar Wolf aus der Zeit um 1775, das ihn nachhaltig faszinierte. Seinem Interesse für Kunstgeschichte folgend und angeregt durch den Innsbrucker Professor Hans Kinzl promovierte er 1976 bei Bruno Messerli mit einer Arbeit zur Gletschergeschichte der Kleinen Eiszeit aufgrund von Gemälden und weiteren historischen Dokumenten.

Heinz Zumbühl äusserte sich oft darüber, dass er viele Interessen hat, sei es Gletschergeschichte, Musik, Malerei und Architektur, oder Stadtgeographie und Schiffbau. Da er auch ein passionierter Lehrer war, wirkte er von 1972 bis 2005 als Lehrer für Geographie und Geschichte am Gymnasium Neufeld. Parallel dazu führte er seine Studien zur Gletschergeschichte weiter. Er erschloss eine grosse Zahl von historischen Dokumenten zu Gletschern, besuchte Museen auf der ganzen Welt und wurde aufgrund seines kunstgeschichtlichen Verständnisses zu einem der grössten Spezialisten für historische Gletscherdarstellungen. Daneben war er entscheidend an grossen Ausstellungen beteiligt, so 1983 in Bern und Luzern und 1998 in Basel. Ein

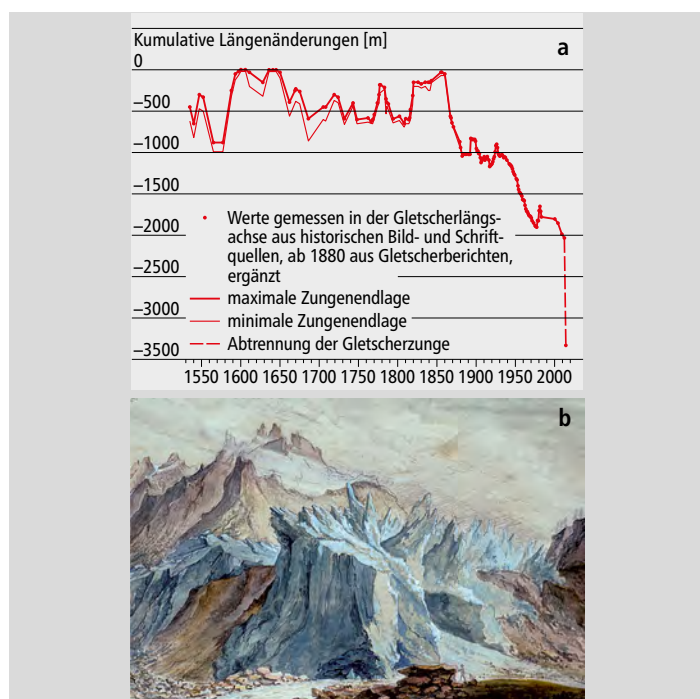


Fig. 36: a) Zungenlängenänderungen des Unteren Grindelwaldgletschers 1535–2014 (Zumbühl et al., 2016). b) Naturstudie zu den Ölgemälden von Caspar Wolf (Foto: Heinz J. Zumbühl).

Höhepunkt war sicher die Ausstellung mit dem Titel «keineismehr» im Jahr 2019 im Kunsthaus Interlaken.

Die Auswertung der reichhaltigen Dokumente, die Heinz Zumbühl sammelte, führte nicht nur zu äusserst wertvollen und mit grossartigen Bildern ausgestatteten Sammelbänden zur alpinen Gletschergeschichte (Zumbühl, 1980; Nussbaumer et al., 2012; Zumbühl et al., 2016). Sie bildeten auch die Grundlage für zahlreiche Publikationen sowie zu seiner Habilitation über die Kleine Eiszeit in den Alpen, die er 1990 einreichte. Figur 36a zeigt die aufgrund von historischen Dokumenten rekonstruierte Kurve der Gletscherschwankungen des Unteren Grindelwaldgletschers (Zumbühl et al., 2016), und Figur 36b zeigt das Beispiel eines für die Gletscherrekonstruktionen verwendeten Dokuments, eine Naturstudie zu den Ölgemälden von Caspar Wolf. Das Geographische Institut konnte von den grossen Kenntnissen von Heinz Zumbühl in der Stadtgeographie profitieren, indem es ihm 1987 einen Lehrauftrag für Städtebau verlieh, den er durch die Leitung von Exkursionen, teilweise mit Hansruedi Egli, erweiterte. Auf Initiative von Heinz Wanner trat er 2005 endgültig ins Geographische Institut über und wurde 2006 zum Professor befördert. Obschon sich Heinz Zumbühl ab und zu als «Fossil» bezeichnet, ist er weiterhin unermüdlich daran, sein gewaltiges Material und seine Kenntnisse für die Erforschung der Gletschergeschichte einzusetzen.

6.4.4. François Jeanneret (geb. 1946)

François Jeanneret studierte in Bern und Zürich Geographie, Geologie und Botanik. In seiner Diplomarbeit bei Bruno Messerli entwarf er das Konzept für das Klimabeobachtungsprogramm des Kantons Bern, das unter seiner Leitung 1970 mit 200 freiwillig Beobachtenden startete. Dabei wurden im Hinblick auf eine planungsorientierte Klimagliederung im Sommer phänologische Daten erhoben. Im Winter wurden Schnee und Nebel beobachtet. Das Projekt war auf vier Jahre ausgelegt, aber

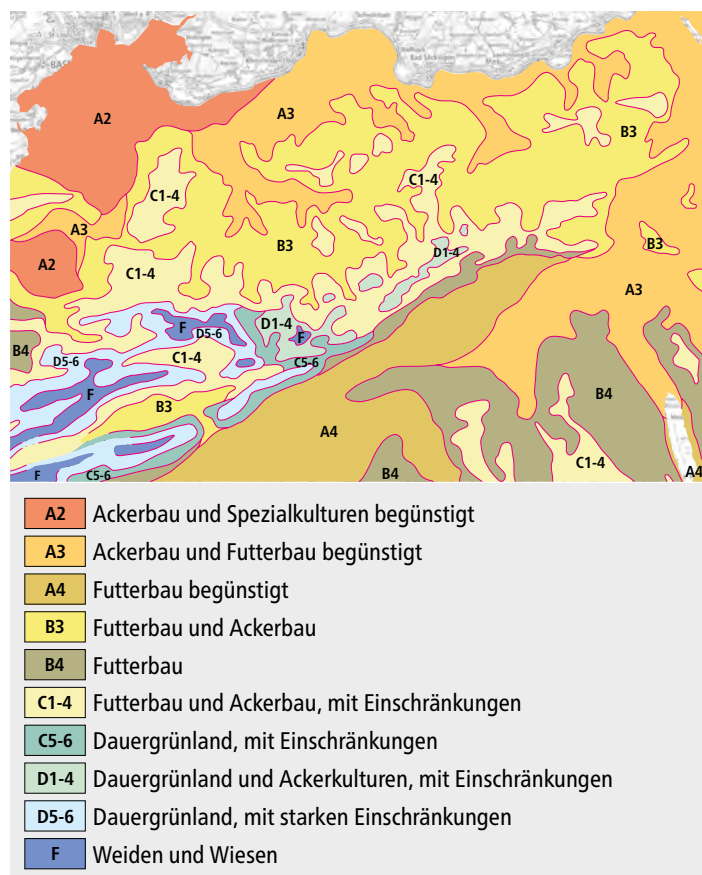


Fig. 37: Ausschnitt aus der Karte für die Klimaeignung der Landwirtschaft in der Schweiz (Jeanneret und Vautier, 1977/Kartengrundlage © swisstopo).

nach 30 Jahren machten noch immer 12 Personen aktiv mit. Die Phänologie wurde für François Jeanneret zu einem zentralen Studienggebiet.

Nach einem Auslandsaufenthalt von zwei Jahren entwickelte François Jeanneret im Rahmen der Dissertation zusammen mit dem Agronomen Philippe Vautier ein Verfahren für die Bestimmung der Klimateignung für die Landwirtschaft in der Schweiz, dies im Auftrag des damaligen Delegierten für Raumplanung. Figur 37 zeigt einen Ausschnitt dieser Karte aus dem Raum der Nordwestschweiz (Jeanneret und Vautier, 1977). Blaue Farben stehen für die Eignung für Dauergrünland, Weiden und Wiesen. Gelbe Farben zeigen die Eignung für Futterbau und Ackerbau, orange Farben für Ackerbau und Spezialkulturen, und braune Farben markieren Gebiete mit Eignung für Futterbau.

Die nach der Dissertation folgende Tätigkeit in verschiedenen Mittelschulen führte François Jeanneret schliesslich ans Staatliche Lehrerseminar Biel, worauf er in Orvin mit seiner Familie ein beeindruckendes Pilotprojekt in der Form eines energieautarken Hauses startete. Dieses kann in vielerlei Hinsicht als absolute Pionierleistung bezeichnet werden und ist noch immer Gegenstand von Berichten in der Öffentlichkeit. In dieser Zeit verfasste François Jeanneret ebenfalls mehrere Bände zu geographischen Themen.

1982 erhielt François Jeanneret einen Ruf als Lektor für Geographie an das 1970 gegründete französischsprachige Sekundarlehreramt, und von 1983 bis 1994 hielt er im Rahmen von BENEFRI in Neuenburg Klimatologievorlesungen. 1987 übernahm er wiederum die Leitung des 1970 ins Leben gerufenen bernischen Klimaprogrammes, nun BernClim genannt, und 2002 erfolgte sein Übertritt ins Geographische Institut, wo er 2010 zum Professor befördert wurde.

Mit der erneuten Übernahme des kantonalen Programmes begann für François Jeannerets Forschungsteam PHENOTOP eine neue Phase sehr aktiver phänologischer Forschungsarbeit, deren Aktivitäten zur Gründung der Kommission für Phänologie und Saisonalität innerhalb der Akademie Naturwissenschaften Schweiz SCNAT führte (Jeanneret et al., 2011). Besonders zu erwähnen sind die Waldphänologie Schweiz, die François Jeanneret zusammen mit Astrid Vassella und Robert Brügger plante und erarbeitete, sowie die Arbeiten, die er zusammen mit This Rutishauser im Umfeld der phänologischen Aktivitäten in Europa durchführte (Jeanneret und Rutishauser, 2010).

6.4.5. Heinz Wanner (geb. 1945)

Heinz Wanner besuchte zuerst das staatliche Lehrerseminar Hofwil-Bern und studierte nach 3½ Jahren Schuldienst an den Universitäten Bern und Grenoble Geographie, Geologie und Klimawissenschaften. Bereits während des Studiums übernahm er als Assistent von François Jeanneret die Leitung des Kantonalen Klimaprogramms und promovierte 1978 bei Bruno Messerli und Max Schüepp mit einer Arbeit zur Nebelanalyse und -prognose im Schweizer Mittelland. Während seines Studienaufenthaltes bei Elmar Reiter an der Colorado State University in Fort Collins wirkte er auch als stellvertretender Operationsleiter des Feldexperimentes im Rahmen des GARP Mountain Subprogrammes ALPEX (Alpine Experiment). Nach seiner Rückkehr aus den USA baute er eine Forschungsgruppe auf, die sich vor allem mit Grenzschicht- und Gebirgsmeteorologie sowie Luftverschmutzung beschäftigte. Parallel dazu wurden die Arbeiten im Rahmen des Kantonalen Klimaprogrammes (Nebel, landwirtschaftliche Klimateignung und Schnee) kartographisch umgesetzt und in den Klimatlas der Schweiz integriert.

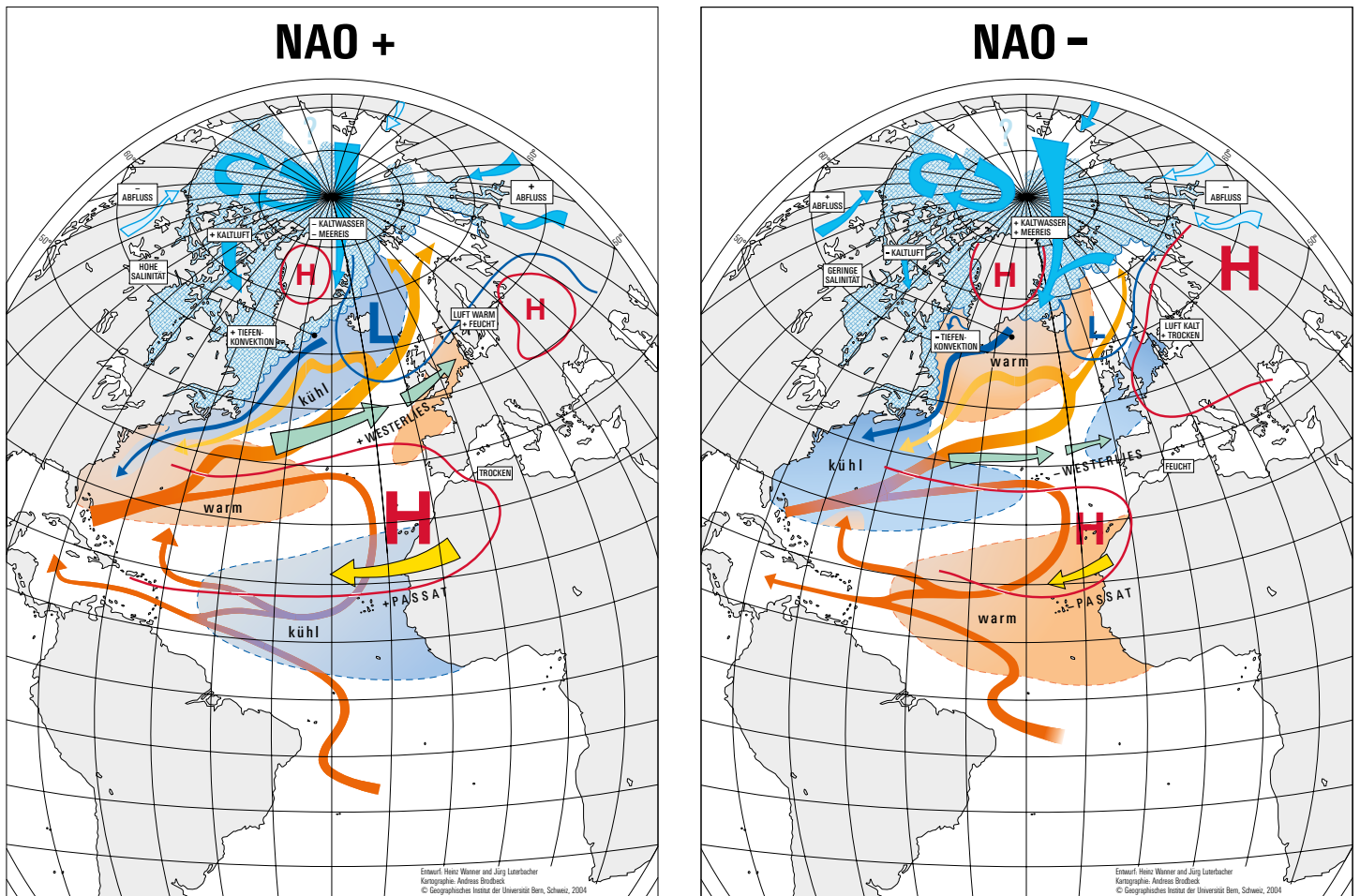


Fig. 38: Grafische Darstellung der beiden Modi der Nordatlantischen Oszillation (NAO), erarbeitet auf der Basis der Zusammenarbeit mit verschiedenen Forschungsgruppen. Die Flächen markieren die Ozeanoberflächentemperaturen und die Meereisausdehnung, Pfeile zeigen die Strömungssysteme im Ozean, in der Atmosphäre und in Flusssystemen und weisse Rechtecke beschreiben die charakteristischen Klimabedingungen oder wichtige Prozesse (nach Wanner et al., 2001).

Nach seiner Habilitation im Jahr 1985 studierte Heinz Wanner mit seinem Team vor allem die Mechanismen der Durchlüftung von Tälern und Vorlandsenken der Schweiz. In diesem Rahmen beteiligte er sich als Projektleiter im Nationalen Forschungsprogramm 14 (Luftverschmutzung und Waldschäden) und leitete in Biel eine umfassende, interdisziplinäre Stadtklimastudie der Schweiz (Wanner, 1991). Aufgrund der Einsicht, dass die bodennahe Ozonbelastung zunehmend zu einem Problem wurde, plante und leitete Heinz Wanner zusammen mit Hans Richner und Albrecht Neftel das vom Bundesrat unterstützte Projekt POLLUMET (Air Pollution and Meteorology in Switzerland), das wesentliche Grundlagen zur Ozondynamik lieferte. In Zusammenarbeit mit dem Berner Chemischen Institut wurde das Berner Photochemische Modell (BERPHOMOD) entwickelt, das noch heute von Forschungsgruppen eingesetzt wird. Gleichzeitig wurde Heinz Wanner vom Europarat die Leitung und Auswertung des grossen europäischen Ozonexperimentes in der Stadt Heilbronn-Neckarsulm übertragen.

Durch seine Tätigkeit als Präsident der beiden Organe Proclim (Forum für Klima und globalen Wandel) und OcCC (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung) im Rahmen der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) und aufgrund der Kontakte mit Hans Oeschger und Christian Pfister und später der engen Zusammenarbeit mit Thomas Stocker verlagerte Heinz Wanner die Tätigkeit in den 1990er Jahren vermehrt auf die Klimadynamik. Neben der statistischen Klimarekonstruktion standen Untersuchungen zum Verhalten wichtiger Zirkulationsmoden, insbesondere der Nordatlantischen Oszillation (NAO), sowie zu den langfristigen Schwankungen der europäischen und globalen Energiebilanz und Temperatur im Vordergrund. Im Rahmen mehrerer internationaler Projekte und Workshops verfasste Heinz Wanner mit seinem Team eine Übersichtspublikation zur Dynamik der NAO (Wanner et al., 2001). Deren Übersichtsgrafik hat Eingang in sehr viele Publikationen und Lehrbücher gefunden. Sie ist in Figur 38 dargestellt (Wanner et al., 2001).

Zusammen mit Kolleginnen und Kollegen aus Bern, Genf und Zürich reichte Heinz Wanner im Jahre 1999 beim Nationalfonds eine Skizze zu einem Nationalen Forschungsschwerpunkt (NFS) ein. Daraus entstand der erste NFS der Schweiz mit dem Titel «Klima – Variabilität, Vorhersagbarkeit und Risiken des Klimas», welcher von 2001–2007 von Heinz Wanner und von 2007–2013 von Thomas Stocker geleitet wurde. Eines der Ziele der NFS war die Erhaltung neu geschaffener Forschungsstrukturen. Dies führte im Jahr 2007 an der Universität Bern zur Gründung des Oeschger Zentrums für Klimaforschung, das in einem späteren Kapitel noch detailliert vorgestellt wird.

Heinz Wanner setzte sich als Co-Chair des internationalen Past Global Changes Programmes (PAGES) dafür ein, dass dessen Management Centre zusammen mit dem Oeschger Zentrum an der Universität Bern angesiedelt werden konnte. Diese Idee wurde mit starker Unterstützung von Rektor Urs Würzler realisiert. Im Rahmen des NFS Klima und von PAGES hat das Team von Heinz Wanner zahlreiche Rekonstruktionen von längeren Zeitreihen der Temperatur und des Niederschlages von Europa erarbeitet. Zudem hat er mit verschiedenen Gruppen eine Reihe von Reviews für das Holozän (Wanner et al., 2008), die letzten 2000 Jahre und die Kleine Eiszeit entworfen und publiziert.

Heinz Wanner hat sich ebenfalls aktiv in die öffentliche Klimadiskussion eingeschaltet. Er hat mehrere internationale Auszeichnungen erhalten, unter anderem im Jahr 2006 den Prix Vautrin Lud (inoffizieller «Nobelpreis» für Geographie) und im Humboldt-Jubiläumjahr 2009 das Ehrendoktorat für Geographie der Humboldt-Universität zu Berlin. Sein Nachfolger an der Universität Bern ist Stefan Brönnimann.

6.4.6. Weitere Beiträge von Forschern des Geographischen Instituts

Angeregt durch die Diskussionen zu mehreren geplanten Grossüberbauungen im Raum Bern beantragte Bruno Messerli beim Nationalfonds ein Projekt zur Durchführung klimatologisch-lufthygenischer Untersuchungen im Raum Bern. Das neue Projekt mit dem Kürzel KLIMUS (Klima und Umweltschutz) wurde von Hans Mathys und Roland Maurer geleitet. Es startete 1972 mit einem festen Messnetz und mobilen Messungen und stellte damit das erste Stadtklimaprojekt der Schweiz dar. Die Resultate zahlreicher Teilberichte wurden schliesslich zu einer auf die Raumplanung ausgerichtete Synthese zusammengefasst, in deren Zentrum eine Karte mit den klimatologisch-lufthygienischen Belastungen für das Jahr 1975 stand (Mathys et al., 1980). Die Studien zum Berner Stadtklima werden in der Gegenwart unter der Leitung von Stefan Brönnimann unter anderem mit einem dichten Temperaturmessnetz fortgesetzt.

Sowohl aus dem KLIMUS-Projekt als auch aus dem Klimaprogramm des Kantons Bern entstanden wichtige Folgeprojekte von Forschenden, welche längere Zeit im Geographischen Institut arbeiteten. Stefan Kunz beschäftigte sich im Rahmen von KLIMUS mit Sonnenscheindauer, Bewölkung und Strahlung und entwickelte eine Methodik zur Erfassung dieser Parameter in komplexer Topographie, eine Arbeit, die er später als Leiter der Firma Meteotest gezielt anwenden konnte (Kunz, 1983). Richard Volz entwickelte eine Methodik zur Kartierung der Klimateignung für den landwirtschaftlichen Anbau in komplexer Topographie, die er in drei Regionen zur Anwendung brachte (Volz, 1984). Urs Witmer erarbeitete eine Methode zur flächendeckenden Kartierung der Schneehöhen (Witmer, 1984). Zusammen mit den Nebelstudien von Heinz Wanner fanden die kartographischen Ergebnisse von Richard Volz und Urs Witmer Eingang in den von Walter Kirchofer geleiteten Klimaatlas der Schweiz. Die früheren Mitarbeiter Ralph Rickli und Paul Filliger wirkten im Geographischen Institut nach ihrem Weggang zahlreiche Jahre als Dozenten für Meteorologie und Luftverschmutzung.

Mehrere Mitglieder aus der Klimagruppe von Heinz Wanner gingen den Weg über eine Habilitation. Eva Schüpbach arbeitete danach in der Ozonforschung und spezialisierte sich später im Bereich erneuerbarer Energien. Der viel zu früh verstorbene Werner Eugster widmete sich der mikrometeorologischen Bestimmung von Spurengasflüssen, wurde Professor an der ETH Zürich und unterrichtete weiterhin auch in Bern. Jürg Luterbacher forscht im Bereich der langfristigen Klimadynamik Europas, ist Professor an der Universität Giessen und versieht neuerdings die Stelle als Director for Science and Innovation der Weltorganisation für Meteorologie in Genf.

Rolf Weingartner (geb. 1954) promovierte 1985. Er wurde 1989 am Geographischen Institut der Universität Bern Leiter der Hydrologie, übernahm gleichzeitig die Leitung des Projektes «Hydrologischer Atlas der Schweiz» und wurde 2003 zum Professor befördert. Durch seine Arbeit am Hydrologischen Atlas, aber auch durch seine weitere Lehr- und Forschungstätigkeit waren die Arbeiten von Rolf Weingartner zunehmend durch den Einfluss des Klimawandels geprägt. Einerseits erarbeitete er wichtige Grundlagen zur Trendentwicklung der wichtigen hydrologischen Parameter in der Vergangenheit (Weingartner und Kauzlaric, 2014). Andererseits wurde er immer mehr zum Warner vor den bevorstehenden Veränderungen des Klimawandels. Figur 39 zeigt die Veränderung des Abflusses der Aare bei der Einmündung in den Rhein für verschiedene Klimaszenarien des Jahres 2085 (Weingartner, 2016). Dabei wird der Einfluss der Temperaturerhöhung und der veränderten Gletscherschmelze deutlich sichtbar. Durch den verminderten Schmelzwasserabfluss verschiebt sich das Abflussminimum vom Winter in den Sommer. Zusätzlich verlängert sich auch die Hochwassersaison.

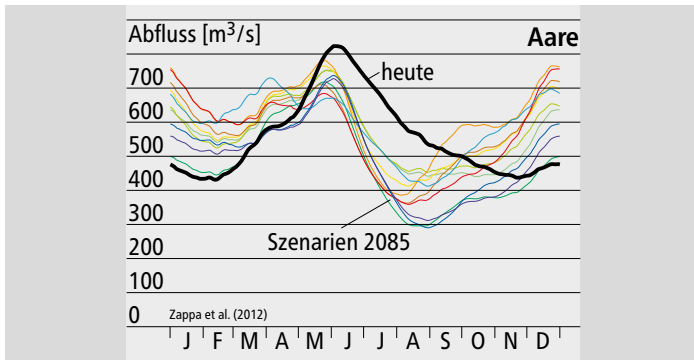


Fig. 39: Projektionen für den Abfluss der Aare bei der Einmündung in den Rhein. Dargestellt sind langjährige mittlere Monatsabflüsse (nach Weingartner, 2016).

Heinz Veit (geb. 1956) wurde 1996 als Nachfolger von Bruno Messerli als Professor für Paläo-Geoökologie nach Bern berufen. Er hat sich intensiv mit der Geoökologie der Alpen auseinandergesetzt und war an Forschungsprojekten in Südamerika, Kamerun und im äthiopischen Hochland beteiligt. Neben geomorphologischen und bodenkundlichen Studien, die besonders in Südamerika auch in ihrer Beziehung zur Bevölkerungsentwicklung betrachtet wurden, hat er zahlreiche Studien zur Entwicklung des Paläoklimas im Quartär verfasst und sich mit den Arbeiten von Alexander von Humboldt auseinandergesetzt (Veit, 2021). Basierend auf der Analyse einer 2600-jährigen Sedimentreihe aus der Aare-Hasli-Aue östlich des Briener Sees hat das Team von Heinz Veit katastrophale frühere Flutereignisse rekonstruiert (Schulte et al., 2015). Die Daten wurden mithilfe von historischen Texten und instrumentellen Messungen kalibriert. 12 der 14 historisch dokumentierten Ereignisse zwischen 1480 und 1875 AD konnten identifiziert werden. Im Zusammenhang mit einer höheren Flutgefährdung wird auf den entscheidenden Einfluss der nordatlantischen Zirkulation und den solaren Antrieb des Klimasystems hingewiesen.

Im Jahr 1988 hat Michael Baumgartner die Nachfolge von Matthias Winiger als Leiter der Fernerkundungsgruppe des Geographischen Instituts angetreten. Er wurde im Jahr 1999 von Stefan Wunderle (geb. 1962) abgelöst, welcher 2021 zum Professor befördert wurde. Stefan Wunderle hat sich unermüdlich dafür eingesetzt, dass die lückenlosen und qualitativ hochstehenden Zeitreihen von Wettersatellitendaten an der Berner Station (vgl. Fig. 35) weitergeführt und für gezielte klimatologische Anwendungen eingesetzt werden konnten. Die Arbeiten seiner Gruppe konzentrierten sich bisher auf die Alpen, Asien (Hindukusch) und Afrika (Lesotho). Im Vordergrund der Analysen standen die Verteilung von Wolken, Seeeis und Schnee sowie Studien zu Albedo, Aerosolkonzentration und Feuer. In einer vier Jahrzehnte umfassenden Studie zur räumlichen und zeitlichen Dynamik der Schneedecke im Hindukusch konnte sein Team deutlich abnehmende Schneedeckentrends feststellen (Naegeli et al., 2022). Insbesondere die immer früher einsetzende Schneeschmelze führt zu einem sommerlichen Abflussrückgang und zu Trockenheitsproblemen im Bereich des Indus und des Brahmaputra.

6.5. Klimaforschung am Institut für Geologie sowie am Departement Chemie, Biochemie und Pharmazie der Universität Bern

6.5.1. Christian Schlüchter (geb. 1947)

Christian Schlüchter ist auf einem abgelegenen Emmentaler Bauernhof aufgewachsen. Er hat an der Universität Bern promoviert und habilitiert. Danach wirkte er zuerst als Professor am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der ETH Zürich. 1993 wurde er als Professor für Quartärgeologie an die Universität Bern gewählt, wo er bis 2012 wirkte.

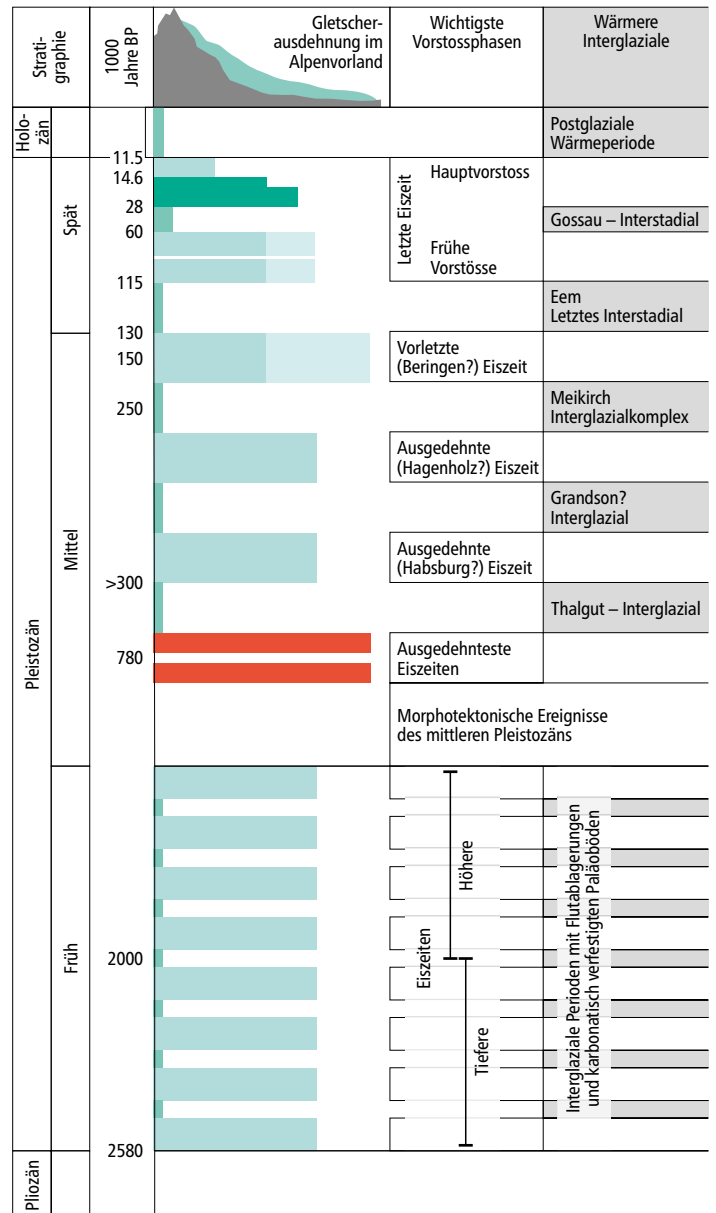


Fig. 40: Überarbeitete Übersichtstabelle des Quartärs im nördlichen Alpenvorland. Die stratigraphische Position der grössten Vergletscherung(en) ist in rot angegeben (nach Schlüchter et al., 2021).

Als einer der führenden Quartärgeologen hat sich Christian Schlüchter bei ausgedehnten Feldarbeiten in den Alpen, aber auch in Japan, Neuseeland, der Antarktis und Südamerika sowie im Tibet und in Anatolien ein beeindruckendes Wissen zur Eiszeitdynamik, Eiszeitstratigraphie und Eiszeitchronologie angeeignet. Mit seiner Forschungsgruppe hat er wesentliche Beiträge zur Entwicklung und Anwendung der Altersdatierung an Oberflächen mithilfe von kosmogenen Nukliden geleistet. Zahlreiche Publikationen von Christian Schlüchter befassen sich mit der Dynamik der Eiszeiten und Zwischeneiszeiten der letzten 2.7 Millionen Jahre. Unter anderem hat er gezeigt, dass auch in den Alpen glaziale Ablagerungen aus dem Zeitraum vor 2 Millionen Jahren vorliegen (Schlüchter et al., 2021). Figur 40 präsentiert eine Übersicht der quartären Stratigraphie des nördlichen Schweizer Alpenvorlandes. Insgesamt dürften im Quartär mindestens 15 drastische Wechsel zwischen Eiszeiten (Eisvorstössen) mit negativen Temperaturdepressionen von -16°C aufgetreten sein (Schlüchter et al., 2021). Zur Zeit der grössten Vergletscherungen um 780 000 Jahre vor heute war der grösste Teil der Schweiz eisbedeckt. In den warmen Interglazialen waren die Gletscher teilweise vollständig verschwunden.

Christian Schlüchter hat als Forscher überwiegend im Team gearbeitet. Vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten hat er sich ebenfalls intensiv mit der Analyse von Holzfunden in Gletschervorfeldern beschäftigt. Dabei hat er mit seiner Gruppe nachgewiesen, dass es seit dem Ende der Kaltphase der Jüngeren Dryas vor 11 700 Jahren 12 wärmere Perioden gab, die regelmässig von kälteren Phasen unterbrochen wurden. Ganz besonders hat er immer wieder betont, dass die Waldgrenze oft höher lag, und dass die Alpen während des holozänen Wärmemaximums praktisch eisfrei waren (Schlüchter und Jörin, 2004). Diese Feststellungen von Christian Schlüchter wurden nicht bestritten. Kritisch beurteilen seine Kolleginnen und Kollegen eher seine Vorträge bei klimakritischen Vereinigungen wie EIKE (Europäisches Institut für Klima und Energie), in denen er oft die Sonne als Hauptverursacherin der gegenwärtigen Klimaänderungen in den Vordergrund gestellt hat. Seine Nachfolge an der Universität Bern hat Flavio Anselmetti angetreten.

6.5.2. Weitere Forschungsaktivitäten des Geologischen Instituts

Der Sedimentologe Albert Matter (geb. 1932) hat sich in den letzten 25 Jahren ebenfalls mit paläoklimatologischen Fragen beschäftigt. Zusammen mit seinen Mitarbeitern Stephen Burns und Dominik Fleitmann sowie weiteren Kollegen hat er aufgrund der Analyse von Stalagmiten aus Höhlen im Oman wesentliche Beiträge zur langfristigen Dynamik des Indischen Sommermonsuns geliefert. Unter anderem hat das Team nachweisen können, dass das Klima im Bereich des Indischen Sommermonsuns während des letzten Interglazials um 120 000 Jahre vor heute noch feuchter war als im Frühholozän zwischen 9 700 und 6 200 Jahren vor heute (Burns et al., 1998), und dass die Intensität des Indischen Sommermonsuns sehr wesentlich durch die solare Strahlung der Nordhemisphäre beeinflusst wurde (Fleitmann et al., 2003). Stephen Burns ist Professor am Department of Earth, Geographic and Climate Sciences der University of Massachusetts in Amherst (USA), und Dominik Fleitmann ist Professor am Departement Umweltwissenschaften der Universität Basel. Sam Jaccard hat sich während seiner Tätigkeit am Institut für Geologie in Bern von 2013 bis 2020 den Nährstoffkreislauf sowie die Verfügbarkeit von Sauerstoff in marinen Ökosystemen untersucht. Er wurde danach als Professor an die Universität Lausanne gewählt.

6.5.3. Heinz Gäggeler (geb. 1946)

Heinz Gäggeler hat an der Universität Bern Chemie studiert und 1973 mit einer Dissertation zur Kernspaltung bei Hansruedi von Gunten promoviert. Damit wurden die zwei wesentlichen Marschrichtungen in seiner Karriere bereits vorgezeichnet: auf der einen Seite stand die Radiochemie mit einer international hochgeachteten Grundlagenforschung, unter anderem der erstmaligen chemischen Untersuchung von 5 superschweren Elementen des Periodensystems. Auf der anderen Seite entstand aus einer engen Verbundenheit mit seinem Doktorvater sein Interesse an Atmosphärenforschung im hochalpinen Gelände. Dies führte dazu, dass er sein zweites Bein auf atmosphärenchemische Untersuchungen, vor allem an alpinen Eiscores, ausrichtete. Heinz Gäggeler verbrachte seine Postdoczeit am Flerov Laboratory for Nuclear Reactions in Dubna (UdSSR) und war dann von 1976–1984 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gruppe Kernchemie bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, die letzten zwei Jahre als deren Leiter. 1984 wurde er als Leiter der Abteilung Chemie an das Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), ab 1988 umbenannt in Labor für Radio- und Umweltchemie des neugegründeten Paul Scherrer Instituts (PSI) berufen. Er habilitierte 1989 an der ETH Zürich und war von 1993 bis 2009 zusätzlich Professor für Radiochemie an der Universität Bern.



Fig. 41: Icecore-Forschung in hochalpiner Umgebung ist nicht ganz ungefährlich: Abgestürzter Helikopter auf dem 4450 m über Meer gelegenen Colle Gnifetti im August 1989.

Heinz Gäggeler war ursprünglich auf dem Weg, Gymnasiallehrer zu werden. Hansruedi von Gunten verhalf ihm jedoch während seiner Dissertationszeit zu einer Stelle bei Hans Oeschger an der Universität Bern. Oeschgers Idee war es, die in Grönland neu anlaufenden Untersuchungen an Eisbohrkernen auch im alpinen Raum durchzuführen. Erste Experimente wurden auf dem Unteraargletscher vorgenommen, um mittels $^{14}\text{CO}_2$ Messungen in eingeschlossenen Luftbläschen das Alter zu bestimmen. Weitere Untersuchungen an Eiscores der Plaine Morte und des Jungraujochs hatten zum Ziel, im Eis eingeschlossene Spurenstoffe (z. B. T und ^{210}Pb) zu analysieren (Schotterer et al., 1977). Diese frühen Studien zeigten, dass sich temperierte Gletscher für die vorgesehenen Untersuchungen nicht eignen.

Mehr durch Zufall stiessen Gäggeler und Schotterer 1975 bei der Suche nach einem höher gelegenen Gletscher auf das Plateau des 4450 m hohen Colle Gnifetti nahe der Signalkuppe (Monte Rosa). Dieser Gletscher erwies sich in der Tat als kalt. In den folgenden Jahren fanden dort zahlreiche Bohrkampagnen statt. Dieser hochgelegene Arbeitsort war jedoch nicht ohne Tücken, denn Gäggeler und Schotterer erlitten 1989 mit einem Militärhelikopter einen gefährlichen Absturz, bei dem sich einer der beiden verletzte. Figur 41 zeigt ein Bild des abgestürzten Helikopters. Trotz der grossen logistischen Herausforderungen bei den Eisbohrungen im Hochgebirge begann mit den Arbeiten auf dem Colle Gnifetti eine eigentliche Erfolgsgeschichte. Unter anderem konnte gezeigt werden, dass dort eine Eisdatierung mit ^{210}Pb vorgenommen werden kann (Gäggeler et al., 1983). Heinz Gäggeler gelang es, seine Mitarbeiterin Margit Schwikowski für die Erforschung der Chemie von Eiscores zu begeistern (Schwikowski et al., 1999). Zusammen mit ihrem Team wirkte er ebenfalls bei anspruchsvollen Eisbohrerpeditionen auf dem Cerro Tapado Gletscher in den chilenischen Anden (5536 m ü.M.), sowie an zwei Standorten im Altaigebirge, dem sibirischen Belukha-gletscher (4062 m ü.M.) und einem mongolischen Gletscher im Tsumbarav Gebirge (4139 m ü.M.) mit. Im sibirischen Hochgebirge konnte gezeigt werden, dass die Temperaturen während der letzten 750 Jahre mit einer Verzögerung von 10–30 Jahren auf Sonnenenergieschwankungen reagieren (Eichler et al., 2009). Margit Schwikowski hat an der Universität Bern im Rahmen der nebenamtlichen Professur für Umweltchemie die Nachfolge von Heinz Gäggeler angetreten.

6.6. Klimaforschung an der philosophisch-historischen Fakultät der Universität Bern: Historisches Institut

6.6.1. Christian Pfister (geb. 1944)

Christian Pfister studierte in Bern Geschichte und Geographie. Als begeisterter Nebenfachgeograph wurde er 1969 von Bruno Messerli als Assistent am Geographischen Institut angestellt. Im engen Kontakt mit der Klimaforschung des Instituts erarbeitete er eine vielbeachtete Dissertation über Agrarkonjunktur und Witterungsverlauf in der

zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, in deren Mittelpunkt die Beobachtungen und Messungen der Berner Ökonomischen Gesellschaft standen (Pfister, 1975). Fasziniert durch die Möglichkeiten der Interpretation dieses Quellenmaterials und durch die Publikationen der Pioniere Eduard Brückner, Hubert Lamb und Emmanuel Le Roy Ladurie verbrachte Christian Pfister Studienaufenthalte an den Universtitäten Rochester, New York und East Anglia in Norwich.

Wie viele seiner Kollegen musste sich Christian Pfister damit abfinden, dass ihm die Universität Bern nach dem Auslandsaufenthalt keine Stelle anbieten konnte. Er unterrichtete deshalb 3 Jahre als Sekundarlehrer in Langenthal. 1982 habilitierte er sich mit einer Arbeit zur Klimageschichte der Schweiz und wurde in Bern als Privatdozent angestellt. 1990 stiftete ihm der Schweizerische Nationalfonds eine Forschungsprofessur für Umweltgeschichte, und 1997 wurde er von der Universität Bern zum Ordinarius für Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte ernannt. Der passionierte Langstreckenläufer bewies in der Folge auch seine grosse Ausdauer als Hochschullehrer und Forscher. Es ist zu betonen, dass Christian Pfister ebenfalls wesentliche Beiträge zur Agrar-, Bevölkerungs- und Regionalgeschichte geliefert hat. Insbesondere hat er sich mit der Geschichte der Naturkatastrophen auseinandergesetzt. Im Zentrum seiner Forschung blieb jedoch die Klimageschichte.

In der Schweiz war er der erste Hochschulhistoriker, der in Lehre und Forschung moderne Methoden der Informatik einführte und diese in der Klima- und Umweltgeschichte vielseitig einsetzte. Im Rahmen von Europrogrammen trug er im Team eine Riesenzahl von maschinenlesbaren Dokumentendaten zusammen, die er zunächst in eine schweizerische und danach in die bekannte europäische Klimadatenbank EUROCLIMHIST integrierte. Sie ist heute die grösste historische Datenbank Europas und damit auch Teil von GCOS (Global Climate Observing System). Als Pionier der Klima- und Umweltgeschichte, der ein riesiges Quellenmaterial erschloss und dieses in Zeitreihen und kartographischen Übersichten darstellte und interpretierte, musste sich Christian Pfister zunächst gegen die Naturwissenschaften durchsetzen. Nicht zuletzt dank ihm ist die Historische Klimatologie heute breit akzeptiert.

International bekannt wurde Christian Pfister unter anderem mit der Entwicklung der sogenannten «Pfister-Indizes». Sie klassieren die Temperatur aufgrund der vorliegenden Dokumente, bezogen auf eine Referenzperiode, in total sieben Klassen von -3 (kalt) bis +3 (warm). Figur 42 zeigt die 1000-jährigen Zeitreihen der Temperatur Europas aufgrund der Pfister-Indizes für Winter (blau) und Sommer (rot). Der

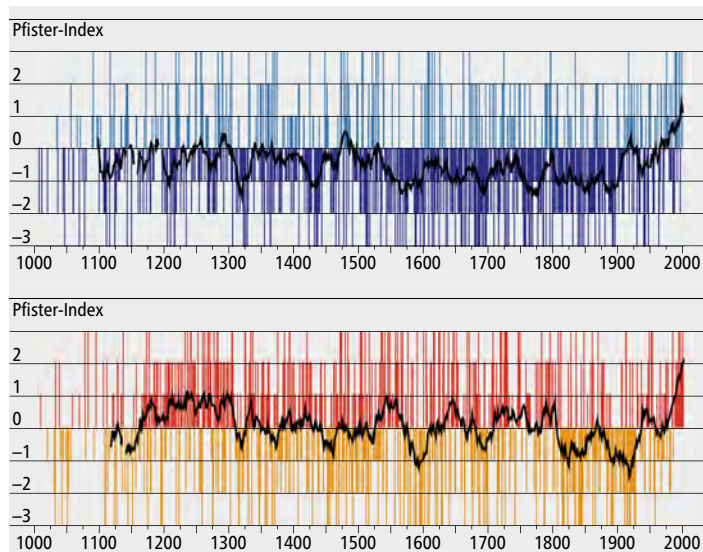


Fig. 42: 1000-jährige Zeitreihen der Temperaturindikatoren für Europa anhand der Pfister-Indizes. Die blaue Kurve steht für die Wintertemperaturen (Dezember bis Februar), die rote für Sommer (Juni bis August; Pfister und Wanner, 2021).

Vergleich der beiden Zeitreihen zeigt klar, dass die Kleine Eiszeit in erster Linie ein Winterphänomen mit tiefen Temperaturen besonders im Zeitraum zwischen 1500 und 1900 AD war. Die Sommer zeigen besonders im 13. Jahrhundert eine ausgesprochene Klimagunst, welche zu grosser Prosperität und einem beachtlichen Bevölkerungswachstum führte (Pfister und Wanner, 2021).

Christian Pfister hat auf der Basis seiner Rekonstruktionen eine grosse Zahl von Publikationen insbesondere zu grossen Extremereignissen abgefasst. Zu erwähnen sind unter anderem seine Beiträge zu den kühlfeuchten Sommern nach Vulkaneruptionen und zu den Sommerdürren wie im heissen Jahr 1540. Damals litt Europa vom Atlantik bis Polen und von der Toskana bis zur deutschen Nordgrenze unter einer elfmonatigen Hitze- und Dürreperiode, welche Flüsse zu Rinnsalen verkümmern und Wälder und Siedlungen in Flammen aufgehen liess. In einer gemeinsamen Buchpublikation mit Heinz Wanner hat er gezeigt, dass die Folgen eines solchen Ereignisses heute vor allem auf Grund des Wassermangels und seiner Folgewirkungen für die Energieversorgung (Kühlwasser) und die Gesundheit äusserst gravierend wären (Pfister, 2018; Pfister und Wanner, 2021).

Christian Pfister war Gründungspräsident der Europäischen Gesellschaft für Umweltgeschichte (European Society for Environmental History). Er hat eine Reihe von Auszeichnungen erhalten, unter anderem den Eduard Brückner-Preis. Seine Nachfolge hat im Jahr 2009 Christian Rohr angetreten.

6.7. Einbezug der Klimaforschung durch Vertreter anderer Fakultäten der Universität Bern

6.7.1. Institut für Archäologische Wissenschaften: Werner E. Stöckli (geb. 1947)

Werner Stöckli hat in Zürich studiert und promoviert. Nach einer Aufarbeitung der Grob- und Importkeramik aus dem Oppidum von Manching in München in den Jahren 1972–1976 arbeitete er von 1976 bis 1985 beim Archäologischen Dienst des Kantons Bern und leitete in dieser Funktion von 1976 bis 1982 das Projekt zur Auswertung der Grossgrabung im Rahmen der jungsteinzeitlichen Seeufersiedlungen von Twann.

Nach seiner Anstellung beim Archäologischen Dienst des Kantons Bern und der Habilitation im Jahr 1979 wirkte er 1985 zunächst als Professor in Köln und war schliesslich von 1985 bis 2012 Professor für Ur- und Frühgeschichte an der Universität Bern. Bereits mit 14 Jahren erwarb Werner Stöckli bei den Pfadfindern das Spezialabzeichen «Wetterwart». Danach ruhte sein Interesse für Wetter und Klima mehr oder weniger bis zu seiner Verpflichtung im Projekt von Twann, wo er unter anderem mit der Pollenanalyse, mit der Dendrochronologie, mit der ¹⁴C-Datierung und mit Fragen des Zusammenhangs zwischen Seespiegel- und Klimaschwankungen in Berührung kam (Stöckli, 2018). Werner Stöcklis kritischer Geist, der sich unter anderem in der Diskussion um die Pfahlbautheorie manifestierte, wurde auch bei Fragen rund um die prähistorische Klimaentwicklung spürbar. Angeregt durch Kontakte mit Brigitta Ammann und Willy Tinner, der bei ihm Ur- und Frühgeschichte studiert hat, erwarb er als Autodidakt erstaunliche naturwissenschaftliche Kenntnisse und integrierte diese in der Folge gezielt in seine Arbeiten. Wohltuend stimmte immer wieder, dass er dem Klimadeterminismus bewusst abschwörte und die Zusammenhänge zwischen dem Klima und gesellschaftlichen Entwicklungen stets kritisch hinterfragte. In seinen überzeugenden Übersichtswerken zum jüngeren Neolithikum (Stöckli, 2009) und zur Urgeschichte der Schweiz (Stöckli, 2016) setzte er sich eingehend mit dem Klima auseinander. So überprüfte er die neolithischen Dendrokurven anhand von ¹⁴C-Datierungen (Stöckli, 2009). In seiner Urgeschichte der Schweiz (Stöckli, 2016) stellte er die Erwärmung nach dem Gletscherrückzug und den Kälterückfall der Jüngeren Dryas (Fig.

23) anhand der $\delta^{18}\text{O}$ -Daten aus grönländischen Eisbohrkernen dar und verglich diesen Klimaverlauf mit den Erkenntnissen zur Vegetationsdynamik anhand des bekannten Pollendiagrammes des Soppensees.

6.7.2. Institut für Europa- und Wirtschaftsvölkerrecht: Thomas Cottier (geb. 1950)

Thomas Cottier hat an der Universität Bern Recht studiert. Nach seinem Anwaltsexamen war er wissenschaftlicher Assistent für Staats- und Völkerrecht und ergänzte sein Studium an der University of Michigan Law School. Nach seinem Doktorat in Rechtswissenschaften war er von 1984 bis 1986 Visiting Fellow am Wolfson College in Cambridge. Nach seiner Tätigkeit beim Bund als stellvertretender Generaldirektor des Eidgenössischen Amtes für geistiges Eigentum war er an der Berner Universität Professor für Europäisches und Internationales Wirtschaftsrecht sowie Mitbegründer und Geschäftsführer des bekannten World Trade Instituts. Im Rahmen dieser Funktionen, aber auch durch seine vielseitigen internationalen Verpflichtungen hat er sich stark für die Beachtung der Auswirkungen des globalen Klimawandels eingesetzt. Er war an unserer Universität verantwortlich für die beginnende Zusammenarbeit der Rechtswissenschaften mit dem Oeschger-Zentrum für Klimaforschung im Rahmen der stark wachsenden Bedeutung des Rechts in der internationalen Klimapolitik, die nun von Charlotte Blattner wahrgenommen wird. Sie beschäftigt sich mit den vielschichtigen und dringlichen Herausforderungen, welcher der Klimawandel an das schweizerische Staats- und Verwaltungsrecht stellt.

6.7.3. Volkswirtschaftliches Institut: Gunter Stephan (geb. 1952)

Gunter Stephan wurde nach Studien in Mathematik, Physik und Ökonomie in Heidelberg und Stanford 1988 als Professor für Volkswirtschaft an die Uni Bern berufen. Er hat sich bis zu seiner Emeritierung

im Jahr 2017 intensiv mit der Ökonomie des Klimawandels auseinandergesetzt. Unter anderem hat er studiert, ob der globale Klimawandel durch einen Nord-Süd-Technologietransfer bekämpft werden kann (Stephan und Müller-Fürstenberger, 2015).

Gunter Stephan war neben seiner Rolle als Vizerektor der Universität Bern von 2003 bis 2011 auch als stellvertretender Direktor des NFS Klima und als Mitglied des wissenschaftlichen Rates des Oeschger Zentrums tätig. In seiner akademischen Rede am Dies Academicus des Jahres 2006 befasste er sich mit dem Nationalen Forschungsschwerpunkt Klima. Er betonte, dass der globale Klimawandel nicht nur die Naturwissenschaften, sondern auch die Sozialwissenschaften fordert. Insbesondere sei es ökonomisch rational, sich gegen den potenziellen Klimawandel zu versichern. Mit dem Kyoto-Protokoll sei eine solche «Versicherungspolice» unterzeichnet worden. Diese sei aber vor allem auf das Vermeiden von Schadstoffemissionen angelegt. Dies allein reiche nicht für einen effektiven «Klimaversicherungsschutz». Aus ökonomischer Sicht müsse ein Klimaschutzziel so kostengünstig wie möglich zu erreichen sein. So sei der Handel mit Emissionsrechten, um weltweit die CO_2 -Emissionen zu reduzieren ein guter Weg, der aber noch weiterer Regelungen bedürfe. Auch technischer Fortschritt und technologischer Wandel allein reichten nicht. Es brauche ökonomische Anreize, die den Klimaschutz belohnen würden, aber auch eine stärkere Motivation etwa an den Technischen Hochschulen der Schweiz, damit technisches Wissen vermehrt für die Umwelt genutzt werden könnte.

Gunter Stephan war auf der nationalen und internationalen Ebene sehr aktiv, unter anderem als Mitglied der schweizerischen UNESCO-Kommission oder des Deutschen Wissenschaftsrates.

7. Vor und nach der Jahrtausendwende – Erneuerung und grosse Projekte

7.1. Bern als Geburtsort von IGBP und PAGES

Aufgrund des internationalen Engagements der Universität Bern bei der Erforschung von Eisbohrkernen wurde die 21. Generalversammlung des International Council of Scientific Unions (ICSU) Bern zugesprochen. Sie fand dort vom 14. bis 19. September 1986 statt. Eines der Haupttraktanden war die Schaffung eines internationalen Programmes, dessen Zielsetzung es war, die interaktiven physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse des Systems Erde sowie dessen Einfluss auf menschliche Aktivitäten zu studieren. Dieses Programm erhielt den Namen «International Geosphere Biosphere Programme» (IGBP). Es bildete im Rahmen des International Council of Scientific Unions ein Unterprogramm, verbunden mit der Idee einer engen Zusammenarbeit mit dessen zwei andern grossen Unterprogrammen, dem World Climate Research Programme (WCRP) und dem International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP).

Das IGBP Programm nahm rasch Fahrt auf und profitierte von der Schaffung einer Reihe von Unterprogrammen mit originellen Forschungsansätzen, welche auch unter sich eine fruchtbare Zusammenarbeit pflegten. Führende Paläoklimatologinnen und Paläoklimatologen waren sich einig, dass der Blick zurück in die vergangenen Jahrhunderte und Jahrtausende mit deren zum Teil grossen Klimaschwankungen wesentlich zum Verständnis des gegenwärtigen und zukünftigen Klimas beiträgt. Deshalb traf sich im Mai 1988 in Bern eine prominent besetzte Arbeitsgruppe, welche unter dem Vorsitz des amerikani-

schen Sonnenforschers Jack Eddy und des Berner Klimaphysikers Hans Oeschgers ein Konzept zur Gewinnung von Paläodaten ausarbeitete. Ein Jahr später traf sich eine noch grössere Gruppe in Snowmass (Colorado, USA), wo ein Kernprogramm für das IGBP-Kernprojekt Past Global Changes (PAGES) ausgearbeitet wurde (Bradley, 1989). Dieses PAGES-Programm startete 1991 und entwickelte sich in der Folge zum führenden Paläoklimaprogramm der Erde, welches insbesondere eine enge Zusammenarbeit mit dem Weltklimaprogramm WCRP pflegt. Das leitende Büro von PAGES wurde in Bern angesiedelt, zuerst im Stadtzentrum und später zusammen mit dem Management Centre des Oeschger Zentrums an der Universität Bern. Finanziert wurde das PAGES-Programm von der Schweiz und von den USA. Nach dem Ausstieg der USA während der Trump-Ära sprang China grosszügig als mitfinanzierende Nation ein. Den Schweizer Sitz als Co-Chair von PAGES besetzt zurzeit der Berner Professor Martin Grosjean.

Figur 43 zeigt grafisch die Gesamtkonzepte der ersten und zweiten Phase des PAGES-Programmes (Kiefer et al., 2015; Evans et al., 2021). Der erste PAGES-Wissenschaftsplan der Jahre 1994–1998 (Fig. 43a) konzentrierte sich auf die letzten 2000 Jahre sowie auf den Glazial-/Interglazialzyklus und untersuchte entlang von drei sogenannten Pol-Äquator-Pol-Transekten (PEP) die mehrjährige bis dekadische Klimavariabilität. Damit wurde PAGES zu einem Vorzeigeprojekt von IGBP und entwickelte sich zu einem vielbeachteten Weltprogramm. Im Zuge der Weiterentwicklung konzentrierte sich das Programm in den Jahren ab

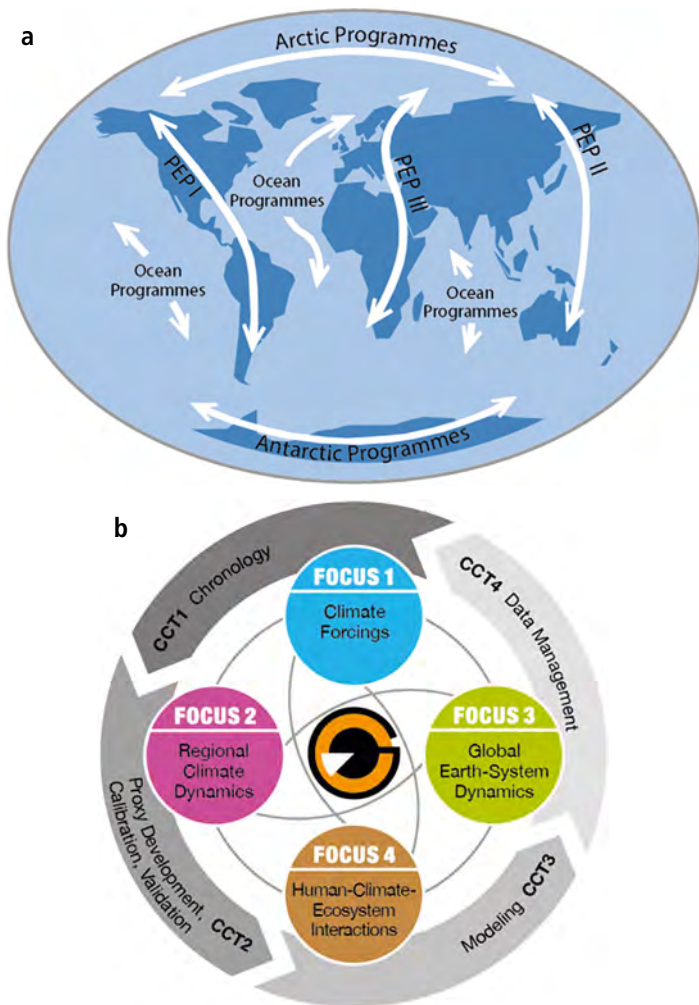


Fig. 43: Schematische Darstellung der wissenschaftlichen Strukturen von PAGES in den Jahren **a)** 1994–1998 sowie **b)** 2015–2021 (Evans et al., 2021).

2009 auf vier Foki (Fig. 43b). Dies eröffnete neben einem Schwerpunkt auf der Rekonstruktion langfristiger Zeitreihen mithilfe verschiedener Proxies (Eisbohrkerne, Baumringe, Sedimente, Pollen, Stalagmiten, usw.) auch die Möglichkeit des Einbezuges von humanwissenschaftlichen Fragestellungen. Die rekonstruierten Datensätze bildeten eine wichtige Grundlage für die Zusammenarbeit mit den Modellzentren und insbesondere auch mit dem Weltklimaprogramm WCRP.

2015 wurde das IGBP Programm beendet. PAGES blieb als bedeutendes globales Paläoprogramm erhalten und wurde in das globale Nachhaltigkeitsprogramm «Future Earth» eingegliedert. Da dieses Programm in erster Linie das politische Handeln mit wissenschaftlichen Informationen unterstützen wollte, war es zunächst nicht sehr klar, welche Rolle PAGES einnehmen sollte. Inzwischen hat PAGES seinen Platz gefunden, und setzt mit der Herausgabe seines Magazins auch kommunikativ bedeutende internationale Marksteine. Mit dem «Early-Career Network» fördert PAGES die aufstrebenden Paläowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler und widmet sich dabei besonders den Bedürfnissen junger Leute aus dem globalen Süden.

7.2. Berner Schritte auf dem nationalen Parkett

7.2.1. Von der Idee eines Schweizer Klimaprogramms zu Proclim und OcCC

Nach der Gründung des IGBP-Programmes im Jahr 1986 äusserte Hans Oeschger als Präsident der Kommission für Klima- und Atmosphärenforschung CCA der Schweizerischen Naturforschenden Ge-

sellschaft SNG (heute SCNAT) die Idee, die Schweiz sollte sich mit einem nationalen Klimaforschungsprogramm an den internationalen Aktivitäten beteiligen. Auf seine Initiative trafen sich vom 2. bis 4. Juli 1987 rund 70 Vertreterinnen und Vertreter aus dem Bereich der Schweizer Klimaforschung und benachbarter Fachbereiche in Gletsch zu einer Arbeitstagung, deren Ziel es war, die Inhalte und Strukturen für ein schweizerisches Klimaforschungsprogramm zu entwerfen. In verschiedenen Arbeitsgruppen wurden drei Schwerpunktbereiche definiert: Direkte und indirekte Klimadaten, Prozessstudien und Auswirkungen des Klimawandels.

Mit einem Budget von 10 Millionen Franken pro Jahr gelangte das Team der CCA mit dem Wunsch an die verantwortlichen Personen im Bundesamt für Bildung und Wissenschaft BBW und beim Schweizerischen Nationalfonds SNF, dass die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft mit diesen Finanzen ein koordiniertes schweizerisches Klimaforschungsprogramm durchführt und beaufsichtigt. BBW und SNF äusserten sich sehr klar und hielten fest, dass die Organe der SNG für ihre Koordinations- und Beratungstätigkeit von Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit finanziert werden, dass jedoch Aufträge und Finanzen für Forschungsprojekte und -programme direkt über das BBW und somit schwerpunktmässig über den SNF abzuwickeln sind. Sie luden die Gruppe von Gletsch gleichzeitig ein, entsprechende Forschungsvorhaben einzureichen.

Mit der Gründung von ProClim im Jahr 1988 wurde weiterhin von der Idee ausgegangen, dass dieses Organ die schweizerische Klimaforschung koordiniert. Die Gründer Hans Oeschger, Bruno Messerli und Kerry Kelts (ETH) setzten sich aktiv für die Schaffung koordinierter schweizerischer Forschungsprojekte ein. Mit einer Neuausrichtung im Jahr 1993 mutierte ProClim zum heutigen Forum für Klima und globalen Wandel, welches als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Verwaltung, Politik, Wirtschaft und der Öffentlichkeit dient. Heinz Wanner und Thomas Stocker amtierten über etliche Jahre als Präsidenten von ProClim, und zurzeit ist mit Karin Ingold wiederum eine Bernerin Präsidentin von ProClim.

Heinz Wanner war im Jahr 1996 auch Gründungspräsident des Beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung (OcCC), welches damals vom Departement des Innern (EDI) und vom Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) mit dem Mandat ausgestattet wurde, Empfehlungen strategischer Art zu Fragen der Klimaänderungen und zur Schweizer Klimapolitik aus Sicht der Wissenschaft zuhanden von Politik und Verwaltung zu formulieren. Dieses Mandat wurde Ende 2021 nicht zuletzt wegen Überschneidungen mit ProClim beendet.

7.2.2. Die Beteiligung der Universität Bern an nationalen Forschungsvorhaben

Parallel zu den Anstrengungen von ProClim und in Ergänzung von dessen Initiativen wurden in der Schweiz mehrere koordinierte Forschungsvorhaben in die Wege geleitet. In den Jahren 1975–1981 wurde im Auftrag des Bundesrates die sogenannte CLIMOD-Studie durchgeführt. Sie untersuchte den Einfluss auf das Klima im Falle eines Baus mehrerer Kernkraftwerke in der Region Ober- und Hochrhein. Eine nennenswerte Veränderung des Klimas war laut der Studie nicht zu erwarten. Trotzdem wurde vor allem aus politischen Gründen auf den Bau des Kernkraftwerkes Kaiseraugst verzichtet. Aus Bern beteiligte sich Matthias Winiger mit seiner Fernerkundungsgruppe an der Studie, in deren Rahmen bei Hochdrucklagen das starke Überströmen der Luft aus dem Kaltluftsee des Schweizer Mittellandes über den Ostjura in Richtung Hochrhein entdeckt wurde, welches unter dem Namen «Möhlin Jet» allgemein bekannt wurde (Winiger, 1982). Figur 44 zeigt anhand einer einfachen Grafik die Strömungsdynamik des Möhlin Jets.

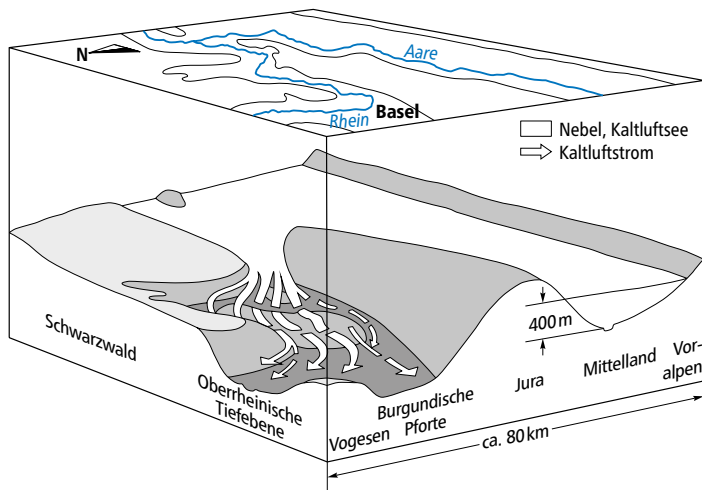


Fig. 44: Das Blockdiagramm zeigt das Überfließen des Ostjuras durch die Kaltluft aus dem Schweizer Mittelland in Richtung des Rheintalgrabens. Aufgrund der schiessenden Strömung wird diese als «Möhlinjet» bezeichnet (Winiger, 1982).

In den Jahren 1980–1992 beteiligten sich mehrere Berner Forschungsgruppen aus Chemie, Biologie und Geographie am Nationalen Forschungsprogramm NFP 14 (Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz). Aufgrund der zunehmenden Waldschäden wurde das Stammprogramm unter dem Label NFP14+ um ein Zusatzprogramm erweitert und erhielt neu die Bezeichnung «Luftaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz». Im Rahmen des Basisprogrammes wurde die grosse Stadtklimastudie in Biel durchgeführt (Wanner, 1991). In deren Rahmen wurden die Temperaturverteilung und die Strömungsdynamik innerhalb des Stadtgebietes mit Messungen und Simulationen der Luftfremdstoffe SO_2 , NO_2 , O_3 und Feinstaub verknüpft. Zusätzlich wurde deren Wirkung auf die Flechten an Stadtbäumen (siehe Fig. 24) sowie auf Atemwegserkrankungen von Kleinkindern untersucht. Anhand der grossangelegten Studien zu den Waldschäden im Rahmen von NFP14+ konnte das Wissen über die Wechselwirkung zwischen Waldbäumen und Luftfremdstoffen für die Zukunft massiv erweitert werden. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass verschiedene Baumarten unterschiedlich reagieren und unter der zunehmenden Luftbelastung leiden, dass sie jedoch über komplexe Puffermechanismen verfügen, welche nicht unmittelbar zum Tod ganzer Baumpopulationen führen müssen.

Angesichts der Extremwetterereignisse wie das Hochwasser im Reusstal im Jahr 1987 wurde 1993 ein neues Nationales Forschungsprogramm NFP31 mit dem Titel «Klimaänderungen und Naturkatastrophen» gestartet, welches sich über vier Jahre erstreckte. Dieses Programm sollte das Verständnis über das Verhalten der Umwelt bei plötzlich auftretenden kurzfristigen Witterungsereignissen und bei langfristigeren Klimaänderungen erweitern sowie Reaktionsmöglichkeiten und Massnahmen des politischen und gesellschaftlichen Systems prüfen. Es war sehr umfangreich und vereinigte die Projekte von zahlreichen Berner Forschungsgruppen aus den Bereichen Natur- und Geisteswissenschaften (Bader und Kunz, 1998). Der Schwerpunkt lag bei den Bereichen Hydrologie, Naturgefahren und Bodenkunde sowie bei statistischen Untersuchungen zur Klimageschichte.

Aus der Einsicht, dass den zunehmenden Umweltgefährdungen nur mit inter- und transdisziplinären Fragestellungen und Arbeitsweisen beizukommen ist, wurde vom Schweizerischen Nationalfonds das Schwerpunktprogramm Umwelt SPPU gestartet. In den Jahren 1995–2000 beteiligten sich zahlreiche Forschungsgruppen der Universität Bern an den Arbeiten, die in vielen Teilen interdisziplinär angepackt wurden (Thompson Klein, 2001).

Unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds und geleitet von der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und

Gewässerschutz (Eawag) wurde in den Jahren 1995–2000 das Forschungsprogramm CLEAR (Climate and Environment in Alpine Regions) durchgeführt. Ziel des Programms war es, die Konsequenzen der mit dem Klimawandel verbundenen Änderungen in der Alpenregion abzuschätzen. Dabei sollten Forschungsgebiete aus den technischen, ökologischen und sozialen Wissenschaften miteinander verknüpft werden. Insgesamt beteiligten sich aus der Universität Bern Forschungsgruppen aus Biologie, Geographie, Geschichte und Physik an der Studie. Unter anderem wurden Temperaturszenarien erarbeitet, deren Temperaturen für die zweite Hälfte des 21. Jahrhundert deutlich über den empfohlenen Limiten von 1.5 bis 2°C des Übereinkommens von Paris lagen (Cebon et al., 1998).

7.2.3. Bern als Standort des Nationalen Forschungsschwerpunktes Klima (NFS Klima)

Ende der 1990er Jahre erfolgte durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung wissenschaftlicher Forschung die Ausschreibung der ersten Serie Nationaler Forschungsschwerpunkte (NFS). Deren Ziel ist die nachhaltige Stärkung des Forschungsplatzes Schweiz in Themenbereichen von strategischer Bedeutung für die Zukunft der schweizerischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Jeder NFS besteht aus einem oder mehreren Kompetenzzentren und einem Netzwerk von Partnern aus dem universitären oder ausseruniversitären Bereich. Ein NFS ist jeweils einem klar bezeichneten und thematisch abgegrenzten Forschungsgebiet zugeordnet. Insbesondere sollen sich die NFS in den Bereichen Nachwuchsförderung, Wissenstransfer und Gleichstellungsförderung engagieren. Sie werden durch den Schweizerischen Nationalfonds für maximal 12 Jahre gefördert. Neben dem Bundesbeitrag werden die NFS zusätzlich durch Eigenmittel der Hochschulen und durch Drittmittel finanziert.

Innerhalb der ersten Programmserie wurden der Universität Bern die beiden Forschungsschwerpunkte «Klima» und «Nord-Süd» zugesprochen. Der NFS Klima startete am 1. April 2001 als allererster NFS unter dem Originaltitel «Klima – Variabilität, Vorhersagbarkeit und Risiken des Klimas». Er wurde von 2001–2007 von Heinz Wanner und 2007–2013 von Thomas Stocker geleitet. Martin Grosjean trat dem Programm in der Anfangsphase als Adjunkt bei und wurde danach zum Exekutivdirektor gewählt. Das Programm wurde neben den Mitteln des Nationalfonds durch Eigenmittel der Forschungsgruppen sowie durch Beiträge aus Verwaltung und Privatwirtschaft finanziert. Insgesamt standen fast 138 Mio. Fr. zur Verfügung.

Figur 45 zeigt die wissenschaftliche Struktur des Programmes, an dem sich in der ersten Phase 11 und in der zweiten Phase 21 Forschungsgruppen aus insgesamt 10 Institutionen aus Basel, Bern, Genf, Lausanne und Zürich beteiligten. In vier disziplinären Gruppen wurden Fragen des vergangenen und zukünftigen Klimas sowie von dessen Einfluss auf Ökosysteme und Gesellschaft abgehandelt. Die Universität Bern beteiligte sich schwerpunktmässig an den Blöcken 1 und 3. In gemeinsamer Zusammenarbeit erarbeiteten die Blöcke gezielte Fragestellungen (Rechtecke der Figur), aus denen die zentralen Resultate des Programmes abgeleitet wurden, dies in enger Vernetzung auch mit den grossen internationalen Programmen. Im Zentrum standen die folgenden Fragestellungen:

1. Durch welche Prozesse wurde das Klima in der Vergangenheit bestimmt und wie weit lassen sich anthropogene Einflüsse von der natürlichen Klimavariabilität trennen?
2. Wie lassen sich diese Erkenntnisse für die Diagnose und Vorhersagbarkeit des saisonalen Klimas und von seltenen Klimaereignissen umsetzen?
3. Wie wirken sich die erwarteten Klimaänderungen und Extremereignisse auf Ökosysteme und auf landwirtschaftliche Erträge aus?
4. Mit welchen (marktwirtschaftlichen und politischen) Instrumenten lassen sich Klimarisiken auf nationaler und globaler Ebene abfedern, und welches sind die geeigneten Wirtschaftsverbürglichen Instrumente zur Umsetzung des UNFCCC Kyotoprotokolls?

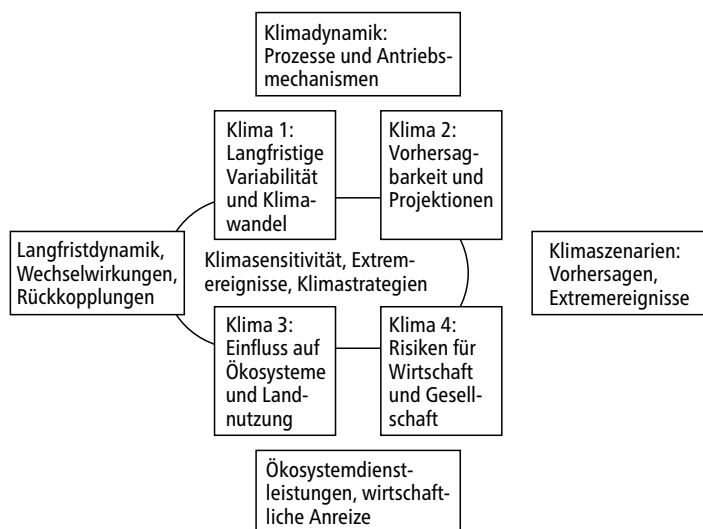


Fig. 45: Wissenschaftliche Struktur des Nationalen Forschungsschwerpunktes Klima (NFS Klima).

Anhand von paläoklimatischen Archiven und Modellen wurden die klimatischen Schwankungen und Veränderungen im Verlauf der letzten Jahrtausende diagnostiziert. Mit statistischen Methoden wurde die Hitzewelle von 2003 in den Kontext der langfristigen Klimaentwicklung gestellt, um die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses für die Zukunft abzuschätzen. Insbesondere wurden die Auswirkungen auf die Sterblichkeit des Waldes und der Bäume, die Verfügbarkeit von Wasser, die Biomasse und die landwirtschaftliche Produktion untersucht. Zudem wurden die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die wichtigsten Ökosysteme der Schweiz analysiert und Nutzungsmodelle im Hinblick auf Anpassungen an grössere klimatische Schwankungen und extreme Ereignisse entwickelt. Vor allem anhand von spezifischen Modellen wurden die Kosten und Vorteile des Klimawandels in der Schweiz evaluiert; auch Einschränkungen und Anpassungen der nationalen Klimapolitik wurden thematisiert.

Eine der zentralen Ideen des NFS Klima war es, bleibende Strukturen für Wissenschaft und Forschung an einer oder mehreren der beteiligten Institutionen zu schaffen. In Zürich wurde mit Beteiligung der ETH, von MeteoSchweiz, der Empa und des WSL das Center for Climate System Modeling (C2SM) geschaffen, welches als Forschungsnetzwerk mithilfe der Wetter- und Klimamodellierung einen Beitrag zum besseren Verständnis des Klimas und seines Einflusses auf Umwelt und Gesellschaft leistet und insbesondere fundierte Klimaszenarien für die Schweiz erarbeitet (NCCS, 2018). An der Universität Bern wurde am 1. September 2007 das Oeschger-Zentrum für Klimaforschung gegründet. Es wird in Kapitel 8 im Detail vorgestellt.

7.3. Mitarbeit von Berner Forscherinnen und Forschern im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der UNO

7.3.1. Zur Beteiligung von Berner Forschenden in der Arbeitsgruppe I (Physikalische Grundlagen) des IPCC

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wurde 1979 an der Weltklimakonferenz in Genf gemeinsam von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und vom Umweltprogramm der UNO (UNEP) mit dem Ziel ins Leben gerufen, wissenschaftliche Grundlagen für die geplante Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Juni 1992 zu liefern. Nach seiner Bestätigung durch die UNO-Generalversammlung im Jahr 1988 erarbeitete das IPCC mit Abständen von einigen Jahren aufgrund der pu-

| |
|--|
| AR1, WG I, 1990 H. Oeschger (LA), U. Siegenthaler (LA) |
| AR 2, WG I, 1995 F. Joos (LA) |
| AR 3, WG I, 2001 T. Stocker (CLA), D. Gyalistras (CA), R. Meyer (CA), C. Pfister (CA), G.-K. Plattner (CA), C. Appenzeller (R), F. Joos (R), H. Wanner (R) |
| AR 4, WG I, 2007 T. Stocker (CLA), F. Joos (LA), D. Fleitmann (CA), J. Luterbacher (CA), C. Pfister (CA), G.-K. Plattner (CA), R. Spahni (CA), T. Blunier (R), C. Casty (R), C. Raible (R), M. Sidall (R), H. Wanner (R) |
| AR 5, WG I, 2013 T. Stocker (CC), G.-K. Plattner (DS), S. Brönnimann (LA), H. Fischer (CA), F. Joos (CA), R. Spahni (CA), B. Stocker (CA), H. Wanner (RE), C. Raible (R) |
| AR 6, WG I, 2021 M. Aschwanden (CA), T. Frölicher (CA), S. Jaccard (CA), C. Laufkötter (CA), M. Schwikowski (CA), T. Stocker (CA), O. Martius (R), R. Neukom (R), J. Terhaar (R), H. Wanner (R) |

Tab. 2: Liste der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Bern an den Arbeiten der IPCC Sachstandsberichte (Assessment Report AR), Arbeitsgruppe I, Naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels. Abkürzungen: CC Co-Chair / DS Director of Science / CLA Coordinating Lead Author / LA Lead Author / CA Contributing Author / RE Review Editor / R Reviewer.

blierten Fachliteratur sogenannte Sachstandsberichte und ergänzte diese mit Sonderberichten. Diese bildeten in der Folge die Grundlage für die Beschlüsse der Welt-Klimakonferenzen (COP's). Das Team des IPCC setzt sich aus renommierten Forscherinnen und Forschern aus Hochschulen oder nationalen Laboratorien zusammen, welche in einem demokratischen Prozess unter Berücksichtigung aller Regionen der Erde ausgewählt werden.

Die Sachstandsberichte (Assessment Reports AR) werden von drei Arbeitsgruppen (I Physikalische Grundlagen, II Auswirkungen und Anpassung, III Minderung des Klimawandels) erarbeitet. Klimaforscherinnen und Klimaforscher aus Bern haben von Anfang an massgeblich in der Arbeitsgruppe I über physikalische Grundlagen des Klimasystems mitgearbeitet. Tabelle 2 zeigt die Namen der Berner Klimaforschenden, welche an den bisherigen 6 Sachstandsberichten beteiligt waren. Im ersten Sachstandsbericht, welcher im Jahr 1990 erschien, wirkten Hans Oeschger und Uli Siegenthaler als Hauptautoren mit. In einem zusätzlichen Spezialbericht bildete das Berner Klima-Karbonmodell von Uli Siegenthaler die Grundlage der Szenarienberechnungen. Nach dem frühen Tod von ihm wirkte Fortunat Joos beim zweiten Sachstandsbericht (1995) als Hauptautor mit, wobei auch darin das Berner Karbonmodell als eines von drei Modellen die Grundlage für die Berechnung der zukünftigen CO₂-Konzentrationen bildete. Nach der aktiven Teilnahme von Thomas Stocker, Fortunat Joos und weiteren Forschern der Universität Bern beim dritten (2001) und vierten Sachstandsbericht (2007) folgte mit dem fünften Sachstandsbericht (2014) der Höhepunkt. Thomas Stocker wurde zusammen mit Qin Dahe aus China mit dem ehrenvollen Amt des Co-Chair der Arbeitsgruppe I (Physikalische Grundlagen) betraut.

7.3.2. Bern mit Thomas Stocker als Co-Chair und als Standort der Technical Support Unit (TSU)

Die sogenannte Technical Support Unit bildet das Nervenzentrum, welches die Planung und Durchführung der Arbeiten einer Arbeitsgruppe des IPCC leitet. Sie wird in der Regel am Standort eines Co-Chairs angesiedelt. Im Fall des fünften IPCC-Sachstandsberichtes wurde diese Unit unter der Leitung von Thomas Stocker an der Universität Bern eingerichtet und vom Bundesamt für Umwelt unterstützt. Ihm standen Gian-Kasper Plattner als wissenschaftlicher Direktor sowie ein unterstützendes Team zur Seite.

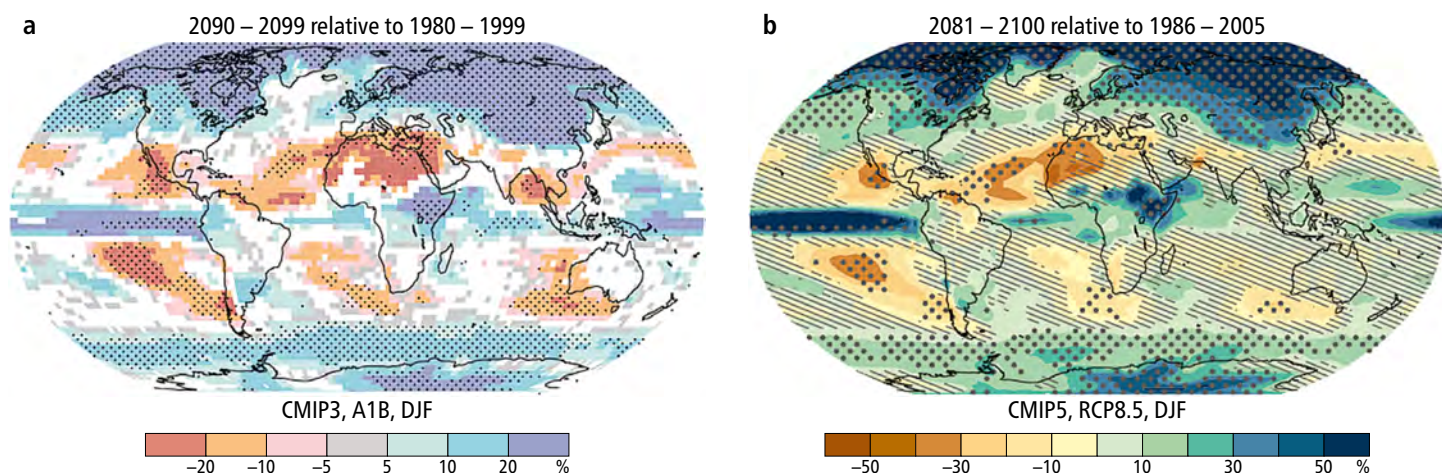


Fig. 46: Niederschlagsprojektionen für das Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zum Ende des 20. Jahrhunderts. Die linke Figur stammt aus dem 4. Assessment Report des IPCC und die rechte Figur aus dem 5. Assessment Report.

Auswahl und Betreuung der total 259 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler waren eine grosse Herausforderung. Im Zentrum des Arbeitsprozesses standen vier Tagungen, an denen die verschiedenen Textentwürfe vor allem in den einzelnen Arbeitsgruppen diskutiert wurden. Aufgabe der TSU war es, den komplexen Reviewprozess mit den wissenschaftlichen Expertinnen und Experten sowie mit den Regierungen zu koordinieren. Schliesslich wurden mehr als 50000 eingegangene Kommentare zu einem kohärenten Bericht verarbeitet. Insgesamt umfasst dieser Bericht zu den physikalischen Grundlagen der Arbeitsgruppe I des AR 5 ohne seine Zusätze (Spezialberichte, Atlas) total 1535 Seiten.

Thomas Stocker hat sich zusammen mit Gian-Kasper Plattner während der ganzen Entwicklung des fünften Sachstandsberichts für grosse Präzision in der Textabfassung und für eine klare Kommunikation eingesetzt. Insbesondere wurde grosser Wert daraufgelegt, dass die gemachten Aussagen mit Wahrscheinlichkeiten verknüpft werden. Dies soll hier an zwei Beispielen gezeigt werden. Figur 46 zeigt die Niederschlagsprojektionen für das Winterhalbjahr aus dem AR 4 (links) sowie aus dem AR 5 (rechts), je für das Ende des laufenden Jahrhunderts im Vergleich zum Ende des letzten Jahrhunderts. Dargestellt ist eine Synthese aus den Simulationen mit den besten verfügbaren Klimamodellen für die Wintermonate. In Figur 46a zeigen die weissen Flächen, wo weniger als 66 % der Modelle übereinstimmen, und die punktierten Flächen weisen auf eine Übereinstimmung von mehr als 90 % der Modelle hin. In Figur 46b deuten eine Schraffur auf eine schlechtere

Übereinstimmung und punktierte Flächen auf eine gute Übereinstimmung der Modelle von über 90 % hin. Obschon die Werte der beiden Figuren auf verschiedenen Modellgenerationen und auf unterschiedlichen Szenariovorgaben basieren, wird deutlich sichtbar, dass in den Aussertropen und Subtropen im Winter ein negativer und gegen die hohen Breiten ein positiver Niederschlagstrend zu erwarten ist.

Als zweites Beispiel für die Wahrscheinlichkeitsaussagen sei hier aus dem AR 5 der Text zum Zustand der Atmosphäre zitiert: «Jedes der letzten drei Jahrzehnte war an der Erdoberfläche sukzessive wärmer als alle vorangehenden Jahrzehnte seit 1850. In der Nordhemisphäre war 1983–2012 wahrscheinlich die wärmste 30-Jahr-Periode der letzten 1400 Jahre (mittleres Vertrauen)» (IPCC, 2013).

Der IPCC AR 5 bildete die Grundlage für die Weltklimakonferenz vom Dezember 2015 in Paris. Das Übereinkommen von Paris hat zum Ziel, die durchschnittliche globale Erwärmung im Vergleich zur vorindustriellen Zeit auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, wobei ein maximaler Temperaturanstieg von 1.5 Grad Celsius angestrebt werden soll. Ebenfalls ist eine Ausrichtung von staatlichen und privaten Finanzflüssen auf eine treibhausgasarme Entwicklung sowie eine Verbesserung der Anpassungsfähigkeit an ein verändertes Klima. Inzwischen ist der sechste Sachstandsbericht erschienen, und der siebte Bericht ist in Vorbereitung.

8. Das Oeschger-Zentrum für Klimaforschung

8.1. Zur Geschichte des Oeschger-Zentrums

Das Rektorat der Universität erteilte im Frühling 2007 der Leitung des Nationalen Forschungsschwerpunktes Klima den Auftrag, im Herbst des gleichen Jahres ein neues Zentrum für Klimaforschung einzurichten. Dieses wurde nach dem Berner Pionier der modernen Klimaforschung, Hans Oeschger, benannt. Die Eröffnungsfier fand am 1. September im Beisein der beiden Töchter von Hans Oeschger mit einem Referat der Berliner Wirtschaftswissenschaftlerin Claudia Kemfert statt. Mit dem Vortrag wurde der Anspruch betont, wonach ein Zentrum geschaffen werden soll, welches breit abgestützt ist und die modernen Fragen des Klimawandels an der Schnittstelle zwischen Physik, Geographie, Biologie, Chemie, Geschichte, Ökonomie, Politikwissenschaften, Philosophie und Medizin studiert. Die Universitätsleitung hat dies ausdrücklich anerkannt. Sie unterstützt das Zentrum jährlich mit einem grösseren Geldbetrag.

8.2. Zur Organisationsstruktur des Oeschger-Zentrums

Das Oeschger-Zentrum ist ein dezentral strukturiertes, interdisziplinäres Forschungs- und Ausbildungszentrum und gehört damit zu den strategischen Zentren der Universität Bern. Aktuell besteht es aus den in Tabelle 3 aufgelisteten 37 Forschungsgruppen, welche sich auf fünf Fakultäten verteilen, sowie aus 3 Gruppen aus befreundeten Forschungsinstitutionen. Das Management des Oeschger-Zentrums wird von einem Exekutivdirektor geleitet. Ihm untersteht ein schlankes Team, welches die Bereiche Forschung, Ausbildung, Kommunikation und Verwaltung betreut. Beaufsichtigt wird das Zentrum von einem Wissenschaftlichen Ausschuss mit einem Präsidenten / einer Präsidentin, einer Vizepräsidentin / einem Vizepräsidenten und Mitgliedern aus verschiedenen Fachbereichen. Neu wird das Oeschger-Zentrum auch von einem externen Beratergremium begleitet. Neben der finanziellen Unterstützung des Zentrums durch die

Universität spielen die Einwerbung von Drittmitteln sowie die Schaffung von Stiftungsprofessuren ebenfalls eine bedeutende Rolle.

| Institut für angewandte Physik | |
|--|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Paläoklimatische und biogeochemische Untersuchungen an Eisbohrkernen | Hubertus Fischer |
| <ul style="list-style-type: none"> Ozeanmodellierung | Thomas Frölicher |
| <ul style="list-style-type: none"> Erdsystemmodellierung: Biogeochemische Kreisläufe | Fortunat Joos |
| <ul style="list-style-type: none"> Isotope und Gase in der Umwelt | Markus Leuenberger |
| <ul style="list-style-type: none"> Erdsystemmodellierung: Atmosphärische Dynamik | Christoph Raible |
| <ul style="list-style-type: none"> Marine Biogeochemie und Meeresverschmutzung | Charlotte Laufkötter |
| <ul style="list-style-type: none"> Paläovulkanismus und Klimafolgen | Michael Sigl |

| Institut für angewandte Physik | |
|--|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Atmosphären-Prozesse und Radiometrie | Gunter Stober |
| <ul style="list-style-type: none"> Atmosphärische Prozesse | Klemens Hocke |

| Geographisches Institut | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimatologie Seesedimente und Paläolimnologie Mobiliar Gruppe für Klimafolgenforschung | Stefan Brönnimann Martin Grosjean Olivia Romppainen-Martius |
| <ul style="list-style-type: none"> Hydrologie Bodenkunde Geodaten und Erdbeobachtung Geomorphologie, Naturgefahren- und Risikoforschung | Bettina Schaeffli Adrien Mestrot Benjamin Stocker Andreas Zischg |

| Institut für Geologie | |
|---|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Quartäre Geologie und Paläoklimatologie | Flavio Anselmetti |
| <ul style="list-style-type: none"> Sedimentäre Geochemie | Hendrik Vogel |

| Institut für Pflanzenwissenschaften | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Paläoökologie Pflanzenökologie Biotische Wechselwirkungen Gemeinschaftsökologie Biologie der Spaltöffnungen | Willy Tinner Markus Fischer Matthias Erb Eric Allan Michael Raissig |

| Departement für Chemie, Biochemie und Pharmazie | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> AMS Labor/Umweltchemie | Sönke Szidat |
| <ul style="list-style-type: none"> Umweltchemie Eis | Margit Schwikowski (hauptamtlich am PSI) |

| Institut für Ökologie und Evolution | |
|---|-----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Institut für Ökologie und Evolution | Madhav Prakash Thakur |

| Institut für Mathematische Statistik und Versicherungslehre | |
|--|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Mathematische und angewandte Statistik | David Ginsbourger |

| Institut für Sozial- und Präventivmedizin | |
|--|--------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimawandel und Gesundheit | Ana Maria Vicedo Cabrera |

| Volkswirtschaftliches Institut | |
|---|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimaökonomie | Eric Strobl |
| <ul style="list-style-type: none"> Klima- und Ressourcenökonomie | Ralph Winkler |

| Historisches Institut | |
|---|----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klima- und Umweltgeschichte | Christian Rohr |
| <ul style="list-style-type: none"> Klima und Gesellschaft | Heli Huhtamaa |

| Institut für Archäologische Wissenschaften | |
|--|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Prähistorische Archäologie | Albert Hafner |

| Institut für Politikwissenschaft | |
|---|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Politikanalyse mit Schwerpunkt Umwelt | Karin Ingold |
| <ul style="list-style-type: none"> Vergleichende Politik | Isabelle Stadelmann-Steffen |

| Institut für Philosophie | |
|--|----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimaethik und Philosophie der Klimawissenschaften | Claus Beisbart |
| <ul style="list-style-type: none"> Der Klimawandel aus wissenschaftsphilosophischer Perspektive | Vincent Lam |

| Institut für öffentliches Recht | |
|---|--------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimawandel und Recht | Charlotte Blattner |

| Agroscope Reckenholz | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Landwirtschaft, Wasser und Klimawandel | Annelie Holzkämper (hauptamtlich bei Agroscope) |

| Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) | |
|--|-------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Dendroklimatologie | Georg von Arx (hauptamtlich am WSL) |

| Wyss Academy for Nature | |
|--|-----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Klimaszenarien für nachhaltige Entwicklung | Edouard Léopold Davin |
| <ul style="list-style-type: none"> Umweltpolitik und globale Entwicklung | Quinh Nguyen |

Tab. 3: Liste der am Oeschger-Zentrum beteiligten Forscherinnen und Forscher und Namen ihrer Forschungsgruppen.

8.3. Zur Forschung des Oeschger-Zentrums

Das Oeschger-Zentrum orientiert sich als Nachfolgeinstitution des NFS Klima an den Zielen der UN Klimaschutzkonzeption und des Pariser Klimaabkommens von 2015. Es hat sich als interdisziplinäres und inter-fakultäres Forschungszentrum im Rahmen der vier Schwerpunkte des NFS Klima (Fig. 45) kontinuierlich profiliert. Diese sind: Globaler Klimawandel, Regionaler Klimawandel, Folgen des Klimawandels, Gesellschaftliche Dimensionen des Klimawandels. Neben der international



Fig. 47: Foto der Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer Summer School in Grindelwald.

profilierter Spitzenforschung (zum Beispiel Eiskernforschung) wurden neue Schwerpunkte wie «Regionalisierung» sowie «Klimafolgen und -risiken» erschlossen. Zudem wird eine Verstärkung der Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften («Human Dimensions») angestrebt. Weiter wurde im Bereich «Climate and Human Health» eine neue Zusammenarbeit mit der Medizinischen Fakultät aufgebaut.

Zusammen mit der Mobiliar Versicherungsgesellschaft wurde das «Lab for Natural Risks» ins Leben gerufen. Im Rahmen dieser gemeinsamen Forschungsinitiative werden schwerpunktmässig die dynamischen Prozesse im Zusammenhang mit Hagel, Überschwemmungen und Stürmen studiert.

8.4. Zur Ausbildung im Oeschger-Zentrum

Das Oeschger-Zentrum unterhält eine «Graduate School in Climate Sciences». Diese besteht aus einem spezialisierten Masterprogramm und einem Doktoratsprogramm. Die Programme sind bewusst interdisziplinär und werden vom Lehrkörper des Oeschger-Zentrums bestritten. Der markante Anteil von Studierenden aus den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften darf als attraktives Alleinstellungsmerkmal der Graduate School bezeichnet werden.

Das Oeschger-Zentrum organisiert in Zusammenarbeit mit dem Center for Climate System Modeling der ETH Zürich (C2SM) jeden Sommer die «Swiss Climate Summer School». Diese dient der fächerübergreifenden Ausbildung und vereinigt Studierende aus der Schweiz und aus internationalen Forschungsinstituten der ganzen Welt. Die Vorträge und Workshops werden von einem internationalen Dozententeam bestritten. Figur 47 zeigt ein Bild der Teilnehmenden der Swiss Climate Summer School.

9. Rückblick und Ausblick

Erste Pionierleistungen in der Wetter- und Klimaforschung wurden an der Universität Bern bereits vor der Universitätsgründung im Jahr 1834 erbracht. Aus den frühen Wetterbeobachtern, die auch erste Messungen durchführten, sticht der Pfarrer Johan Jakob Sprüngli (1717–1803) hervor, der neben Temperatur- und Druckmessungen an seinen Wirkungsorten Zweisimmen, Gurzelen bei Thun und Sutz am Bielersee über 4000 Einzelbeobachtungen hinterliess (Pfister, 1984). Das von der Berner Ökonomischen Gesellschaft in Zusammenarbeit mit dem Universitätsprofessor Heinrich Wild im Jahr 1759 gegründete Mess- und Beobachtungsnetz war ein bedeutender Vorläufer des späteren Schweizer Messnetzes. Mit dem Ziel, den Landbau zu fördern, wurden neben anderen meteorologischen Messungen auch erstmals an 10 Standorten standardisierte Regenmesser eingesetzt (Pfister, 1975). Daneben entwickelte sich im Umfeld der 1786 gegründeten Naturforschenden Gesellschaft Bern ein grosses Interesse für die Gletscherforschung. Jakob Samuel Wytttenbach (1748–1830), Pfarrer an der Heiliggeistkirche und Lehrer am Waisenhaus, unternahm mit dem Maler Caspar Wolf (1735–1783) und dem Verleger Abraham Wagner (1734–1782) mehrere Besichtigungen von Gletschern (Zumbühl et al., 2016). Wahrscheinlich wurde dadurch der Berner Staatsmann Bernhard Friedrich Kuhn (1762–1825), Sohn des Pfarrers und Arztes Friedrich Kuhn aus Grindelwald, zu seinen ausgedehnten Untersuchungen zur Dynamik der Grindelwaldgletscher angeregt, welche auch international stark beachtet wurden (Kuhn, 1787).

Einzelne Mathematik- und Physikprofessoren der 1528 gegründeten Hohen Schule interessierten sich für Wetterbeobachtung und -analyse. Mit dem Übergang von der Hohen Schule zur Akademie im Jahr 1805 und mit der Ausweitung des Lehrauftrages auf Physik des aus Burgdorf stammenden Mathematikprofessors Friedrich Johann Trechsel (1776–1849) erfolgte der Übergang zu einem ersten Höhepunkt

Zusammen mit dem World Trade Institute wird, traditionell in Bern stattfindend, die «International Bachelor Summer School» für Studierende des 4. bis 6. Semesters organisiert. Sie besteht aus Hauptvorträgen, Teamarbeit in Workshops und Selbststudium. Bei der Zusammensetzung der Teilnehmenden wird ebenfalls eine möglichst ausgeglichene Verteilung über alle Kontinente angestrebt.

8.5. Zur Kommunikation des Oeschger-Zentrums

Die Fachstelle für Kommunikation im Management Center ist bestrebt, neuste Forschungsergebnisse in der Öffentlichkeit bekannt zu machen. International wird versucht, eine hohe Visibilität zu erreichen. Da das internationale Past Global Changes (PAGES) Project Office ebenfalls an der Universität Bern angesiedelt ist, können die Nachwuchsforscherinnen und -forscher in verschiedenen internationalen Arbeitsgruppen Erfahrungen sammeln. Auf die Zusammenarbeit mit dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wurde in Kapitel 7.3 hingewiesen. Forschende des Oeschger-Zentrums wirken in weiteren internationalen Gremien mit, unter anderem im World Climate Research Programme. National wirken Mitglieder des Oeschger-Zentrums in Institutionen wie Proclim, dem Forum für Klima und globalen Wandel der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften (Scnat), der Nationalen Plattform für Naturgefahren (PLANAT) oder beim Global Climate Observing System GCOS Schweiz mit. Die interne Kommunikation erfolgt via die e-Newsletter (3–4 pro Jahr) sowie durch die Plenary Meetings (2 pro Jahr). Mit der Organisation internationaler und nationaler Konferenzen, Symposien und Workshops sowie Projekten zur Öffentlichkeitsarbeit werden die Resultate der Forschungsarbeit bekannt und öffentlich nutzbar gemacht.

der Berner Wetter- und Klimaforschung. Nach seiner Beteiligung am Gefecht gegen die Franzosen bei Neuenegg sprang Trechsel über seinen Schatten und errichtete zusammen mit den französischen Ingenieurgeographen Henry und Delcros beim Pulverturm auf der Grosse Schanze ein erstes, provisorisches Observatorium für Vermessung, Astronomie und Meteorologie. Dies war der Auslöser für die Aussiedlung unserer Universität vom Barfüsserkloster am Casinoplatz auf die Grosse Schanze (Verdun, 2004).

Der erste Höhenflug der Berner Wetter- und Klimaforschung dauerte von 1847 bis 1906. Im Zentrum der weltweit beachteten Forschungen standen die beiden Astronomen und Meteorologen Johann Rudolf Wolf (1816–1893) und Heinrich Wild (1833–1902) sowie der Geograph und Klimatologe Eduard Brückner (1862–1927). Rudolf Wolf war einerseits ein leidenschaftlicher Beobachter und Experimentator und andererseits ein international breit vernetzter Forscher. Er baute die Sternwarte für die astronomische Beobachtung und für meteorologische Messungen gezielt aus. Er entdeckte die Korrelation zwischen dem Erdmagnetfeld und der Sonnenaktivität und entwickelte mit der Unterstützung mehrerer Kollegen die berühmte Zeitreihe der Sonnenfleckenrelativzahl, welche bis zum Jahr 1610 zurückreicht. In Anerkennung seiner grossen Forschungsleistung wird das solare Aktivitätsminimum von 1280 bis 1350 AD als «Wolf-Minimum» bezeichnet. Nach einer sehr kurzen Wirkungszeit von Wilhelm von Beetz wurde Heinrich Wild (1833–1902) sein eigentlicher Nachfolger. Durch die Entwicklung mehrerer international verwendeter Messgeräte wurde Wild bereits in jungen Jahren berühmt, dies nicht zuletzt auch deshalb, weil er in seiner meteorologischen Zentralstation auf der Grosse Schanze ab 1860 durch Batterien getriebene, automatische Messgeräte konstruiert hatte. Er nutzte das von ihm mitbetreute Berner Messnetz, indem er aufgrund von selbst gezeichneten Feinanalysen

sehr wesentliche Beiträge zur thermodynamischen Föhntheorie lieferte. Durch seine Wahl zum Direktor des russischen Wetterdienstes im Jahr 1868 betrat Heinrich Wild die oberste Stufe der internationalen Wetterforschung. Sein Nachfolger Aimé Forster (1843–1926) versuchte immerhin, die von Wild hochentwickelten Messgeräte auf hohem Standard weiter zu betreiben. Der dritte Vertreter der frühen Blütezeit der Berner Wetter- und Klimaforschung, Eduard Brückner (1862–1927), welcher von 1888 bis 1904 in Bern wirkte, war der erste an der Berner Universität wirkende Klimatologe. Er baute seine in der Dissertation begonnenen Gletscherstudien im Alpenraum massiv aus und publizierte zusammen mit seinem Lehrer und Freund Albrecht Penck das monumentale Werk der Alpen im Eiszeitalter (Penck und Brückner, 1909). Als wissenschaftlich grösste Leistung dürfen seine Studien zur dekadischen Klimavariabilität, zu deren Antriebsfaktoren sowie zu deren Auswirkungen auf Biosphäre und Gesellschaft bezeichnet werden. Stehr und von Storch (2000) bezeichnen Brückner deshalb als einen der grössten Klimatologen des 19. Jahrhunderts.

Mit dem Weggang von Eduard Brückner erlosch die erste, aktive Zeit der Berner Wetter- und Klimaforschung. Immerhin wurden weiterhin in verschiedenen Instituten (Physik, Geographie, Geologie) Kurse in Meteorologie, Klimatologie, Gletscherkunde und Ozeanographie angeboten. Die Forschung beschränkte sich auf zwei Persönlichkeiten, welche ihre kleineren Projekte mit grosser Hingabe verfolgten. Der Geograph Fritz Nussbaum (1879–1966) widmete sich neben vielen andern Aufgaben intensiv der Geomorphologie und Glaziologie. Seine Feldaufnahmen und Geländezeichnungen sind hervorragende Zeugnisse seiner Forschungsarbeit. Der Botaniker Walther Rytz (1882–1966) beschäftigte sich im Zusammenhang mit sedimentären Multiproxyanalysen mit dem Klima der Interglaziale.

Der Beginn der zweiten Phase aktiver und international bedeutender Berner Wetter- und Klimaforschung, welche noch immer andauert, wurde wiederum von drei markanten Persönlichkeiten geprägt, dem Botaniker Max Welten (1904–1984), dem Physiker Hans Oeschger (1927–1998) und dem Geographen Bruno Messerli (1931–2019). Als Schlüsseljahr für den Beginn könnte das Jahr 1944 bezeichnet werden. In diesem Jahr publizierte Max Welten die Resultate seiner Dissertation aus dem Faulenseemoos bei Spiez, in deren Bohrprofilen er die jahresgeschichtete Laminierung erkannte und die Vegetationsdynamik sowie das Klima von der ausgehenden letzten Eiszeit bis zur Gegenwart beschreiben konnte. Auch aufgrund seiner weiteren Studien, darunter die berühmte Tiefenbohrung bei Meikirch, welche Einblick in drei Eiszeiten gewährte, gehört Max Welten zu den grossen Pionieren der Vegetations- und Klimageschichte. Ein grosser Pionier war auch der Klimaphysiker Hans Oeschger. Zusammen mit Willi Dansgaard aus Kopenhagen war er einer der Begründer der modernen Eisbohrtechnik, zuerst in Grönland und später in der Antarktis. Anhand der Analyse der im Eis eingeschlossenen Luftbläschen analysierte er die komplexen Wechselwirkungen im Klimasystem und trat als früher Warner vor den Gefahren der zunehmenden Konzentration der menschengemachten Treibhausgase auf. Aufgrund seiner grossen wissenschaftlichen Verdienste erhielt das Berner Klimaforschungszentrum später seinen Namen. Der dritte im Bund der Berner Naturwissenschaftler, welche die Vorgänge im Klimasystem aus betont ganzheitlicher Sicht betrachteten, war der Geograph Bruno Messerli. Seine Feldforschungen in der Sierra Nevada Andalusiens und im gesamten Mittelmeerraum knüpften zunächst an die Arbeitsweisen seiner Vorgänger Brückner und Nussbaum an. Danach entwickelte er aufgrund seiner weiteren Studien in den Gebirgen der Sahara, in den Anden und im Himalaya ein globales Bild und lieferte fundamentale Beiträge zur Verletzlichkeit der grossen Gebirgsregionen der Erde, die er um Betrachtungen zur Nord-Süd-Problematik erweiterte. Zusammen mit Hans Oeschger spielte Bruno Messerli beim Erdgipfel in Rio im Jahr 1992 eine wichtige Rolle.

Die neuen und spannenden wissenschaftlichen Arbeitsgebiete in den Pflanzenwissenschaften, in der Physik und in der Geographie fanden ein grosses Interesse bei Mitarbeitern und Studierenden. Dank wachsender Forschungsmittel konnte eine junge Generation Forschender eingestellt werden, welche sich mit Begeisterung den neuen Forschungsthemen zuwandten und auch international Fuss fassten. Zahlreiche Forscherinnen und Forscher aus Bern beteiligten sich an nationalen und internationalen Projekten der Wetter- und Klimaforschung. Auch in der Akademie wehte ein neuer Wind, welcher die Zusammenarbeit in der Schweiz positiv beeinflusste. Damit wurden auch weitere Fächer wie die Geologie, Chemie, Archäologie und Geschichte, welche ebenfalls eine Forschungstradition im Bereich Klima entwickelt hatten, vermehrt einbezogen.

Ein grosser Schritt erfolgte im Jahr 2001. Die Leitung des ersten Schwerpunktprogrammes der Schweiz (NFS Klima) wurde durch den Nationalfonds an die Universität Bern vergeben. Damit erfolgte nicht nur eine intensive Zusammenarbeit auf nationaler Ebene mit den Schwerpunkten Bern, Zürich und Genf. Die Berner Forschungsgruppen beteiligten sich ebenfalls sehr aktiv an grossen internationalen Forschungsvorhaben (z.B. Eiskernforschung). Zudem entwickelte sich an der Berner Universität eine engere Zusammenarbeit zwischen Disziplinen aus unterschiedlichen Fakultäten. Neu hinzu kamen sukzessive auch Ökologie, Mathematik, Sozial- und Präventivmedizin, Ökonomie, Politikwissenschaften, Philosophie und Rechtswissenschaften. Der nationale Forschungsschwerpunkt Klima wurde im Jahr 2013 abgeschlossen.

Eines der Ziele der Nationalen Forschungsschwerpunkte besteht darin, in den Forschungsbereichen dieser Programme bleibende Strukturen zu schaffen. An der ETH Zürich wurde in Zusammenarbeit mit MeteoSchweiz, der Empa und dem WSL das Center for Climate System Modeling (C2SM) gegründet. An der Universität Bern erfolgte am 1. September 2007 der Startschuss zum neuen Oeschger-Zentrum für Klimaforschung. Dank der internationalen Ausstrahlung des neuen Zentrums konnten beim Nationalfonds und im Rahmen der europäischen Forschungsinstitutionen namhafte Forschungsbeiträge eingeworben werden. Mit der Schaffung der Graduate School of Climate Sciences wurde der internationale Ruf des Oeschger-Zentrums weiter gefestigt.

Dank der Unterstützung durch die Berner Universitätsleitung ist die Zukunft des Oeschger-Zentrums auch mittelfristig abgestützt. Die starke interdisziplinäre Ausrichtung des Zentrums bildet im Zusammenhang mit den sich stellenden Fragen des Klimawandels ein tragfähiges Fundament. Dank dieser Ausrichtung konnten dem Oeschger-Zentrum wichtige Institutionen angegliedert werden. Bereits in der Phase des NFS Klima wurde das Büro des International Past Global Changes (PAGES) Programmes ebenfalls in den Räumen der Universität angesiedelt. Als gemeinsame Forschungsinitiative des Oeschger-Zentrums und der Mobiliar-Versicherung wurde das Mobiliar Lab für Naturrisiken geschaffen, welches sich in erster Linie der Erforschung von extremen Wetterereignissen widmet. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Projekten der Wyss Academy for Nature eröffnen sich ebenfalls spannende Forschungsperspektiven.

Die Berner Wetter- und Klimaforschung hat sich in den letzten 25 Jahren erstaunlich weiterentwickelt und fundamentale Beiträge zu den Fragen des globalen und nationalen Klimawandels geliefert. Die Vorzeichen, dass sich diese Entwicklung fortsetzen wird, erweisen sich als äusserst positiv!

Literaturverzeichnis

- Ammann, B., 1989. Late-Quaternary palynology at Lobsigensee – regional vegetation history and local lake development. *Dissertationes Botanicae* 137, 157 S.
- Ammann, B. (Ed.), 2000. Biotic responses to rapid climatic changes around the Younger Dryas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 159(3-4), 191-364.
- Ammann, B. und Wright, H.E., 2013. Early rapid warming. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 391 B, 1-131.
- Ammann, B., van Leeuwen, J.F.N., van der Knaap, W.O., Lischke, H., Heiri, O. und Tinner, W., 2013. Vegetation responses to rapid warming and to minor climatic fluctuations during the Late-Glacial Interstadial (GI-1) at Gerzensee (Switzerland). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 391 B, 40-59.
- Bader, S. und Kunz, P., 1998. Klimarisiken: Herausforderung für die Schweiz. vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 276 S.
- Balmer, H., 1993. Rudolf Wolf in Bern. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 138/4, 241-256.
- Bassin, S., Volk, M. und Fuhrer, J., 2013. Species composition of subalpine grassland is sensitive to nitrogen deposition, but not to ozone, after seven years of treatment. *Ecosystems* 16(6), 1105-1117.
- Bider, M., Schüepf, M. und von Rudloff, H., 1958. Die Reduktion der 200jährigen Basler Temperaturreihe. *Archiv für Meteorologie und Geophysik, Serie B9*, 360-412.
- Björn, L.G., Kopp, E., Herrmann, U. et al., 1985. Heavy ionospheric ions in the formation of noctilucent clouds. *Journal of Geophysical Research* 90/D5, 7985-7998.
- Blatter, H., Greve, R. und Abe-Ouchi, A., 2010. A short history of the thermomechanical theory and modelling of glaciers and ice sheets. *Journal of Glaciology* 56, 1087-1094.
- Bradley, R.S. (Hrsg.), 1989. Global changes of the past: papers arising from the 1989 OIES Global Change Institute, Snowmass, Colorado, 24 July – 4 August 1989, UCAR/Office for Interdisciplinary Earth Studies. Boulder, Colorado, 515 S.
- Broecker, W.S. 1987. The biggest chill. *Natural History* 9, 74–82.
- Broecker, W.S. 1997. Future directions of paleoclimate research. *Quaternary Science Reviews* 16, 821–825.
- 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, 100-108.
- 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* 48, 173-178.
- Brugnara, Y., Hari, C., Pfister, L., Valler, V. und Brönnimann, S., 2022. Pre-industrial temperature variability on the Swiss Plateau derived from the instrumental daily series of Bern and Zurich. *Climate of the Past* 18.10, 2357-2379.
- Burns, S.J., Matter, A., Frank N. und Mangini, A., 1998. Speleothem-based paleoclimate record from northern Oman. *Geology* 26(6), 499-502.
- Cebon, P., Dahinden, U., Davies, H.C., Imboden, D.M. und Jaeger, C.C., 1998. Views from the Alps. *Regional Perspectives on Climate Change*. The MIT Press, Cambridge (Mass.) and London, 515 S.
- Craig, A.J., 1978. Pollen percentage and influx analyses in South-East Ireland: A contribution to the ecological history of the late-glacial period. *Journal of Ecology* 66/1, 297-32.
- Davis, M.B., 1967. Pollen accumulation rates at Rogers Lake, Connecticut, during late- and postglacial time. *Review of Palaeobotany and Palynology* 2, 219-230.
- 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.
- Dübi, H., 1910. Jakob Samuel Wyttenbach und seine Freunde. Beiträge zur Kulturgeschichte des alten Bern, 27-33.
- Dufour, G.H., 1855. Topographische Karte der Schweiz, vermessen und herausgegeben auf Befehl der eidgenössischen Behörden, Bern.
- Eicher, U. und Siegenthaler, U., 1976. Palynological and oxygen isotope investigation on Late-Glacial sediment cores from Swiss lakes. *Boreas* 5, 109-117.
- Eichler, A., Olivier, S., Henderson, K., Laube, A., Beer, J., Papina, T., Gäggeler, H.W. und Schwikowski, M., 2009. Temperature response in the Altai region lags solar forcing. *Geophysical Research Letters* 36, L01808.
- Evans, M.N., Tinner, W., Jian, Z., Vannièrè, B., Eggleston, S. und Loutre, M.-F., 2021. Looking forward. *PAGES Magazine* 29(1), 10-12.
- Feller, U., Kingston-Smith, A.H. und Centritto, M., 2017. Editorial: Abiotic stresses in agroecology: A challenge for whole plant physiology. *Frontiers in Environmental Science. Section Agroecology*. Volume 5, doi.org/10.3389/fenvs.2017.00013.
- Fleitmann, D., Burns, S., Mudelsee M., Neff U., Kramers, J.D., Mangini A. und Matter, A., 2003. Holocene forcing of the Indian Monsoon recorded in a stalagmite from Southern Oman. *Science* 300 (5626), 1737-1739.
- Flury, F., 1929. Beitrag zur Geschichte der Astronomie in Bern. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern aus den Jahren 1927/1928*, 320-363.
- Forster, A., 1872, Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Sternwarte zu Bern. *Bernische Mittheilungen*, 13 S.
- Forster, A., 1873. Die stündliche Verteilung des atmosphärischen Niederschlags. *Stadt- und Universitätsbibliothek*.
- Forster, A., 1896. Radiographische Aufnahmen ausgeführt mit Röntgenschen Strahlen im Physikalischen Institut der Universität Bern. *Buchdruckerei Stämpfli, Bern*, 15 S. (+ 32 Original-Röntgenaufnahmen).
- Fuhrer, J., Skärby, L. und Ashmore M.R., 1997. Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. *Environmental Pollution* 97 (1-2), 91-106.
- Fuhrer, J. und Gregory, P.J. (Hrsg.), 2014. *Climate Change Impact and Adaptation in Agricultural Systems*. CABI Climate Change Series 5, 298 S.
- Fuhrer, J., Smith, P. und Gobiet, A., 2014. Implications of climate change scenarios for agriculture in alpine regions – A case study in the Swiss Rhone catchment, *Science of the Total Environment* 493, 1232-1241.
- Gäggeler, H., von Gunten, H.R., Rössler, E., Oeschger, H. und Schotterer, U., 1983. ²¹⁰Pb-dating of cold alpine firn/ice cores from Colle Gnifetti, Switzerland. *Journal of Glaciology* 29(101), 165–177.
- Gimmi, U., Luterbacher, J., Pfister, C. und 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.
- Häberli, H., 1959. Samuel Studer (1757–1834). Ein Beitrag zur Geschichte der Naturwissenschaften und des Naturhistorischen Museums Bern, Bern. *Berner Zeitschrift für Geschichte und Heimatkunde*, 41-78.
- Hann, J., 1866. Zur Frage über den Ursprung des Föhn. *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie* 1 (1), 257-263.
- Heymann, M., 2010. The evolution of climate ideas and knowledge. *WIREs Climate Change* 1(4), 581-597.
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, G.-K., Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–30.
- Jeanneret, F. und Vautier, P., 1977. Kartierung der Klimateignung für die Landwirtschaft in der Schweiz. *Geographica Bernensia* G6, 108 S.
- Jeanneret, F. und Rutishauser, T., 2010. Seasonality as a core business of phenology. In: Keatley, Marie; Hudson, Irene (Hrsg.) *Phenological Research: methods for environmental and climate change analysis*. Heidelberg, Springer Verlag, 63-74.
- Jeanneret, F., Rutishauser, T. und Brügger, R., 2011. *Phänologie und Saisonalität. Geschichte, Monitoring, Raumansprache* [Lehrbuch]. *Geographica Bernensia, Skripten für den Unterricht* U26, 178 S.
- Joos, F., Stocker, T. und Oeschger, H., 1995. Ulrich Siegenthaler (1941–1994). *Eos, Transactions of the American Geophysical Union* 76/9, 90.
- Imbrie, J. und Imbrie, K.P., 1979. *Ice Ages: Solving the mystery*. Harvard University Press, Cambridge Mass. / London, 224 S.
- Kiefer, T. et al., 2015. Transition accomplished. New setting and new structure of PAGES. *PAGES Magazine* 23/2, 44-45.
- Klein, T., Holzkämper, A., Calanca, P., Seppelt, R. und Fuhrer, J., 2013. Adapting agricultural land management to climate change: a regional multi-objective optimization approach. *Landscape ecology* 28, 2029-2047.

- 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.
- Kopp, E., 2000. A global model of positive and negative ions in the lower ionosphere. *Advances in Space Research* 25(1), 173-182.
- Krüger, T., 2008. Die Entdeckung der Eiszeiten. Internationale Rezeption und Konsequenzen für das Verständnis der Klimageschichte. *Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte*, Bd. 1. Schwabe Verlag Basel, 619 S.
- Kuhn, B.F., 1787. Versuch über die Mechanismen der Gletscher. *A. Höpfner's Magazin für die Naturkunde Helvetiens I*, 119-145.
- Kunz S., 1983. Anwendungsorientierte Kartierung der Besonnung in regionalem Massstab. *Geographica Bernensia G* 19, 88 S.
- Lang, G., 1984. Professor Dr. Max Welten: Ein Pionier der Vegetations- und Florengeschichte 80jährig. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*. Neue Folge 41, 232-233.
- Lang, G., 1994. *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 462 S.
- Langway Jr., C.C., Oeschger, H. und Dansgaard, W. (Hrsg.), 1985. *Greenland Ice Core: Geophysics, Geochemistry, and the Environment*. Geophysical Monograph Series, Vol. 33, AGU, Washington D.C., 118 S.
- Lehmann, B.E. und Purtschert, R., 1997. Radioisotope dynamics – the origin and fate of nuclides in groundwater. *Applied Geochemistry* 12, 727-738.
- Loosli, H.H., 1984. Haben künstlich erzeugte Radionuclide wie ⁸⁵Kr, ¹⁴C und ³H mit der Luftionisation, mit dem sauren Regen und dem Waldsterben etwas zu tun? *SVA-Bulletin* 3, Schweizerische Vereinigung für Atomenergie.
- Loosli, H.H. und Oeschger, H., 1989. ¹⁴C in the environment of Swiss nuclear installations. *Radiocarbon* 31(3), 747-753.
- Loosli, H.H., Aeschbach-Hertig, W., Barbécot, F., Blaser, P., Darling, W.G., Dever, L., Edmunds, W.M., Kipfer, R., Purtschert, R. und Walraevens, K., 2001. Isotopic methods and their hydrogeochemical context in the investigation of paleowaters. In: Edmunds, W.M. und Mine, C.J. (Hrsg.): *Paleowaters in Coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene*. London, Geological Society, 193-212.
- Lorius, C., Jouzel, J., Ritz, C., Merlivat, L., Barkov N.I., Korotkevich, Y.S. und Kotlyakov, V.M., 1985. A 150000-year climatic record from Antarctic ice. *Nature* 316, 591-596.
- Lotter, A.F., Birks, J.B., Hofmann, W. und Matchetto, A., 1997. Modern diatom, cladocera, chironomid and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. *Climate. Journal of Paleoclimatology* 18, 395-420.
- Lotter, A.F., Birks, H.J.B., Eicher, U., Hofmann, W., Schwander, J. und Wick L., 2000. Younger Dryas and Allerød summer temperatures at Gerzensee (Switzerland) inferred from fossil pollen and cladoceran assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 159, 349-361.
- Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K. und Stocker, T.F., 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650000–800000 years before present. *Nature* 453, 379–382.
- Lutstorf, H.T., 1993. Professor Rudolf Wolf und seine Zeit. *Schriftenreihe der ETH-Bibliothek* 31, 57 S.
- Mathys, H., Maurer, R., Messerli, B., Wanner, H und Winiger, M., 1980. Klima und Lufthygiene im Raum Bern. *Veröffentlichungen der Geographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 7, 40 S.
- Mätzler, C., 1992. Ground-based observations of atmospheric radiation at 5, 10, 21, 35 and 94 GHz. *Radio Science* 27, 403-415.
- Mätzler, C. (Ed.), Rosenkranz, P.W., Battaglia, A. und Wigneron, J.P. (Co-Eds.), 2006. *Thermal Microwave Radiation - Applications for Remote Sensing*. IET Electromagnetic Waves Series 52, London, 555 S.
- Merian, P., 1838. Mittel und Hauptresultate aus den meteorologischen Beobachtungen in Basel von 1826 bis 1836, in Bern von 1826 bis 1836, in St. Gallen von 1827 bis 1832, Neuchâtel. 64 S.
- Messerli, B., 1967: Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. *Separatdruck Geographica Helvetica H* 3, 228 S.
- Messerli, B., 1978. Klima und Planung – Ziele, Probleme und Ergebnisse eines klimatologischen Forschungsprogrammes im Kanton Bern. *Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern* 52/1975-76, 11-22.
- Messerli, B. und Ives, J. (Eds.), 1984. *Mountain Ecosystems, Stability and Instability*. Special Publication IGU Congress Paris – Alps 1984. Mountain Research and Development, 291 S.
- Naegeli, K., Franke, J., Neuhaus, C., Rietze, N., Stengel, M., Wu, X. und Wunderle, S., 2022. Revealing four decades of snow cover dynamics in the Hindu Kush Himalaya. *Scientific Reports*, 12:13443.
- NCCS (Hrsg.), 2018: *CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz*. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2.
- Neftel, A., Oeschger, H., Schwander, J., Stauffer, B. und Zumbunn, R., 1982. Ice core sample measurements give atmospheric CO₂ content during the past 40000 yr. *Nature* 295, 220-223.
- Neftel, A., Moor, E., Oeschger, H. und Stauffer, B., 1985. Evidence from polar ice cores for the increase in atmospheric CO₂ in the past two centuries. *Nature* 315, 45–47.
- Nussbaum, F., 1910. Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers von Wangen a. A. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 141-168.
- Nussbaumer, S. Deline, P., Vincent, C. und Zumbühl, H.J. (Hrsg.), 2012. *Mer de Glace. art et science*. Editions Esopo, Chamonix, 192 S.
- Oeschger, H., Alder, B., und Langway Jr., C. C., 1966. Radiocarbon dating of ice. *Earth and Planetary Science Letters* 1, 49–54.
- Oeschger, H., Welten, M., Eicher, U., Moll, M., Riesen, T., Siegenthaler, U. und Wegmüller, S., 1980. ¹⁴C and other parameters during the Younger Dryas cold phase. *Radiocarbon* 22, No. 2, 299-310.
- Penck, A. und 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 1755-1797. *Geographica Bernensia G2*, 229 S.
- Pfister C., 1978. Climate and economy in eighteenth century Switzerland. *Journal of Interdisciplinary History* 9/2, 223-243.
- Pfister, C., 1984. Klimageschichte der Schweiz 1525-1860. Das Klima der Schweiz von 1525-1860 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft, Band 1. Verlag P. Haupt, Bern und Stuttgart, 184 S.
- Pfister, C., 2018. The “Black Swan” of 1540: Aspects of a European Megadrought. In: Leggewie Claus, Mauelshagen Franz (Hg.). *Climate Change and Cultural Transition in Europe (Climate and Culture 4)*, Brill, Leiden, 156–194.
- Pfister C. und Wetter, O., 2011. Das Jahrtausendhochwasser von 1480 an Aare und Rhein. *Berner Zeitschrift für Geschichte*, 73. Jg. 04/11, 41-49.
- Pfister, C. und Wanner H., 2021. *Klima und Gesellschaft in Europa, Die letzten 1000 Jahre*. Verlag Haupt, Bern, 400 S.
- Pfister, L., Hupfer F., Brugnara Y., Munz L., Villiger L., Meyer L., Schwander M., Isotta F.A., Rohr C. und Brönnimann S., 2019. Early instrumental meteorological measurements in Switzerland. *Climate of the Past* 15, 1345-1361.
- Rahmstorf, S., 2003. Timing of abrupt climate change: A precise clock. *Geophysical Research Letters* 30(10), 1510, 17.1-17.4.
- Richner H. und 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,
- Röthlisberger H., 1987. B.F. Kuhns Beitrag zur Gletscherkunde vor 200 Jahren. *Geographica Helvetica* 42, 147–152.
- Rüfenacht, R., Murk, A., Kämpfer, N., Eriksson, P. und Buehler, S.A., 2014. Middle-atmospheric zonal and meridional wind profiles from polar, tropical and midlatitudes with the ground-based microwave Doppler wind radiometer WIRA. *Atmospheric Measurement Techniques* 7/12, 4491-4505.
- Rytz, W., 1925. Über Interglazialflore und Interglazialklimate, mit besonderer Berücksichtigung der Pflanzenreste von Gondiswil-Zell und Pianico-Sellere. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rubel Zürich* 3 (Festschrift Carl Schröter), 540-553.
- Sauvageat, E., Maillard Barras, E., Hocke, K., Haefele, A. und Murk, A., 2022. Harmonized retrieval of middle atmospheric ozone from two microwave radiometers in Switzerland. *Atmospheric Measurement Techniques* 15/21, 6395-6417.
- Schanda, E., 1986. *Physical Fundamentals of Remote Sensing*. Springer, Berlin, 187 S.
- Schlüchter, C. und Jörin, U., 2004. Holz- und Torffunde als Klimaindikatoren. *Alpen ohne Gletscher? Die Alpen* 80, Schweizer Alpen-Club SAC, 34-47.
- Schlüchter, C., Akçar, N. und Ivy-Ochs, S., 2021. The Quaternary Period in Switzerland. In: Reyard E. (Hrsg.). *Landscapes and Landforms in Switzerland*. Springer Nature Switzerland, 47-70.

- Schotterer, U., 1987. Klima – unsere Zukunft? Verlag Kümmerly und Frey, Bern, 165 S.
- Schotterer, U., Finkel, R., Oeschger, H., Siegenthaler, U., Wahlen, M., Bart, G., Gäggeler, H. und von Gunten, H.R., 1977. Isotope measurements on firn and ice cores from alpine glaciers. IAHS Publication 118, 232-236.
- Schotterer U., Fröhlich K., Gäggeler H.W., Sandjordj S. und Stichter W., 1997. Isotope records from Mongolian and Alpine ice cores as climate indicators. *Climatic Change* 36(3-4), 519-530.
- Schulte, L., Peña, J.C., Carvalho, F., Schmidt, T., Julià, R., Llorca, J. and Veit, H., 2015. A 2600-year history of floods in the Bernese Alps, Switzerland: Frequencies, mechanisms and climate forcing. *Hydrology and Earth System Sciences* 19, 3047-3072.
- Schwander, J., Marending, S., Stocker, T. und Fischer, H., 2014. RADIX: a minimal-resources rapid-access drilling system. *Annals of Glaciology* 55(68), 34-38.
- Schwander, J., Eicher, U. und Ammann, B., 2000. Oxygen isotopes of lake marl at Gerzensee and Leysin (Switzerland), covering the Younger Dryas and two minor oscillations, and their correlation to the GRIP ice core. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 391 B, 203-214.
- Schwander, J. und Stauffer, B., 1984. Age difference between polar ice and the air trapped in its bubbles. *Nature* 311, 45-47.
- Schwander, J. und Ruffli, H., 1994. Electromechanical drilling of a 300m core in a dry hole at Summit, Greenland. *Memoirs of National Institute of Polar Research. Special Issue* 49, 93-98.
- Schwikowski, M., Brütsch, S., Gäggeler, H.W. und Schotterer, U., 1999. A high-resolution air chemistry record from an Alpine ice core: Fiescherhorn glacier, Swiss Alps. *Journal of Geophysical Research* 104, No. D11, 13709-13719.
- Siegenthaler, U. und Oeschger, H., 1978. Predicting future atmospheric carbon dioxide levels. *Science* 199, 388-395.
- Stauffer, B., 1981. Mechanismen des Lufteinschlusses in natürlichem Eis. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie ZGG* 17(1), 17-56.
- Stauffer, B., Flückiger, J., Monnin, E., Schwander, J., Barnola J.-M. und Chappellaz, J., 2001. Atmospheric CO₂, CH₄, and N₂O records over the past 60000 years based on the comparison of different polar ice cores. *Annals of Glaciology* 35, 202-208.
- Stehr N. und 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.
- Stephan, G. und Müller-Fürstenberger, G., 2015. Global warming, technological change and trade in carbon energy: Challenge or threat? *Environmental and Resource Economics* 62, 791-809.
- Stocker, T.F., Wright, D.G. und Mysak, L.A., 1992. A zonally averaged, coupled ocean-atmosphere model for paleoclimate studies. *Journal of Climate* 5(8), 773-797.
- Stocker, T.F., 1998. The seesaw effect. *Science* 282, 61–62.
- Stöckli, W., 2009. Chronologie und Regionalität des jüngeren Neolithikums (4300-2400 v. Chr.) im Schweizer Mittelland, in Süddeutschland und in Ostfrankreich. *Antiqua* 45, Veröffentlichung der Archäologie Schweiz, 404 S.
- Stöckli, W., 2016. Urgeschichte der Schweiz im Überblick (15000 v. Chr. – Christi Geburt). Die Konstruktion einer Urgeschichte. *Antiqua* 54, Veröffentlichung der Archäologie Schweiz, 356 S.
- Stöckli, W., 2017. Twann. Ausgrabungen 1974–1976. Auswertungen 1976–1982. Schlussbericht von 1981/82. Kommentar von 2017. Hefte zur Archäologie im Kanton Bern 3, 183 S.
- Streiff-Becker, R., 1931. Zur Dynamik des Föhns. *Meteorologische Zeitschrift* 48, 149-152.
- Thompson Klein, J., Häberli, R., Scholz, R.W., Grossenbacher-Mansuy, W., Bill, A. und Welti, M., 2001. *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society. An Effective Way for Managing Complexity*. Springer Berlin, 332 S.
- Tobler, G., 1897. Die Berner Chronik des Diebold Schilling 1468–1484. Band. 2, Bern, 234 S.
- Tralles, J.G., 1798. Über die Landes-Vermessung der Schweiz. *Allgemeine geographische Ephemeriden* 1, 267-280.
- Trechsel F., 1850. Nekrolog Johann Friedrich Trechsel. *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 35, 157-169.
- Urech, M., Herzig, R., Liebendörfer, L. und Ammann, K., 1991. Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung in der Region Biel-Seeland: Kalibrierte Flechtenindikationsmethode und Passives Biomonitoring. In: Wanner, H. (Hrsg.), 1991. *Biel, Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Stadt*. Verlag Haupt, Bern, 281-319.
- Valler V., Franke J., Brugnara Y. und Brönnimann, S., 2021. An updated global atmospheric paleo-reanalysis covering the last 400 years. doi.org/10.1002/gdj3.121.
- Veit, H. 2021. Humboldts wissenschaftliche Konzepte in der modernen Geographie und Landschaftsökologie. In: Kviat Bloch, Sara; Lubrich, Oliver; Steinke, Hubert (Hrsg.): *Alexander von Humboldt – Wissenschaften zusammendenken*. Haupt Verlag, Berner Universitätsschriften, Vol. 62, 171-206.
- Venetz I., 1822. Sur les variations du climat dans les Alpes. *Bibliothèque universelle des sciences, belles-lettres et arts. Société de physique et d'histoire naturelle de Genève* 21.
- Verdun A., 2004. Die alte Sternwarte Bern (1812–1876): der Koordinaten-Ursprung der schweizerischen Landesvermessung. *Cartographica Helvetica* 29-30, 35-42.
- Verdun, A., 2022. *Astronomie und Geodäsie in Bern*. Verlag Haupt, Bern, 385 S.
- Verdun, A., 2006. *Zwei Jahrhunderte zwischen Himmel und Erde*. Unipress 130, 5-6.
- Volz, R., 1984. Das Geländeklima und seine Bedeutung für den landwirtschaftlichen Anbau. *Geographica Bernensia* G 15, 189 S.
- Wagner, G., Mätzler, C., 2009. Haareis – Ein seltenes biophysikalisches Phänomen im Winter. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 62 (3), 117-123.
- Wahlen, M., 2003. The global methane cycle. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 21(1), 407-426.
- Wälchli, K.F., 1964. Niklaus Emanuel Tschärner. Ein Berner Magistrat und ökonomischer Patriot. *AHVBE*, Band 48, Bern.
- Wanner, H., 2023. *Weltberühmte Berner Klimaforschung im 19. Jahrhundert*. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern, Band 80, 6-17.
- Wanner, H. (Hrsg.), 1991. *Biel, Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Stadt*. Verlag Haupt, Bern, 455 S.
- Wanner, H., Brönnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C., Stephenson, D.B. und Xoplaki, E., 2001. North Atlantic Oscillation – concepts and studies. *Surveys in Geophysics* 22, 321-382.
- Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T.J., Cubasch, U., Flückiger, J., GOOSSE, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J.O., Küttel, M., Müller, S.A., Prentice, I.C., Solomina, O., Stocker, T.F., Tarasov, P., Wagner, M. und Widmann, M., 2008. Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews* 27, 1791-1828.
- Watson, R. T., Rodhe, H., Oeschger, H., und Siegenthaler, U., 1990. Greenhouse Gases and Aerosols. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment* 1, 1-40.
- Weingartner, R., 2016. Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft im Alpenraum. *Wasser Energie Luft*, 108(4), 273-275.
- Weingartner, R. und Kauzlaric, M.C., 2014. Impacts of Global Warming on Mountain Runoff: Key messages from the IPCC Report. In: Kohler, Thomas; Wehrli, André; Jurek, Matthias (Hg.): *Mountains and Climate Change. A Global Concern*. *Geographica Bernensia*, 38-39.
- Welten, M., 1944. Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel* 21, Bern, 201 S.
- Welten, M., 1981. Gletscher und Vegetation im Laufe der letzten hunderttausend Jahre. Vorläufige Mitteilung. *Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 1978, 5-18.
- Welten, M., 1982a. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern – Wallis. *Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (Textheft)*, Band 95, 104 S.
- Welten, M., 1982b. Stand der palynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand. *Geographica Helvetica* 2, 75-83.
- 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., 1868a. Über Föhn und Eiszeit, Rektoratsrede, gehalten den 15. Nov. 1867, Bern, 40 S.
- Wild, H., 1868b. Der Schweizer Föhn. Entgegnung auf Dove's gleichnamige Schrift. *Verlag Jent und Reinert*, Bern, 90 S.
- Wild, H., 1901. Über den Föhn und Vorschlag zur Beschränkung seines Begriffs. *Neue Denkschrift der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften* 38, 98 S.
- Winiger, M., 1979. Bewölkungsuntersuchungen über der Sahara mit Wettersatellitenbildern. *Geographica Bernensia*, Reihe G, Grundlagenforschung G1, 149 S.

Winiger, M., 1981. Causes and effects of the thermo-hygic differentiation of Mt. Kenya. *Erdkunde* 35/4, 248-263.

Winiger, M., 1982. Klimatische Aspekte des Kernkraftwerkbaus (Studie Climod). *Geographische Rundschau* 34, 218-227.

Winiger, M., Nejedly, G. und Schwab, Z., 1982. Satellitendaten in der Geländeklimatologie: Resultate des Projektes "Heat Capacity Mapping Mission" (HCMM). *Geographica Helvetica* 37, 199-207.

Witmer, U., 1984. Eine Methode zur flächendeckenden Kartierung von Schneehöhen unter Berücksichtigung von reliefbedingten Einflüssen. *Geographica Bernensia* G 21, 140 S.

Wolf, J.R., 1852. Neue Untersuchungen über die Periode der Sonnenflecken und ihre Bedeutung. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 249-270.

Wolf, R., 1855. Über den Ozongehalt der Luft, und seinen Zusammenhang mit der Mortalität. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 57-77.

Wyer, V., Brugnara, Y. und Brönnimann S., 2021. Meteorological series from Neuchâtel, Bern and Gurzelen from the 18th century. *Geographica Bernensia* G96, 169-182.

Zumbühl, H., 1980. Die Schwankungen der Grindelwaldgletscher in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12. bis 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Gletschergeschichte und Erforschung des Alpenraumes. Birkhäuser Verlag, Basel – Boston – Stuttgart, 279 S.

Zumbühl H.J., Wolf R. und Fontaine R., 2016. Gletscher in der Wahrnehmung der Menschen. In: Zumbühl, H. J., Nussbaumer, S., Holzhauser, H. und Wolf, R. (eds.). *Die Grindelwaldgletscher. Kunst und Wissenschaft*. Haupt, Bern, 45-114.

Bildnachweis

Fig. 1: Abdruck mit Bewilligung der Burgerbibliothek Bern

Fig. 3: Abdruck mit Bewilligung der Burgerbibliothek Bern

Fig. 6: Abdruck mit Bewilligung der Burgerbibliothek Bern

Fig. 8: Staatsarchiv Bern (Copyright Andreas Verdun)

Fig. 10: Wikipedia

Fig. 11: Wikipedia

Fig. 12: Copyright Andreas Verdun

Fig. 15: Astronomisches Institut Bern

Fig. 27: Abdruck mit Bewilligung der *Annals of Glaciology*

Fig. 31: Foto Jakob Schwander, Pascal Bohleber

Fig. 35: Foto Stefan Wunderle

Fig. 36 b: Foto Heinz J. Zumbühl

