

Die Wetterabnormalitäten der letzten Jahre im Lichte längerfristiger Klimaschwankungen

Autor(en): **Wiedemar, Ulrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **45 (1988)**

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-318530>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ULRICH WIEDEMAR*

Die Wetterabnormitäten der letzten Jahre im Lichte längerfristiger Klimaschwankungen

Ausgehend von dem doch eher ungewöhnlichen Witterungsverlauf der letzten Jahre sollen vorab die Wintertemperaturen mit denjenigen früherer Jahre und Jahrzehnte verglichen werden. Darüber hinaus will ich versuchen zu zeigen, was uns punkto Klima in Zukunft alles bevorstehen könnte. Auffälligstes Merkmal der Jahre 1981–1984 sind sicher die häufigen, zum Teil beträchtlichen Wärmeüberschüsse der einzelnen Monate (Rekord – Juli 1983 + 4,5° C!) und Jahreszeiten, die im Sommer 1983 mit einem Überschuss von beachtlichen + 2,5° C (Mittel der Monate Juni–August) ihr vorläufiges Maximum erreichten. Dieser Wert wurde nur noch vom berüchtigten Hitzesommer 1947 um etwa 0,7° C übertroffen. Vom März 1947 bis zum Mai 1948, also während 5/4 Jahren wiesen sämtliche Monate in ununterbrochener Reihenfolge zum Teil beträchtliche Wärmeüberschüsse auf. Der Titel «Jahrhundertssommer» gebührt also für unser Jahrhundert in Bern bis jetzt eindeutig 1947! Auch mit den Jahren 1949, 1959 und 1961 können sich 1982 und 1983 punkto Temperatur nicht messen. Damit ist auch schon die 1. Frage beantwortet: bereits früher hat es Perioden mit ähnlichen und zum Teil auch grösseren Wärmeüberschüssen hie und da gegeben.

Aber kehren wir zurück zu den letzten Wintern und versuchen wir, sie etwas einzuordnen in die Reihe der Winter verflossener Jahre und Jahrzehnte. In krassem Gegensatz zu seinen drei Vorgängern und zu den milden Wintern, wie sie in unserem Jahrhundert und vor allem in den letzten 25 Jahren so auffallend häufig auftraten, steht der harte Winter 1984/85. Mit – 1,9° C (Mittel Dezember–Februar) ist er der kälteste seit dem grossen Winter 1962/63, und ohne die auf der Alpennordseite verzeichneten deutlichen Wärmeüberschüsse vom November (etwa 3° C) und Dezember (etwa 1,5° C) hätte eine «Zürichseegfrörni» durchaus im Bereiche des Möglichen gelegen. Die Wetterkarten vom 6. Januar 1983 und vom 9. Januar 1985 (Abb. 1a und 1b) sind wahre Schulbeispiele der beiden Extreme schweizerischen Winterwetters.

Am 6. Januar 1983 sehen wir vor allem im 500-mb-Niveau deutlich ein kräftiges Hoch, bei welchem es sich vermutlich um einen Ausläufer des Azorenhochs handelt, über Südwesteuropa. Ebenso ausgeprägt ist das Islandtief. Weil diese zwei Aktionszentren während Wochen sozusagen stationär blieben, führte eine bestän-

* Anschrift des Verfassers: U. WIEDEMAR, Jetzikofenstrasse 10, 3038 Kirchlintach

dige, starke Westströmung, die bis weit nach Osteuropa hinein eindeutig das Feld beherrschte, immer wieder milde Meeresluft aus relativ niederen Breitengraden in unsere Gegenden und liess die Temperaturen auf frühlingshafte Werte ansteigen. Zudem verhinderte das Fehlen einer geschlossenen Schneedecke im Unterland auch während klaren Nächten das Auftreten starker Fröste: -10°C wurden im Mittelland während den Monaten Dezember und Januar nie erreicht oder gar unterschritten.

Ganz anders der Januar 1985. In diesem Winter hatte sich zu Jahresbeginn über ganz Nord-, Mittel- und grossen Teilen Westeuropas eine geschlossene Schneedecke gebildet. Damit war eine wichtige Voraussetzung für einen strengen Winter gegeben. Das mächtige Hoch, das sich von Grönland über Island bis zur Biskaya erstreckte (Abb. 1b) blockierte während mehr als zwei Wochen jegliche Zufuhr milder Meeresluft. Dafür konnten arktische Luftmassen ungehindert gegen die Alpen und Südwesteuropa vorstossen. Die Schneedecke begünstigte eine intensive Wärmeabstrahlung während den klaren Nächten und bewirkte ein Absinken der Temperaturen auf sibirische Werte (verbreitet unter -20°C im Mittelland, $-41,5^{\circ}\text{C}$ im helvetischen Sibirien, in La Brévine!).

Auch ein Vergleich der Wetterlagen vom 8. Januar 1982 und 15. Februar 1985 (Abb. 2 und 3) und der unterschiedlichen weiteren Entwicklung ist hoch interessant: in beiden Situationen lagerten sich eine sehr kalte Luftmasse im Norden und eine milde im Süden gegenüber, der Grenzbereich der beiden Luftmassen lag über der Schweiz. Während im Januar 1982 die Kaltluft zurückgedrängt wurde, die Schneefälle in Regen, in der Nordschweiz auch in vereisenden Regen übergingen, und sich schliesslich Tauwetter durchsetzte, behielt im Februar 1985 in den unteren und mittleren Schichten eindeutig die Kaltluft die Oberhand. Von den Schneefällen dieses Februars, die durch das Aufgleiten milder und feuchter Luftmassen auf die kontinentale Kaltluftschicht verursacht wurden, wird man in der Westschweiz vermutlich noch lange reden! Welche Faktoren jedoch schlussendlich bestimmen, ob die Wetterentwicklung wie im Januar 1982 oder wie im Februar 1985 verläuft, entzieht sich trotz der beachtlichen Fortschritte, welche die Meteorologie in den letzten Jahren erzielt hat, weitgehend unseren Kenntnissen.

Bedingt durch die Erdrotation im Verein mit der enormen Vielgestaltigkeit der Erdoberfläche selbst liegt unserer Wettermaschine ein ungeheuer komplexer Mechanismus zu Grunde. Neben der disproportionalen Verteilung von Land und Wasser und dem unregelmässigen Verlauf der Küsten und Gebirge vorallem auf der nördlichen Halbkugel zeigen auch die Erdumlaufbahn und der Neigungswinkel der Erdachse zur Sonne periodisch auftretende Unregelmässigkeiten, die in den zwanziger Jahren vom jugoslawischen Astronomen MITULIN MILANKOVICH erstmals näher untersucht wurden. Um das Mass voll zu machen, treten auch auf der Sonnenoberfläche selbst laufend Veränderungen auf (Eruptionen, Sonnenflecken). Unser ganzes Wissen und Verstehen der Vorgänge in der Atmosphäre steckt daher immer noch in den Kinderschuhen, und auch mit den leistungsstärk-

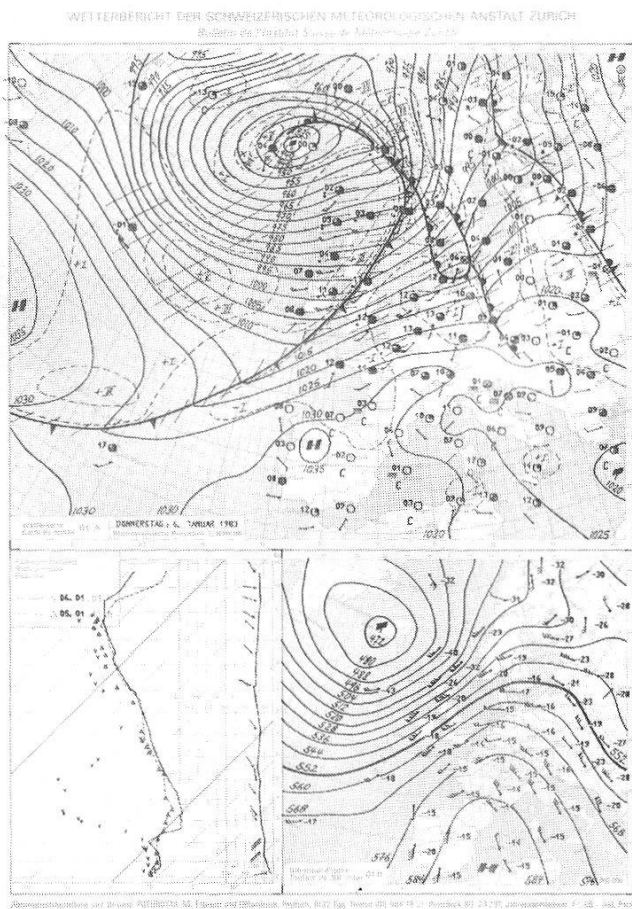


Abbildung 1a

6. Januar 1983: Beinahe Frühling

Zufuhr feuchtmilder Meeresluft zwischen dem Islandtief und dem Hoch über Südwesteuropa. Die beiden Aktionszentren sind sowohl auf der Bodenwetterkarte wie im 500-mb-Niveau deutlich sichtbar. Mittlere Tagestemperatur in Bern etwa 8° C. Ähnliche Druckverhältnisse finden wir auch im ausserordentlich milden Januar 1988!

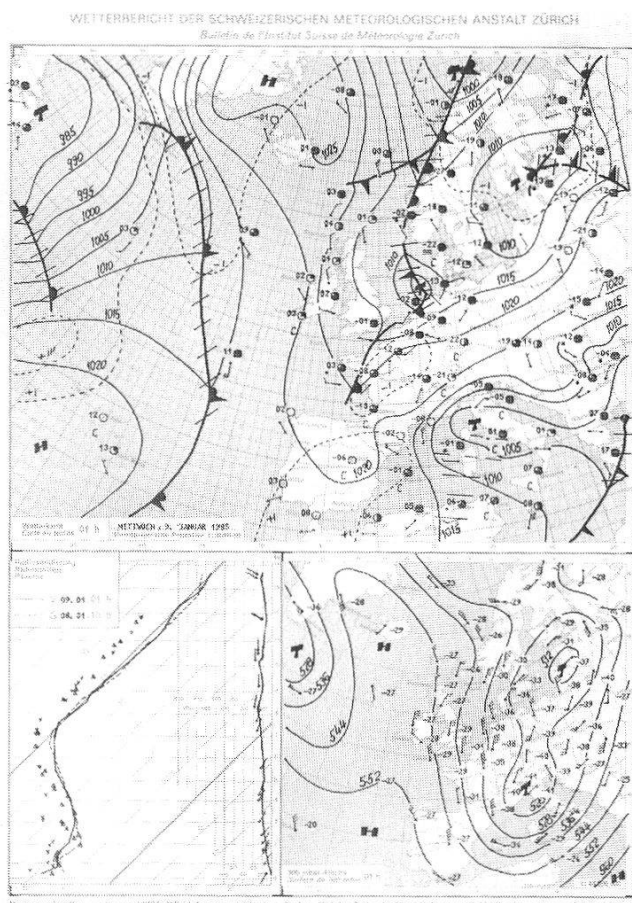


Abbildung 1b

9. Januar 1985: Sibirien

Zwischen einem kräftigen Hoch über dem Ostatlantik und einem Tiefdrucktrog knapp östlich der Schweiz (siehe auch 500-mb-Niveau) ergiesst sich in allen Höhenlagen ein breiter Strom arktischer Kaltluft über ganz Nord- und Westeuropa. Minimum in Bern: -21° C! (Rekord seit 1963).

sten Elektronenrechnern können erst relativ primitive Wettermodelle simuliert und ausgewertet werden. So wird es wohl noch einige Zeit dauern, bis die Fragen nach den entscheidenden Faktoren und Abhängigkeiten geklärt sind, und wir in der Lage sein werden, einigermaßen zuverlässige Prognosen über mehrere Wochen oder gar ganze Jahreszeiten aufzustellen.

Vergleichen wir als nächstes die mittleren Wintertemperaturen (Mittel Dezember–Februar) des 20. mit denjenigen des 19. Jahrhunderts (Abb. 4). Das letzte Jahrhundert zeichnet sich durch etwas tiefere Temperaturmittel ($-0,6^{\circ}\text{C}$ gegenüber $-0,2^{\circ}\text{C}$) und grössere Schwankungen (mittlere Standardabweichung 1,8 gegenüber 1,5) aus. Nun mag eingewendet werden, die $0,4^{\circ}\text{C}$ Differenz seien ja nicht der Rede wert. Und doch sind die Auswirkungen deutlich spürbar: zwischen 1801 und 1891 gab es nicht weniger als 19 Winter mit einem Temperaturmittel von unter -2°C , die ich als kalte Winter bezeichnen möchte. Von diesen 19 Wintern erreichten immerhin deren drei ein Mittel von -5°C oder tiefer. Im 19. Jahrhundert gab es also pro Jahrzehnt durchschnittlich zwei kalte und innerhalb einer Generation ein strenger Winter. Dem gegenüber nehmen sich die neun kalten (davon zwei strenge) Winter unseres Jahrhunderts (durchschnittlich ein kalter Winter pro Jahrzehnt) bescheiden aus, und auch die strengen Winter (1928/29 und 1962/63) blieben mit $-4,1$ beziehungsweise $-4,6^{\circ}\text{C}$ noch deutlich oberhalb der -5°C Grenze. Leider fehlen für das 19. Jahrhundert weitgehend die Angaben über die Anzahl Schneedeckentage. Dies ist im Grunde genommen erstaunlich: zum einen lässt sich die Schneehöhe mit einfachen Mitteln messen, zum andern ist die Dauer der Schneebedeckung von eminenter Bedeutung für die Landwirtschaft. In Anbetracht der tieferen Wintertemperaturen dürfte der Schnee im Mittelland im letzten Jahrhundert im Durchschnitt gute 20–25 % länger, also 55 bis 60 Tage gelegen haben.

Dieser Vergleich mag als ernst zu nehmender Hinweis gelten, auf was für einer klimatischen Gratwanderung wir uns im Grunde genommen befinden, und wie schon geringfügige Änderungen beträchtliche Auswirkungen haben können. So würden wir bei einem weiteren Absinken der Temperatur um etwa 1°C gegenüber dem letzten Jahrhundert schätzungsweise klimatische Verhältnisse vorfinden, wie sie das letzte Mal in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, auf dem Höhepunkt der «kleinen Eiszeit», vermutlich geherrscht haben. Aus dieser Zeit wurden beispielsweise innerhalb von nur 11 Jahren nicht weniger als drei «Thunerseegfrörnen» verzeichnet (1684, 1685, 1695 laut Angaben aus dem «Geographischen Lexikon der Schweiz», Band VI). Insbesondere von 1695 wird berichtet, die «Seegfrörni» sei bereits anfangs Januar eingetreten und habe bis Mitte März gedauert. Sofern diese Angaben tatsächlich stimmen, würde das im Klartext heissen, dass der Winter auch im Unterland spätestens anfangs November mit voller Wucht eingesetzt und praktisch ohne Unterbruch bis in den März hinein ein unerbittlich strenges Regiment geführt haben muss. Seither ist keine totale «Thunerseegfrörni» mehr aufgetreten. Auch im extrem kalten Winter 1829/30, der nach den Basler

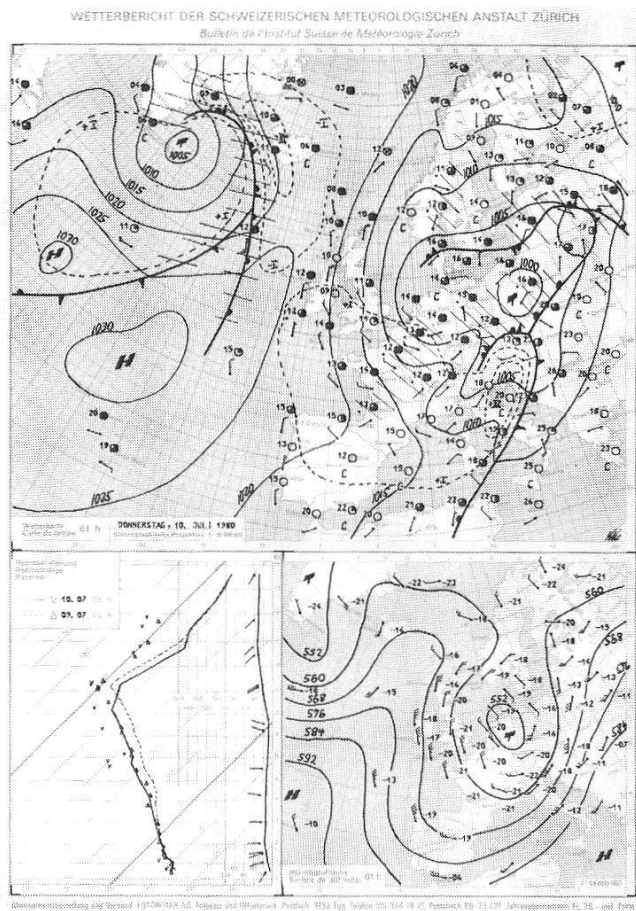


Abbildung 1c

10. Juli 1980: Regenwetter

Der kräftige Tiefdrucktrog über Mitteleuropa steuert anhaltend feuchtkalte Meeresluft gegen die Alpen, so dass bis in mittlere Lagen Schnee fällt. Temperaturmaximum in Bern: 13° C!

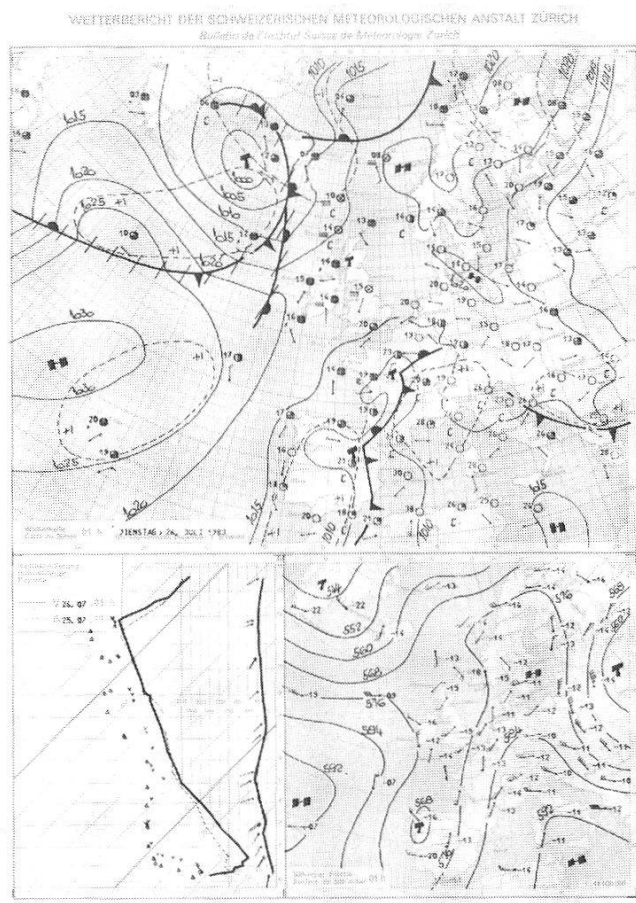


Abbildung 1d

26. Juli 1983: Hitzewelle

Flache Druckverteilung. Östlich der schwachen Tiefdruckrinne über Portugal (siehe 500-mb-Niveau) stösst subtropische Warmluft über Nordafrika gegen ganz Mittel- und Nordeuropa vor. Tagesmaximum in Bern: 35° C! (Rekord seit 1947!)

Aufzeichnungen seit 1751 klar an der Spitze steht, überfror nach Angaben aus der gleichen Quelle nur die östliche Hälfte.

Nun hat schon der insgesamt zwar kalte, aber im Vergleich zu andern Strengwintern keineswegs extreme Winter 1984/85 die Schwachstellen in der Wärmeversorgung unserer Wohnungen und Häuser schonungslos aufgedeckt. Auch der Verkehr auf Schiene und Strasse wurde durch die januarliche Frostperiode und die Rekord-Schneefälle im Januar im Tessin und im Februar in der Westschweiz arg gebeutelt. Ähnliches gibt es vom «Jahrhundertwinter» 1962/63 zu melden, als zeitweise ganze Dörfer wegen Schneeverwehungen von der Umwelt abgeschnitten waren, Schnee und Kälte Bahnen und Autos schwer zu schaffen machte, und auch der Heizölnachschub stockte, weil die Frachtschiffe, des zugefrorenen Rheines wegen, Basel nicht mehr erreichen konnten. Diese Tatsachen zeigen klar die Achillesferse unserer überorganisierten, technisierten Wohlstandsgesellschaft: wir haben uns sozusagen eine Schönwetterwelt zurechtgezimmert; Technik und moderne Verkehrsmittel haben uns zu einer ungeahnten Bewegungsfreiheit verholfen. Weil unser ganzer Lebensstil angefangen von der Wahl des Wohnorts über die Einkaufsgewohnheiten hin zu Arbeit und Freizeitbeschäftigung auf dieser Bewegungsfreiheit basiert, sind wir in einem bedenklichen Masse vom tagtäglichen sicheren Funktionieren der Verkehrsmittel und Energieversorgung abhängig geworden. Störungen durch Naturereignisse können uns deshalb empfindlicher und nachhaltiger treffen als in der Vergangenheit unsere Grossväter, kurz, wir hängen wie eh und je von den Launen der Natur ab, auch wenn wir dies nicht wahrhaben wollen. Aus dieser Optik betrachtet wären wir auf einen wirklich grossen Winter nur mangelhaft vorbereitet (man denke an die Smogsituation im Ruhrgebiet oder die alarmierenden Schadstoffwerte in vielen Schweizerstädten während der Kälteperiode) und würden dies unweigerlich zu spüren bekommen. Wir sollten daher die Lektion des Winters 1984/85 beherzigen, auch wenn bei den derzeitigen klimatischen Bedingungen die Aussichten auf einen Strengwinter des Kalibers 1694/95 verschwindend klein sind.

Dies bringt uns auf die 3. Frage: wie wird sich unser Wetter und damit unser Klima in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiter entwickeln? Auch darüber sind sich die Gelehrten alles andere als einig, reichen doch die Prophezeiungen von subtropischen bis zu eiszeitlichen Bedingungen. Die einfachste Methode einer langfristigen Wetter- und Klima-Vorhersage wäre eine Extrapolation aus der Vergangenheit in die Zukunft, was wiederum einen einigermaßen regelmässigen Verlauf von Witterung und Klima in der Vergangenheit und in der Zukunft, also ein gesichertes Auftreten von Perioden voraussetzen würde.

An diesbezüglichen Mutmassungen fehlt es nicht: 11- (Sonnenfleckenzyklus), 35-, 100-Jahre um nur einige zu nennen und weitere Perioden wurden und werden ins Feld geführt. In der Tat ist das Auftreten von Perioden durchaus möglich, aber wir wissen erstens nicht, ob die Länge solcher Perioden über Jahrhunderte hinweg konstant bleibt und zweitens, ob nicht zwei oder gar mehr Perioden sich gegenseitig überlagern. Leider haben wir erst über einen verhältnismässig kurzen Zeitraum

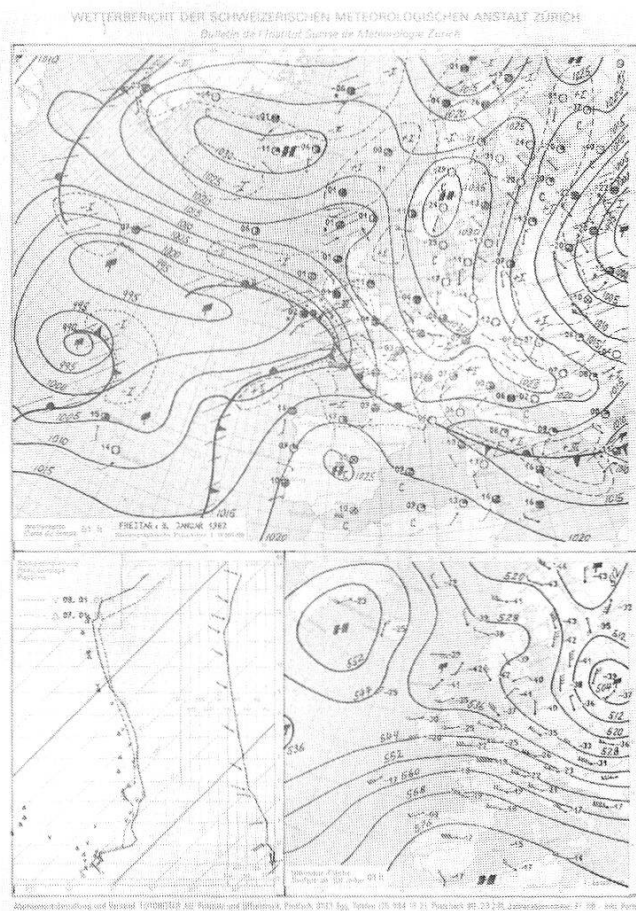


Abbildung 2a

8. Januar 1982

Östlich des skandinavischen Hochs ist in den unteren Luftschichten kontinentale Kaltluft über die Schweiz bis Italien und Südfrankreich vorgedrungen, während in der Höhe feuchte Warmluft über die Kaltluft aufgleitend gegen Norden vorstösst. Auf der Alpennordseite setzen starke Schneefälle ein.

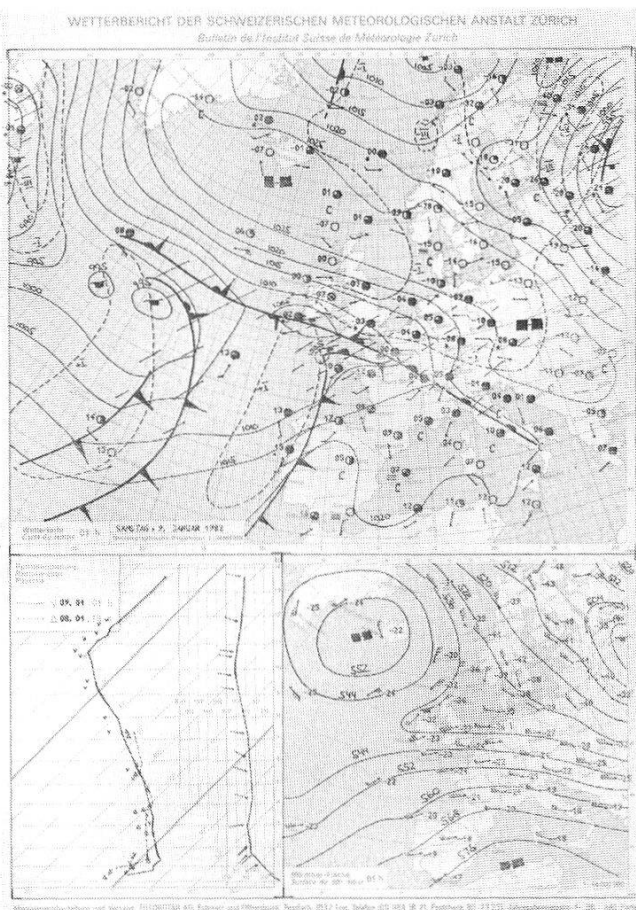


Abbildung 2b

9. Januar 1982

Während das skandinavische Hoch sich etwas abbaut, beginnt das kräftige Hoch über Nordafrika (500-mb-Niveau) sich langsam ostwärts zu verlagern, die Winde drehen auf SW. Dadurch wird die Kaltluft zurückgedrängt, die Schneefälle gehen bis 2000 m ü. M. in Regen über.

systematische Aufzeichnungen der diversen Wetterelemente aus verschiedenen Gegenden. Aus diesen Aufzeichnungen lässt sich keine eindeutige Periode herauslesen, vielmehr schwanken die mittleren Temperaturen der einzelnen Winter scheinbar völlig wahllos hinauf und hinunter, und der Temperaturverlauf erinnert eher an den Verlauf der Aktienkurse an der Börse (Abb. 4). Daraus muss der Schluss gezogen werden, dass, sogar wenn tatsächlich Perioden existieren, die zufälligen Einflüsse doch bei weitem überwiegen.

Da sich der Charakter einiger Winter des 19. Jahrhunderts 99 Jahre später wiederholte (z. B. 1808–1907, 1810–1909, 1811–1910, 1830–1929, 1864–1963, Abb. 4) habe ich willkürlich auf Grund eines 99-Jahre-Zyklus untersucht, ob eine solche Analogie auch für andere Winter gilt. Das Resultat bestätigt im grossen und ganzen die Feststellungen des letzten Abschnitts: neben den erwähnten «Volltreffern» laufen die beiden Tendenzen ebenso oft diametral entgegen (Jahre 1832–1840 versus 1931–1939). Für die Winter der letzten sechs Jahre zeigte der Temperaturverlauf eine gute Übereinstimmung mit demjenigen der Winter vor 99 Jahren. Ob dieser Trend erhalten bleibt, kann nicht vorausgesagt werden. Sollte dies jedoch der Fall sein, dann wäre der Winter 1984/85 kein Querschläger, sondern ein deutliches Signal einer Trendwende. Wir würden uns dann für den Rest der achtziger Jahre wieder an deutlich frostigere Winter, durchschnittlich mindestens so kalt wie der letzte, gewöhnen müssen. Die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt dieses Szenarios schätze ich auf etwa 60 %. Ohne menschliche Einflüsse, auf die ich noch näher eingehen werde, würde ich sogar auf 70–80 % tippen.

Bis vor nicht allzu langer Zeit wurde immer angenommen, dass bedeutende klimatische Veränderungen der geologischen Vergangenheit angehörten, und Klimatologie galt als der langweiligste Zweig der Meteorologie. Seit jedoch schwere Dürrekatastrophen wiederholt riesige Gebiete unserer Erde heimsuchten, man denke etwa an die Sahelzone, während andere Gegenden die schlimmsten Überschwemmungen seit Menschengedenken erlitten, seit auch in unseren Breitengraden das Wetter von Jahr zu Jahr unbeständiger und extremer zu werden scheint, ist man in der Fachwelt hellhörig geworden. Für die vergangenen Dürren in Zentralafrika und anderen Gebieten wurde ein globaler Abkühlungstrend, der kurz nach 1940 begann und bis jetzt etwa $1/2^{\circ}\text{C}$ beträgt, und die durch ihn verursachte Verschiebung der grossräumigen Zirkulation in der Atmosphäre verantwortlich gemacht. Als Hauptursache für diesen Abkühlungstrend wird die gegenüber der ersten Jahrhunderthälfte stark zugenommene Vulkantätigkeit genannt. Das Erdklima ist, wie bereits angedeutet, ein fein ausbalanciertes System voller empfindlicher Rückkopplungsmechanismen. Bekanntlich hängt die Temperatur an der Erdoberfläche primär von dem von Erde und Atmosphäre absorbierten Anteil der Sonneneinstrahlung ab. Dieser wiederum wird bestimmt durch das totale Reflexionsvermögen, die sogenannte Albedo des Planeten. Je grösser die Albedo, desto kälter die Erde. Da weisse Dinge stark reflektierend wirken, sind Wolken sowie Schnee und Eis die Hauptbeitragenden zur Albedo. Wegen ihrer Eigenschaft, sowohl Sonnen-

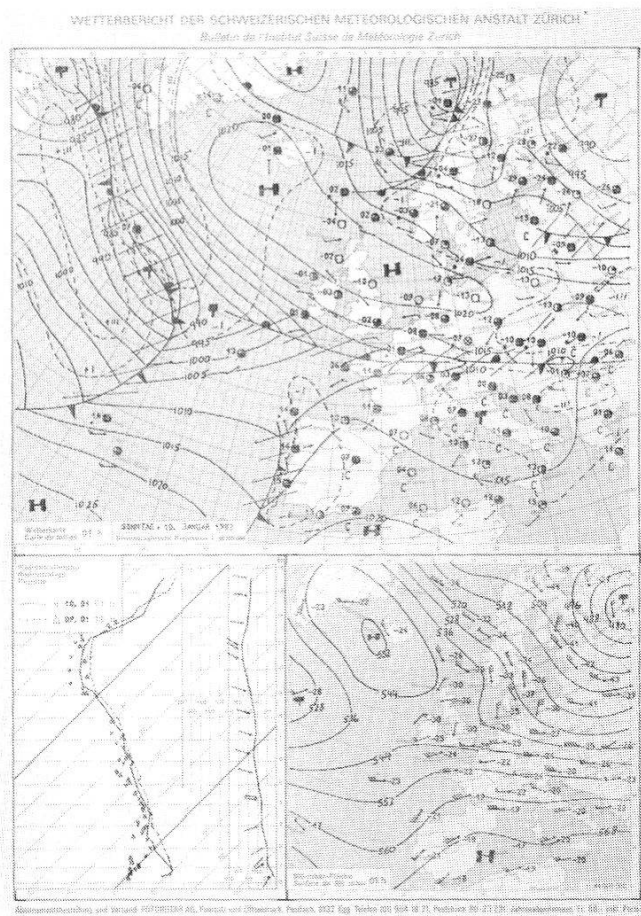


Abbildung 2c

10. Januar 1982

Die Kaltluft ist noch etwas weiter nordwärts zurückgewichen, auf der Alpennordseite herrscht windschwaches, mildes Frühlingswetter, die Temperaturen steigen im Mittelland stellenweise über 10° C.

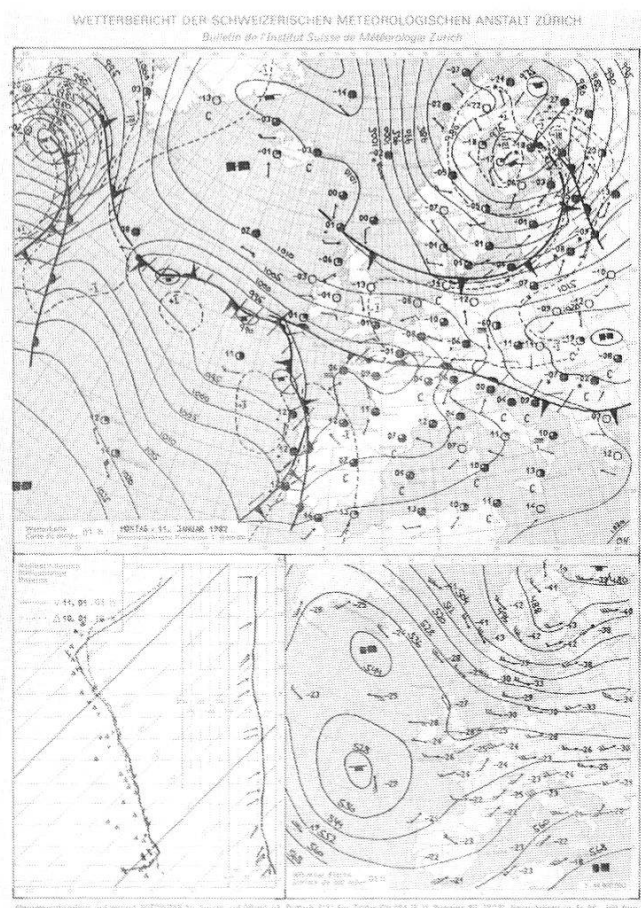


Abbildung 2d

11. Januar 1982

Die Luftmassengrenze verläuft immer noch knapp nördlich der Schweiz. Während die westlichen Landesteile im Warmsektor verbleiben, gelangen die unteren Schichten nordöstlich einer Linie Basel-Zürich vorübergehend in den Bereich der Kaltluft, es kommt in diesen Gebieten verbreitet zu vereisendem Regen.

licht wie auch Wärmeabstrahlung der Erde zu reflektieren, können Wolken jeden klimatischen Trend dämpfen. Dagegen bewirken Eis und Schnee eine positive Rückkoppelung: gehen die durchschnittlichen Temperaturen zurück, so nimmt die Ausdehnung der Schnee- und Eisdecken zu, wodurch noch mehr Sonnenlicht in den Weltraum zurückgestrahlt und die Abkühlung beschleunigt wird, vor allem in den Polgegenden.

Es gibt noch einen weiteren Beitragenden zur Albedo unseres Planeten: schwebende Teilchen, vor allem feine Staubpartikel, welche zu hoch in die Atmosphäre hinaufgetragen wurden, um durch Niederschläge herausgewaschen zu werden. Viele dieser Teilchen können während Monaten oder gar Jahren in der Höhe bleiben. Sie bilden die Hauptursache für besonders farbige und leuchtende Sonnenuntergänge, wie sie häufig nach grossen Vulkaneruptionen auf der ganzen Erde beobachtet werden können. Sie sind aber auch, so glaubt man heute, in hohem Masse verantwortlich für das Auslösen früherer kühler Epochen. Das übereinstimmende Auftreten tieferer Temperaturen in Perioden erhöhter Vulkantätigkeit, das auf Grund der höheren Staubkonzentration in den entsprechenden Bohrkernschichten aus dem grönländischen und antarktischen Eise nachgewiesen werden konnte, bekräftigt die These. Was auch immer sein Ursprung ist, hat Staub einen betonte- ren Abkühlungseffekt in den Polarregionen als in den Tropen, weil Sonnenlicht, welches die Pole erreicht, einen längeren Weg durch die staubbeladenen Atmosphärenschichten zurücklegen muss, wobei ein grösserer Teil davon reflektiert wird. Auch scheint der Staubanteil über dem Äquator geringer zu sein als in den mittleren und höheren Breitengraden. Zu Beginn unseres Jahrhunderts, als die Erwärmung einsetzte, waren die Vulkane ungewöhnlich ruhig, aber seit 1955 hat ihre Aktivität wieder zugenommen.

Indessen weiss man heute mit ziemlicher Sicherheit, dass weder das Fehlen noch das Vorhandensein vulkanischer Aktivität genügt hat, um allein das Steigen und Fallen der Temperaturen in unserem Jahrhundert zu verursachen. Vielmehr dürfte eine substantielle Erhöhung des CO_2 -Gehaltes in der Atmosphäre, erzeugt durch den massiven Einsatz fossiler Brennstoffe einerseits und durch das sinnlose Abholzen riesiger Waldflächen, vor allem in den Tropen andererseits, ebenfalls zu der früheren Erwärmung beigetragen haben. CO_2 ist ziemlich durchlässig in bezug auf das kurzwellige sichtbare Licht, welches den grössten Teil der eingestrahlten Sonnenenergie ausmacht. Umgekehrt wird langwelliges Infrarotlicht, wie die Erde es in den Weltraum abstrahlt, vom CO_2 zu einem guten Teil zurückbehalten, ein Phänomen, das zu Recht als Treibhauseffekt bezeichnet wird. Es wird vermutet, dass irgendwann nach 1930 die abkühlende Wirkung des dichteren Staubschleiers in der Atmosphäre, welcher ebenfalls teilweise auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist, den Treibhauseffekt des CO_2 zu übertreffen begann. Der Gedanke, die diversen menschlichen Einflüsse auf das Klima würden sich gegenseitig weitgehend aufheben, und Wetter und Klima auch in Zukunft sein wie gehabt, scheint auf den ersten Blick gar nicht so abwegig.

Leider sprechen gewichtige Gründe gegen solch optimistische Prognosen: Durch das weltweite Bevölkerungswachstum und die Industrialisierung der Drittweltländer wird die CO₂-Produktion weiter ansteigen. Weil tagtäglich viele Quadratkilometer tropischer Regenwälder für immer verschwinden, wird auch der Abbau des CO₂ in der Atmosphäre laufend verringert. Schliesslich beeinträchtigt die weltweite Verschmutzung der Ozeane (Ölkatastrophen!) deren Aufnahmevermögen für CO₂ möglicherweise ebenfalls direkt oder indirekt. Wenn die prozentuale Zunahme im gleichen Tempo wie in den letzten Jahren weitergeht, dann wird sich der CO₂-Gehalt noch vor Mitte des nächsten Jahrhunderts verdoppelt haben, die Temperaturen werden weltweit um 2–3° C (an den Polen 6–10° C) ansteigen, was unter Umständen bereits genügt, um das arktische Meereis vollständig zu schmelzen. Jede weitere Verdoppelung bringt, so glaubt man auf Grund von Modellrechnungen, nochmals dieselbe Erwärmung. Wenn in den nächsten 100 bis 150 Jahren alle ausbeutbaren fossilen Brennstoffe verfeuert werden, dann würde die zu erwartende Erwärmung eventuell ausreichen, um alles Eis auf der Erde zu schmelzen. Der Meeresspiegel würde gegenüber heute um rund 70 m höher stehen, und riesige Gebiete wären in den Fluten verschwunden. Wegen des schwächeren Temperaturgefälles vom Äquator zu den Polen würde die globale Zirkulation in der Atmosphäre grundlegend verändert und damit ganze Klimazonen verschoben. Das wahrscheinlichste Resultat dieser Verschiebung wäre das Versteppen weiter Gebiete in den mittleren Breitengraden, welche heute zu den wichtigsten Nahrungsmittelproduzenten gehören. Dies hätte einen katastrophalen Ausfall in der Nahrungsmittelproduktion zur Folge, der sich unweigerlich verheerend auf grosse Teile der Erdbevölkerung auswirken müsste. Der Dürresommer 1947 sollte diesbezüglich eine ernste Warnung für uns sein! Das Wissen, dass eine solche Entwicklung viele Jahrhunderte wenn nicht Jahrtausende dauerte, ist ein schwacher Trost, weil sich ihre Auswirkungen vermutlich sehr viel früher bemerkbar machen würden. Diese Perspektiven lassen den erwähnten Treibhauseffekt als eines der bedrohlichsten Zukunftsprobleme erscheinen.

Unter diesem Aspekt müsste unsere gesamte Energie- und Wärmeerzeugung, welche heute weltweit noch immer zu schätzungsweise 70–80 % auf fossilen Brennstoffen basiert, einer kritischen Überprüfung unterzogen werden. Durch die tagtäglich verbrannten gewaltigen Öl- und Kohlemengen verschlechtern wir nicht nur laufend unsere Luftqualität in einem Masse, das schon heute unübersehbar ist, und wovon der saure Regen und das Waldsterben nur die sichtbare Spitze des Eisbergs darstellen, aber unsere Energiewirtschaft stellt eine klimatische Zeitbombe ersten Ranges dar, deren Auswirkungen wahrscheinlich irreversibel sein werden und, wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, weltweite Katastrophen von nie gekannten Ausmassen auslösen könnten. Aus diesem Grunde sind Sparmassnahmen ein Gebot der Stunde, die Substitution fossiler Brennstoffe durch umweltgerechtere Alternativen eine Überlebensfrage!

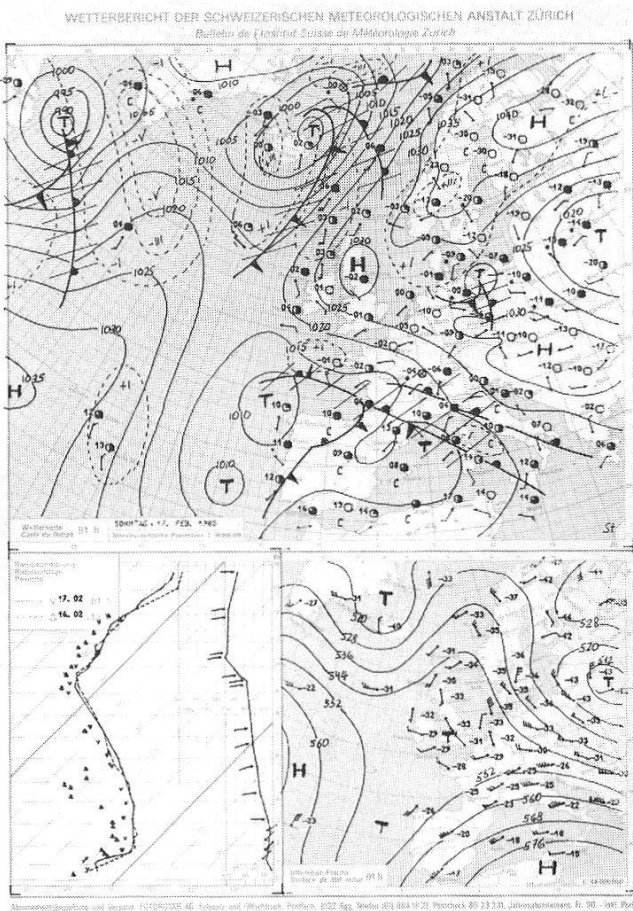


Abbildung 3c

17. Februar 1985

Zwischen dem Tief über Osteuropa und dem Hoch über Nordafrika (500-mb-Niveau) fließt in der Höhe feuchte Warmluft nordwärts, während andererseits in den unteren Schichten die Kaltluftzufuhr andauert. Es kommt in den westlichen Landesteilen zu anhaltenden, starken Schneefällen.

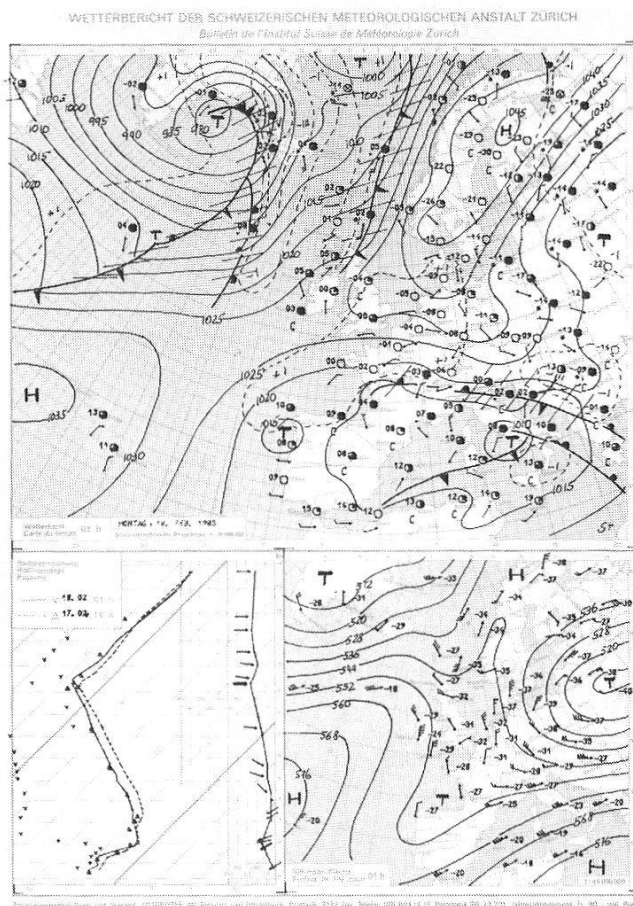


Abbildung 3d

18. Februar 1985

Über Mittelitalien hat sich an der Grenze der beiden Luftmassen ein Sekundärtief entwickelt, während das osteuropäische Höhentief sich etwas südwärts verlagert und gegen Südwesten ausgedehnt hat. Die Kaltluftzufuhr in den unteren und mittleren Schichten verstärkt sich, die Schneefälle lassen langsam nach.

Abschliessend noch kurz einige Gedanken zum gegenteiligen Extrem. Könnte sich unser Klima auch in eine ganz andere Richtung bewegen, als in den letzten Abschnitten dargestellt, steht uns in absehbarer Zukunft gar eine neue Eiszeit bevor? Das scheinbare Fehlen jeglicher Periodizität bei kurzfristigen klimatischen Schwankungen gilt nicht, wenn wir den Verlauf unseres Klimas über einen grösseren Zeitraum betrachten. Durch Untersuchungen an den früher erwähnten Bohrkernen aus Eis sowie aus Sedimenten vom Meeresgrund ist es Wissenschaftlern gelungen, rund 700 000 Jahre Klimageschichte unseres Planeten zu rekonstruieren. Mit einer gewissen Regelmässigkeit folgten sich Eiszeiten von etwa 100 000 und Warmzeiten von etwa 10 000 Jahren Dauer. Bedenkt man, dass die letzte Eiszeit vor ungefähr 10 000 Jahren endete, und dass nach diesem «Fahrplan» der Beginn der nächsten Eiszeit ungefähr jetzt oder jedenfalls innerhalb des nächsten Jahrtausends fällig wäre, dann kommt man an der eingangs dieses Abschnitts gestellten Frage nicht vorbei. Eine der überraschenden Erkenntnisse aus den erwähnten Untersuchungen ist die, dass in den vergangenen 700 000 Jahren das Erdklima während rund 95 % aller Zeiten wesentlich kälter war als in den letzten 80 Jahren, und dass es daher völlig falsch ist, wenn wir unser klimatisches Gunstjahrhundert als normal bezeichnen. In der Tat ist es die abnormalste Periode seit gut 1000 Jahren, und vermutlich hat die Gunst des Klimas mindestens ebenso zum beispiellosen Anwachsen der Erdbevölkerung beigetragen, wie die Fortschritte der Medizin. Ebenso bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Übergänge von den Eiszeiten zu den Warmzeiten und umgekehrt manchmal mit einer unglaublichen Plötzlichkeit, oft innerhalb eines Jahrhunderts, was in geologischen Massstäben gerechnet so gut wie augenblicklich bedeutet, stattgefunden haben. Über die Ursachen solch dramatischer Ereignisse ist man bis heute immer noch weitgehend auf Vermutungen und Spekulationen angewiesen. Ein möglicher Ursprung könnte in den anfangs dieses Berichtes erwähnten astronomischen Veränderungen der Erdumlaufbahn und der Neigung der Erdachse («Milankovich-Zyklen») zu suchen sein. Mindestens die relative Periodizität des Klimaverlaufs über grosse Zeiträume würde diese Theorie stützen.

Indessen birgt unsere Wettermaschine genügend Potential in sich, um ihrerseits die Erde als Treibhaus oder als Kühltank zu betreiben. So könnte eine Serie schneereicher Winter in der nördlichen Hemisphäre, die keineswegs ausgesprochen kalt sein müssten, gefolgt von einer Serie kühler und nasser Sommer mit häufigen Sommerschneefällen in den Bergen (wie etwa in der ersten Sommerhälfte 1980) vollauf genügen, um das labile klimatische Gleichgewicht empfindlich zu stören: durch den ungünstigen Verlauf der Witterung würde der Schnee im Frühjahr länger liegen bleiben und grössere Flächen bedecken als heute. Damit würde die Albedo vergrössert und so die Oberflächentemperatur der Erde weiter abgesenkt, was wiederum bewirkte, dass im nächsten Frühjahr noch mehr Schnee noch länger liegen bleibt. Es braucht wenig Phantasie, um sich auszumalen, dass ein solcher Teufelskreis zu einer markanten weltweiten Abkühlung, ja unter Umständen

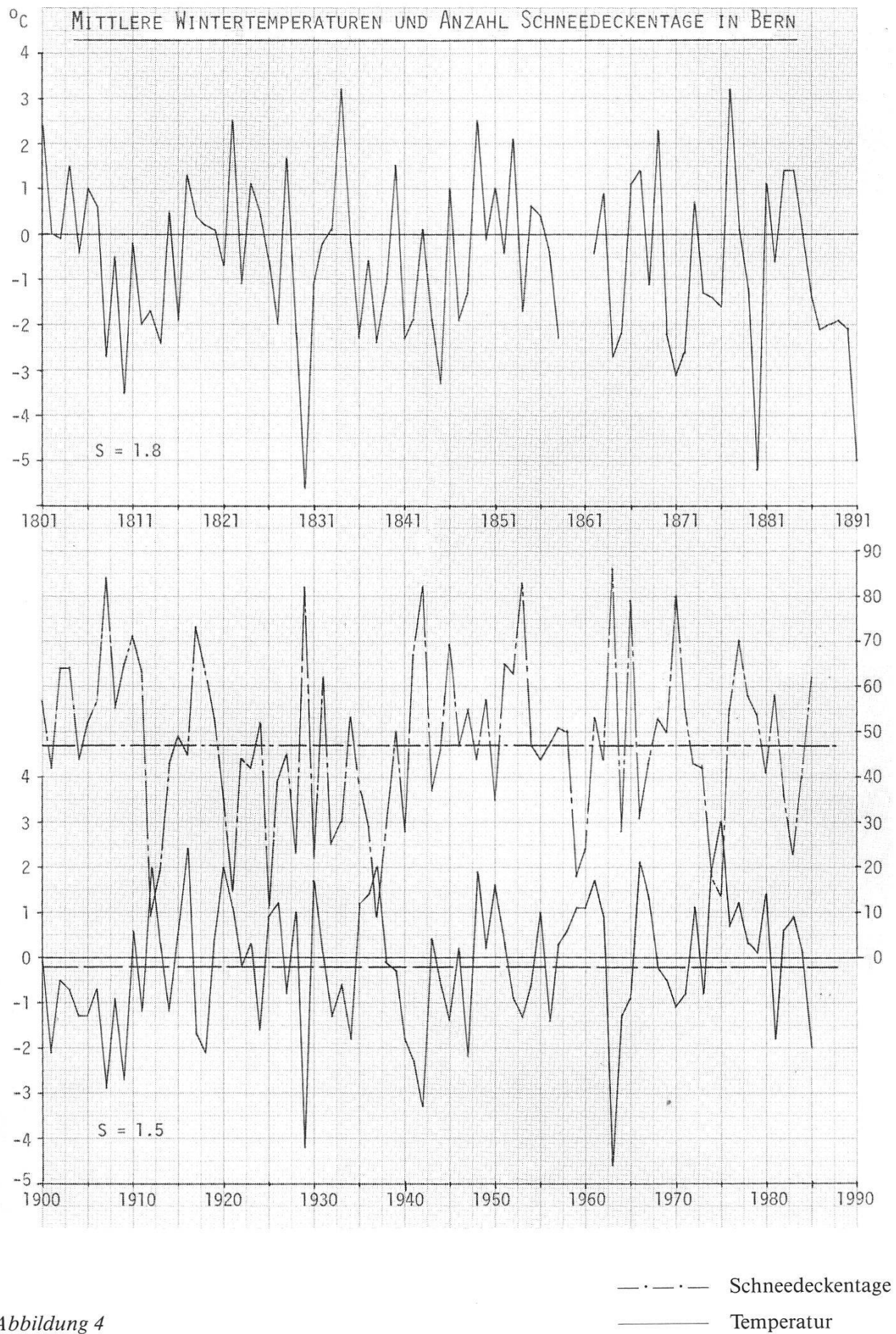


Abbildung 4

zu einer neuen Eiszeit führen könnte. Ein Eiszeitbeginn bedeutet demnach nicht, dass sich unsere Gletscher zentimeterweise vorschieben, um in einigen tausend Jahren vom Mittelland Besitz zu ergreifen. Der Umsturz von unserem heutigen Klima zu eiszeitlichen Bedingungen würde vermutlich mit unerhörter Abruptheit und in sehr kurzer Zeit, vielleicht innerhalb weniger Jahrzehnte stattfinden. Aus diesem Grunde wäre ein Eiszeitbeginn eine Tragödie für die ganze Menschheit, weil für ein Anpassen an die neuen Bedingungen in unserer überbevölkerten und von ideologischen und politischen Gegensätzen gekennzeichneten Welt ganz einfach zu wenig Zeit bliebe. Noch besteht kein Grund zur Panik: die Aussichten auf eine neue Eiszeit sind zurzeit wesentlich geringer als diejenigen auf eine Erwärmung, aber mit hundertprozentiger Sicherheit kann die Möglichkeit einer solch fatalen Entwicklung nicht ausgeschlossen werden.

Der gegenwärtig herrschende Zustand der Erde, den man als leicht bis mässig vereist bezeichnen könnte, stellt das mögliche Optimum dar: einerseits gibt es genügend Eis, um den Meeresspiegel tief zu halten, andererseits reichen die Eismassen nicht aus, um die nördlichen Länder zu bedecken. Folglich bedeutet jede Änderung gezwungenermassen eine Verschlechterung. Wir wissen heute mit Sicherheit, dass im Verlauf der Erdgeschichte immer wieder gewaltige klimatische Schwankungen die Entwicklung des gesamten Lebens auf unserem Planeten tiefgreifend beeinflusst und geprägt haben, und ausserdem gibt es keine stichhaltigen Gründe zur Annahme, dass solche Veränderungen endgültig der geologischen Vergangenheit angehören. Die vielleicht entscheidendste Erkenntnis, die wir daraus gewinnen können, ist nicht eine exakte Vorhersage des zukünftigen Klimas, sondern die, dass das Klima in unseren Modellen nicht als konstanter Faktor eingesetzt werden kann, und dass wir Menschen selber mit unseren Aktivitäten das Klima unserer Erde je länger je mehr beeinflussen, ob wir das nun wollen oder nicht. Wenn wir die Gleichungen für das Überleben der Menschheit aufstellen, tun wir gut daran, viel Spielraum für Irrtümer vorzusehen!

Quellen

Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt («MZA»): «Annalen» 1881–1981.

Schweiz. MZA: «Beobachtungen» 1864–1880. In diesen Reihen finden sich auch Aufzeichnungen zu den Jahren 1800–1863.

LAMB, H.: «Ominous changes in the world's weather», Fortune Magazine 2/1974.

CALDER, N.: «Die Wettermaschine».

PFISTER, CH.: «Klimageschichte der Schweiz 1525–1860».

Durchschnittstemperaturen und Extremwerte der Winter 1861–1900

Winter	°C	Ø Dezember–Februar	T _{max}	T _{min}
1860/61		– 0,9	10,7	– 12,5
1861/62		– 0,4	13,0	– 14,8
1862/63		0,9	9,9	– 9,8
1863/64		– 2,7	12,3	– 16,2
1864/65		– 2,2	11,6	– 15,6
1865/66		1,1	14,1	– 11,0
1866/67		1,4	14,5	– 16,6
1867/68		– 1,1	14,9	– 14,9
1868/69		2,3	15,0	– 16,3
1869/70		– 2,2	13,1	– 18,8
1870/71		– 3,1	15,0	– 16,8
1871/72		– 2,6	9,2	– 19,8
1872/73		0,7	11,6	– 8,0
1873/74		– 1,3	12,2	– 16,0
1874/75		– 1,4	10,8	– 16,1
1875/76		– 1,6	15,5	– 11,4
1876/77		3,2	12,5	– 5,1
1877/78		0,1	10,8	– 15,0
1878/79		– 1,2	10,5	– 16,6
1879/80*		– 5,2	10,6	– 19,6
1880/81		1,1	11,5	– 18,5
1881/82		– 0,6	13,6	– 11,1
1882/83		1,4	13,2	– 10,7
1883/84		1,4	12,1	– 13,9
1884/85		0,1	14,7	– 11,7
1885/86		– 1,4	14,2	– 16,2
1886/87		– 2,1	10,3	– 12,1
1887/88		– 2,0	9,6	– 19,5
1888/89		– 1,9	9,0	– 13,9
1889/90		– 2,1	9,4	– 13,4
1890/91*		– 4,6	8,4	– 19,8
1891/92		0,1	10,1	– 12,6
1892/93		– 2,2	8,3	– 17,2
1893/94		– 0,8	11,9	– 17,0
1894/95*		– 4,4	5,9	– 18,9
1895/96		– 0,5	11,2	– 12,5
1896/97		1,0	12,9	– 10,2
1897/98		– 0,2	11,4	– 13,1
1898/99		1,1	16,1	– 13,0
1899/1900		– 0,1	16,2	– 14,6
Durchschnitt		– 0,9	11,9	– 14,5

* «Zürichseegfröni»

Durchschnittstemperaturen und Extremwerte der Winter 1901–1940

Winter	°C Ø Dezember–Februar	T _{max}	T _{min}
1900/01	– 2,2	12,9	– 18,8
1901/02	– 0,5	9,4	– 9,9
1902/03	– 0,7	13,8	– 12,3
1903/04	– 1,3	10,8	– 12,6
1904/05	– 1,3	10,4	– 18,3
1905/06	– 0,7	12,5	– 14,1
1906/07*	– 2,9	10,1	– 20,6
1907/08	– 0,9	11,8	– 15,5
1908/09*	– 2,7	11,5	– 17,2
1909/10	0,6	15,4	– 10,2
1910/11	– 1,1	11,9	– 15,5
1911/12	1,8	16,0	– 15,9
1912/13	0,3	11,3	– 8,9
1913/14	– 1,4	13,4	– 12,3
1914/15	0,5	13,7	– 14,6
1915/16	2,4	15,9	– 9,7
1916/17	– 1,7	10,5	– 16,0
1917/18	– 2,1	13,0	– 19,3
1918/19	0,4	12,6	– 19,1
1919/20	2,0	13,6	– 12,1
1920/21	1,1	13,5	– 11,0
1921/22	– 0,2	14,1	– 14,0
1922/23	0,3	8,7	– 11,9
1923/24	– 1,7	8,0	– 11,5
1924/25	0,9	12,2	– 7,9
1925/26	1,2	13,3	– 16,2
1926/27	– 0,8	12,1	– 11,3
1927/28	1,0	11,1	– 15,2
1928/29*	– 4,1	9,3	– 22,7
1929/30	1,7	11,3	– 11,3
1930/31	0,1	10,0	– 13,4
1931/32	– 1,3	11,4	– 15,6
1932/33	– 0,6	14,6	– 12,2
1933/34	– 1,8	11,2	– 13,3
1934/35	1,2	12,8	– 10,8
1935/36	1,4	12,3	– 12,7
1936/37	2,0	13,0	– 6,2
1937/38	– 0,1	9,1	– 14,2
1938/39	– 0,3	11,4	– 15,7
1939/40	– 1,8	14,5	– 19,2
Durchschnitt	– 0,3	12,1	– 14,0

* «Zürichseegfröni»

Durchschnittstemperaturen und Extremwerte der Winter 1941–1980

Winter	°C Ø Dezember–Februar	T _{max}	T _{min}
1940/41	– 2,3	10,2	– 15,5
1941/42	– 3,3	9,0	– 15,7
1942/43	0,4	12,4	– 9,1
1943/44	– 0,6	10,3	– 11,6
1944/45	– 1,4	13,4	– 16,9
1945/46	0,2	12,1	– 13,1
1946/47	– 2,2	10,1	– 14,0
1947/48	1,9	15,0	– 13,8
1948/49	0,2	12,3	– 11,6
1949/50	1,6	14,6	– 9,4
1950/51	0,3	10,7	– 9,1
1951/52	– 0,9	8,0	– 12,6
1952/53	– 1,3	10,1	– 12,8
1953/54	– 0,6	10,8	– 14,4
1954/55	1,0	11,5	– 11,6
1955/56	– 1,4	11,1	– 21,6
1956/57	0,3	13,9	– 14,2
1957/58	0,6	17,4	– 11,4
1958/59	1,1	15,0	– 9,5
1959/60	1,1	16,2	– 15,9
1960/61	1,7	16,6	– 8,6
1961/62	0,9	15,3	– 10,2
1962/63*	– 4,6	9,3	– 21,8
1963/64	– 1,3	15,5	– 11,9
1964/65	– 0,9	14,1	– 13,5
1965/66	2,1	13,3	– 16,4
1966/67	1,3	14,9	– 13,7
1967/68	– 0,2	10,9	– 16,3
1968/69	– 0,5	8,4	– 10,4
1969/70	– 1,1	11,5	– 12,6
1970/71	– 0,8	10,7	– 16,5
1971/72	1,1	10,6	– 8,5
1972/73	– 0,8	9,1	– 8,7
1973/74	1,9	14,1	– 14,2
1974/75	3,0	14,6	– 4,5
1975/76	0,7	14,5	– 12,9
1976/77	1,2	14,1	– 11,6
1977/78	0,3	13,0	– 10,9
1978/79	0,1	11,1	– 15,8
1979/80	1,4	12,9	– 11,1
Durchschnitt	0,0	12,5	– 12,8

* «Zürichseegfrörni»

