

ISSN 1422 - 1381

Nr. 67



MeteoSchweiz

Michael Begert
Gabriela Seiz
Thomas Schlegel
Marc Musa
Geneviève Baudraz
Michael Moesch

**Homogenisierung von Klimamessreihen der
Schweiz und Bestimmung der Normwerte
1961-1990**

Schlussbericht des Projekts NORM90

Veröffentlichungen

© MeteoSchweiz
Juli 2003

Bestellungen an:

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)
Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)
Ufficio federale di meteorologia e climatologia (MeteoSvizzera)
Uffizi federal per meteorologia e climatologia (MeteoSvizra)
Federal Office of Meteorology and Climatology (MeteoSwiss)

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
Postfach 514
CH-8044 Zürich

Telefon +41 1 256 91 11
Telefax +41 1 256 92 78
info@meteoschweiz.ch
www.meteoschweiz.ch

Zusammenfassung

Als nationaler Wetter- und Klimadienst unterhält die MeteoSchweiz seit 1864 ein klimatologisches Messnetz. Die Homogenisierung von langen Klimamessreihen und die Bestimmung von Normwerten gehören zu ihren Grundaufgaben. Mit dem Projekt NORM90 konnte die Aufarbeitung der WMO-Standardperiode 1961-1990 abgeschlossen werden. Für die Parameter Luftdruck, Temperaturmittel, mittlere Maximum- und Minimumtemperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Dampfdruck, Wind (Richtung und Geschwindigkeit), Globalstrahlung und Bewölkung stehen nach Abschluss des Projekts von allen operativen Klima- und Niederschlagsstationen bearbeitete Reihen und die entsprechenden Norm- bzw. Mittelwerte zur Verfügung. Zudem wurden 12 lange Temperatur- und Niederschlagsreihen homogenisiert.

Die Methodik der Homogenisierung wurde im Rahmen des Projekts weitgehend standardisiert. Das erstellte Softwarepaket THOMAS (Tool for Homogenization of Monthly Data Series) stellt 12 verschiedene Homogenitätstests zur Verfügung und vereinigt alle Schritte, die zur Homogenisierung von Messreihen auf Monatsstufe nötig sind. Das Tool besteht aus einer grafischen Benutzeroberfläche, einer Datenbank und einer Software-Bibliothek, die alle im Homogenisierungsprozess verwendeten mathematischen Funktionen enthält.

Die in den Messreihen der verschiedenen Parameter gefundenen Inhomogenitäten und die Erfahrungen aus der Homogenisierungsarbeit wurden parameterspezifisch ausgewertet. Insbesondere interessierten die Grösse der Inhomogenitäten und ihre Anzahl pro Dekade in der untersuchten Periode. Zudem wurden die über alle Stationen gemittelten Differenzen bzw. Quotienten zwischen den homogenen und den originalen Messreihen analysiert. Es konnte gezeigt werden, dass bei den meisten Parametern im Laufe der untersuchten Periode Veränderungen in den Messbedingungen aufgetreten sind, die zu systematisch tieferen oder höheren Messwerten geführt haben. Gebietsmittel basierend auf originalen Messreihen können somit nach wie vor Inhomogenitäten enthalten und sind für Aussagen zur Klimaentwicklung ungeeignet.

Die homogenen Messreihen wurden zur Berechnung der Norm- bzw. Mittelwerte verwendet. Bei Messreihen, die kürzer sind als die Standardperiode 1961-1990 bzw. kürzer als die Mittelwertperiode 1981-2000 (Wind, Globalstrahlung), wurde wenn möglich eine Reduktion der Norm- bzw. Mittelwerte vorgenommen, um die räumliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Veränderungen in den Messbedingungen seit dem Ende der Standardperiode im Jahre 1990 führten dazu, dass die aktuellen Messwerte nicht mehr sinnvoll mit den Normwerten vergleichbar waren. Rund 20% der in NORM90 bearbeiteten Messreihen waren davon betroffen und ihre Norm- bzw. Mittelwerte mussten an die heutigen Gegebenheiten (12.1997) angepasst werden. Die entwickelte Methode zur Umlegung der monatlichen Homogenisierungsbeträge/-faktoren und der monatlichen Normwerte auf Tagesstufe erlaubte die Bestimmung von täglichen Normwerten des Temperaturmittels. Zudem konnten auch Normwerte berechnet werden, die auf der Auszählung von Tageswerten beruhen (Tage mit Niederschlag, Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage).

Die Bearbeitung der Parameter Globalstrahlung und Windrichtung erfolgte auf Tages- und Stundenwertbasis mit separater Methode. Die Messreihen enthielten systematische Messfehler, die korrigiert werden mussten. Während bei der Globalstrahlung v.a. Probleme im Zusammenhang mit falschen Eichkoeffizienten auftraten, waren bei der Windrichtung häufig Perioden mit verdrehten Messgebern vorhanden.

Die langjährigen Temperatur- und Niederschlagsreihen der Stationen Basel, Bern, Château-d'Oex, Chaumont, Davos, Engelberg, Genève, Lugano, Säntis, Segl-Maria, Sion und Zürich-MeteoSchweiz konnten mit der Methode von THOMAS homogenisiert werden. Pro Klimaregion der Schweiz steht damit je eine Reihe ab 1864 für die Beschreibung und Untersuchung der Klimaentwicklung in der Schweiz zur Verfügung.

Summary

MeteoSwiss as the National Weather and Climate Service of Switzerland maintains a climate measurement and observation network since 1864. The homogenization as well as the calculation of norm values are important tasks in the postprocessing of the climate data series. Within the project NORM90, the processing of the WMO standard data period 1961-1990 was completed. The data series of surface pressure, mean temperature, mean maximum and minimum temperature, precipitation, sunshine duration, vapour pressure, wind (direction and speed), global radiation and cloudiness from all operational climate and precipitation stations are now available for public use, including the corresponding norm values. Additionally, 12 long temperature and precipitation data series were homogenized for climate change studies.

The homogenization process was standardized with the development of a new application THOMAS (Tool for Homogenization of Monthly Data Series) which contains 12 widely used homogenization tests. The software package allows to perform every necessary processing step, including basic graphical and statistical analysis of the data, selection of reference series and the adjustment of shift and trend inhomogeneities.

Parameter specific characteristics of the detected inhomogeneities (e.g. magnitude, number per decade, systematic bias) and of the homogenization process in general were evaluated. Most parameters showed thereby systematic deviations in the measurement conditions which makes it impossible to use regional mean values of the original data series as indicators of climate change.

The norm values were calculated from the homogenized data series. For data series shorter than the standard period 1961-1990 or shorter than the data period 1981-2000 (wind, global radiation), respectively, the norm values were reduced to the full period length to allow regional comparability. For parameters and stations with changed measurement conditions since the end of the standard homogenization period (1990), the norm values were adjusted to the most recent situation (12.1997). As a consequence, the currently measured data are directly comparable with the norm values. Adjustments were necessary for about 20% of the data series.

A spline-based method was implemented for the calculation of daily homogenized series and norm values of temperature (mean, minimum and maximum). The daily minimum and maximum temperature series as well as the daily precipitation series were further used for the derivation of ice, frost, summer, heat and precipitation days.

The two parameters “global radiation” and “wind direction” were treated separately with a different method on daily and hourly basis. The data series contained systematic measurement errors, e.g. wrong calibration coefficients for global radiation, which required a direct correction of the data values instead of homogenization.

For each of the 12 climatic regions of Switzerland, one long data series of temperature and precipitation since 1864 were homogenized using THOMAS. The stations of Basle, Berne, Château-d’Oex, Chaumont, Davos, Engelberg, Geneva, Lugano, Saentis, Segl-Maria, Sion und Zurich-MeteoSwiss were selected. These homogenized data series will be further used within MeteoSwiss for the description and analysis of the climate change within Switzerland.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	3
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	9
1.1 Problemstellung	9
1.2 Zielsetzung	10
2 Datengrundlage	11
2.1 Geschichte der offiziellen meteorologischen Messungen in der Schweiz	11
2.1.1 Messnetze.....	11
2.1.1.1 Konventionelles Messnetz	11
2.1.1.2 Synoptisches Messnetz	12
2.1.1.3 Automatisches Messnetz (ANETZ)	12
2.1.1.4 Niederschlagsmessnetz (NIME)	13
2.1.2 Messinstrumente	13
2.2 Bearbeitete Stationen und Parameter	15
2.3 Messdaten	19
2.3.1 Datenquellen	19
2.3.2 Bereitstellung der Daten	20
2.4 Metadaten	23
3 Homogenisierung in NORM90	24
3.1 Allgemeine Bemerkungen	24
3.2 THOMAS (Tool for Homogenization of Monthly Data Series)	25
3.3 Ablauf der Homogenisierung	26
3.3.1 Überblick	27
3.3.2 Referenzreihenbildung.....	29
3.3.3 Testen auf Shift- und Trend-Inhomogenitäten.....	33
3.3.3.1 Statistische Methoden zur Homogenitätsprüfung	33
3.3.3.2 Testen in THOMAS	37
3.3.4 Reduktion von Shift- und Trend-Inhomogenitäten.....	41
3.3.4.1 Bestimmung der monatlichen Homogenisierungsbeträge und -faktoren für Trends	41
3.3.4.2 Bestimmung der monatlichen Homogenisierungsbeträge und -faktoren für Shifts	42
3.3.4.3 Bestimmung von täglichen Homogenisierungsbeträgen und -faktoren	46
3.3.5 Kontrolle der Bearbeitung	48
3.4 Beurteilung der Methodik	49
4 Parameterspezifische Erkenntnisse aus der Homogenisierung	51
4.1 Bildung der Referenzreihen	51
4.2 Inhomogenitäten in der Periode 1961-1997	56
4.2.1 Temperaturmittel	56
4.2.2 Temperatur-Extrema	60
4.2.3 Niederschlag	65

4.2.4 Sonnenscheindauer	68
4.2.5 Luftdruck	71
4.2.6 Dampfdruck	73
4.2.7 Windgeschwindigkeit	77
4.2.8 Bewölkung	79
4.2.9 Übersicht über die bereinigten Inhomogenitäten	81
4.2.9.1 Trend-Inhomogenitäten	81
4.2.9.2 Shift-Inhomogenitäten	82
4.3 Inhomogenitäten am Rande der Bearbeitungsperiode	84
4.4 Homogenisierung der langen Temperatur- und Niederschlagsreihen	85
4.4.1 Temperatur	86
4.4.2 Niederschlag	87
5 Normwerte	89
5.1 Monatliche Normwerte	90
5.1.1 Reduktion von Norm- und Mittelwerten auf eine Bezugsperiode	91
5.1.2 Aktualisierung	93
5.2 Homogene Tagesreihen und tägliche Normwerte	94
6 Bearbeitung der Globalstrahlung	96
6.1 Grundsätzliches zur Messung der Globalstrahlung im ANETZ	96
6.1.1 Messmethode	96
6.1.2 Eichung	97
6.1.3 Modell	97
6.2 Korrekturen	98
6.2.1 Korrekturstufe 1	98
6.2.1.1 Die Eichkoeffizientenreihen	100
6.2.1.2 Der A-B-Wertvergleich	100
6.2.2 Korrekturstufe 2	101
6.2.3 Korrekturstufe 3	105
6.2.3.1 Das AZEN-Problem	105
6.2.3.2 Andere Gründe für Korrekturen auf der Korrekturstufe 3	106
6.2.4 Korrekturstufe 4	107
6.2.4.1 Allgemeines Vorgehen bei der Stundenwertkorrektur	107
6.2.4.2 VAMP-Nachkorrektur	107
6.2.4.3 TOA-Überschreitungen	108
6.2.4.4 Schattenwurf von Bäumen	109
6.2.4.5 Schneekorrektur	110
6.2.4.6 Erklärbare Strahlungseinbussen	111
6.2.4.7 Unerklärte Strahlungseinbussen	112
6.3 Die Mittelwerte 1981-2000	112
6.3.1 Die Mittelwertbildung	112
6.3.2 Monatsmittel der einzelnen Korrekturstufen	113
6.3.3 Die Reduktion	113
7 Contrôle de la direction du vent	114
7.1 Problématique	114

7.2 Données et métadonnées	114
7.2.1 Données	114
7.2.2 Métadonnées	116
7.3 Méthodologie	116
7.4 Constatations	117
7.4.1 Types de rotations.....	118
7.4.2 Origine des erreurs.....	120
7.5 Directives de travail	121
7.5.1 Pour les corrections.....	121
7.5.2 Pour la détermination du niveau de référence	122
7.6 Analyse quantitative	122
7.6.1 Répartition des fréquences selon la taille de la rotation	122
7.6.2 Nombre de rotations par station par période de 5 ans.....	123
7.6.3 Rapport entre l'ampleur des rotations et leur durée.....	124
7.6.4 Type de rotations en fonction du type de correction	124
8 Schlussfolgerungen und Ausblick	126
Literaturverzeichnis	127
Anhang A: Norm- und Mittelwerte	129
Anhang B: Langjährige Temperatur- und Niederschlagsreihen	159

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In der aktuellen Klimadebatte steht die Zukunft des Klimas im Zentrum der Aufmerksamkeit. Für die Abschätzung der Größenordnung der Klimaänderung und derer Auswirkungen ist die Analyse von langjährigen, historischen Klimamessreihen ein wichtiges Hilfsmittel. Verschiedene Arbeiten haben aufgezeigt, dass dabei Vorsicht geboten ist, welche Daten für die Zeitreihenanalysen verwendet werden. Langjährige Klimareihen enthalten in der Regel eine Serie von systematischen, nicht klimatologisch bedingten Inhomogenitäten, die durch Veränderungen der Messbedingungen entstanden sind. Diese Inhomogenitäten können trend- oder sprunghafter Natur sein, je nach Grund der Inhomogenität. Wird nun in der klimatologischen Analyse eine inhomogene Originalreihe interpretiert, so kann dies zu erheblichen Fehlschlüssen führen. Unter dem Prozess der Homogenisierung versteht man die Eliminierung dieser nicht-klimatischen Einflüsse in den Messreihen, die durch modifizierte Messbedingungen wie z. B. Stationsverlegungen, Instrumentenwechsel, Eichungen oder Änderungen der Umgebung entstanden sind. Die Homogenisierung sollte nicht ausschliesslich auf die Resultate der statistischen Homogenitätstests abgestützt werden. Sowohl die klimatologische Erfahrung der bearbeitenden Person als auch der sorgfältige Einbezug der Stationsgeschichte tragen wesentlich zur Qualität einer Homogenisierung bei, die durch einen automatisierten, auf rein statistischen Kriterien basierten Homogenisierungsprozess nie erreicht werden könnte. Trotzdem basiert die Homogenisierung einer Klimareihe schlussendlich - im Gegensatz zur Korrektur eines falschen Messwertes - immer zu einem gewissen Teil auf der subjektiven Beurteilung des Bearbeiters.

In Anlehnung an die WMO (World Meteorological Organisation) wird für den räumlichen Vergleich der verschiedenen Klimaelemente der Mittelwert einer 30-jährigen Standardperiode, der sogenannte Normwert, berechnet. Theoretisch wäre diese Mittelberechnung auch mit den originalen Monatswerten möglich; je nach Typ und Grösse der Inhomogenitäten innerhalb der Standardperiode kann dies aber zu systematischen Abweichungen gegenüber dem korrekt bestimmten Normwert führen. Darum werden die Standard-Normwerte international seit einigen Jahren grundsätzlich aus homogenisierten Messreihen berechnet. Für den räumlichen Vergleich der Normwerte sollte als Bezugsniveau für die Homogenisierung die Zeitperiode mit möglichst identischen Messbedingungen zwischen den Stationen gewählt werden. Neben diesem räumlichen Vergleich wird oft die Abweichung der aktuellen Messwerte vom "normalen", durchschnittlich zu erwartenden Wert, die sogenannte "Abweichung von der Norm", verwendet. Für diesen Vergleich mit den aktuellen Messungen muss der Normwert auf die heutige Messeinrichtung angepasst sein ("aktualisierter Normwert").

Im Rahmen der Projekte KLIMA90 (Aschwanden et al., 1996) und NFP31 (Gisler et al., 1997) wurden an der MeteoSCHWEIZ bereits zahlreiche historische Messreihen homogenisiert, inklusive Berechnung der zugehörigen Normwerte. Die Sammlung der KLIMA90-Normwerte ist aber im Bezug auf diverse operationelle Messstationen und Parameter noch unvollständig und musste als Datengrundlage für den Klimaauskunftsdienst und klimatologische Auswertungen ergänzt werden. Für Klimaänderungsfragen genügte die vorhandenen langen NFP31 Temperatur- und Sonnenscheindauerreihen nicht und sollten durch weitere Temperatur- und einige Niederschlagsreihen ergänzt werden, so dass schliesslich je eine lange homogene Reihe der Temperatur und des Niederschlags pro Klimaregion seit offiziellem Messbeginn im Jahre 1864 vorliegt.

1.2 Zielsetzung

Als Hauptziel des Projektes NORM90 sollen die Arbeiten in den Bereichen Homogenisierung und Normwertberechnung soweit vorangetrieben und automatisiert werden, dass nach Abschluss des Projektes die Homogenisierung der Klimadaten (lange und kurze Reihen) und die Berechnung von aktualisierten Normwerten ohne weitere Projektunterstützung ausgeführt werden kann.

Das Hauptziel kann in drei Teilziele aufgeteilt werden: 1) die Umstellung, Anpassung und Integration der bestehenden Homogenisierungswerkzeuge in die aktuelle EDV-Umgebung von MeteoSchweiz und deren Erweiterung mit neuen Erkenntnissen aus den internationalen Homogenisierungsarbeiten, 2) die Berechnung von aktualisierten Standard-Normwerten 1961-1990 von allen operationellen Stationen und den wichtigsten Parametern, inklusive die vorgängig nötige Homogenisierung und 3) die Homogenisierung der Mitteltemperatur und des Niederschlags von 12 ausgewählten langen Messreihen, die anschliessend hauptsächlich für Klimänderungsfragen beigezogen werden sollen.

Die Umstellung und Integration der bestehenden Homogenisierungswerkzeuge ist eine wichtige Grundlage und Vorbereitung für die spätere Überführung der Applikation in den Routinebetrieb der MeteoSchweiz. Besonderes Gewicht bei der Weiterentwicklung der Applikation aus den bestehenden Applikationsteilen sollen die ausführlichere Dokumentation der diversen Homogenisierungsschritte, die Referenzreihenauswahl und der konsequente Einbezug der MeteoSchweiz-Stationsgeschichte bei der Beurteilung der Inhomogenitäten erhalten.

Die Bearbeitung der Standardperiode 1961-1990 umfasst alle operationellen Stationen und die Parameter Temperaturmittel, -minima und -maxima, Niederschlag, Luftdruck, Sonnenscheindauer, Windrichtung und -geschwindigkeit, Dampfdruck, Bewölkung und Globalstrahlung. Vor der Normwertberechnung müssen die zugehörigen Messreihen auf das aktuelle Messniveau homogenisiert werden; aus Konsistenzgründen wurde bei allen Parametern der 12.1997 als Enddatum der Bearbeitung festgelegt. Windrichtung und Globalstrahlung werden mit anderen Methoden als die anderen 9 Parameter bearbeitet; bei beiden Parametern erlaubt die spezifische Methodik, dass die berechneten Beträge bzw. Faktoren schliesslich als Korrekturen an den Original-Terminwerten angebracht werden. Für alle kürzeren (< 30 Jahre) Messreihen werden durch Reduktion auf die Standardperiode ebenfalls Normwerte berechnet.

Aus jeder der 12 Klimaregionen der Schweiz soll je eine lange Temperaturmittel- und Niederschlagsreihe als Grundlage für die Analyse der Klimaentwicklung homogenisiert werden. Da nicht alle Reihen für den gesamten Messzeitraum lückenlos und digital vorliegen, müssen die fehlenden Monatswerte vorgängig nachdigitalisiert und in Einzelfällen bei kurzen Lücken interpoliert werden. Die langen Reihen sind anschliessend möglichst mit den gleichen Verfahren wie die kürzeren Reihen zu homogenisieren.

2 Datengrundlage

Bei der Homogenisierungsarbeit wird versucht, Veränderungen in einer Messreihe zu finden, die auf nicht klimatologische Einflüsse zurückgeführt werden können. Dabei ist es wichtig, die Geschichte der Messungen an einer Station nachzuvollziehen. Im folgenden Kapitel soll zuerst ein Überblick über die Entwicklung der offiziellen meteorologischen Messungen in der Schweiz gegeben werden. Anschliessend werden die Stationen und Parameter vorgestellt, die im Rahmen des Projekts NORM90 bearbeitet worden sind. Eine Übersicht der vorhandenen und verwendeten Datenquellen schliesst das Kapitel ab.

2.1 Geschichte der offiziellen meteorologischen Messungen in der Schweiz

2.1.1 Messnetze

Das erste gesamtschweizerische, meteorologische Beobachtungsnetz mit vorerst 80 Stationen nahm am 12.1863 seinen Betrieb auf. Es wurde von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft betrieben und am 5.1881 durch die neu gegründete Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt (heute Meteo-Schweiz) übernommen. Aufgrund seiner räumlichen Variabilität wurde der Niederschlag von Anfang an mit einem weitaus dichteren Stationsnetz gemessen als die übrigen Parameter. Das ursprüngliche Messnetz wuchs aufgrund immer neuer Bedürfnisse rasch an. Zudem kam es im Laufe der Zeit immer wieder zu technischen und methodischen Veränderungen der Messungen der verschiedenen Parameter. Auch wurden vollständig neue Messnetze errichtet, um spezifische Anforderungen, wie zum Beispiel höhere Messfrequenz, erfüllen zu können. Aus diesem Grund sind heute mehrere Messnetze in Betrieb, die sich aufgrund ihrer Messmethodik oder ihres Zwecks voneinander unterscheiden.

Messreihen einer Station können aus Daten verschiedener Messnetze zusammengesetzt sein. Aus Sicht von NORM90 wird eine Station immer demjenigen Messnetz zugeordnet, aus dem die Messwerte am Ende der Reihe (12.1997) stammen. So waren zum Beispiel die meisten heute automatischen Stationen ursprünglich konventionelle Stationen (vgl. nachfolgende Kapitel).

Für das Projekt NORM90 wurden Daten aus vier verschiedenen Messnetzen verwendet, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

2.1.1.1 Konventionelles Messnetz

Das seit 12.1863 bestehende konventionelle Messnetz repräsentiert den klassischen Stationstyp mit täglich 3 Beobachtungen (jeweils am Morgen, Mittag und Abend). Es werden sämtliche wichtigen meteorologischen Parameter gemessen, wobei die Messinstrumente durch die Beobachter an der Station abgelesen werden. Zusätzlich werden bei vielen Stationen Wetterbeobachtungen durchgeführt (zum Beispiel Bewölkungsgrad).

Die Hauptziele des konventionellen Messnetzes waren eine bessere Charakterisierung der Klimatologie der Schweiz sowie die Untersuchung spezieller meteorologischer Ereignisse (Föhn, Alpenkette als Weterscheide, usw.) zu Beginn aller vorhandenen Messungen. Viele der konventionellen Stationen wurden im Laufe der Zeit durch Stationen anderer Messnetze ersetzt oder aufgehoben. Ende 1997 waren noch 26 konventionelle Stationen in Betrieb.

Die konventionellen Stationen unterlagen im Laufe der Zeit mehreren messtechnischen und methodischen Veränderungen. Zu den messtechnischen Veränderungen werden insbesondere die Einführung von neuen Instrumententypen gezählt (vgl. Kapitel 2.1.2). Die wichtigste methodische Veränderung fand bei den Be-

obachtungsterminen statt. Ab 1.1971 wurde der Abendtermin der konventionellen Stationen um zwei Stunden vorverlegt (20:30 -> 18:30 UTC), der Morgentermin (06:30 UTC) und der Mittagstermin (12:30 UTC) wurden beibehalten. Zum selben Zeitpunkt wurden alle drei Beobachtungstermine von Bulletinstationen vorverlegt (06:30 -> 05:45, 12:30 -> 11:45, 20:30 -> 17:45 UTC). Als Bulletinstationen werden jene Stationen bezeichnet, deren aktuelle Messdaten periodisch an die Öffentlichkeit verteilt werden (zum Beispiel Radio-Wetter) und an denen deshalb die Messungen früher durchgeführt werden müssen. Die Beobachtungstermine von konventionellen Stationen, die erst nach 1971 zu Bulletinstationen wurden, sind entsprechend angepasst worden.

Bis 1970 wurde für das Tagesmittel der Temperatur das sogenannte 4er-Mittel verwendet. Dabei geht der Messwert des Abendtermins zweimal in die Berechnung des Tagesmittelwertes ein. Das Tagesmittel der relativen Feuchte wurde hingegen aus den 3 Terminwerten des entsprechenden Tages berechnet. Um den Einfluss des vorgezogenen Abendtermines zu minimieren, wurden ab 1.1971 neue Formeln zur Berechnung der Tagesmittel der Temperatur und der relativen Feuchte eingeführt. Die neu verwendeten Formeln wurden von Köppen (1888) aufgestellt und verwenden Korrekturfaktoren. Diese Korrekturfaktoren wurden an die verschiedenen Standorte und Beobachtungszeitpunkte des schweizerischen Messnetzes angepasst. Bei einer Überprüfung der k-Faktoren durch de Montmollin (1993) konnte eine gute Qualität der Korrekturfaktoren festgestellt werden.

Bis zur Einführung des automatischen Messnetzes (Kapitel 2.1.1.3) wurden sämtliche Messungen konventionell durchgeführt.

2.1.1.2 Synoptisches Messnetz

Das synoptische Messnetz wurde zum internationalen Austausch von Messwerten und Wetterbeobachtungen zu festgelegten Zeitpunkten entwickelt. Es diente in erster Linie den nationalen Wetterdiensten für den Aufgabenbereich Flugwetter. Die Ablesungen der Messwerte und die Wetterbeobachtungen wurden, im Unterschied zum konventionellen Messnetz, je nach Station fünf- bis achtmal täglich zu den Terminen (00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 UTC) durchgeführt.

2.1.1.3 Automatisches Messnetz (ANETZ)

Das automatische Messnetz (ANETZ) besteht aus 72 Stationen und ist das umfassendste Messnetz der MeteoSchweiz. Die ersten Stationen wurden in den späten 70er Jahren des 20. Jahrhunderts in Betrieb genommen. Bis 1992 wurde das ANETZ auf 72 Stationen erweitert. Ein Grossteil der ANETZ-Stationen löste konventionelle Stationen ab. Ebenso wurden sämtliche Synoptischen Klimastationen in ANETZ-Stationen umgewandelt. Dabei wurde versucht die ANETZ-Stationen möglichst am selben Standort wie die Vorgängerstationen zu belassen. Vereinzelt wurden auch Stationen an neuen Standorten errichtet. Bei den automatischen Stationen werden sämtliche instrumentellen Messungen automatisch alle 10 Minuten durchgeführt; die Wetterbeobachtungen werden nach wie vor durch den Stationsbetreuer vorgenommen. Der Wechsel zu den automatischen Messungen verlangte den Einsatz von neuen Instrumententypen, da mit den herkömmlichen Messinstrumenten der konventionellen Stationen keine Automatisierung möglich war.

Die Einführung des ANETZ erfolgte in zwei Schritten: Zwischen 1.1978 und 12.1980 wurden die ersten Stationen in Betrieb genommen, wobei weiterhin nur die drei den Beobachtungsterminen der konventionellen Messungen entsprechenden Terminwerte zur Berechnung der Tagesmittel verwendet wurden (DI-BUTA-Phase). Ab dem offiziellen ANETZ-Beginn am 1.1981 wurden schliesslich die Stunden- und Tageswerte aus den 10-Minutendaten berechnet.

2.1.1.4 Niederschlagsmessnetz (NIME)

Da der Niederschlag im Gegensatz zu den anderen Parametern eine höhere räumliche Variabilität aufweist, wurde zu seiner Erfassung ein zusätzliches Messnetz aufgebaut. Das Niederschlagsmessnetz besteht seit dem 12.1863 und dient als Ergänzung zu den anderen Messnetzen. Das Messnetz umfasst neben den Stationen des konventionellen Netzes und des ANETZ noch zusätzliche 344 Stationen (Stand 12.1997). An diesen sogenannten Niederschlagsstationen wird einmal täglich um 06:30 UTC manuell die Niederschlagsmenge und bei den meisten Stationen die Schneehöhe gemessen.

2.1.2 Messinstrumente

Die Messungen der einzelnen Parameter erfolgte nicht immer mit dem gleichen Instrumententyp. Technische Fortschritte und genauere Messmethoden führten zur Einführung von neuen Messgeräten. Insbesondere der Wechsel von den konventionellen zu den automatischen Messungen erforderte neue Typen von Instrumenten. In Tabelle 2.1 sind die in den verschiedenen Perioden eingesetzten Instrumententypen (inklusive verwendete Wetterhütten für die Erfassung der Temperatur und relativen Feuchte bei konventionellen Messungen) aufgeführt und kurz beschrieben.

Tab. 2.1: In den Messnetzen der MeteoSchweiz verwendete Messinstrumente: Temperatur und Niederschlag ab 1864, übrige Parameter ab 1961 bzw. 1981 (nur ANETZ). Zusätzlich aufgeführt sind die für die Erfassung der Temperatur und der relativen Feuchte eingesetzten Wetterhütten bei den konventionellen Messungen.

Parameter	Messart	Gerätetyp	Bemerkungen
Temperaturmittel	konventionell	Quecksilberthermometer, vertikal in der Wetterhütte befestigt. Quecksilberreservoir mit aufgesetzter Kapillare. Das Volumen des Quecksilbers ist proportional abhängig von der Temperatur. Gemessen wird die Länge des Quecksilberfadens. Zum Teil wurde anstelle von Quecksilber auch Alkohol verwendet.	
	ANETZ	Bis 1991 wurde das ventilierte und geheizte Thermometer (VHT) eingesetzt. Das Gerät befand sich im Freien. Durch die Heizung wurden störende Einflüsse wie Schnee, Vereisung oder Feuchte ausgeschaltet. Die Messungen erfolgten im 10-Minutenzyklus: 1. Ausblasen der geheizten Luft 2.) Einsaugen der Umgebungsluft für die Messung. Dabei wird ein Halbleiter-Temperatursensor (YSI) umströmt. Ab 1991 wird offiziell das ventilierte und geheizte Thermo-Hygrometer (THYGAN) eingesetzt. Das Gerät befindet sich ebenfalls im Freien. Die Messungen erfolgen mit einem CrNi Thermoelement im Luftstrom. Sehr geringe Strahlungsempfindlichkeit kennzeichnet das THYGAN. Die Messungen erfolgen wie beim VHT alle 10 Minuten, wobei mehrere Messwerte für einen 10-Minutenwert gemittelt werden.	jährlicher Wechsel des Ventilators u. Kontrolle des Systems beim VHT und beim THYGAN
mittlere Maximumtemperatur	konventionell	Quecksilberthermometer mit weiter Kapillare, die dicht oberhalb des Gefässes eine Verengung aufweist. Durch diese Verengung kann sich das Quecksilber bei einem Temperaturanstieg ausdehnen. Bei einer Temperaturabnahme reist der Quecksilberfaden bei der Verengung ab und das Quecksilber kann nicht mehr zurückfließen. Das Thermometer ist fast horizontal in der Wetterhütte montiert. Das Quecksilberreservoir ist leicht abgesenkt, damit das Quecksilber nicht in die Kapillare auslaufen kann. Die Rückstellung des Instrumentes erfolgt manuell durch Schütteln.	
	ANETZ	Höchster gemessener 10 Minutenwert des VHT, respektive des THYGAN	

Parameter	Messart	Gerätetyp	Bemerkungen
mittlere Minimumtemperatur	konventionell	Horizontal in der Wetterhütte angebrachtes Thermometer. Die Anzeigeflüssigkeit besteht aus ungefärbtem Amylalkohol, der selbst bei tiefsten Temperaturen nicht gefriert. Als Anzeige dient ein beweglicher Glasstift, der bei einer Temperaturabnahme durch die Oberflächenspannung am Ende des Flüssigkeitsfadens zurückgezogen wird. Bei einem Anstieg der Temperatur bleibt der Glasstift liegen, da die Flüssigkeit den Glasstift umströmt. Die Rückstellung erfolgt manuell durch Neigen des Instrumentes bis der Glasstift das Ende der Kapillare erreicht hat.	zum Teil Probleme durch Blasenbildung
	ANETZ	Tiefster gemessener 10 Minutenwert des VHT, respektive des THYGAN	
Niederschlag	konventionell	Der Niederschlag wird in einem Behälter mit definierter Auffangfläche gesammelt und durch den Beobachter mit Hilfe eines auf die Auffangfläche geeichten Messglases ausgewertet. Niederschläge in fester Form müssen vor der Auswertung geschmolzen werden. An exponierten Standorten werden sogenannte Niphertrichter eingesetzt, um dem Windeinfluss entgegenzuwirken. Zu Beginn des gesamtschweizerischen Beobachtungsnetzes standen vor allem Ombrometer mit einer Auffangfläche von 500 cm ² im Einsatz, die später durch Hellmann-Pluviometer mit einer Auffangfläche von 200 cm ² abgelöst wurden. Die Hellmann-Pluviometer werden im konventionellen Messnetz bis heute verwendet.	
	ANETZ	Niederschlagsmesser vom Typ Joss-Tognini: Der Niederschlag, der auf die 200 cm ² grosse Auffangfläche fällt, wird mit Hilfe einer zwei Kammerwippe erfasst. Ist eine Kammer voll, kippt die Wippe und die Kammer entleert sich. Ein Impuls der Wippe entspricht dabei 0.1 mm Niederschlag. Die Niederschlagsmenge wird während 10 Minuten aufsummiert und anschliessend übermittelt. Feste Niederschläge werden durch eine eingebaute Heizung geschmolzen. An exponierten Standorten werden sogenannte Niphertrichter eingesetzt um dem Windeinfluss entgegenzuwirken.	jährliche Eichung des Systems.
Sonnenscheindauer	konventionell	Sonnenscheinautograph nach Campell-Stokes: Die im Brennpunkt einer massiven Glaskugel gesammelte Sonnenstrahlung erzeugt auf einem speziellen Papierstreifen mit Stundeneinteilung eine Brennspur. Die Streifen werden nachträglich manuell ausgewertet.	Trübung der Kugel im Laufe der Zeit.
	ANETZ	Sonnenschein-Fernregistrator Hänni Solar: Mehrere um die parallel zur Erdachse liegende Instrumentenachse angeordnete Siliziumzellen werden durch einen rotierenden Abschattungsstreifen der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt resp. abgeschattet. Dadurch kann die Differenz zwischen globaler und diffuser Strahlung ermittelt werden. Ist diese Differenz grösser als 200 W/m ² wird Sonne registriert. Eine Heizung sorgt dafür, dass das System durch Schnee und Eis nicht beeinträchtigt wird.	
Luftdruck	konventionell	Quecksilberbarometer: Die Säulenhöhe des Quecksilbers ist ein direktes Mass für den Luftdruck bei einer herrschenden Temperatur. Die Ausdehnung des Quecksilbers ist abhängig von der Temperatur, weshalb der Luftdruckwert vom Beobachter mit Hilfe einer Tabelle noch auf 0 Grad reduziert werden muss. Durch die Einführung des LDP (Luftdruckablesegerät von Du Pasquier) in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts wird die Instrumententemperatur automatisch berücksichtigt.	
	ANETZ	Aneroidbarometer: Die Aneroiddose (Vidie-Dose) dehnt sich je nach den vorherrschenden Druckbedingungen aus oder zieht sich zusammen. Die Verformungen der Dose werden registriert und daraus der Luftdruck berechnet.	Veränderung der Elastizität kann zu Messfehlern führen.

Parameter	Messart	Gerätetyp	Bemerkungen
relative Feuchte	konventionell	Zur Messung der relativen Feuchte wurden teilweise Aspirationspsychrometer, in der Regel aber Haarhygrometer verwendet. Das Prinzip des Aspirationspsychrometers beruht auf der vergleichenden Messung von Feucht- und Trockentemperatur. Das Haarhygrometer macht sich die hygroskopischen Eigenschaften von Haaren zu Nutze, die bewirken, dass sich die Länge der Haare je nach relativer Feuchtigkeit ändert. Aktuell werden nur noch Haarhygrometer vom Typ Lambrecht verwendet.	häufige Geberwechsel und Eichungen
	ANETZ	Zu Beginn des ANETZ wurden Haarhygrometer des Typs Lambrecht mit Potentiometer eingesetzt. Zusätzlich wurde das Gerät mit einem Strahlungsschutz versehen. Im Laufe der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts wird das THYGAN offiziell für die Messung der relativen Feuchte eingesetzt. Die Messung erfolgt beim THYGAN mit Hilfe eines Taupunktspiegels.	Haarhygrometer wie in der konv. Periode störungsanfällig
Wind (Geschwindigkeit und Richtung)	nur ANETZ	Bei Flachland- und Talstationen werden Schalenkreuzanemometer der Typen Weather Measure, Schiltknecht und Lambrecht verwendet. Der Windweg, gegeben durch die Schalenkreuzdrehung, wird alle 60 m anhand der Windfahnenrichtung in NS- und WE-Komponenten aufgeteilt und komponentenweise über 10 Minuten addiert (vektorielles Mittel). Im Gebirge wird der Typ VT1290 von SIAP eingesetzt. Das Instrument ist stark geheizt und deshalb unempfindlich gegenüber Vereisungen. Die Geschwindigkeit wird mit Hilfe eines Pitotrohres erfasst und berechnet sich aus der Druckdifferenz des Staudruckes des Windes und dem Umgebungsdruck.	regelmässige Wartung und Eichung aller Geräte. Weather Measure wird jährlich gewechselt. Anspruchsvolle Eichung des SIAP
Global Strahlung	nur ANETZ	Pyranometer: horizontales, ventiliertes Thermoelement unter einer doppelten Glashaube, welche nur die kurzwellige Strahlung durchlässt. Die schwarzgefärbte, der Strahlung ausgesetzte Seite des Thermoelements erwärmt sich, wodurch eine Spannung entsteht. Diese Spannung wird anschliessend in Impulse umgewandelt, die in W/m^2 umgerechnet werden.	jährliche Eichung des Pyranometer
Zinkblechhütte	konventionell	Ab 1863 wurde die Zinkblechhütte als Standard-Wetterhütte im gesamten Messnetz eingesetzt. Die runde, aus Zinkblech gefertigte Hütte mit Ventilationsöffnungen, wird in der Regel an schattiger Lage, vor einem Fenster auf der NW-Seite eines Hauses montiert. Sie wird deshalb auch als Hausaufstellung bezeichnet. Je nach Instrumentierung kommt neben dem Standardmodell auch eine grössere oder kleinere Ausführung zum Einsatz. Die Zinkblechhütte wurde ab ca. 1950 durch freistehende Hütten abgelöst.	
Wild'sche Hütte	konventionell	Freistehende, nach Norden offene Hütte aus weiss eingefärbten, schräg angeordneten Stahlblech-Jalousinen. Die Hütte wurde nur an einzelnen Stationen verwendet und war ab den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts im Einsatz.	
Stevenson Hütte	konventionell	Internationale Standard-Wetterhütte, die ab Mitte des 20. Jahrhunderts im gesamten Messnetz eingesetzt wird. Die ganz aus Holz gebaute und weiss gestrichene Hütte besitzt Wände aus Doppeljalousinen sowie Belüftungsöffnungen im Hüttenboden und unter dem leicht schräg stehenden Dach. Die Hütte ist im konventionellen Messnetz auch heute noch im Einsatz.	

2.2 Bearbeitete Stationen und Parameter

Im Projekt NORM90 wurden total 1185 Messreihen von 442 Stationen und 11 ausgewählten Parametern untersucht. Nach Möglichkeit wurde die Periode 1961-1997 bearbeitet, wobei bei den Parametern Wind (Geschwindigkeit und Richtung) und Globalstrahlung sinnvollerweise nur die ANETZ-Periode verwendet wurde. Zusammengefasst werden diese Reihen unter dem Begriff "kurze Reihen". Zusätzlich wurden

für die Mitteltemperatur und den Niederschlag 12 Reihen ab 1864 untersucht. Diese Reihen werden im folgenden “lange Reihen” genannt. Die Tabelle 2.2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Parameter, Perioden sowie die angewandte Methodik.

Tab. 2.2: Übersicht über die bearbeiteten Parameter, Perioden und die angewandte Methodik.

Parameter	Periode	Methodik
Temperaturmittel (Tmittel)	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
	1864-1997	Homogenisierung der Periode 1864-1997 auf Monatsbasis. Die 12 bearbeiteten Messreihen repräsentieren je eine Klimaregion der Schweiz und werden als lange Klimareihen bezeichnet.
mittlere Maximumtemperatur (Tmax)	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
mittlere Minimumtemperatur (Tmin)	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
Niederschlagssumme (Niederschlag)	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
	1864-1997	Homogenisierung der Periode 1864-1997 auf Monatsbasis. Die 12 bearbeiteten Messreihen repräsentieren je eine Klimaregion der Schweiz und werden als lange Klimareihen bezeichnet.
absolute Sonnenscheindauer (Sonnenscheindauer)	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
Luftdruck	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
Dampfdruck	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5).
Windgeschwindigkeit	1981-2000	Homogenisierung der Periode 1981-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Mittelwerte 1981-2000 (vgl. Kapitel 5) Aus den drei Terminwerten der konventionellen Messungen kann kein sinnvolles Monatsmittel gebildet werden. Deshalb wurde der Parameter nur für ANETZ-Stationen ab 1981 homogenisiert (vgl. Kapitel 2.1.1.3).
Windrichtung	1981-2000	Korrekturen von Verdrehungen der Windrichtung auf Stundenbasis (vgl. Kapitel 7). Bearbeitung der Periode 1981-2000 für die Bestimmung von mittleren Windrosen. Der Parameter wurde wie die Windgeschwindigkeit nur für ANETZ-Stationen ab 1981 bearbeitet (vgl. Kapitel 2.1.1.3).
Globalstrahlung	1981-2000	Korrektur der Globalstrahlung auf Stundenbasis für die Periode 1981-2000 (vgl. Kapitel 6). Bestimmung der Mittelwerte 1981-2000. Der Parameter wurde für ANETZ-Stationen ab 1981 bearbeitet (vgl. Kapitel 2.1.1.3).
Bewölkung	1961-1997	Homogenisierung der Periode 1961-1997 auf Monatsbasis. Bestimmung der Normwerte 1961-1990 (vgl. Kapitel 5). Der Parameter wurde für konventionelle Stationen homogenisiert.

Die kurzen Messreihen wurden als Grundlage für die Berechnung von Normwerten 1961-1990 homogenisiert. Durch das Vorgängerprojekt KLIMA90 standen bereits 381 ausgewählte, homogenisierte Messreihen der Periode 1961-1990 von neun Parametern zur Verfügung. Diese Reihen wurden bei der erneuten Bearbeitung durch NORM90 um die Jahre 1991-1997 erweitert. Dadurch konnten sie für die weiteren Homogenisierungsarbeiten als homogene Vergleichsstationen 1961-1997 verwendet werden.

Die 12 langen Messreihen der Parameter Temperaturmittel und Niederschlag wurden für die Beurteilung der Klimaentwicklung der letzten 140 Jahre homogenisiert. Zusätzlich wurden analog zu den kurzen Datenreihen die Normwerte der Normperiode 1961-1990 berechnet. Die 12 ausgewählten Datenreihen wurden für die ganze Periode neu homogenisiert. Die im Projekt KLIMA90 bereits homogenisierte Periode 1961-1990 wurde dabei ebenfalls neu beurteilt, um einheitlich bearbeitete lange Reihen zu erhalten. Die Auswahl der Stationen erfolgte aufgrund mehrerer Kriterien: Einerseits sollte die Auswahl der Stationen die 12 Klimaregionen der Schweiz (Abb. 2.1) repräsentieren, andererseits mussten die Stationen noch in Betrieb sein und eine möglichst lange Messperiode aufweisen. Ausgewählt wurden schliesslich die Stationen Basel, Bern, Châteaux-d'Oex, Chaumont, Davos, Engelberg, Genève, Lugano, Säntis, Segl Maria, Sion und Zürich-MeteoSchweiz. Ein kurzer Beschrieb der Lage und der geschichtlichen Entwicklung der ausgewählten Stationen ist in Tabelle 2.3 zusammengestellt.

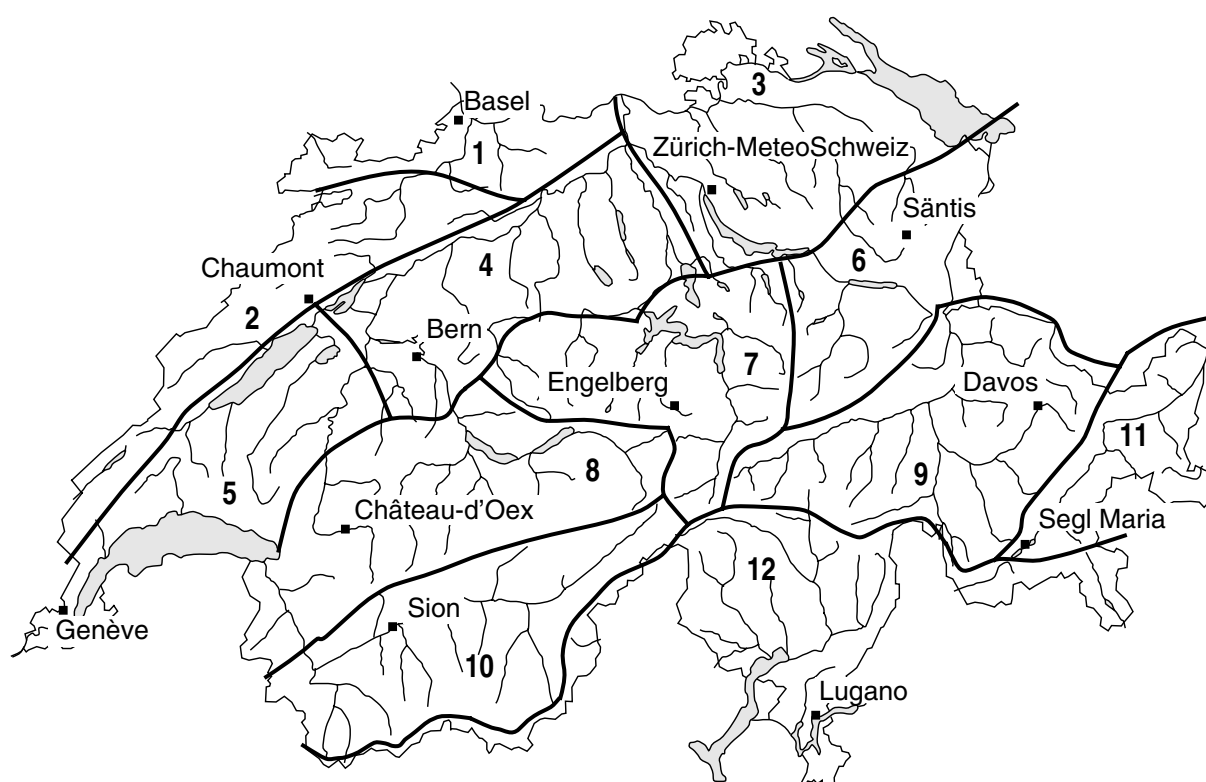


Abb. 2.1: Die 12 ausgewählten Stationen mit langen Messreihen und die entsprechenden Klimaregionen der Schweiz nach Schüepp und Gensler (1980). Die Einteilung der Klimaregionen lautet: 1 östlicher Jura, 2 westlicher Jura, 3 nordöstliches Mittelland, 4 zentrales Mittelland, 5 westliches Mittelland, 6 östlicher Alpennordhang, 7 zentraler Alpennordhang, 8 westlicher Alpennordhang, 9 Nord- und Mittelbünden, 10 Wallis, 11 Engadin, 12 Alpensüdseite.

Tab. 2.3: Übersicht über die Lage und geschichtliche Entwicklung der 12 langen Messreihen (Stand 12.1997).

Station	Messperiode	Lage und Geschichte
Basel	1864-1997	Basel befindet sich am südlichen Ende der oberrheinischen Tiefebene und wird klimatologisch dem östlichen Jura zugeordnet. Die Station befand sich immer auf der linken Seite des Rheins. Die Station stand ursprünglich im Stadtzentrum bevor sie Ende 1864 in den östlichen, und 1874 in den westlichen Stadtteil verschoben wurde. Sie lag dabei stets auf einer Höhe von ca. 270 m ü.M.. 1929 fand eine weitere Verschiebung der Station um gut 2 km auf eine flache Anhöhe (317 m ü.M.) am südlichen Stadtrand statt. An diesem Standort wurde die Station 1978 automatisiert, wobei die konventionellen Messungen als Parallelreihen weitergeführt wurden.
Bern	1864-1997	Bern liegt im zentralen Mittelland. Die Station befand sich bis Ende 1977 an verschiedenen Standorten im Stadtzentrum am westlichen etwas höher liegenden Aareufer. Die Station wurde 1978 im Zuge der ANETZ-Einführung um 3 km nach SW an die Stadtperipherie verschoben. Die Stationshöhe betrug über die gesamte Messperiode ca. 570 m ü.M..
Château d'Oex	1879-1997 Messlücken: Temperatur 10.1887-12.1900 Niederschlag 10.1887-6.1896	Die Station Châteaux-d'Oex befindet sich am westlichen Alpennordhang. Das Dorf liegt nördlich der Saane, im ENE nach WSW gerichteten Teil des oberen Saanetals genannt Pays d'Enhaut. Die Station lag im Laufe der Zeit an insgesamt 10 verschiedenen Standorten innerhalb des Dorfes, die sich bezüglich ihrer Lage nur geringfügig unterschieden. Sie befand sich stets auf einer Höhe zwischen 950 und 1021 m ü.M.. Während der gesamten Periode wurde sie als konventionelle Station geführt und nicht automatisiert.
Chaumont	1864-1997	Die Station Chaumont liegt auf einer Anhöhe der südlichsten Jurakette, die gegen das NE-Ende des Neuenburgersees abfällt. Die Station lag stets auf einer Höhe zwischen 1073 und 1149 m ü.M.. Sie befand sich insgesamt an sechs verschiedenen Standorten am SE-Abhang des abgerundeten Bergrückens in ländlicher Umgebung. Die grösste Stationsverschiebung fand 1933 statt, als die Station um 3 km in NNE-Richtung entlang des Bergrückens aus dem Dorf hinaus verschoben wurde. Die Station wurde während der gesamten Periode als konventionelle Station geführt und nicht automatisiert.
Davos	1866-1997 Messlücken: Temperatur 12.1871-6.1873 1.1875-12.1875 Niederschlag 12.1871-6.1873	Davos befindet sich im SW-NE ausgerichteten oberen, gefällsarmen Teil des Landwassertales in Mittelbünden. Das Tal ist nach NE ohne eigentlichen Abschluss, der Wolfgangpass (1633 m ü.M., Wasserscheide) erhebt sich nur wenig über den ebenen Talboden. Die Station befand sich bis 1976 in Davos-Platz am SE-exponierten sonnigen Hang des Tales auf einer Höhe zwischen 1560 und 1590 m ü.M. an insgesamt 8 verschiedenen Standorten. 1976 wurde die Station um mehr als 3 km nach Davos-Dorf (Weltstrahlungszentrum) verlegt, wo sie dann 1978 automatisiert wurde.
Engelberg	1864-1997	Engelberg befindet sich im oberen Teil des Engelbergeraa-Tals. Das Dorf liegt auf einem breiten, E-W gerichteten Talboden. Das Engelbergeraa-Tal nimmt nördlich des Dorfes einen engen und steilen Verlauf bis hinunter zum Vierwaldstättersee. Die Station Engelberg gehört klimatisch nach Einteilung von Schüepp und Gensler (1980) zum zentralen Alpennordhang. Während 120 Jahren befand sich die Station beim Kloster Engelberg auf ca. 1020 m ü. M.; im Zuge der ANETZ-Einführung wurde sie 1982 um 300 m vom Kloster weg auf ein offenes Feld verschoben.
Genève	1864-1997	Genève liegt im westlichen Mittelland am Ausfluss der Rhône aus dem Genfersee. Die konventionelle Station Genève befand sich bis 1962 im Stadtzentrum beim Observatoire (405 m ü.M.), wurde anschliessend um 5.5 km an den Flughafen Genève-Cointrin (430 m ü.M.) am NNW-Stadtrand verschoben und 1980 automatisiert. Die konventionellen Messungen wurden bis Ende 1995 weitergeführt, seit Einführung des ANETZ als Parallelreihe. Daneben wurden bereits ab 1929 am Flughafen Genève-Cointrin Messungen für das synoptische Messnetz durchgeführt; bei einigen Parametern wurden diese Daten als offizielle Messungen verwendet.
Lugano	1864-1997	Lugano befindet sich auf der Alpensüdseite, am nordwestlichen Teil des Luganersees. Die Stadt liegt auf einem Flussdelta, das im Norden von den steilen Hängen des Monte Brè und von Westen bis Süden von einem sanften Hügelzug begrenzt wird. Am Südende erhebt sich der Monte San Salvatore. Die Station Lugano lag während der ganzen Messperiode in der Nähe des Sees auf einer Höhe von 275 m ü.M. und wurde lediglich 1905 um 650 m parallel zum Seeufer in östlicher Richtung verschoben. 1978 wurde die bis dahin konventionelle Station durch eine automatische Station am gleichen Standort ersetzt.

Station	Messperiode	Lage und Geschichte
Säntis	1864-1997	Der Säntis ist der höchste Gipfel des Alpsteins, der am weitesten nach Norden vorgeschobenen Gebirgskette der Schweiz. Die Station gehört zur Klimaregion östlicher Alpennordhang und wurde 1882 ca. 40 m unterhalb des Gipfels auf einer Höhe von 2465 m ü.M. errichtet. Die in der bearbeiteten Temperaturreihe vorhandenen Messwerte zwischen 1864 und 1881 sind auf den Säntis reduzierte Messungen der Gebirgsstationen Pilatus und Rigi. Ab 1887 befand sich die Station auf dem Gipfel des Säntis auf einer Höhe von rund 2500 m ü.M.; sie wurde anschliessend während der Messperiode mehrmals verschoben. Mit der Automatisierung der Station im Jahre 1978 wurden die konventionellen Messungen abgelöst.
Segl Maria	1864-1997	Segl Maria befindet sich im oberen Teil des Engadin, einem von SW nach NE ausgerichteten Hochtal im Südosten der Schweizer Alpen. Das Dorf liegt an der SE-Talseite zwischen den einst zusammenhängenden Seen von Sils und Silvaplana. Die Station lag während der Messperiode an vier verschiedenen Standorten innerhalb des kleinen Dorfes auf einer Höhe von 1802 bis 1811 m ü.M.. Sie wurde während der gesamten Periode als konventionelle Station geführt und nicht automatisiert.
Sion	1864-1997	Sion liegt leicht erhöht nördlich der Rhône, im von NE nach SW verlaufenden Haupttal des Wallis. Nach mehreren Verschiebungen zu Beginn der Messperiode befand sich die Station zwischen 1873 bis 1977 im Kapuzinerkloster (542 m ü.M.) in der Stadt Sion. Im Zuge der Automatisierung 1978 wurde die Station um 2.5 km in SW Richtung auf den Flugplatz im Talboden (483 m ü.M.) verschoben. Neben den konventionellen Messungen im Kloster wurden am Flugplatz Sion ab 1953 bis Ende 1977 Messungen für das synoptische Messnetz durchgeführt.
Zürich-MCH	1864-1997	Die Stadt Zürich liegt im nordöstlichen Mittelland, am nördlichen Ende des Zürichsees beim Ausfluss der Limmat. Bis 1949 wurde die Station in der Nähe des Stadtzentrums auf ca. 475 m ü.M. betrieben. Sie wurde 1949 an den Hauptsitz der heutigen MeteoSchweiz auf 556 m ü.M. an den Stadtrand verschoben. 1978 wurde die Station am gleichen Standort automatisiert.

2.3 Messdaten

2.3.1 Datenquellen

Das erste gesamtschweizerische meteorologische Beobachtungsnetz nahm seinen Betrieb am 12.1863 auf (vgl. Kapitel 2.1). Die MeteoSchweiz resp. ihre Vorgängerinstitutionen haben 1881 den Betrieb der Messnetze und die Verwaltung der Messdaten von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft übernommen. Fortan erfolgte die Archivierung der Messdaten zentral. Viele alte Messdaten sind bis heute nur in ihrer ursprünglichen Form auf Papier vorhanden. Dies können originale Beobachtungsblätter oder publizierte Daten (z.B. 'Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt') sein. Analog zu den messtechnischen Fortschritten bei den Instrumenten hat sich auch die Speicherung und Verwaltung der Messdaten im Laufe der Zeit verändert. Ein Teil der Messdaten wurde mit dem Aufkommen der elektronischen Datenverarbeitung ab Mitte des 20. Jahrhunderts digitalisiert und in Archivdateien abgespeichert. Die ersten benutzerfreundlichen Datenbanken zur Speicherung der Messdaten sind in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts entstanden. Der Aufbau neuer Messnetze (z.B. ANETZ) hat meist zu neuen Archivierungssystemen geführt, wobei die alten Archivierungssysteme parallel dazu weitergeführt wurden. Dies führte zu redundanten Datenarchiven, deren Dateninhalt nur mit sehr grossem Aufwand konsistent gehalten werden konnte. Im Projekt NORM90 wurde deshalb eine Überprüfung der Datenkonsistenz zwischen redundanten Datenarchiven durchgeführt (vgl. Kapitel 2.3.2).

Für die Bearbeitung der kurzen Reihen wurden nur digital vorhandene Daten verwendet. Für die Bearbeitung der langen Datenreihen standen nicht alle benötigten Daten digital zur Verfügung. Deshalb wurden die fehlenden Monatswerte der 12 langen Datenreihen und die zur Homogenisierung benötigten Messreihen der Vergleichsstationen aus Quellen in Papierform nacherfasst.

Damit auch an den schweizerischen Landesgrenzen eine ausreichende Anzahl von Vergleichstationen vorhanden war, wurden Messreihen von 51 ausländischen Stationen aus Deutschland, Frankreich, Italien und Österreich beigezogen.

Eine weitere wichtige Datenquelle waren die homogenen Reihen des Vorgängerprojektes KLIMA90, vor allem als Referenzreihen bei der Homogenisierung.

2.3.2 Bereitstellung der Daten

Die Bereitstellung der Messdaten für das Projekt NORM90 erforderte mehrere Arbeitsschritte, die im folgenden Kapitel kurz erläutert werden.

Da an der MeteoSchweiz teilweise mehrere Datenquellen für dieselben Messwerte zur Verfügung standen, musste zuerst geklärt werden, welche Datenquelle als offizieller Messwert verwendet werden sollte. Lagen für eine bestimmte Periode mehrere Datenquellen vor, musste die Datenkonsistenz dieser Quellen überprüft werden. Dazu wurden die Monatswerte der verschiedenen Datenquellen miteinander verglichen. Traten beim Vergleich Differenzen auf, so wurden die Gründe für die Abweichungen gesucht und die entsprechenden Messwerte korrigiert. Anschliessend wurden die für die Bearbeitung der langen Datenreihen fehlenden Messdaten auf Monatsstufe nacherfasst.

Messlücken, die nach der Nacherfassung und der Konsistenzprüfung noch vorhanden waren, wurden bis zu einer maximalen Länge von einem Jahr auf Monatsbasis mit multipler linearer Regression interpoliert. Einzelne Interpolationen konnten vom Vorgängerprojekt KLIMA90 übernommen werden. Sofern sich die Messbedingungen vor und nach einer zu interpolierenden Lücke voneinander unterscheiden, dürfen zur Bestimmung der interpolierten Werte ausschliesslich Daten der einen oder anderen Periode verwendet werden. Die interpolierten Werte basieren somit auf den Messbedingungen der gewählten Periode. Der Zeitpunkt einer allfälligen Inhomogenität fällt je nach gewählter Periode auf den Beginn oder das Ende der Messlücke. In Abbildung 2.2 sind die Interpolationsmöglichkeiten einer Messlücke der Station Interlaken aufgezeigt.

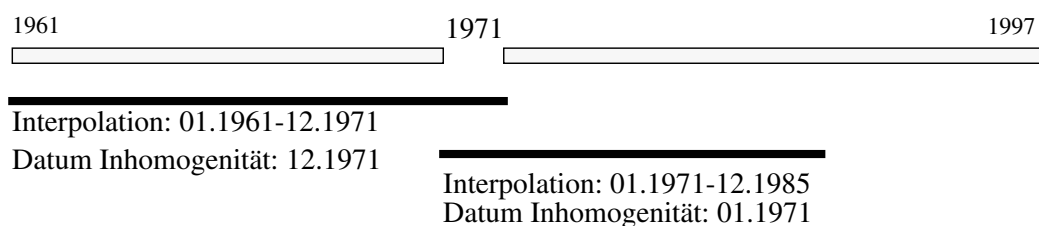


Abb. 2.2: Interpolationsmöglichkeiten für eine Messlücke der Station Interlaken. Es fehlen die Daten des Jahres 1971. Dargestellt sind die zwei Möglichkeiten für die Interpolation der Messlücke.

Während der Entwicklung der Messnetze mussten Stationen aus verschiedenen Gründen immer wieder aufgehoben und, wenn möglich, an klimatologisch ähnlichen Standorten in der näheren oder auch weiteren Umgebung weitergeführt werden. Um in NORM90 möglichst viele Messreihen zur Verfügung zu haben, die den gesamten Untersuchungszeitraum abdecken, wurden Reihen aus Daten geeigneter Stationsfolgen bzw. Standortfolgen zusammengesetzt. Die so entstandenen Klimareihen werden als synthetische Reihen bezeichnet. Im Projekt NORM90 wurden insgesamt 68 synthetische Reihen gebildet. Als Beispiel ist in Abbildung 2.3 die synthetische Niederschlagsreihe Wolfsberg-Arenenberg aufgeführt, die im Vergleich zur Originallreihe um 9 Jahre ergänzt werden konnte.



Abb. 2.3: Beispiel der synthetischen Reihe Wolfsberg aus dem Niederschlagsmessnetz.

Nach Abschluss der Datenbereitstellung standen die Messreihen für die weitere Bearbeitung zur Verfügung. Tabelle 2.4 zeigt eine Zusammenstellung der in NORM90 bearbeiteten Perioden in Abhängigkeit von Parameter und Station (ohne Niederschlagsstationen).

Tab. 2.4: Zusammenstellung der im Projekt NORM90 bearbeiteten Perioden in Abhängigkeit von Parameter und Station (ohne die 344 bearbeiteten Niederschlagsstationen). Angegeben ist der Beginn der bearbeiteten Datenreihe, das Enddatum ist jeweils der 12.1997. Synthetische Reihen sind mit einem * gekennzeichnet.

Station	Tmittel	Tmin	Tmax	Niederschlag	Sonneneindauer	Luftdruck	Dampfdruck	Wind (Geschw.)	Wind (Richtung)	Globalstrahlung	Bewölkung
Automatische Stationen											
Adelboden	01.1961	07.1966	07.1966	01.1961	08.1966	01.1971	01.1961	01.1983	01.1983	01.1983	-
Aigle	01.1981	01.1981	01.1981	01.1961*	01.1981	06.1987	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	-
Altdorf	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Basel-Binningen	01.1864	01.1961	01.1961	01.1864	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Bern Liebefeld	01.1864	01.1961	01.1961	01.1864	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Beznau KKW	-	-	-	12.1988	-	01.1961*	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	06.1984	01.1961*	01.1961*	07.1984	07.1984	07.1984	-
Changins	01.1965	01.1965	01.1965	01.1961*	01.1965	06.1987	01.1965	01.1981	01.1981	01.1981	-
Chasseral	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	02.1982	01.1981	03.1981	03.1981	03.1981	-
Chaux-de-Fonds La	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Chur	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Cimetta	01.1982	01.1982	01.1982	01.1982	01.1982	03.1982	01.1982	01.1982	01.1982	01.1982	-
Comprovasco	01.1961	01.1971*	01.1976*	01.1961	01.1976*	01.1961	01.1961*	02.1988	02.1988	-	-
Corvatsch	08.1979	08.1979	08.1979	01.1980	08.1979	08.1979	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	-
Davos	12.1866	01.1961	01.1961	12.1866	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Disentis	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Dôle La	01.1973	01.1973	01.1973	01.1973	01.1973	01.1973	01.1973	01.1981	01.1981	01.1981	-
Engelberg	01.1864	09.1969	09.1969	01.1864	10.1969	01.1961	01.1961	11.1982	11.1982	11.1982	-
Evolène-Villaz	10.1986	10.1986	10.1986	10.1986	10.1986	12.1987	10.1986	10.1986	10.1986	-	-
Fahy	01.1981	01.1981	01.1981	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	-
Fey	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	08.1984	06.1989	01.1961	05.1989	05.1989	-	-
Frétaz La	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	06.1987	01.1978	01.1981	01.1981	01.1981	-
Gd-St-Bernard	01.1961	01.1961	10.1964	01.1961	11.1981	01.1961	01.1961	11.1981	11.1981	11.1981	-
Genève-Cointrin	01.1864*	01.1961	01.1961	01.1864*	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Glarus	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1975	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Gösgen KKW	-	-	-	01.1961*	-	-	-	12.1981	12.1981	-	-
Grimmel-Hospiz	01.1961	01.1971	06.1971	01.1961	01.1986	01.1961	01.1961	05.1989	05.1989	-	-
Gütsch ob Andermatt	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Güttingen	06.1976	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	06.1976	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
Hinterrhein	01.1968	01.1968	01.1968	01.1961	01.1980	01.1968	01.1968	01.1981	01.1981	01.1981	-
Hörnli	12.1991	12.1991	01.1992	-	12.1991	08.1992	12.1991	12.1991	12.1991	-	-
Interlaken	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1979	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Jungfrauoch	01.1961	01.1961	01.1961	-	01.1961	01.1961	01.1961	09.1981	09.1981	09.1981	-

Station	Tmittel	Tmin	Tmax	Nieder- schlag	Sonnen- schein- dauer	Luft- druck	Dampf- druck	Wind (Ge- schw.)	Wind (Rich- tung)	Global- strah- lung	Bewöl- kung
Lägern	12.1989	12.1989	12.1989	-	12.1989	12.1989	12.1989	12.1989	12.1989	-	-
Leibstadt KKW	-	-	-	11.1988	-	-	-	03.1984	03.1984	-	-
Locarno-Monti	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Lugano	01.1864	01.1961	01.1961	01.1864	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Luzern	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Magadino	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1980	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Moléson	10.1982	10.1982	10.1982	11.1982	10.1982	12.1983	10.1982	10.1982	10.1982	10.1982	-
Montana	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Mühleberg KKW	-	-	-	11.1988	-	-	-	01.1981	01.1981	-	-
Napf	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1981	01.1981	01.1981	-
Neuchâtel	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Payerne	08.1964	08.1964	08.1964	01.1965	08.1964	08.1964	08.1964	01.1981	01.1981	01.1981	-
Pilatus	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	09.1981	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	-
Piotta	02.1979	01.1961*	01.1970*	02.1979	02.1979	02.1979	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
Plaffeien	01.1972*	01.1972*	01.1972*	01.1972*	10.1989	10.1989	01.1972*	10.1989	10.1989	-	-
PSI Würenlingen	-	-	-	02.1992	-	01.1994	-	-	-	-	-
Pully	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961	01.1961*	01.1961	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
Reckenholz	08.1978	08.1978	08.1978	01.1961	08.1978	07.1987	01.1979	01.1981	01.1981	01.1981	-
Robbia	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1979	01.1979	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Robiei	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	02.1991	-	-
Rünenberg	11.1982	11.1982	11.1982	11.1982	11.1982	04.1987	11.1982	11.1982	11.1982	11.1982	-
Samedan	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
San Bernardino	01.1968	01.1968	01.1968	01.1961*	01.1968	08.1969	01.1968	11.1981	11.1981	11.1981	-
Säntis	01.1864	01.1961	01.1961	09.1882	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Schaffhausen	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	07.1981	07.1981	07.1981	-
Scuol	01.1961	01.1971	09.1971	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Sion	01.1864*	01.1961	01.1961	04.1864*	01.1961*	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
St.Gallen	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	08.1981	08.1981	08.1981	-
Stabio	08.1981	08.1981	08.1981	08.1981	08.1981	07.1987	08.1981	08.1981	08.1981	08.1981	-
Tänikon	01.1971	01.1971	01.1971	01.1970	10.1971	01.1971	01.1971	01.1981	01.1981	01.1981	-
Ulrichen	01.1981	01.1971*	12.1973*	01.1961*	07.1966*	06.1987	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
Vaduz	01.1971	01.1971	01.1971	01.1961*	01.1975	01.1971	01.1971	01.1981	01.1981	01.1981	-
Visp	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1961*	01.1980	06.1987	01.1961*	01.1981	01.1981	01.1981	-
Wädenswil	01.1981	01.1981	01.1981	01.1961	01.1981	07.1987	01.1981	01.1981	01.1981	01.1981	-
Weissfluhjoch	01.1961	01.1971	01.1971	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Wynau	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1978	01.1981	01.1981	01.1981	-
Zermatt	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	12.1981	12.1981	12.1981	-
Zürich-Kloten	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Zürich-MeteoSchweiz	01.1864	01.1961	01.1961	01.1864	01.1961	01.1961	01.1961	01.1981	01.1981	01.1981	-
Konventionelle Stationen											
Andermatt	01.1961	01.1971	-	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1966
Arosa	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Bad Ragaz	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Bernina Hospiz	01.1972	01.1972	01.1972	01.1961	-	-	01.1972	-	-	-	01.1972
Biel/Bienne	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1961
Buffalora-Ofenpass	01.1961	01.1961	06.1976	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1964
Château d'Oex	01.1879	01.1961	01.1961	01.1879	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Chaumont	01.1864	12.1963	12.1963	01.1864	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1964

Station	Tmittel	Tmin	Tmax	Nieder- schlag	Sonnen- schein- dauer	Luft- druck	Dampf- druck	Wind (Ge- schw.)	Wind (Rich- tung)	Global- strah- lung	Bewöl- kung
Delémont	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1961
Ebnat-Kappel	01.1961	01.1971	05.1975	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	12.1965
Einsiedeln	01.1961	01.1961	12.1968	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Elm	01.1961	01.1971	01.1972	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1964
Fribourg-Posieux	01.1961	01.1965	01.1965	01.1961	-	01.1964	01.1961	-	-	-	01.1961
Grächen	01.1961	08.1967	08.1967	01.1961	-	-	08.1967	-	-	-	01.1967
Grono	01.1961	01.1971	01.1971	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1966
Gstaad-Grund	03.1981	01.1966*	01.1966*	01.1961*	-	03.1981	01.1966*	-	-	-	01.1966*
Haidenhaus	01.1961	01.1971	10.1977	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1964
Hallau	01.1961	01.1961	07.1975	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1964
Langnau-i.E.	01.1961	01.1971	01.1971	01.1961	-	01.1971	01.1961	-	-	-	01.1961
Meiringen	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Montreux-Clarens	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Oeschberg-Koppigen	01.1961	01.1961	01.1961	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Rheinfelden	01.1961	01.1961	01.1971	01.1961	-	01.1961	01.1961	-	-	-	01.1961
Ried (Lötschen)	01.1974	01.1974	01.1974	01.1961*	-	-	01.1974	-	-	-	01.1974
Segl Maria	01.1864	01.1971	08.1977	01.1864	-	-	01.1961	-	-	-	01.1961
Sta. Maria/Müstair	01.1961	01.1961	09.1976	01.1961	-	-	01.1961	-	-	-	01.1961

2.4 Metadaten

Als Metadaten werden sämtliche Informationen zur Geschichte eines Messstandortes bezeichnet. Metadaten umfassen Fotografien, Skizzen, Inspektionsberichte, usw., die unter anderem aufzeigen, welche Änderungen an einer Station im Laufe der Zeit durchgeführt wurden. Während der Homogenisierung sind die Metadaten von grosser Bedeutung, vor allem bei der Festlegung der Zeitpunkte von Inhomogenitäten und der Verifikation der Resultate der statistischen Tests.

Eine Sammlung von Metadaten ist nie vollständig. Zum Zeitpunkt der Erfassung unwichtig erscheinende Ereignisse werden zum Beispiel nicht festgehalten. Allgemein kann gesagt werden, dass die Informationsdichte seit Messbeginn zugenommen hat. Insbesondere mit dem Aufbau des ANETZ ab 1978 wurde ersichtlich, dass die Metadaten notwendigerweise systematisch archiviert werden. In der von Müller (1980) eingeführten Stationsgeschichte (STAGE) werden seither laufend alle Arbeiten an den Messstationen systematisch erfasst. Sämtliche Einträge in der Stationsgeschichte, die älteren Datums sind, wurden aus den ursprünglichen Dokumenten nacherfasst. Diese Dokumente standen für das Projekt NORM90 zur Verfügung und wurden entsprechend den Projektzielen in der Homogenisierung eingesetzt. Folgende Dokumente der MeteoSchweiz wurden als Metadaten in der Bearbeitung in NORM90 verwendet:

- ‘Goldene Bücher’: Zusammenfassung der Stationsgeschichte ab 1864 bis Mitte des 20. Jahrhunderts
- Inspektionsbücher mit Originalaufzeichnungen zwischen 1887 bis Mitte des 20. Jahrhunderts
- Archivierte Stationsdokumente (Briefe, Fotos, Karten, usw.)
- Handschriftliche Eintragungen in den originalen Beobachtungsblättern
- Stationsinformationen in den ‘Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt’
- Logbücher des ANETZ
- Diverse MeteoSchweiz-Berichte (öffentlich und intern) mit Informationen zu messnetzspezifischen Änderungen (z.B. die offizielle Einführung eines neuen Messgerätes)

3 Homogenisierung in NORM90

Methoden zur Homogenisierung von Klimareihen wurden an der MeteoSchweiz im Rahmen des Projekts KLIMA90 (Aschwanden et al., 1996) und in den Dissertationen von Baudenbacher (1997) und Bosshard (1996) aus der Literatur zusammengetragen, untersucht und programmiert. Von dieser Vorarbeit konnte im Projekt NORM90 profitiert werden. Die bereits vorhandenen Methoden wurden gesichtet, beurteilt, ergänzt und in einem ganzheitlichen Softwarepaket zusammengefasst. Die ausgewählten theoretischen Konzepte und deren Umsetzung in NORM90 werden im Folgenden beschrieben.

3.1 Allgemeine Bemerkungen

Eine klimatologische Zeitreihe kann dann als homogen bezeichnet werden, wenn ihre Schwankungen einzig durch Variationen des Wetters und des Klimas an der betreffenden Station hervorgerufen werden. Diese Definition von Homogenität nach Conrad und Pollak (1950) zeigt auf, dass eine wichtige Voraussetzung zur Erfassung von Mess- und Beobachtungsdaten darin besteht, die Daten möglichst über die gesamte Messperiode in der gleichen Art und unter denselben Umständen zu erfassen. Dies gelingt in der Praxis jedoch selten. Aus verschiedensten Gründen wie Standortverschiebung der Stationen, Alterung oder technische Weiterentwicklung der Messinstrumente, Verschiebung der Beobachtungstermine, usw. können klimatologische Zeitreihen sprunghafte oder allmähliche Veränderungen enthalten, die nicht oder nicht nur klimatologischer Natur sind. Das Ziel einer Bearbeitung von Mess- und Beobachtungsreihen muss deshalb sein, die künstlichen Schwankungen aus den Datenreihen zu entfernen, um falsche Schlussfolgerungen bei der Analyse von längeren Klimareihen zu vermeiden. In der Praxis wird die zu homogenisierende Datenreihe durch geeignete Verfahren in homogene Sub-Perioden unterteilt, die anschliessend aneinander angeglichen werden. Abhängig von der Wahl der Sub-Periode, auf die sich schliesslich alle anderen beziehen, repräsentiert die bereinigte Reihe den aktuellsten Zustand der Station oder bezieht sich auf ein homogenes Niveau in der Vergangenheit.

Aufgrund einer Klimareihe alleine kann in der Regel nicht zwischen natürlicher und künstlicher Variabilität eines Parameters unterschieden werden. Die zeitlichen Schwankungen sind bei Parametern wie Luftdruck, Temperatur, Niederschlag oder Sonnenscheindauer deutlich grösser als die Variabilitäten, die durch Inhomogenitäten hervorgerufen werden. Durch die Herstellung eines Bezugs zwischen einer zu untersuchenden Reihe und den Messwerten umliegender Stationen mittels Bildung von Differenzen- oder Quotientenreihen ist es jedoch möglich, die natürliche Variabilität zu entfernen. Dies führt zum Begriff der relativen Homogenität, die nach Conrad und Pollak (1950) wie folgt definiert werden kann: "A climatological series is relatively homogenous with respect to a synchronous series at another place if the differences (or ratios) of pairs of homologous averages constitute a series of random numbers that satisfies the law of errors." Da sich klimatologische Variabilitäten, insbesondere bei der Betrachtung von Monats- oder Jahresmittelwerten, nicht auf einen eng begrenzten Raum beschränken, verhalten sich Differenzen- oder Quotientenreihen (q-Reihen) zweier homogener Klimareihen quasikonstant, d.h. die Variabilität ist relativ gering. Inhomogenitäten in einer Klimareihe sind als Bruch in der q-Reihe in vielen Fällen klar erkennbar und können durch geeignete statistische Methoden (sog. relative Homogenitätstests) beurteilt werden. Auch die eigentliche Bestimmung der anzubringenden Korrekturen kann mit dem Konzept der quasikonstanten Differenzen oder Quotienten gelöst werden. Die Art des Bezugs zwischen verschiedenen Messreihen hängt davon ab, ob sich die Differenzen (additiver Parameter) oder die Quotienten (multiplikativer Parameter) in der Zeit konstant verhalten. Die WMO (1983) nimmt für die in NORM90 bearbeiteten Parameter folgende Aufteilung vor:

- additive Parameter: Luftdruck, Temperatur, Dampfdruck, Bewölkung
- multiplikative Parameter: Niederschlag, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung

Erfolgsversprechend ist das Konzept der relativen Homogenisierung jedoch nur dann, wenn die Datenreihen der Vergleichsstationen dasselbe Klimasignal beinhalten bzw. aus derselben Klimaregion stammen wie die zu untersuchende Reihe. Die Vergleichsstationen dürfen zudem selber keine grösseren Inhomogenitäten beinhalten. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, muss die absolute Homogenität der zu untersuchenden Reihe überprüft werden. Die Resultate mit absoluten Homogenitätstests, die nur mit der zu untersuchenden Zeitreihe arbeiten, sind aber schwieriger zu interpretieren und können natürliche und künstliche Variabilität oft schlecht auseinander halten. Mit dem Begriff "Homogenität" ist in den folgenden Ausführungen, wenn nicht anders erwähnt, immer "relative Homogenität" gemeint.

Neben den statistischen Homogenitätstests kommt beim Homogenisieren den Metadaten eine entscheidende Bedeutung zu. Einerseits wird das Vertrauen in die Testresultate gestärkt, wenn einer detektierten Inhomogenität durch einen Eintrag in der Stationsgeschichte eine plausible Erklärung zugeordnet werden kann. Zudem steht das genaue Datum der Inhomogenität fest und der Umgang mit undokumentierten Inhomogenitäten wird im Wissen um die Zuverlässigkeit der Homogenitätstests einfacher. Andererseits treten Inhomogenitäten auf, die von den Homogenitätstests nicht detektiert, sondern nur aufgrund der Metadaten vermutet werden können (vgl. Kapitel 3.3.3.2). In der Bearbeitung der Klimareihen durch NORM90 war die systematische Auswertung der Stationsgeschichte integraler Bestandteil des Homogenisierungsablaufs.

3.2 THOMAS (Tool for Homogenization of Monthly Data Series)

Die Forderung, wonach die Homogenisierung nach Beendigung des Projekts NORM90 in die operationelle Datenbearbeitungskette der MeteoSchweiz eingegliedert werde soll und die grosse Anzahl von über 1000 Datenreihen, die es zu bearbeiten galt, führte zur Entwicklung des Softwarepakets THOMAS (Tool for Homogenization of Monthly Data Series). Die Applikation sollte folgenden Anforderungen genügen:

- Direkter Zugriff auf alle digital zur Verfügung stehenden Datenreihen: Die der Applikation zugrunde liegende Datenbank soll Bestandteil der Datenbank von MeteoSchweiz sein.
- Erweiterbarkeit des enthaltenen Sets von Homogenitätstests: Die Entwicklung auf dem Gebiet der Homogenitätstests soll verfolgt und neuere Tests sollen ohne grossen Aufwand eingebaut werden können. Dies v.a. im Hinblick auf eine zukünftige Verwendung von THOMAS im Routinebetrieb.
- Möglichst weitgehende Standardisierung der Homogenisierungsarbeit: Da sowohl während des Projekts als auch später in der routinemässigen Bearbeitung verschiedene Personen mit der Homogenisierung von Klimareihen betraut sind, ist eine vereinheitlichte Vorgehensweise wichtig. Sie soll eine Abhängigkeit der Resultate vom Bearbeiter möglichst verhindern.
- Flexibilität im Umgang mit den verschiedenen Problemen, die bei der Homogenisierung einer Klimareihe auftreten können: Die Standardisierung des Vorgehens steht im Widerspruch zu einer dem jeweiligen Problem angepassten Vorgehensweise. Die Applikation muss die Möglichkeiten bieten, möglichst viele Probleme sinnvoll bearbeiten zu können.
- Dokumentation des Homogenisierungsprozesses: Alle Schritte von der Auswahl der Vergleichsstationen bei der Bildung einer Referenzreihe bis hin zur Begründung einer vorgenommenen Korrektur sollen einheitlich dokumentiert werden, um die Bearbeitung der Klimareihen jederzeit nachvollziehen zu können.

- Benutzerfreundliche Applikation: Die Homogenisierungsarbeit soll durch die Software optimal unterstützt und somit effizient erledigt werden können.

Die Struktur von THOMAS ist in Abbildung 3.1 dargestellt. Im Wesentlichen besteht die Applikation aus einer Datenbank, einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) und einer Software-Bibliothek, die alle im Homogenisierungsprozess verwendeten mathematischen Funktionen enthält. Das Interface als Kern der Applikation stellt die Verbindung zwischen den drei Hauptkomponenten her. Ein Viewer erlaubt es, die meistens in Form von Grafiken vorliegenden Zwischenresultate wie z.B. Resultate der Homogenitätstests zu betrachten. Die modulare Struktur wurde gewählt, um bereits vorhandene Funktionen aus vergangenen Projekten und später auch neue Funktionen leicht in THOMAS einfügen zu können. Zur Programmierung des GUI und des Interfaces wurde Java verwendet, die Funktionen wurden mit dem Statistikpaket Splus erstellt und als Datenbanksoftware kam EMPRESS zu Einsatz. Die Darstellung der aus Splus generierten Postscript-Files erfolgt mit Ghostview.

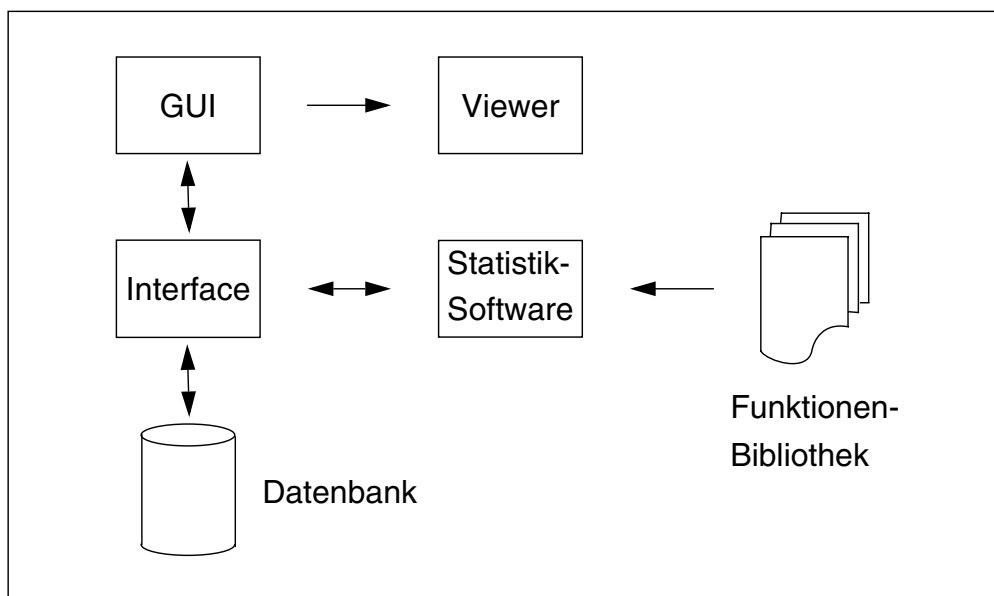


Abb. 3.1: Struktur der Applikation THOMAS.

Die Methodik von THOMAS beruht auf dem Konzept der oben beschriebenen relativen Homogenität, bzw. der Quasikonstanz der q -Reihen. Die Applikation wurde deshalb grundsätzlich zur Homogenisierung von Monatsmittel- bzw. Monatssummen-Reihen entwickelt. Für ausgewählte Parameter besteht jedoch die Möglichkeit, monatliche Homogenisierungsbeträge oder -faktoren auf Tagesstufe umzurechnen (vgl. Kapitel 3.3.4.3).

3.3 Ablauf der Homogenisierung

Das Vorgehen bei der Homogenisierung von Klimareihen kann in mehrere Stufen unterteilt werden, wobei grundsätzlich zwei Hauptschritte zu unterscheiden sind: Das Auffinden und die Bereinigung von Inhomogenitäten. Zu beiden Teilschritten finden sich in der Literatur eine grössere Anzahl verschiedener Methoden. Peterson et al. (1998) gibt einen guten Überblick über die zu Beginn des Projekts NORM90 in der Literatur vorhandenen Homogenitätstests und Methoden zur Homogenisierung. Das in THOMAS rea-

lisierte Vorgehen vereinigt mehrere dieser Methoden und bezieht die Vorarbeiten, die an der Meteo-Schweiz in den 90er Jahren geleistet worden sind, mit ein.

3.3.1 Überblick

Der Homogenisierungsablauf in THOMAS ist in Abbildung 3.2 schematisch dargestellt. Das Auffinden von Inhomogenitäten beruht auf einer Kombination von Metadaten-Analyse und dem Einsatz von 12 verschiedenen Homogenitätstests und wird nach der von Easterling und Peterson (1995) beschriebenen Methode iterativ betrieben. Nach der Lokalisierung einer Inhomogenität wird die Testreihe in zwei Sub-Perioden aufgeteilt, die einzeln neu getestet werden. Beim Auftreten einer weiteren Inhomogenität wird die entsprechende Sub-Periode wiederum unterteilt. Der Prozess wird solange fortgesetzt, bis in den jeweils ausgeschiedenen Sub-Perioden keine auf dem 95%-Signifikanzniveau statistisch signifikanten Inhomogenitäten mehr gefunden werden und die Testreihe somit in homogene Sub-Perioden unterteilt ist. Hinweise aus den Tests und den Metadaten werden gleichberechtigt behandelt und in einem ersten Schritt als potentielle Inhomogenitäten festgehalten. Es können sowohl sprunghafte (Shifts) als auch allmähliche Veränderungen (Trends) in der Testreihe detektiert und bearbeitet werden. Beginn und Ende einer Trendperiode werden immer als Shift-Inhomogenität erfasst, da zumindest das Ende häufig mit dem Wechsel des Standorts einer Messung oder dem Wechsel eines Instruments zusammenfällt und dementsprechend als Shift bearbeitet werden muss.

Die meisten der implementierten Testmethoden verwenden zur Überprüfung der Homogenität eine Referenzreihe, die vorgängig zu bilden ist. Eine Referenzreihe wird aus dem gewichteten Mittel mehrerer Vergleichsstationen berechnet. Da der Auswahl der Vergleichsstationen eine entscheidende Bedeutung zukommt, muss sie entsprechend sorgfältig vorgenommen werden. Es stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung, die es erlauben, Messreihen mit hoher Korrelation im Vergleich mit der Testreihe und ohne eigene grössere Inhomogenitäten auszuwählen. Die Zahl der Referenzreihen, die gebildet werden kann, ist nicht beschränkt. Für den gleichen Zeitraum können somit mehrere Referenzreihen aus unterschiedlichen Gruppen von Vergleichsstationen gebildet werden, um aufgetretene Inhomogenitäten unabhängig von der Wahl der Vergleichsstationen zu verifizieren. Diese Möglichkeit verbessert die Qualität der Bearbeitung und sollte wenn immer möglich genutzt werden. Während des gesamten Homogenisierungsprozesses können Referenzreihen auch nachträglich neu gebildet werden. Oft besteht nach dem Ausscheiden von Sub-Perioden das Bedürfnis eine neue Referenzreihe zu bilden, da für kürzere Zeitperioden häufig eine grössere Anzahl an besser korrelierenden Vergleichsstationen zur Verfügung steht.

Im Prozess der Bereinigung werden alle Inhomogenitäten, die aufgrund der Testresultate oder der Stationsgeschichte vermutet und festgehalten wurden, mit Methoden der parametrischen und nicht-parametrischen Statistik nochmals einzeln beurteilt. Homogenisierungsbeträge- oder faktoren werden in der Regel nur dann abgelegt, wenn sie auf dem 95%-Niveau statistisch signifikant sind. Unter Homogenisierungsbeträgen versteht man im Falle von Shifts diejenigen Werte, die bei additiven Parametern zu Sub-Perioden addiert werden müssen, um sie dem Niveau einer anderen Sub-Periode angleichen zu können. Bei multiplikativen Parametern werden Faktoren bestimmt, mit denen die Sub-Perioden zu multiplizieren sind. In THOMAS beziehen sich die abgelegten Beträge oder Faktoren von Shifts nicht auf ein vorher festgelegtes Homogenisierungsniveau, sondern beschreiben immer den Bezug zweier benachbarter Sub-Perioden zueinander. Nach Bereinigung aller Inhomogenitäten besteht somit grundsätzlich die Möglichkeit, homogene Reihen auf dem Niveau einer beliebigen homogenen Sub-Periode zu bestimmen. Die bestmögliche Schätzung von Beträgen oder Faktoren bei Shifts würde erzielt, wenn eine langjährige Periode von überlappenden Messungen (Parallelmessungen) vor oder nach dem Shift-Datum zur Verfügung stehen würde.

Da dies in der Praxis nur in seltenen Fällen vorkommt, müssen die Beträge oder Faktoren wie beim Testen mit Vergleichsstationen ermittelt werden. Es besteht in THOMAS aber zusätzlich auch die Möglichkeit, Beträge oder Faktoren für Shifts zu übernehmen, die ausserhalb des Tools bestimmt worden sind. Als Beispiel seien hier Korrekturbeträge für Quecksilberthermometer erwähnt, die durch gelegentliche Nullpunktweichung in Eiswasser ermittelt wurden und in der Stationsgeschichte festgehalten sind.

Im Falle von Trends sind mit Beträgen oder Faktoren diejenigen Werte gemeint, mit denen eine Sub-Periode der Testreihe verrechnet werden muss, um den darin enthaltenen künstlichen Trend zu entfernen. Parallelmessreihen für eine optimale Schätzung der Beträge oder Faktoren wären auch bei Trends ideal, liegen in der Praxis aber fast nie vor, da die Ursachen von Trends im Gegensatz zu denjenigen von Shifts kaum vorhersehbar sind.

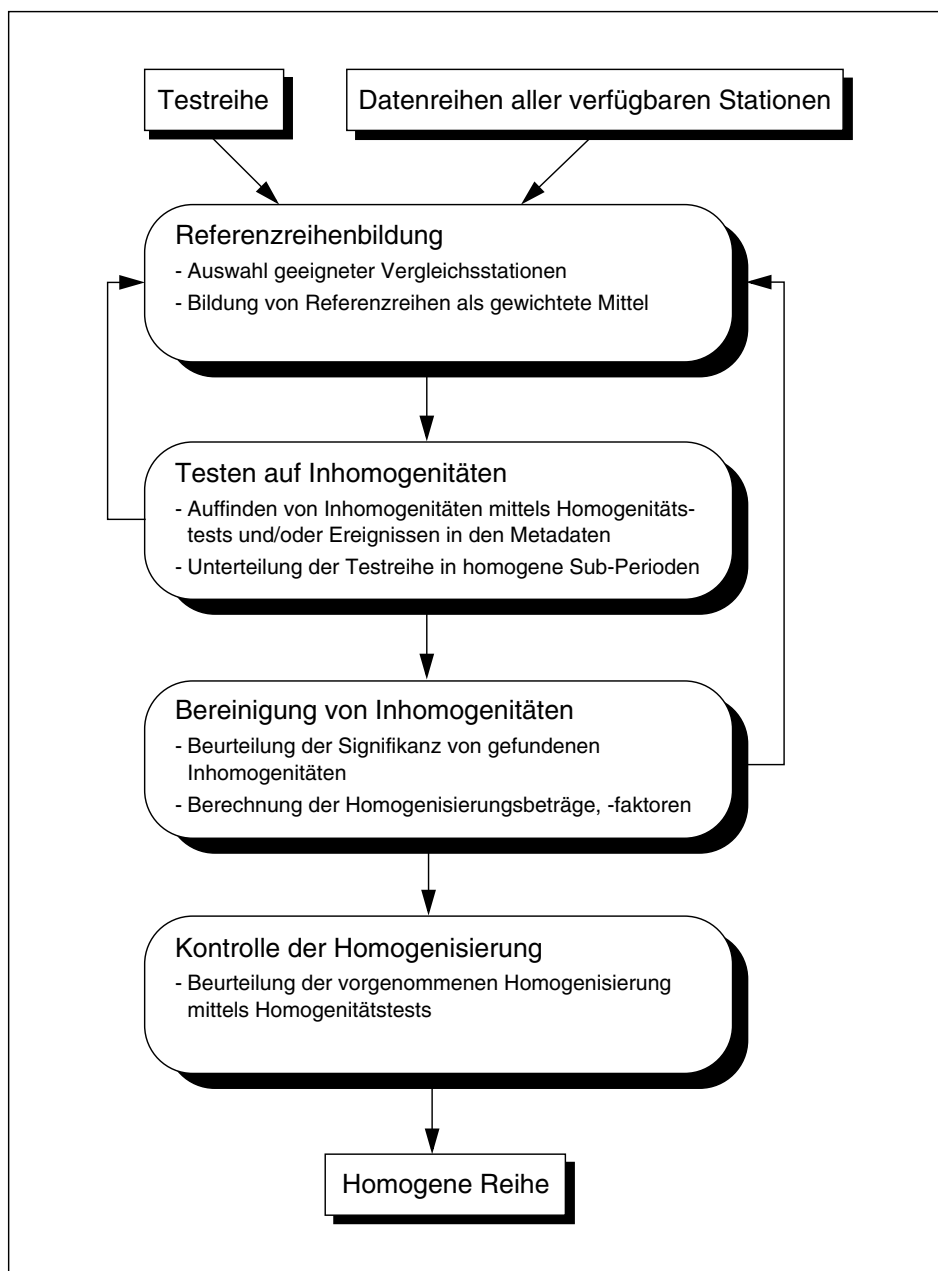


Abb. 3.2: Schema des Homogenisierungsablaufs in THOMAS

Als letzter Schritt ist in THOMAS eine Überprüfung der vorgenommenen Bereinigung einer Klimareihe vorgesehen. Dazu werden durch Verrechnung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren alle Sub-Perioden an das aktuelle Niveau angepasst. Die so entstandene homogene Reihe kann mit geeigneten Referenzreihen und den zur Verfügung stehenden Homogenitätstests abschliessend beurteilt werden.

Für alle in THOMAS verwendeten Methoden zur Auswahl von Vergleichsstationen und zur Beurteilung der Homogenität werden, wenn nicht anders erwähnt, saisonbereinigte Daten verwendet. Statistische Voraussetzungen wie Normalverteilung und Unabhängigkeit der Daten werden durch die Saisonbereinigung besser erfüllt. Den fraglichen Reihen werden dabei die saisonalen Schwankungen entfernt, indem von jedem einzelnen Monat der Mittelwert aller entsprechenden Monate subtrahiert, bzw. bei multiplikativen Parametern jeder Monat durch das Mittel aller entsprechenden Monate dividiert wird. Die so entstandenen saisonbereinigten Datenreihen beinhalten unabhängig vom Monat nur noch die klimatologischen Schwankungen und streuen um Null bzw. Eins.

$$X_i = x_i - \bar{x}_j \qquad X_i = \frac{x_i}{\bar{x}_j} \qquad (3.1)$$

wobei: X_i = saisonbereinigter Monatswert
 x_i = Monatswert
 \bar{x}_j = arithmetisches Mittel aller Beobachtungen des gleichen Monats

Beim Einsatz statistischer Verfahren in THOMAS wurden neben parametrischen wenn immer möglich auch robuste nicht-parametrische Verfahren implementiert, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Daten die statistischen Voraussetzungen parametrischer Verfahren nicht immer erfüllen. Die Resultate können verglichen und entsprechende Schlüsse für das weitere Vorgehen daraus gezogen werden. Wenn nicht anders erwähnt, wurde zur Beurteilung der Resultaten statistischer Tests immer das 95%-Signifikanzniveau verwendet.

3.3.2 Referenzreihenbildung

Die Bildung der Referenzreihen ist der wichtigste Schritt in der Homogenisierungsarbeit, denn die Referenzreihen haben grossen Einfluss auf die Resultate der Homogenitätstests und die Grösse der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren. Bei der Auswahl von Vergleichsstationen zur Bildung von Referenzreihen sind deshalb v.a. zwei Kriterien wichtig. Erstens muss die klimatologische Entwicklung in den Datenreihen der Vergleichsstationen derjenigen in der Testreihe entsprechen. Die Wahl von Stationen mit abweichendem Klimasignal kann zu hochfrequentem Rauschen in der q-Reihe führen, welches die Fähigkeit der Homogenitätstests zur Detektion einer Inhomogenität in der Testreihe vermindert oder unterbindet. Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Homogenitätstests Inhomogenitäten anzeigen, die in der Testreihe nicht existieren, sondern ausschliesslich durch andere Klimasignale entstehen. Als zweites Kriterium dürfen die Datenreihen der Vergleichsstationen keine grösseren Inhomogenitäten enthalten. Auch dies würde zu falschen Schlussfolgerungen bei der Interpretation der Testresultate führen. Insbesondere auch in Fällen, wo die Inhomogenitäten zur gleichen Zeit vorliegen wie in der Testreihe. In THOMAS stehen mehrere Instrumente zur Verfügung, um Vergleichsstationen auszuwählen, welche die zwei Kriterien erfüllen. Es wird dabei zuerst nach klimatologisch ähnlichen Klimareihen gesucht, um davon anschliessend diejenigen auszuwählen, die selber keine grösseren Inhomogenitäten beinhalten.

Um Klimareihen mit gleichem Klimasignal auszumachen, müssen die entsprechenden Stationen innerhalb eines Gebietes gewählt werden, in dem die klimatische Entwicklung homogen verlaufen ist. Eine ein-

fache Abhängigkeit von der Distanz könnte in einem gebirgigen Land wie der Schweiz zur Wahl von ungeeigneten Stationen führen, denn aufgrund der Topographie können Stationen mit unterschiedlichen Klimavariationen nahe beieinander liegen. Die entscheidende Rolle bei der Auswahl der Stationen zur Bildung einer Referenzreihe spielt eine positive Korrelation zwischen der Datenreihe der Teststation und denjenigen der Vergleichsstationen. Peterson und Easterling (1994) haben gezeigt, dass die Verwendung von Originaldaten dabei zu falschen Schlussfolgerungen führen kann, weil Inhomogenitäten in den Reihen die Korrelationskoeffizienten stark beeinflussen können. Wenn in den Reihen der Vergleichsstationen z.B. ähnliche Inhomogenitäten vorhanden sind wie in der Testreihe, ergeben sich höhere Korrelationen, als dies bei homogenen Vergleichsreihen der Fall wäre. Bei stark differierenden Inhomogenitäten in den Vergleichsreihen ergeben sich umgekehrt schlechtere Korrelationskoeffizienten. Die Korrelationsanalyse mit den Originaldaten führt demnach nicht zur Auswahl der klimatologisch ähnlichsten Vergleichsstationen. Peterson und Easterling korrelieren aus diesem Grund nicht die originalen Datenreihen, sondern verwenden die Veränderungen in den Daten pro Zeiteinheit, die sogenannten dX/dt -Reihen zur Identifikation der besten Stationen. Analog der Verwendung von Differenzen bei additiven Parametern können für multiplikative Parameter wiederum die Quotienten gebildet werden.

$$(dX/dt)_i = X_{i+1} - X_i \quad (dX/dt)_i = \frac{X_{i+1}}{X_i} \quad (3.2)$$

wobei: X_i = saisonbereinigter Monatswert
 dt = 1 Monat

Der Einfluss einer Shift-Inhomogenität beschränkt sich in der dX/dt -Reihe darauf, dass ein einziger Wert der Reihe vom Resultat abweicht, das man mit homogenen Daten erhalten hätte, während in den Originaldaten alle Jahre nach der Inhomogenität beeinflusst sind. Durch die Korrelation der dX/dt -Reihen zeigt sich klarer, welche Vergleichsstationen im Verhältnis zur Testreihe klimatologisch ähnlich sind.

Abbildung 3.3 zeigt am Beispiel der Temperaturreihe der Teststation Cimetta und ihrer potentiellen Vergleichsstationen Locarno-Monti, Piotta und Simplon Dorf die Korrelationsanalyse, wie sie in THOMAS implementiert ist. Dargestellt werden auf der linken Seite die desaisonalisierten und geglätteten Datenreihen der Teststation im Vergleich mit je einer Vergleichsstation. Die Glättung erfolgt durch die Berechnung eines gleitenden 12-jährigen Mittels. Aufgrund der Desaisonalisierung streuen die Kurven von Stationen mit ursprünglich unterschiedlichen Mittelwerten um Null und liegen somit übereinander. Die Grafiken erlauben einen visuellen Vergleich von Teststation und Vergleichsstationen. Gute Korrelationen können bereits aus der graphischen Darstellung der Reihen erahnt werden, wobei aber allfällige Inhomogenitäten das Bild stören können. Im gezeigten Beispiel sind die Abweichungen zwischen den Kurven jedoch nur auf klimatologische Variabilitäten zurückzuführen. Die Temperaturreihen der Test- und der Vergleichsstationen enthalten keine Inhomogenitäten. Auf der rechten Seite zeigt Abbildung 3.3 die entsprechenden Streudiagramme der dX/dt -Reihen mit den Resultaten der Produkte-Moment-Korrelation nach Pearson und der Rang-Korrelation nach Spearman. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ist normalerweise etwas grösser, setzt aber Normalverteilung der Daten voraus und zeigt sich anfällig auf Ausreisser. Deshalb wird zusätzlich der robuste Rang-Korrelationskoeffizient nach Spearman bestimmt. Weichen die beiden Koeffizienten stärker voneinander ab, so muss für die Wahl geeigneter Vergleichsstationen der Spearman-Koeffizient verwendet werden. Dies gilt insbesondere bei der Bearbeitung von multiplikativen Parametern, da in diesem Fall aufgrund der Verteilung der Daten die Voraussetzungen für die Pearson-Korrelation nicht erfüllt sind. Im Beispiel der Temperaturreihe von Cimetta können beide Koeffizienten verwendet werden und führen auch zum selben Resultat: Die Station Simplon Dorf ist die klimatologisch

beste Vergleichsstation. Das Beispiel macht deutlich, dass im Falle der Temperatur eine ähnliche Höhenlage entscheidender ist für eine gute Korrelation als die räumliche Nähe. Die Station Cimetta liegt auf 1672 m ü.M. und Simplon Dorf auf 1495 m ü.M., während Piotta auf 1007 m ü.M. und Locarno-Monti, die nächstgelegene Station, nur auf 366 m ü.M. liegt.

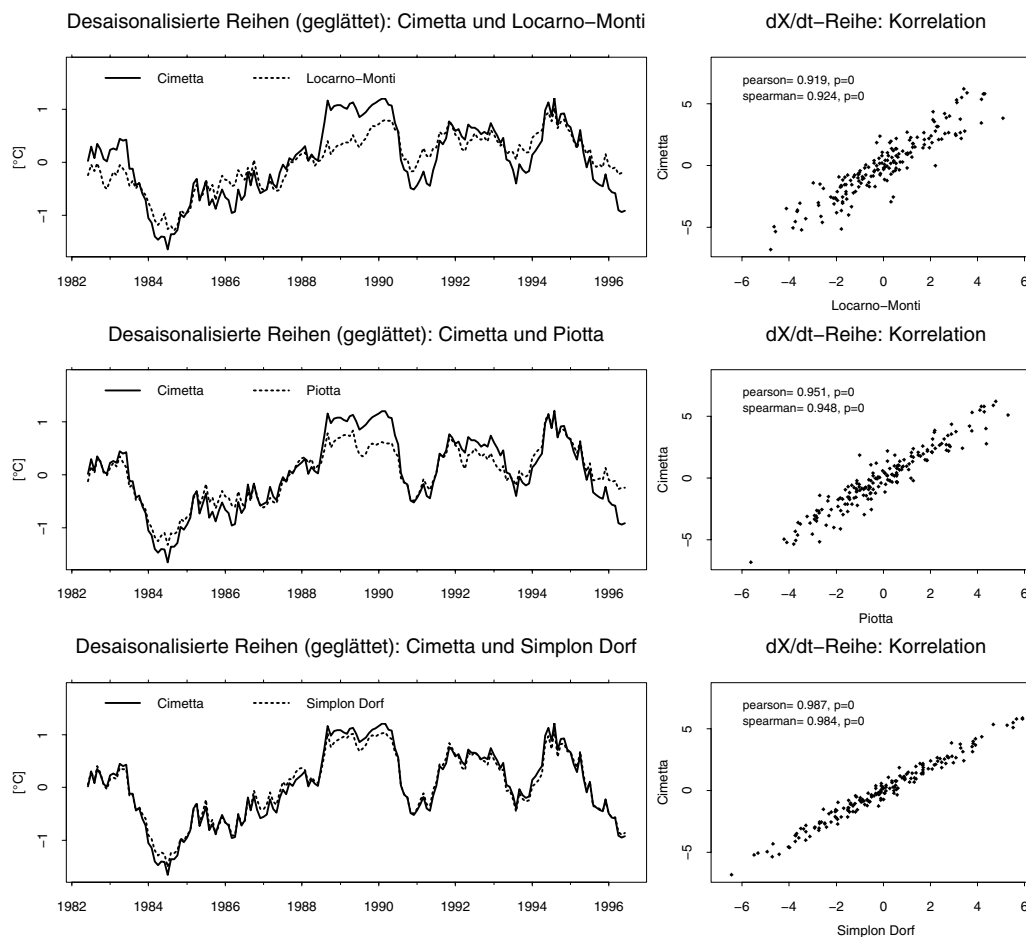


Abb. 3.3: Korrelationsanalyse zur Bestimmung geeigneter Vergleichsstationen, wie sie in THOMAS implementiert ist, am Beispiel der Temperaturreihe der Station Cimetta von 1982 bis 1996 und dreier potentieller Vergleichsstationen. Auf der linken Seite sind die gleitenden 12-jährigen Mittel der saisonbereinigten Daten dargestellt. Die rechte Seite zeigt die entsprechenden Streudiagramme der dX/dt -Reihen sowie deren Pearson- und Spearman-Korrelationskoeffizienten inkl. p-Wert.

In einem zweiten Schritt müssen aus den als klimatologisch ähnlich befundenen Vergleichsstationen diejenigen ausgewählt werden, deren Datenreihen keine grösseren Inhomogenitäten enthalten. Die Analyse muss sich ausschliesslich auf grössere Shifts und Trends beschränken, da eine detailliertere Betrachtung nur mit relativen Homogenitätstests möglich ist, deren Voraussetzung aber die guten Vergleichsstationen sind, die gesucht werden. Kleinere Inhomogenitäten stellen jedoch kein Problem dar, da ihr Einfluss nach der Bildung einer Referenzreihe als gewichtetes Mittel verschiedener Vergleichsstationen vernachlässigbar klein wird. Zur Beurteilung der Vergleichsstationen bezüglich grösserer Inhomogenitäten stehen in THOMAS ein absoluter Homogenitätstest und zwei grafische Methoden, basierend auf kumulierten Summen, zur Verfügung. Der Homogenitätstest wurde von Lanzante (1996) entwickelt und benötigt keine Referenzreihe (vgl. Kapitel 3.3.3.1). Die grafischen Methoden beruhen auf einem Vorschlag von Rhoades und Salinger (1993). Einerseits werden dabei die saisonbereinigten Datenreihen aller beteiligten Statio-

nen als kumulative Summenkurven untereinander in einer Grafik dargestellt. Knicke in den Kurven, die nicht bei allen Stationen auftreten, deuten auf eine Shift-Inhomogenität in der entsprechenden Reihe hin. Andererseits werden die kumulierten Differenzen zwischen zwei Stationen aufgetragen, um die Unterschiede zwischen den Stationen grafisch auffälliger darzustellen. In der Praxis hat sich die zweite Methode als stärkstes Instrument zur Detektion von Inhomogenitäten in Klimareihen der Vergleichsstationen erwiesen und soll deshalb genauer vorgestellt werden. Die zwei anderen Methoden sind in THOMAS zwar implementiert, können aber keinen zusätzlichen Beitrag bei der Beurteilung der Vergleichsstationen leisten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich Schwankungen aufgrund von Klimavariabilität und Inhomogenitäten nur schlecht auseinander halten lassen.

Die verwendete grafische Beurteilung von Klimareihen bezüglich grösserer Inhomogenitäten nach Rhoades und Salinger beruht auf der parallelen Darstellung der kumulierten Differenzen zwischen einer der beteiligten Stationen (Zielstation) und allen anderen Stationen. Die Darstellung wird für jede der beteiligten Stationen gemacht. Durch die Verwendung von saisonbereinigten Daten nach Formel 3.1 wird sichergestellt, dass die einzelnen Kurven am Ende der gewählten Zeitperiode wieder gegen Null streben und sich somit eine bessere Vergleichbarkeit ergibt. Bei multiplikativen Parametern werden anstelle der Differenzen die Logarithmen der Quotienten kumuliert. Aus dem Verlauf der einzelnen Kurven im Vergleich mit den Nachbarkurven sind nun Rückschlüsse auf die Homogenität der Klimareihen der einzelnen Stationen möglich. Shift-Inhomogenitäten in der Datenreihe einer Station ergeben plötzliche Steigungsänderungen (Knicke) in den Kurven, an denen die entsprechende Station beteiligt ist. Trend-Inhomogenitäten führen zu konkaven oder konvexen Kurvenverläufen (Bögen). Beim Vergleich von homogenen Datenreihen verschiedener Stationen aus derselben Klimaregion ergeben sich hingegen mehr oder weniger horizontale Kurven mit kleineren Schwankungen. Knicke oder Bögen, die in allen Kurven einer Zielstation gleichzeitig auftreten, weisen auf eine Inhomogenität in der Datenreihe dieser Zielstation hin.

Abbildung 3.4 zeigt wiederum am Beispiel der Temperaturreihe von Cimetta zwischen 1982 und 1996 die grafische Darstellung der kumulierten Differenzen, wie sie in THOMAS implementiert ist. Gezeigt ist jedoch nur der Vergleich zwischen Cimetta und den potentiellen Vergleichsstationen (nicht jeder Station mit allen anderen). Deutlich zu sehen sind die fast horizontalen Kurvenverläufe der Differenzen mit Simplon Dorf, San Bernardino und Piotta. Die Reihen aller drei Vergleichsstationen enthalten demnach ebensowenig grössere Inhomogenitäten wie die Reihe von Cimetta selbst. Auch Locarno-Monti und Lugano sind homogen. Die grössere Variabilität der Kurven weist aber darauf hin, dass das Klimasignal in den Klimareihen dieser Stationen nicht genau demjenigen in den Reihen der höhergelegenen Stationen entspricht. Anders ist die Situation beim Vergleich von Cimetta mit Magadino. Die Kurve zeigt eine relativ grosse Amplitude mit einer Umkehr der allgemeinen Steigung (Knick) um 1991. Da dieser Befund nur im Vergleich mit Magadino auftritt, liegt der Verdacht nahe, dass er nicht auf ein Problem in der Reihe von Cimetta, sondern in der Reihe von Magadino hindeutet. Bei einem Vergleich von Magadino mit allen anderen Stationen zeigt sich dieser Knick denn auch in allen kummulierten Differenzenreihen. Er deutet auf eine Inhomogenität in der Temperaturreihe der Station Magadino zu Beginn der 90er Jahre hin, was die Verwendung von Magadino als Vergleichsstation zur Homogenisierung der Temperaturreihe von Cimetta ausschliesst.

Nach der Auswahl geeigneter Vergleichsstationen folgt schliesslich die eigentliche Referenzreihenbildung. Die Referenzreihe wird als gewichtetes Mittel aus den Originaldaten der gewählten Vergleichsstationen berechnet. Als Gewichte dienen die quadrierten Korrelationskoeffizienten aus der Korrelation der dX/dt -Reihen der Vergleichsstationen mit derjenigen der Teststation. Im Falle von additiven Parametern wird der Pearson-Korrelationskoeffizient benutzt, während bei multiplikativen Parametern der Spearman-Korrelationskoeffizient Verwendung findet. Es besteht die Möglichkeit eine Referenzreihe aus unter-

schiedlich langen Datenreihen zu bilden. Um keine künstlichen Shifts in der Referenzreihe zu erhalten, werden dabei die Reihen der Vergleichsstationen vor der Bildung des gewichteten Mittels normiert, indem ihre Mittelwerte an den Mittelwert aus allen Vergleichsstationen angepasst wird.

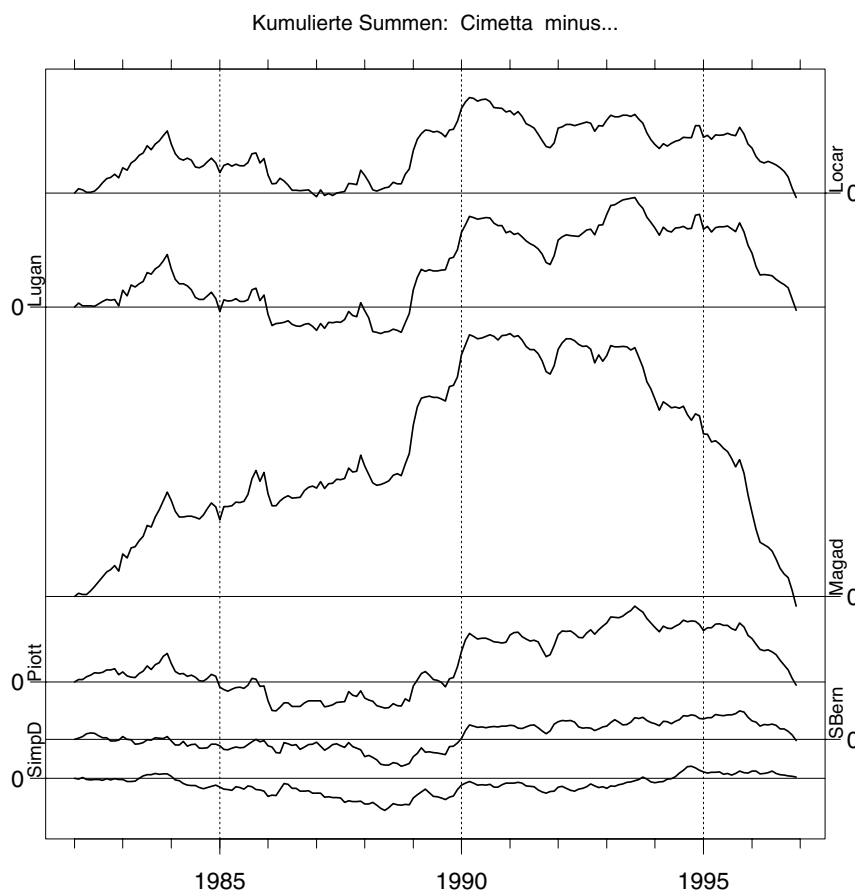


Abb. 3.4: Kumulierte Differenzen zwischen der Temperaturreihe von Cimetta und denjenigen von Locarno-Monti, Lugano, Magadino, Piotta, San Bernardino und Simplon Dorf. Die relativ grosse Amplitude von Cimetta minus Magadino weist auf eine Inhomogenität in der Reihe von Magadino um 1991 (Umkehr der Steigung) hin.

3.3.3 Testen auf Shift- und Trend-Inhomogenitäten

3.3.3.1 Statistische Methoden zur Homogenitätsprüfung

Zur Überprüfung der Homogenität von Klimareihen stehen eine Vielzahl mathematisch-statistischer Methoden zur Verfügung. Neben der Unterscheidung von absoluten und relativen Tests, muss auch eine Unterteilung in subjektive und objektive Methoden vorgenommen werden. Im Gegensatz zu den subjektiven liefern objektive Methoden eine Testgrösse, welche den Zeitpunkt einer allfälligen Inhomogenität angibt und Aussagen zur statistischen Signifikanz erlaubt. Die meisten von ihnen sind in der Lage Shift-Inhomogenitäten zu detektieren. Nur vereinzelte Tests haben aber die Fähigkeit, Varianz- oder Trend-Inhomogenitäten zu erkennen. Den meisten hier diskutierten objektiven Testmethoden liegt die Annahme zu Grunde, dass in der zu testenden Reihe nur eine Inhomogenität enthalten ist. Das Problem mit mehreren Inhomogenitäten kann methodisch mit dem Ansatz der iterativen Vorgehensweise gelöst werden.

Um die Fähigkeiten und Grenzen von objektiven Homogenitätstests zu untersuchen, müssen Simulationen unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden. Eine Untersuchung von Easterling und Peterson aus dem Jahre 1995 hat ergeben, dass von den damals vorhandenen Methoden der Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) nach Alexandersson (1986) beim Auffinden einer einzelnen Shift-Inhomogenität die besten Resultate liefert. Beim Auftreten zweier Shifts innerhalb relativ kurzer Zeit hingegen erwies sich ihre eigene Methodik als zuverlässiger. Untersuchungen an der MeteoSchweiz durch Bosshard (1996) und Baudenbacher (1997) kamen ebenfalls zum Schluss, dass der in der Zwischenzeit von Alexandersson und Moberg (1996) weiterentwickelte SNHT für Shift- und Trend-Inhomogenitäten beim Auffinden von einzelnen Inhomogenitäten die besten Resultate liefert. Verglichen mit den in der Praxis auftretenden Problemen können solche Untersuchungen allerdings nur eine beschränkte Anzahl von möglichen Szenarien simulieren, treten doch alle denkbaren Kombinationen von Shifts und Trends mit unterschiedlichsten Zeitabständen auf. Diese Einschränkungen und die Annahme, dass je nach Situation und Parameter ein anderer Test zu besseren Resultaten führen kann, haben zum Entscheid geführt, in THOMAS eine grössere Anzahl Tests zu implementieren. Ein Vergleich der Testresultate kann eine genauere Lokalisierung von Inhomogenitäten ermöglichen und stark abweichende Resultate können Zweifel an der Signifikanz einer Inhomogenität aufkommen lassen. Nach Durchsicht der Literatur zu Beginn des Projekts und entsprechend den Vorarbeiten auf dem Gebiet der Homogenisierung an der MeteoSchweiz wurden 12 verschiedene Homogenitätstests ausgewählt und in THOMAS implementiert. Alle verwendeten relativen Methoden setzen eine homogene Referenzreihe voraus. Methoden, die ohne diese Voraussetzung arbeiten, wie sie von Caussinus und Mestre (1996) oder Szentimrey (1994, 1995, 1996) vorgeschlagen werden, kamen im Projekt NORM90 nicht zum Einsatz. Einen Überblick und eine Kurzbeschreibung der verwendeten Methoden gibt Tabelle 3.1.

Mit einer Ausnahme kommen in THOMAS ausschliesslich relative Homogenitätstests zum Einsatz. Die meisten verwenden dabei eine q-Reihe (Differenzen oder Quotienten) oder eine lineare Regression zwischen Referenz- und Testreihe. Die drei implementierten subjektiven Methoden basieren auf grafischen Analysen ohne eine Signifikanzangabe zur Beurteilung einer möglichen Inhomogenität. Mit dem Test von Lanzante steht schliesslich eine Methode zur Verfügung, die keine Referenzreihe braucht. Der Einsatz mehrerer Tests gleichzeitig hat sich bewährt. Nicht bestätigt hat sich zwar die Annahme, dass ein bestimmter Test bei einem bestimmten Parameter zu den besten Resultaten führen würde. Oft war es aber der Vergleich der verschiedenen Testresultate, der eine Kombination verschiedener Inhomogenitäten zu entschlüsseln vermochte. Die subjektiven Methoden erwiesen sich in diesem Zusammenhang in den Händen erfahrener BearbeiterInnen als wertvolle Ergänzung.

Die meisten Tests setzen Normalverteilung der Eingangsdaten voraus. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, könnte die Angaben zur Signifikanz einer Inhomogenität zweifelhaft sein. Mit einem Quantile-Quantile Plot (QQ-Plot) können die Daten grafisch auf Normalverteilung überprüft werden. Die Quantile der Daten werden dabei gegen die Quantile der theoretischen Normalverteilung aufgetragen. Die resultierenden Punkte sollten bei Normalverteilung entlang einer geraden Linie zu liegen kommen. Sind die Eingangsdaten der Tests (Testreihe, Referenzreihe, q-Reihe) nicht normalverteilt, besteht die Möglichkeit einer Transformation. In THOMAS steht zu diesem Zweck die Box-Cox-Transformation zur Verfügung. Sie beeinflusst die Schiefe der Verteilung. Die Stärke der Transformation kann durch den Parameter λ beeinflusst werden, wobei $\lambda < 1$ die Schiefe reduziert und $\lambda > 1$ die Schiefe erhöht. Die Transformation ist wie folgt definiert:

$$y_i^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{(y_i^{(\lambda)} - 1)}{\lambda} & \text{wenn } \lambda \neq 0 \\ \log(y_i) & \text{wenn } \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Der Erfolg einer Transformation kann wiederum mit dem QQ-Plot beurteilt werden. Nach einer Transformation werden für alle objektiven Testmethoden mit Ausnahme des absoluten Tests nach Lanzante die transformierten Daten verwendet, wobei die q-Reihe nun immer als Differenzenreihe gebildet wird. Bei Lanzante wird die Signifikanz mit dem robusten Wilcoxon-Test geschätzt, der keine Normalverteilung der Daten voraussetzt. Es hat sich gezeigt, dass nur beim Niederschlag eine Transformation nötig war. Die additiven und die übrigen multiplikativen Parameter mussten nicht transformiert werden.

Tab. 3.1: Überblick zu den in THOMAS implementierten Homogenitätstests.

Test/Autor	Test auf Shift Varianz Trend	Objektive Methode	Kurzbeschreibung
Craddock (1979)	X X	nein	Der Test wurde zur Analyse von Niederschlagsdaten entwickelt und wird in THOMAS nur für multiplikative Parameter verwendet. Zu Testzwecken werden die normalisierten Differenzen zwischen der Test- und der Referenzreihe nach folgender Formel kumuliert: $S_i = S_{i-1} + X_i(\bar{y}/\bar{x}) - y_i$ wobei x die Referenzreihe, y die Testreihe, \bar{x} und \bar{y} die jeweiligen Mittelwerte über den gesamten Zeitraum darstellen. Änderungen in der Steigung der resultierenden Kurve deuten auf Shift-Inhomogenitäten hin. Konkave oder konvexe Kurvenverläufe lassen einen Trend vermuten. Der Test liefert keine Testgröße zur Bestimmung der Signifikanz und wird visuell beurteilt.
Potter (1981)	X	ja	Die Methode ist ein Likelihood-Verhältnis-Test zwischen der Annahme, dass die gesamte untersuchte Reihe dieselbe bivariate Normalverteilung aufweist und der Annahme, dass die Werte vor und nach dem Testzeitpunkt verschieden verteilt sind. Die Testgröße basiert grundsätzlich auf kumulierten Differenzen zwischen der Testreihe und einer Referenzreihe und ihr Maximum weist auf eine mögliche Inhomogenität in der Testreihe hin. Liegt das Maximum bei vorgegebenem Signifikanzniveau über dem durch Simulation gewonnenen kritischen Wert, muss von einem signifikanten Shift ausgegangen werden.
Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)-Gruppe nach Alexandersson und Mohberg (1986, 1996): SNHT1 SNHT2 SNHT3 Trend-SNHT	X X X X	ja ja ja ja	Der SNHT1 wurde 1986 für die Homogenisierung von Niederschlagsreihen entwickelt und beruht auf der Maximum-Likelihood-Methode. Die 1996 publizierten Weiterentwicklungen gehen von weniger vereinfachenden Annahmen aus (SNHT2) und ermöglichen die Beurteilung von Reihen mit Varianzinhomogenitäten (SNHT3) oder linearen Trends (Trend-SNHT). Getestet wird die q-Reihe, die in einem ersten Schritt standardisiert wird. In ihrer einfachsten Form ist die Teststatistik des SNHT das Maximum von T_i . $T_i = i(\bar{z}_1)^2 + (n-i)(\bar{z}_2)^2$ wobei \bar{z}_1 der Mittelwert der Daten zwischen 1 und i, \bar{z}_2 der Mittelwerte der Daten zwischen i und dem Ende n ist. Eine detektierte Inhomogenität ist dann signifikant, wenn die Testgröße T_i bei vorgegebenem Signifikanzniveau über ihrem kritischen Wert liegt. Während beim SNHT1 angenommen wird, dass die Varianz der standardisierten q-Reihe vor und nach einer Inhomogenität gleich 1 ist, entspricht sie beim SNHT2 einem etwas kleineren Wert. Es wird berücksichtigt, dass eine Inhomogenität die Varianz der gesamten Reihe erhöht. Beim SNHT3 werden die Varianzen vor und nach einem Shift separat aus den Daten geschätzt und beeinflussen die Teststatistik.

Test/Autor	Test auf		Objektive Methode	Kurzbeschreibung
	Shift	Varianz		
Kumulierte Residuen nach Lamarque (1993)	X		ja	<p>Analysiert werden kumulierte Residuen einer linearen Regression, die von der Testreihe Y nach der Referenzreihe X durchgeführt wird (nach BOIS (1986)). Eine Steigungsänderung in der Kurve deutet auf einen Shift in der Testreihe hin. Eine Konfidenzellipse erlaubt die Beurteilung der Signifikanz. Die Halbachsen a und b der Ellipse werden aus der Anzahl eingegangener Werte n, der Standardabweichung der Testreihe S_y und des Korrelationskoeffizienten r zwischen Test- und Referenzreihe bestimmt.</p> $a = n \quad b = \frac{n}{2 \cdot \sqrt{n-1}} \cdot \Theta^{-1} \cdot \frac{\alpha}{2} \cdot S_y \cdot \sqrt{1-r^2}$ <p>wobei Θ^{-1} die Umkehrfunktion der Gaussnormalverteilung und α das gewählte Signifikanzniveau darstellt.</p>
Kumulierte Differenzen nach Rhoades und Salinger (1993)	X	X	nein	<p>Zur Beurteilung der Homogenität einer Klimareihe werden die kumulierten Differenzen zu einer Referenzreihe gegenüber der Zeit grafisch dargestellt. Steigungsänderungen in der resultierenden Kurve deuten auf mögliche Shifts, konkave oder konvexe Verläufe auf mögliche Trends in der Testreihe hin. Es existiert kein Signifikanzkriterium. Der Test kommt in THOMAS bei additiven Parametern anstelle von Craddock zum Einsatz.</p>
Easterling und Peterson (1995)	X	(X)	ja	<p>Der Test basiert auf der linearen Regressionsanalyse, welche die q-Reihe als abhängige und die Zeit als unabhängige Variable benützt. Für jeden Wert der q-Reihe wird je eine Regression vor und nach diesem Zeitpunkt berechnet und die Summe der quadrierten Residuen (RRS) bestimmt. Der Zeitpunkt wo die Summe der RRS beider Teilregressionen (RSS_2) minimal ist, signalisiert eine mögliche Inhomogenität. Um die Signifikanz der Beschreibung mit zwei Teilregressionen gegenüber einer einzigen Regression über die gesamte Periode mit RSS_1 zu beurteilen, wird die Statistik von Solow (1987) mit</p> $U = \frac{RSS_1 - RSS_2}{3} \cdot \frac{n-4}{RSS_2}$ <p>verwendet. Mit Hilfe des Student's-t-Test wird zudem getestet, ob die Mittelwerte der q-Reihe vor und nach der potentiellen Inhomogenität signifikant voneinander verschieden sind. Obwohl der Test zur Detektion einer Shift-Inhomogenität entwickelt wurde, gibt er oft nützliche Hinweise zu Anfang und/oder Ende einer vorhandenen Trendperiode oder zu Steigungsänderungen innerhalb eines längeren Trends.</p>
Jaruskova (1996)	X		ja	<p>Der Test basiert auf einem Regressionsansatz zwischen der Test- und der Referenzreihe. Das log-Likelihood Verhältnis liefert die Teststatistik. Ein signifikanter change in mean liegt vor, wenn die maximale Testgröße T_k über ihrem kritischen Wert liegt.</p> $T_k > \beta_{1-\alpha} \left[\frac{1}{2}, \frac{(n-3)}{2} \right]$ <p>wobei $\beta_{1-\alpha}(p,q)$ das $(1-\alpha)$-Quantil der Betaverteilung mit den Parametern p und q ist. Bei $n > 100$ werden die kritischen Werte aus der asymptotischen Verteilung abgeleitet. Als einzige Methode bietet der Test nach Jaruskova die Möglichkeit die kritischen Werte bei autokorrelierten Daten (AR(1)) zu modifizieren.</p>
Lanzante (1996)	X	X	ja	<p>Der absolute Homogenitätstest basiert auf der robusten Rangsummen-Statistik nach Wilcoxon-Mann-Whitney. Die Testgröße SA_i, deren Maximalwert auf den Zeitpunkt einer möglichen Inhomogenität hinweist, berechnet sich nach</p> $SA_i = (2SR_i) - i(n+1) $ <p>wobei SR_i die Reihe der Rangsummen der Testreihe und n die Anzahl Werte darstellt. Die Signifikanz wird aufgrund des Wilcoxon Rangsummen-Tests ermittelt, wonach entschieden werden kann, ob der Median vor und nach $\max(SA_i)$ signifikant verschieden ist. Daneben können eine sogenannte signal-to-noise und signal-to-trend ratio ermittelt werden, welche u.a. die Unterscheidung von Shift- oder Trend-Inhomogenitäten erlauben.</p>
Darstellung der normierten q-Reihe	X	X	nein	<p>Einfache grafische Darstellung der q-Reihe. Die Werte werden vorgängig durch Subtraktion des Mittelwerts \bar{q} bei additiven Parametern und Division durch \bar{q} bei multiplikativen Parametern normiert. Die Darstellung gibt einen guten visuellen Eindruck bezüglich der Homogenität einer Reihe und kann bei der genauen Lokalisierung von Inhomogenitäten helfen. Die Signifikanz kann nicht beurteilt werden.</p>

Trend-Inhomogenitäten, verursacht beispielsweise durch Instrumentendrift oder Umgebungsveränderungen, sind im Allgemeinen schwieriger zu detektieren als Shift-Inhomogenitäten. Aus praktischen Gründen muss bei der Bearbeitung von allmählichen Veränderungen immer von linearen Trends ausgegangen werden, was in Realität nicht unbedingt zutreffen muss. Als einziger Test ist die Methode nach Alexandersson (Trend-SNHT) in der Lage, neben einem Signifikanzkriterium auch ein Anfangs- und Enddatum einer linearen Veränderung in der Testreihe zu bestimmen. Die übrigen objektiven Tests geben nur Hinweise auf Anfangs- oder Enddatum und bei den subjektiven Methoden müssen die Zeitpunkte aus den grafischen Darstellungen abgeleitet werden. Der Hinweis der Tests auf einen Trend bedeutet, dass die allmähliche Veränderung in der Test- und in der Referenzreihe nicht gleich verläuft und die q-Reihe somit einen Trend aufweist. Als zusätzliches Instrument zur Beurteilung eines vermuteten oder detektierten Trends besteht in THOMAS deshalb die Möglichkeit, eine lineare Regression von der q-Reihe nach der Zeit für einen beliebigen Zeitabschnitt zu berechnen. Die Signifikanz dieser Regressionsanalyse ist entscheidend dafür, ob ein Trend in der Testreihe schlussendlich korrigiert wird oder nicht. Neben der Methode der kleinsten Quadrate steht eine robuste Regressionsanalyse nach Heiberger und Becker (1992) zur Verfügung. Da diese allerdings kein Signifikanzkriterium liefert, wird nach einer Idee von Hennessy et al. (1999) zusätzlich der Kendall-Tau Test als robuster Schätzer der Korrelation verwendet. Diese Kombination ermöglicht eine robuste Beurteilung der Grösse einer linearen Veränderung und ihrer Signifikanz. Abbildung 3.5 zeigt die Regressionsanalyse der q-Reihe am Beispiel eines in der synthetischen Dampfdruck-Reihe der Station Comprovasco-Olivone entdeckten Trends.

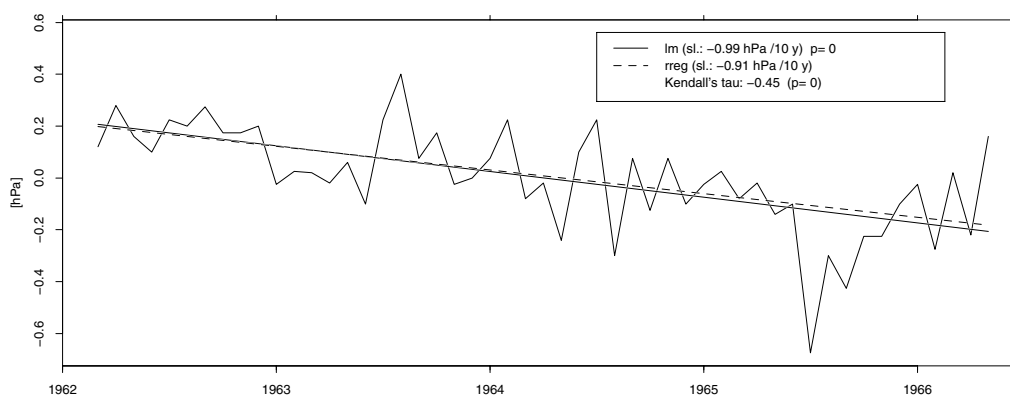


Abb. 3.5: Q-Reihe (Testreihe - Referenzreihe, beide saisonbereinigt) mit zwei verschiedenen linearen Regressionsgeraden gemäss Text (lm: Methode der kleinsten Quadrate, rreg: robuste Methode) am Beispiel eines in der synthetischen Dampfdruck-Reihe der Station Comprovasco-Olivone gefundenen Trends in der Periode 3.1962 bis 5.1966. Zusätzlich sind die Steigungen der Geraden (sl) und die p-Werte angegeben.

Beide Methoden weisen auf einen statistisch signifikanten Trend in der q-Reihe hin. Aufgrund des Kurvenverlaufs gegen Ende der Periode wird die Grösse des Trends von der Methode der kleinsten Quadrate etwas grösser geschätzt. Der Unterschied nach 4 Jahren beträgt allerdings nur 0.03 hPa. Bei grösseren Differenzen zwischen den Regressionen ist es angebracht, die Resultate der robusten Methode zur Homogenisierung der Testreihe zu verwenden.

3.3.3.2 Testen in THOMAS

Alle für das Testen auf Inhomogenitäten verfügbaren und benötigten Instrumente stehen in THOMAS innerhalb eines Fensters der Applikation zur Verfügung. Das Fenster ist in Abbildung 3.6 dargestellt. Die

iterative Suche nach Inhomogenitäten sowie die Erfassung und Dokumentation der gefundenen Probleme erfolgt ausschliesslich über dieses Interface. Die wichtigsten funktionellen Einheiten des Fensters sind im Folgenden aufgelistet (*kursive* Ausdrücke in Klammern nehmen Bezug auf die Abbildung):

- Grafische Darstellung der Testreihe, aller verfügbaren Referenzreihen und der bereits erfassten Shift- und Trend-Inhomogenitäten. Die Darstellung gibt auf einer Zeitachse einen schematischen Überblick zu den erfassten Shifts und Trends sowie den gebildeten Referenzreihen.
- Freie Wahl einer zu untersuchenden Periode (*Period*), einer Referenzreihe (*Reference Series*) sowie der zu berechnenden Homogenitätstests (*Graphs*). Neben der Angabe zur Transformations-Stärke (*lambda*) können im gleichen Sektor auch verschiedene Test-Optionen ausgewählt oder definiert werden.
- Regressionsanalyse (*Trend*) über eine ausgewählte Periode mit der Möglichkeit, einen statistisch signifikanten Trend in den Daten zu entfernen. Anschliessend kann ein beliebiger Teil der gesamten Reihe ohne den Trend erneut auf Inhomogenitäten getestet werden.
- Dokumentation der gefundenen Inhomogenitäten durch Erfassung des Datums, Zuweisung einer Ursachen-Kategorie und Eingabe eines Kommentars (*Inhomogeneities*). Trends werden durch Eingabe der Anfangs- und Enddaten als zwei Shifts in die Datenbank aufgenommen.

Abb. 3.6: Fenster "Testen auf Inhomogenitäten" der Applikation THOMAS.

Als Ergebnis eines Testlaufs für eine bestimmte Periode entsteht ein Postscript-File, das die Resultate der Homogenitätstests in grafischer und textlicher Form enthält und mit Ghostview auf dem Bildschirm angezeigt wird. Die Abbildungen 3.7 und 3.8 zeigen am Beispiel der Homogenitätstests von Alexandersson (SNHT2) und Easterling und Peterson einen Auszug aus einem Testresultat, das bei der Homogenisierung der Niederschlagsreihe von Genève entstanden ist. Getestet wurde die Periode von März 1962 bis Dezember 1997, die den Übergang von den konventionellen zu den automatischen Messungen auf Beginn des Jahres 1981 enthält. Beide Tests weisen auf einen statistisch klar signifikanten Shift zu diesem Zeitpunkt hin und verschätzen sich beim Datum lediglich um einen Monat. Die Präsentation der Testresultate enthält bewusst nicht nur Angaben zum Datum einer Inhomogenität und der statistischen Signifikanz, sondern zeigt auch den Verlauf der Testgrößen und/oder der q-Reihe in der untersuchten Periode. Diese Form der Darstellung kann bei der Beurteilung der Testresultate nützlich sein. Als Beispiel sei die Beurteilung einer Periode mit mehreren Inhomogenitäten erwähnt. Zwei Shifts mit gleicher Größenordnung können dazu führen, dass keiner von den objektiven Tests als statistisch signifikant angesehen wird. Am Verlauf der Testgrößen oder der q-Reihe lässt sich das Problem aber erkennen und die beiden Shifts können separat beurteilt werden.

Die Testresultate in den Abbildungen 3.7 und 3.8 machen deutlich, dass die Aussagen bezüglich dem genauen Datum selbst bei eindeutigen und statistisch hoch signifikanten Inhomogenitäten nicht exakt zutreffen müssen. Die Güte einer Datumsangabe ist von verschiedenen Faktoren wie der Grösse der Inhomogenität, dem Parameter und seiner räumlichen Variabilität sowie der Präsenz weiterer Inhomogenitäten in der Testreihe abhängig. Bei Parametern mit grosser räumlicher Variabilität, wie zum Beispiel dem Niederschlag, sind Abweichungen im Klimasignal von Test- und Referenzreihe nicht zu vermeiden. Treten solche Abweichungen genau zum Zeitpunkt einer Inhomogenität auf, können die Datumsangaben der Tests ungenau werden. Auf Hinweise aus der Stationsgeschichte kann deshalb bei der Interpretation der Testresultate nicht verzichtet werden. Ein weiteres Problem, das nur unter Einbezug der Metadaten gelöst werden kann, sind Shifts, bei denen sich keine Veränderung im Mittelwert der Testreihe, sondern nur in ihrem Jahresgang ergibt. Es hat sich gezeigt, dass auch der SNHT3 oft nicht in der Lage ist, entsprechende Fälle korrekt anzuzeigen. Aus diesem Grund müssen potentielle Inhomogenitäten, die aus der Analyse der Stationsgeschichte hervorgehen, aber von keinem Test als signifikant erachtet werden, in einem ersten Schritt ebenfalls erfasst und später mit der in Kapitel 3.3.4 vorgestellten Methodik beurteilt werden.

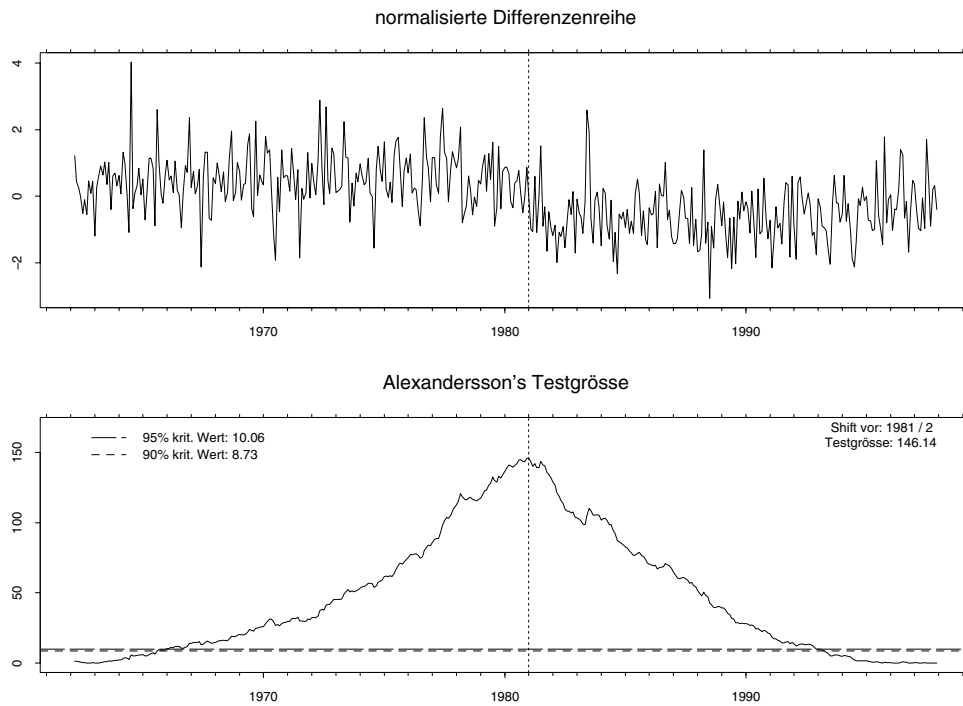


Abb. 3.7: Resultat des SNHT2 von Alexandersson für die Niederschlagsreihe von Genève in der Periode März 1962 bis Dezember 1997. Die verwendeten Daten wurden mit $\lambda=0.6$ transformiert. Der Test zeigt einen statistisch signifikanten Shift zu Beginn des Jahres 1981. Zu diesem Zeitpunkt wurde von den konventionellen auf die automatischen Messungen umgestellt.

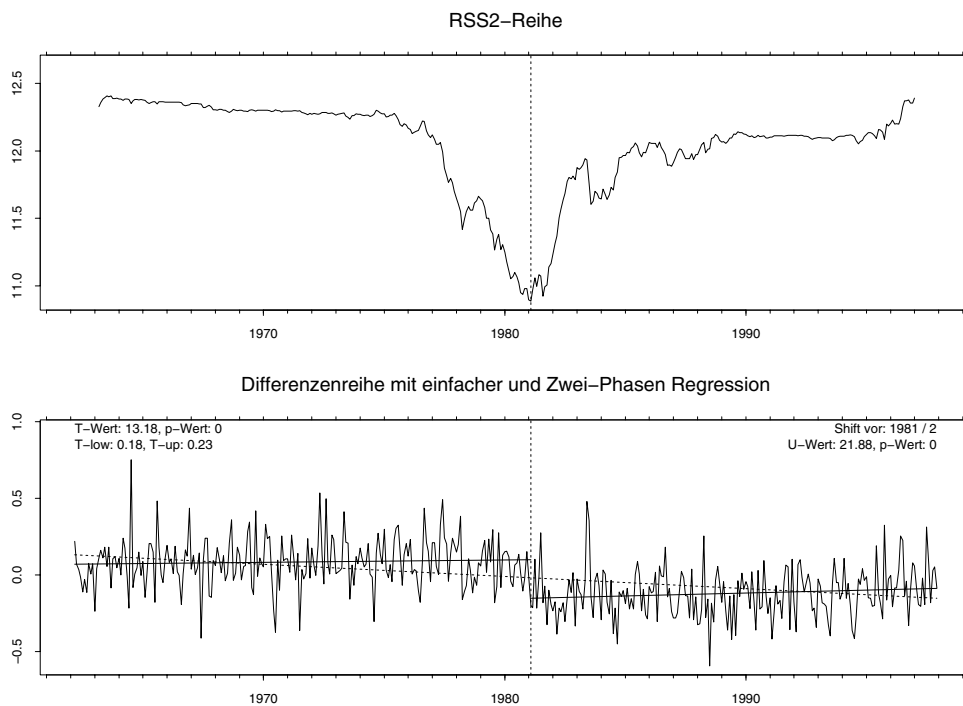


Abb. 3.8: Resultat des Homogenitätstests nach Easterling und Peterson für die Niederschlagsreihe von Genève in der Periode März 1962 bis Dezember 1997. Die verwendeten Daten wurden mit $\lambda=0.6$ transformiert. Der Test zeigt einen statistisch signifikanten Shift zu Beginn des Jahres 1981. Zu diesem Zeitpunkt wurde von den konventionellen auf die automatischen Messungen umgestellt.

3.3.4 Reduktion von Shift- und Trend-Inhomogenitäten

Nachdem alle potentiellen Inhomogenitäten einer Testreihe gefunden und festgehalten sind, folgt die Bestimmung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren. Erst in diesem Schritt wird entschieden, ob eine signifikante Inhomogenität vorliegt oder nicht. Die Bestimmung der Beträge oder Faktoren geschieht wie das Testen auf der Basis von Monatswerten. Für einige Anwendungen, wie die Berechnung von monatlichen Normwerten, der eine Auszählung von Tageswerten über oder unter einer bestimmten Limite zu Grunde liegt (Bsp. Tage mit Niederschlag > 0.9 mm), sind auch Homogenisierungen auf Tagesstufe gefordert. In solchen Fällen besteht in THOMAS die Möglichkeit, die berechneten monatlichen Beträge oder Faktoren auf Tagesstufe umzulegen. Die Bestimmung der monatlichen Beträge und Faktoren sowie deren Umlegung werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Sofern mehrere Referenzreihen für die Bearbeitung einer Inhomogenität zur Verfügung stehen, besteht der erste Schritt darin, die für die Bestimmung der Beträge und Faktoren geeignetste Referenzreihe auszuwählen. Karl und Williams (1987) haben zu diesem Zweck mehrere Kriterien beschrieben, die in THOMAS implementiert wurden. Die Auswahl erfolgt aufgrund von Korrelations- und Varianzanalysen, wobei die Referenzreihe möglichst gut mit der Testreihe korrelieren muss und die q-Reihe eine geringe Streuung zeigen soll. Bei Shifts sollte zudem die Varianz von Test- und Referenzreihe vor und nach der Inhomogenität möglichst gleich sein. In der Praxis kam diese Methodik nicht oft zum Einsatz, da die Güte einer Referenzreihe oft schon bei ihrer Bildung bekannt war und häufig nicht genügend Vergleichsstationen zur Verfügung standen, um mehrere gute Referenzreihen bilden zu können. Die Methodik ist deshalb hier nicht näher beschrieben.

3.3.4.1 Bestimmung der monatlichen Homogenisierungsbeträge und -faktoren für Trends

Die Existenz eines Trends in der Testreihe wird von der Tatsache abgeleitet, dass in der q-Reihe der saisonbereinigten Daten von Test- und Referenzreihe ein statistisch signifikanter Trend entdeckt worden ist. Ein Trend in der q-Reihe kann auf drei verschiedene Arten entstehen. Entweder liegt in der Testreihe oder der Referenzreihe oder beiden Reihen gleichzeitig eine allmähliche Zu- oder Abnahme der Werte im entsprechenden Zeitraum vor. Die Homogenisierungsarbeit besteht deshalb darin, den Trend der Testreihe an denjenigen der Referenzreihe anzupassen. Das Prinzip der Anpassung ist in Abbildung 3.9 grafisch dargestellt. Die Abkürzungen in den nachfolgenden Erläuterungen und Formeln beziehen sich auf die Abkürzungen in der Grafik und sind in ihrer Legende definiert.

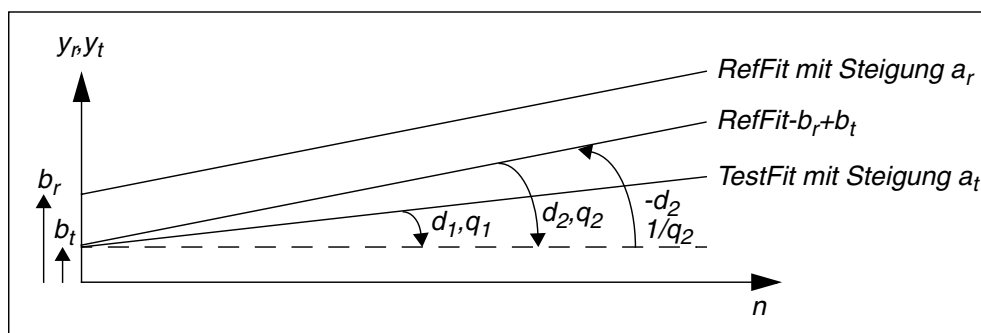


Abb. 3.9: Prinzip der Trendkorrektur, wobei Index r für Referenzreihe, Index t für Testreihe, RefFit für die Geradengleichung der Referenzreihe, TestFit für die Geradengleichung der Testreihe, a für die Steigung einer Geraden, b für den y-Achsen-Abschnitt und n für die Anzahl Werte mit $i=1,2,\dots,n$ steht. d und q entsprechen den Beträgen und Faktoren, die benötigt werden, um eine Gerade bei Pfeilanzfang in die Gerade bei Pfeilende umzurechnen.

Im additiven Fall berechnen sich die Beträge d_i zur Anpassung der Testreihe an die Referenzreihe wie folgt (Symbole vgl. Legende zu Abbildung 3.9):

$$d_{1,i} = \text{TestFit}_i - b_t \quad (3.4)$$

$$d_{2,i} = \text{RefFit}_i - b_r \quad (3.5)$$

$$d_i = d_{2,i} - d_{1,i} = \text{RefFit}_i - b_r - \text{TestFit}_i + b_t \quad (3.6)$$

Daraus ergeben sich die Homogenisierungsbeträge als Differenz der unterschiedlichen Steigungen a der Test- und der Referenzreihe:

$$d_i = a_r \cdot i - a_t \cdot i \quad (3.7)$$

Im multiplikativen Fall ergeben sich die Faktoren q_i wie folgt (Symbole vgl. Legende zu Abbildung 3.9):

$$q_{1,i} = \frac{b_t}{\text{TestFit}_i} \quad (3.8)$$

$$q_{2,i} = \frac{b_t}{\text{RefFit}_i - b_r + b_t} \quad (3.9)$$

$$q_i = \frac{q_{1,i}}{q_{2,i}} \quad (3.10)$$

Zur Bestimmung der Regressionsgeraden steht in THOMAS wie beim Testen neben der Methode der kleinsten Quadrate wiederum der erwähnte robuste Ansatz zur Verfügung. Es bleibt der bearbeitenden Person überlassen, je nach Differenzen zwischen den Resultaten die eine oder andere Methode zur Bestimmung der Beträge oder Faktoren zu verwenden.

3.3.4.2 Bestimmung der monatlichen Homogenisierungsbeträge und -faktoren für Shifts

Sofern zur Grösse von geschichtlich dokumentierten Inhomogenitäten keine Angaben aus anderer Quelle vorliegen oder wenn Shifts mit unbekannter Ursache bearbeitet werden müssen, werden die Homogenisierungsbeträge oder -faktoren aus der q -Reihe bestimmt. Dabei werden für jeden Monat die Mittelwerte der Differenzen- oder Quotientenreihe der Perioden q_a vor dem Shift-Datum und q_b nach dem Shift-Datum (Vergleichsperioden) miteinander verglichen. Der Student's-t-Test und der robuste Wilcoxon-Rangsummen-Test entscheiden, ob diese Mittelwerte statistisch signifikant voneinander verschieden sind. Im positiven Falle errechnen sich die Homogenisierungsbeträge oder -faktoren für die einzelnen Monate aus $\bar{q}_b - \bar{q}_a$ bzw. \bar{q}_b / \bar{q}_a . Die zeitliche Begrenzung der Vergleichsperioden hängt dabei einerseits von weiteren Inhomogenitäten in der Testreihe vor und nach dem Shift, und andererseits von allfälligen unterschiedlichen klimatischen Entwicklungen von Test- und Referenzreihe ab. Aus diesen Gründen kann die Länge von q_a und q_b unter Umständen derart eingeschränkt werden, dass ein Homogenisierungsbetrag oder -faktor als Mittel über alle Monate bestimmt werden muss, damit der Stichprobenumfang genügend

gross ist. Abbildung 3.10 zeigt die grafische Darstellung zur Beurteilung einer Shift-Inhomogenität, wie sie in THOMAS zur Verfügung steht, am Beispiel des Übergangs von den konventionellen zu den automatischen Messungen in der Reihe der mittleren Maximumtemperatur der Station Scuol im Januar 1981.

Deutlich zu sehen ist der ausgeprägte Jahresgang der geschätzten monatlichen Beträge mit rund minus 0.8 Grad im Winter und plus 0.5 Grad im Sommer. Die eingezeichneten Konfidenzintervalle des t-Tests erlauben Aussagen darüber, ob ein signifikanter Shift vorliegt und ob die einzelnen monatlichen Beträge oder Faktoren signifikant verschieden sind von ihrem mittleren Wert. Die p-Werte des Wilcoxon-Tests und die Angaben zur Länge der Vergleichsperioden helfen, die Vertrauenswürdigkeit der Resultate des t-Tests abzuschätzen. In der Praxis wird die grafische Darstellung wie folgt zur Entscheidungsfindung bei der Beurteilung einer Shift-Inhomogenität eingesetzt:

- Ist die Länge einer der beiden oder beider Vergleichsperioden sehr kurz, wird die Datenbasis zur statistischen Beurteilung der monatlichen Werte zu gering. In diesem Fall sollte ein mittlerer Betrag oder Faktor abgelegt werden, sofern dieser signifikant verschieden von Null ausfällt. Die minimale Länge einer Vergleichsperiode ist abhängig vom Parameter und schwankt zwischen ca. 3 Jahren beim Luftdruck und ca. 10 Jahren beim Niederschlag. Um zu verhindern, dass bei zwei kurz aufeinanderfolgenden Shifts beide mit je einer kurzen Vergleichsperiode bestimmt werden müssen, besteht in THOMAS die Möglichkeit, die längeren Perioden vor dem ersten und nach dem zweiten Shift direkt miteinander in Beziehung zu setzen. Dies wird als Überspringen einer kurzen Periode bezeichnet.
- Sind einzelne monatliche Beträge oder Faktoren aufgrund ihrer aus dem Student's-t-Test geschätzten Konfidenzintervalle signifikant verschieden vom mittleren Betrag oder Faktor, werden monatliche Werte abgelegt. Im streng statistischen Sinne dürften dabei nur diejenigen monatlichen Beträge verwendet werden, die auch signifikant verschieden von Null ausfallen. Im Beispiel von Abbildung 3.10 ergäbe dies für die Monate März sowie August bis November keine Beträge. Aus klimatologischer Sicht ist diese Beschränkung allerdings nicht haltbar und wurde deshalb in NORM90 nicht umgesetzt.
- Weichen die Resultate des t-Tests stark von denjenigen des Wilcoxon-Tests ab, muss die Interpretation der Resultate anhand der robusten Statistik vorgenommen werden.
- Monatliche Beträge oder Faktoren werden vor ihrer Ablage leicht geglättet. In der Regel wurde in NORM90 dazu ein in THOMAS implementierter Kernel-Filter mit einem Gauss-Kernel verwendet. Der Jahresgang der Beträge oder Faktoren erhält durch seinen Einsatz einen kontinuierlicheren Verlauf. Zwei weitere Glätter mit anderen Eigenschaften stehen in THOMAS ebenfalls zur Verfügung. Alle implementierten Glätter sind bei Bedarf in ihrer Stärke individuell verstellbar.

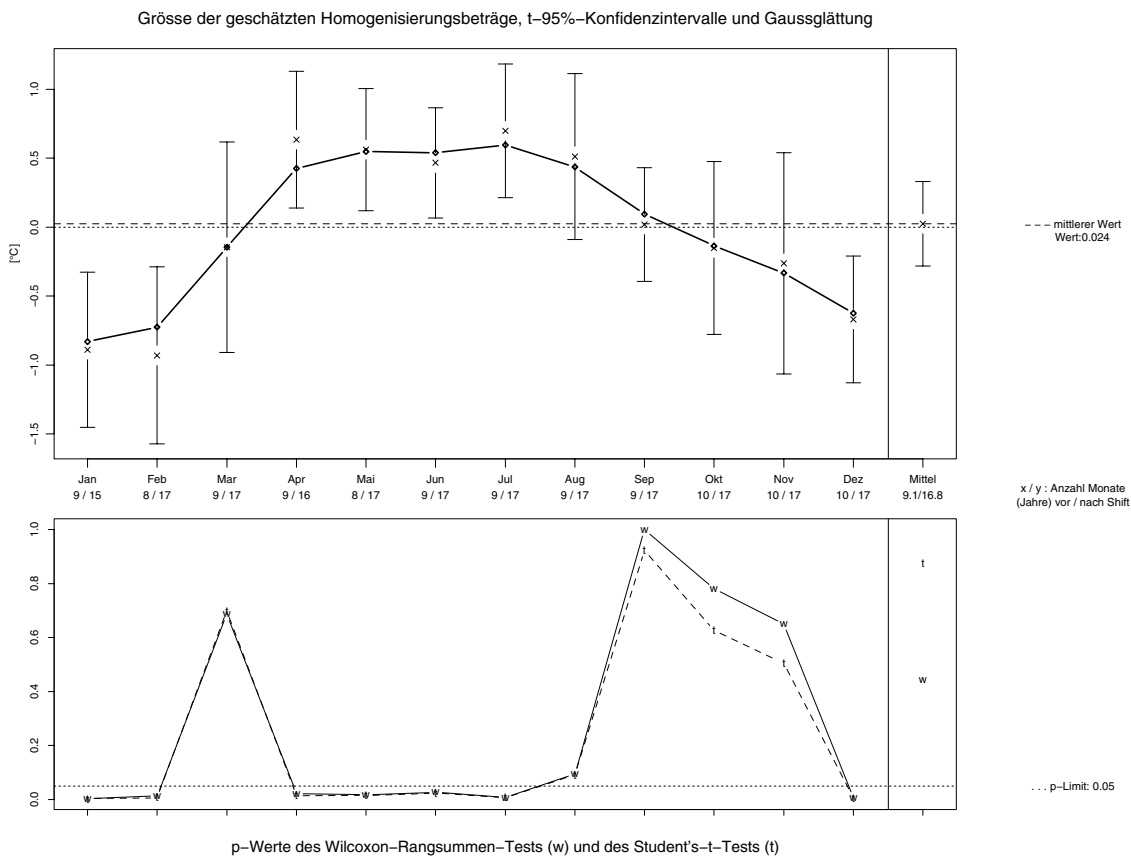


Abb. 3.10: Grafische Darstellung zur Beurteilung einer Shift-Inhomogenität, wie sie in THOMAS implementiert ist. Die obere Teilgrafik zeigt die aus der q-Reihe geschätzten Homogenisierungsbeträge und ihre mittels Student's-t-Test ermittelten Konfidenzintervalle. Die ausgezogene Linie stellt die mit einem Kernel-Filter (Gauss-Kernel) geglätteten monatlichen Beträge dar. In der unteren Teilgrafik sind die p-Werte der t-Tests und der Wilcoxon-Rangsummen-Tests für die einzelnen Monate und den mittleren Betrag dargestellt. Zwischen den einzelnen Grafiken ist die Anzahl der Monate angegeben, die zur Berechnung der Beträge verwendet werden konnten. Das Beispiel zeigt die Shift-Inhomogenität in der Reihe der mittleren Maximumtemperatur der Station Scuol, die durch den Übergang von den konventionellen zu den automatischen Messungen im Januar 1981 entstanden ist. Zur Bestimmung der Beträge wurde die Periode 9.1971 bis 12.1997 verwendet.

Je nach Güte der verwendeten Referenzreihe und abhängig vom Parameter können in der Differenzen- oder Quotientenreihe, die zur Bestimmung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren verwendet wird, deutliche Ausreisser vorhanden sein. Diese können die Resultate des t-Tests beeinträchtigen und zu Fehlern bei der Bestimmung der Beträge oder Faktoren führen. In Abbildung 3.11 sind die Differenzen zwischen der Test- und der Referenzreihe für die Monate Juli und August dargestellt, wie sie für das Beispiel von Scuol in Abbildung 3.10 ursprünglich zur Verfügung standen. Die Darstellung macht deutlich, dass die Monatsnummer 252 in der untersuchten Periode, die im vorliegenden Beispiel dem August 1992 entspricht, nicht ins allgemeine Bild der Differenzen passt. In THOMAS steht die Möglichkeit zur Verfügung, Ausreisser in der q-Reihe visuell in der Art von Abbildung 3.11 zu detektieren und von der Berechnung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren auszuschliessen. Insbesondere beim Niederschlag musste von dieser Möglichkeit des Öfters Gebrauch gemacht werden, da kleinräumige Unterschiede häufiger vorkommen als bei anderen Parametern.

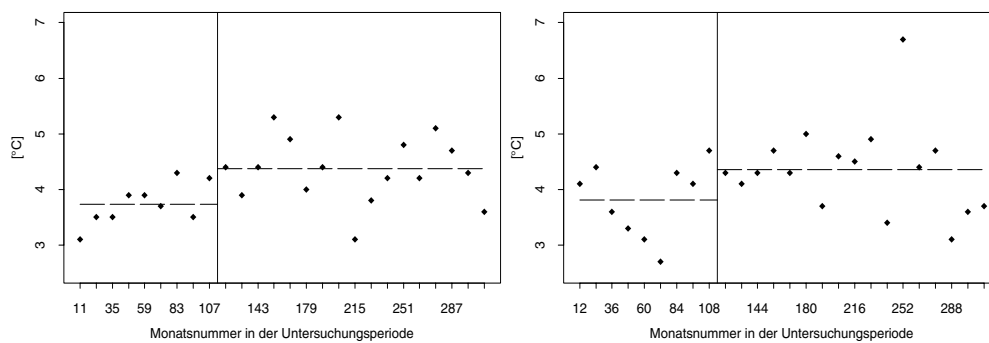


Abb. 3.11: Differenzen zwischen der Testreihe und einer Referenzreihe in den Monaten Juli und August, die zur Berechnung der Homogenisierungsbeträge verwendet werden, am Beispiel der Shift-Inhomogenität von Abbildung 3.10. Deutlich zu sehen ist der Ausreisser mit der Nummer 252, der in der verwendeten Periode 9.1971-12.1997 dem 8.1992 entspricht.

Alle für die Reduktion von Inhomogenitäten verfügbaren und benötigten Instrumente stehen in THOMAS wiederum innerhalb eines Fensters der Applikation zur Verfügung, wobei zwischen der Bearbeitung von Trends und Shifts hin und her gewechselt werden kann. Das Fenster zur Bearbeitung von Shifts ist in Abbildung 3.12 dargestellt. Die wichtigsten funktionellen Einheiten des Fensters sind im Folgenden aufgelistet (*kursive* Ausdrücke in Klammern nehmen Bezug auf die Abbildung):

- Grafische Darstellung der Testreihe, aller verfügbaren Referenzreihen und der erfassten Shifts und Trends. Aufgrund der Farbe lassen sich Inhomogenitäten, für die bereits Beträge oder Faktoren bestimmt worden sind, von den noch zu bearbeitenden Inhomogenitäten unterscheiden.
- Anzeige der Dokumentation, die beim Testen aufgenommen worden ist, separat für jeden Shift (*Shifts*).
- Auswahl- und Eingabefelder zur Steuerung der Berechnungen. Es bestehen folgende Möglichkeiten: Auswahl des zu bearbeitenden Shifts (*Shift date*), Definition der Vergleichsperioden (*Period before*, *Period after*), Auswahl einer Referenzreihe (*Reference Series*), Wahl eines Glätters (*Smooth, method*) und Angabe der Monatsnummern, die von der Berechnung ausgeschlossen werden sollen (*Values omit nr*).
- Berechnung der Beträge oder Faktoren und der statistischen Grössen zu ihrer Beurteilung (*Shift Graphs, View*) gemäss Abbildung 3.10.
- Speicherung der Beträge oder Faktoren (*Correction*) mit der Möglichkeit, eine Bemerkung dazu abzulegen (*Note*). Folgende Möglichkeiten stehen zur Auswahl: Ablage eines mittleren Werts (*Year*); Ablage von monatlichen Werten (*Month*) unter Angabe der Monate, die Beträge oder Faktoren erhalten sollen; Ablage einer Bemerkung ohne Werte (*No Correction*), falls sich eine aufgrund der Tests oder der Stationsgeschichte vermutete Inhomogenität als nicht signifikant erweist; Aufruf einer Eingabemaske zur Erfassung extern bestimmter Werte (*MANUAL*).

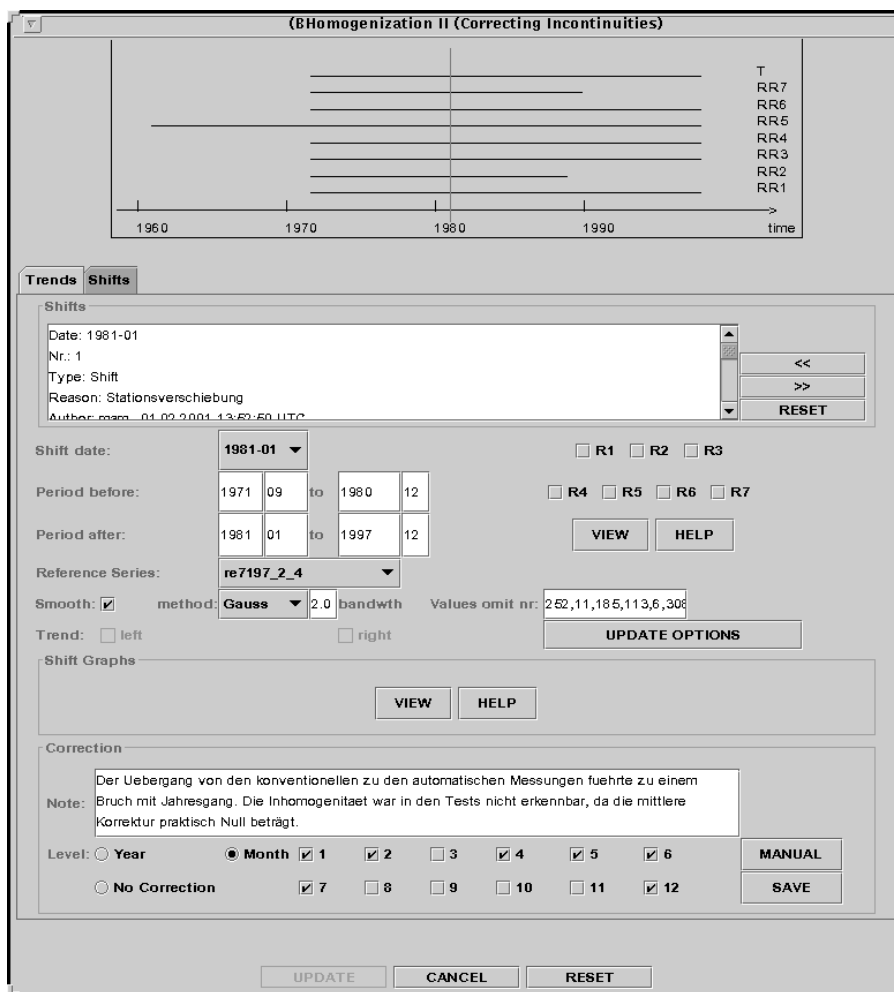


Abb. 3.12: Fenster "Bereinigung von Inhomogenitäten" der Applikation THOMAS.

3.3.4.3 Bestimmung von täglichen Homogenisierungsbeträgen und -faktoren

Für verschiedene klimatologische Auswertungen und Anwendungen sind neben homogenen Monatsreihen auch homogene Tageswert-Reihen von grosser Bedeutung. In THOMAS ist deshalb ein Verfahren implementiert, das erlaubt, die vorhandenen monatlichen Homogenisierungsbeträge und -faktoren der Temperatur und des Niederschlags auf Tagesstufe umzulegen. Die Beträge der Temperatur werden dabei anders umgelegt, als die Faktoren beim Niederschlag. Die Umlegung wurde einerseits verwendet, um die homogenisierten langen Temperatur- und Niederschlagsreihen ab 1864 auch auf Tagesstufe zur Verfügung stellen zu können. Andererseits wurde sie eingesetzt, um Normwerte der Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage sowie der Tage mit Niederschlag bestimmen zu können, die auf der Auszählung von homogenen Tageswert-Reihen beruhen.

Aufgrund der diskreten Verteilung von täglichen Niederschlagsmengen in der Zeit, können die monatlichen Faktoren von Shift-Inhomogenitäten ohne weitere Umformung auch für die entsprechenden Tage verwendet werden. Die Umlegung entspricht demnach einer simplen Verteilung der zwölf monatlichen Faktoren auf 366 Tage, wobei alle Tage eines Monats den entsprechenden monatlichen Faktor erhalten. Beim Übergang von einem Monat zum nächsten nehmen die täglichen Homogenisierungsfaktoren mit dieser Lösung zwar sprunghaft zu oder ab, was beim Niederschlag aber kein Problem darstellt.

Die Anwendung desselben Verfahrens könnte beim stetigen Verlauf der Temperatur zu “unnatürlichen” sprunghaften Monatsübergängen in der homogenen Tageswertreihe führen. Aus diesem Grund müssen die zwölf monatlichen Homogenisierungsbeträge von Shift-Inhomogenitäten so auf die 366 Tage des Jahres verteilt werden, dass die Übergänge von einem Betrag zum andern möglichst fließend geschehen. Als weiteres Kriterium gilt es zu beachten, dass die Monatsmittel der täglichen Beträge wiederum den zwölf ursprünglichen Beträgen entsprechen sollen, denn aus den homogenen Tageswerten sollen durch Aggregation die homogenen Monatswerte entstehen. Um beiden Vorgaben gerecht zu werden, wird zur Umlegung der Beträge folgendes Vorgehen gewählt: Ein kubischer Spline wird durch die kumulierte Summenkurve der zwölf monatlichen Homogenisierungsbeträge gelegt. Der Spline kann als Integral der 366 täglichen Beträge betrachtet werden, womit die eigentlichen Beträge aus der ersten Ableitung der Spline-Funktion hergeleitet werden können. Abbildung 3.13 zeigt das Resultat der Umlegung auf tägliche Beträge am Beispiel der Homogenisierungsbeträge, die für den Shift in der Reihe der mittleren Maximumtemperatur von Scuol im Januar 1981 ermittelt wurden (vgl. Abb. 3.10).

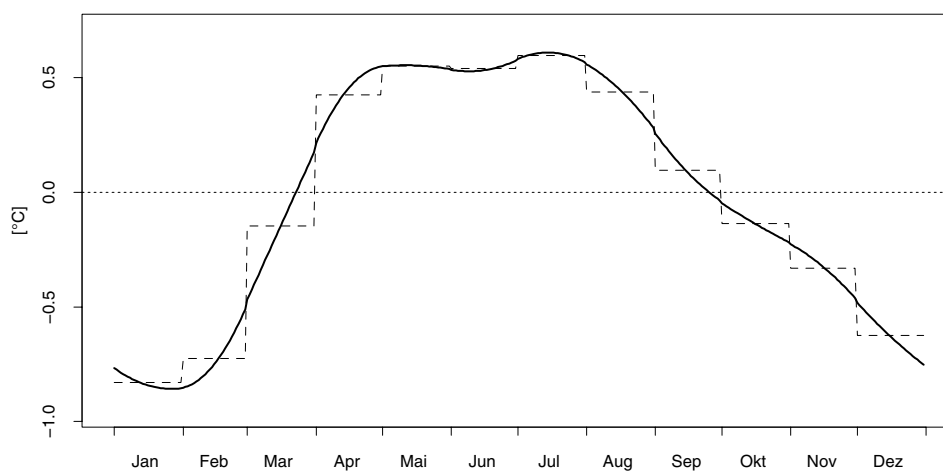


Abb. 3.13: Umlegung von zwölf monatlichen Homogenisierungsbeträgen (gestrichelte Linie) auf 366 tägliche Beträge (ausgezogene Linie) mittels kubischem Spline am Beispiel des Shifts in der Reihe der mittleren Maximumtemperatur von Scuol im Januar 1981 (vgl. Abb. 3.10).

Grundsätzlich können mit dieser Methodik des Umlegens die gewünschten Ergebnisse erzielt werden. Die Monatsübergänge erhalten einen sanften Übergang und die Aggregation der täglichen Beträge ergibt bis auf ± 0.1 °C wiederum die monatlichen Werte. In Einzelfällen können allerdings Kurvenverläufe entstehen, bei denen für einzelne Monate plausible Resultate vorstellbar sind. So ist im Beispiel von Abbildung 3.13 nicht ganz einsichtig, weshalb beim gegebenen Verlauf der Monatswerte die täglichen Beträge im Januar bis gegen Ende Monat kontinuierlich abnehmen sollen. In Anbetracht der überwiegenden Anzahl sinnvoller Resultate und der bescheidenen Grösse der vereinzelter Probleme, kann die Methodik aber als zweckmässig bezeichnet werden.

Das Umlegen der monatlichen Homogenisierungsbeträge oder -faktoren von Trend-Inhomogenitäten geschieht je nach Parameter ebenfalls in unterschiedlicher Weise. Während beim Niederschlag die monatlichen Faktoren wie bei einem Shift auf die Anzahl Tage des entsprechenden Monats verteilt werden, gilt es bei der Temperatur die abrupten Übergänge von einem Monat zum anderen wiederum etwas abzuschwächen. Die täglichen Beträge werden deshalb durch lineare Interpolationen zwischen den einzelnen monatlichen Beträgen bestimmt.

3.3.5 Kontrolle der Bearbeitung

Zur Kontrolle der abgeschlossenen Homogenisierung einer Klimareihe stehen alle im Laufe ihrer Bearbeitung gebildeten Referenzreihen und alle in THOMAS implementierten Homogenitätstests zur Verfügung. Auf der Basis der für jede Inhomogenität bestimmten Homogenisierungsbeträge oder -faktoren werden die homogenen Sub-Perioden der bearbeiteten Klimareihe auf das Niveau der aktuellsten Periode angeglichen (Verrechnen der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren). Die so entstandene homogene Reihe kann mit den Tests auf verbleibende Inhomogenitäten untersucht werden. Je nach Resultat müssen neue Shifts oder Trends aufgenommen oder bestehende Homogenisierungen nochmals überarbeitet werden. Abbildung 3.14 zeigt das Fenster zur Kontrolle der Bearbeitung am Beispiel der synthetischen Dampfdruck-Reihe von Comprovasco-Olivone. Der Aufbau des Fensters enthält folgende funktionelle Einheiten (*kursive* Ausdrücke in Klammern nehmen Bezug auf die Abbildung):

- Grafische Darstellung der auf das aktuelle Niveau verrechneten Homogenisierungsbeträge oder -faktoren. Im Beispiel von Abbildung 3.14 sind dabei die Übergänge in der synthetischen Reihe von Comprovasco nach Olivone Ende 1975 und zurück auf Beginn 1988 schön zu sehen.
- Wahl der zu untersuchenden Periode (*Period*), einer Referenzreihe (*Reference Series*) und der zu berechnenden Homogenitätstests (*Graphs*).
- Ablage von verrechneten Homogenisierungsbeträgen oder -faktoren (*Save*) unter Angabe eines Niveaus (*Null level*), auf das sie sich beziehen, und von abschliessenden Bemerkungen (*Note*) zur Bearbeitung der gesamten Klimareihe.

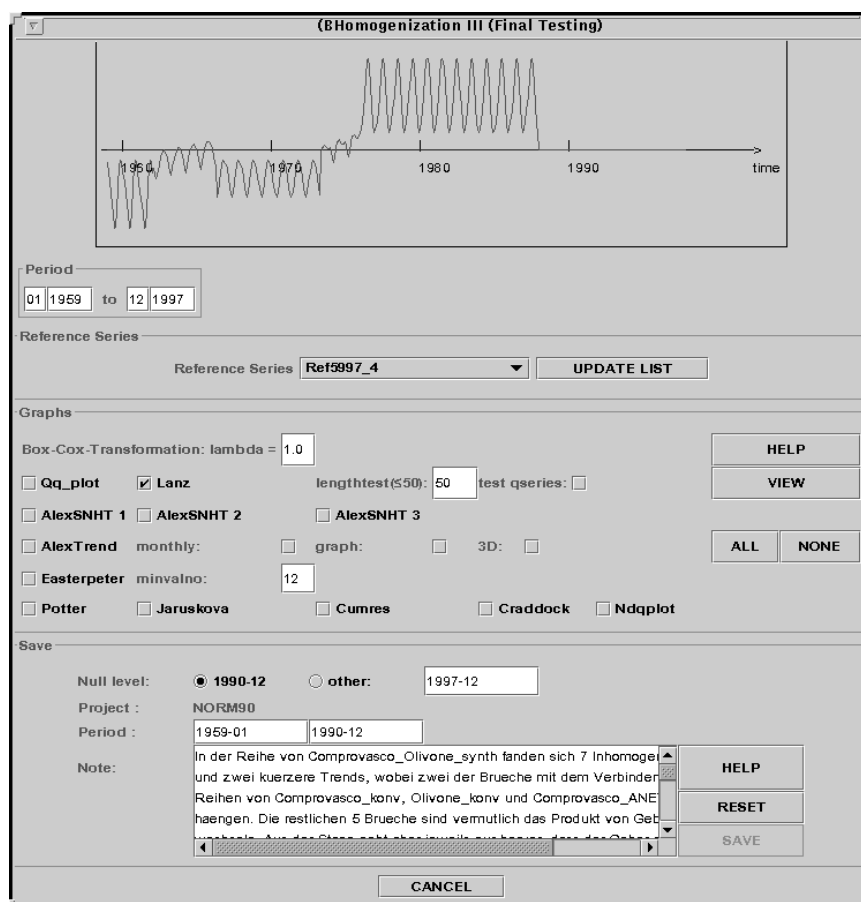


Abb. 3.14: Fenster "Kontrolle der Homogenisierung" der Applikation THOMAS.

3.4 Beurteilung der Methodik

Das standardisierte und für alle Parameter einheitliche Vorgehen bei der Homogenisierung hat sich in der Praxis von NORM90 grundsätzlich bewährt. Wichtige Voraussetzungen wie die Verwendbarkeit der Differenzen- oder Quotientenmethode zur Bestimmung der Beträge resp. Faktoren oder eine ausreichende Anzahl verwendbarer Vergleichsstationen sind für alle zu bearbeitenden Parameter gegeben. Inhomogenitäten können trotz ihrer unterschiedlichsten Ursachen und Kombinationen in den meisten Fällen zufriedenstellend bereinigt werden. Folgende wichtige Konsequenzen und Einschränkungen ergeben sich durch die Verwendung der beschriebenen Methodik:

- Die Beurteilung der geschätzten Beträge und Faktoren aufgrund statistischer Signifikanz führt dazu, dass die Grösse der detektierbaren Inhomogenitäten den Möglichkeiten angepasst werden, die sich aus den jeweiligen Rahmenbedingungen ergeben. Abhängig von der Dichte des Messnetzes, der räumlichen Variabilität des Parameters und der Topographie werden in einzelnen Gebieten kleinere Inhomogenitäten entdeckt und bearbeitet als in anderen Regionen.
- Mit der Methodik von THOMAS werden Inhomogenitäten unabhängig von ihren Ursachen durch den Vergleich mit einer Referenzreihe bearbeitet. Diese Unabhängigkeit zwischen Ursache und Homogenisierung bringt einige Vorteile mit sich. Zum Beispiel ergeben sich stationsspezifische Lösungen, wo solche nicht unbedingt vermutet würden und die mit anderen Ansätzen eher pauschal bearbeitet werden müssten. Vergleichsmessungen zwischen einem alten und einem neuen Instrumententyp sind beispielsweise selten von allen Stationen vorhanden, um die Auswirkungen auf die Homogenität der Reihen zu beurteilen. Ein Instrumentenwechsel kann aber von Station zu Station sehr wohl unterschiedliche Auswirkungen haben und eine Homogenisierung aufgrund einzelner vergleichender Studien könnte zu Fehlern führen. Des Weiteren wird es durch die Unabhängigkeit zwischen Ursache und Homogenisierung erst möglich, undokumentierte Inhomogenitäten zu bearbeiten. Als Nachteil muss in Kauf genommen werden, dass bei Inhomogenitäten, denen mehrere Ursachen zu Grunde liegen, die einzelnen Beiträge zu den resultierenden Beträgen oder Faktoren nicht quantifiziert werden können.
- Ein grosser Vorteil der verwendeten Methodik ist die Möglichkeit, undokumentierte Inhomogenitäten entdecken und bearbeiten zu können. Dabei besteht jedoch auch die Gefahr, dass reale Klimasignale ungewollt aus den Messreihen entfernt werden, falls sich die entsprechenden Parameter an den Vergleichsstationen nicht gleich entwickelt haben sollten (keine Quasikonstanz). Dieser Problematik wurde in NORM90 wie folgt Rechnung getragen: Undokumentierte Inhomogenitäten mussten sich durch mindestens zwei unabhängigen Referenzreihen bestätigen lassen. Die Vergleichsstationen der verschiedenen Referenzreihen wurden dabei so ausgewählt, dass meteorologische Faktoren als Ursache der detektierten Inhomogenität ausgeschlossen werden konnten. Undokumentierte Inhomogenitäten, insbesondere Trends, wurden grundsätzlich nur mit grosser Zurückhaltung bearbeitet.
- Inhomogenitäten, die in allen verfügbaren Klimareihen zum selben Zeitpunkt auftreten, können mit dem Prinzip der Referenzreihe nicht bearbeitet werden. Die entsprechenden Homogenisierungsbeträge oder -faktoren müssen ausserhalb von THOMAS mit einer anderen Methode bestimmt und anschliessend in die Applikation übernommen werden.
- Die Homogenisierung beruht auf Monatswerten. Bei der Umlegung auf Tagesstufe werden Beträge oder Faktoren, welche die mittlere Beziehung zweier Zustände zueinander beschreiben, auf höher aufgelöste Daten verteilt. Bei der Verwendung der so entstandenen homogenen Tagesreihen muss dieser Umstand berücksichtigt werden. Die Analyse von Einzelereignissen ist unzulässig.
- Trotz Standardisierung der Methodik ist ein gewisser Handlungsspielraum vorhanden, der Einfluss

auf die Homogenisierung einer Klimareihe haben kann. Daneben liegt es im Ermessen der bearbeitenden Person, abhängig vom Parameter, dem konkreten Problem und der Erfahrung mit dem entsprechenden Parameter von aufgestellten Grundsätzen und statistischen Vorgaben abzuweichen. Je nach Parameter und Situation kann es beispielsweise angebracht sein, monatliche Beträge oder Faktoren abzulegen, obwohl dies aus rein statistischer Sicht nicht haltbar ist. Handlungsspielraum und Ermessen sind nötig, um trotz Standardisierung des Vorgehens sinnvolle Lösungen für die Vielzahl von Problemen zu finden, die in den originalen Messdaten vorhanden sind. Da die Bearbeitung in THOMAS detailliert dokumentiert wird, stellt das Abweichen von Grundsätzen für die Nachvollziehbarkeit einer Bearbeitung kein Problem dar.

- Neben vielen Vorteilen bringt eine Standardisierung des Vorgehens natürlich auch Nachteile mit sich. Mit der Standardisierung ist es nicht mehr möglich, auf jedes Problem, das in einer Klimareihe entdeckt wird, die perfekte Antwort zu geben. Als Beispiel soll die Temperaturmessung an konventionellen Stationen in Zeiten nach der Einführung der Sommerzeit erwähnt werden. An einigen Stationen war es für die Beobachter nicht möglich, die Ablesung der Instrumente um eine Stunde zu verschieben. Aus diesem Grund wurden an den entsprechenden Orten Thermographen installiert, um die vom Beobachter zu einem falschen Zeitpunkt getätigten Messungen auf den geforderten Zeitpunkt reduzieren zu können. Im Falle einer Drift des Thermographen ergab sich in den Sommermonaten ein Trend zu höheren oder tieferen Werten, während die Wintermonate davon verschont blieben. Da in THOMAS eine Trendbereinigung auf einzelnen Monaten nicht vorgesehen ist, kann der vorliegende Fall nicht zufriedenstellend bearbeitet werden.

4 Parameterspezifische Erkenntnisse aus der Homogenisierung

Im Verlaufe der Homogenisierungsarbeit wurde deutlich, dass die einzelnen Parameter Eigenheiten bezüglich der Referenzreihenbildung, der Grössenordnung und Ursachen der einzelnen Inhomogenitäten sowie der Häufigkeit und Verteilung von Inhomogenitäten in der bearbeiteten Periode aufweisen. Die Erkenntnisse der Referenzreihenbildung und der Homogenisierung wurden standardisiert ausgewertet, damit sowohl Aussagen zu den einzelnen Parametern als auch parameterübergreifende Vergleiche möglich sind. Zudem werden in den folgenden Kapiteln die Ursachen und Besonderheiten der Shift- und Trend-Inhomogenitäten der jeweiligen Parameter detailliert beschrieben und erläutert.

4.1 Bildung der Referenzreihen

Bei der Suche nach Vergleichsstationen im Prozess der Referenzreihenbildung zeigte sich, dass sowohl zwischen den einzelnen Parametern als auch zwischen verschiedenen Regionen bei der Analyse eines Parameters zum Teil beträchtliche Unterschiede in der Stärke der Korrelation von Klimareihen bestehen. Tabelle 4.1 zeigt für alle mit THOMAS bearbeiteten Parameter die Korrelation nach Spearman zwischen ausgewählten Messstationen der 12 verschiedenen Klimaregionen und je einer Referenzreihe, bestehend aus den jeweils fünf besten Vergleichsstationen. Um die Koeffizienten miteinander vergleichen zu können, musste die Bildung dieser Referenzreihen standardisiert werden. Zu diesem Zweck wurden pro Messstation die fünf am besten korrelierenden homogenen Vergleichsstationen ausgewählt, wobei diese mindestens 20 Jahre Daten in der Normperiode 1961-1990 aufweisen und am 12.1997 noch in Betrieb sein mussten. Aus diesen fünf Vergleichsstationen wurde anschliessend eine Referenzreihe gebildet, deren Korrelation in Tabelle 4.1 aufgeführt ist. Bei der Interpretation von Tabelle 4.1 gilt es folgende Punkte zu beachten:

- Beim Vergleich zwischen einzelnen Parametern muss eine allenfalls vorhandene unterschiedliche Stationsdichte berücksichtigt werden. Ein weniger dichtes Stationsnetz kann bei einem Parameter zu schlechteren Korrelationen führen, die bei gleicher Stationsdichte nicht vorhanden wären.
- Einzelne Stationen weisen nicht für alle Parameter gleichlange Datenreihen auf. Eine solche Station kommt nicht für alle Parameter als Vergleichsstation in Frage und ihre Präsenz in Tabelle 4.1 hängt somit nicht nur von der Güte der Korrelation ab.
- Viele Vergleichsstationen, die für die Homogenisierung verwendet werden konnten, sind heute nicht mehr in Betrieb. Obwohl sich durch ihren Einbezug zum Teil bessere Korrelationen ergeben hätten, wurden sie in Tabelle 4.1 nicht berücksichtigt, um Vergleiche zwischen den einzelnen Parametern wie auch zwischen den Klimaregionen unter Berücksichtigung des aktuellen Messnetzes (Stand 12.1997) ziehen zu können.
- Durch die ausschliessliche Verwendung von homogenen Reihen konnte die Auswahl der Vergleichsstationen ausschliesslich mit Hilfe der Korrelationsanalyse erfolgen. Eine Untersuchung auf allfällig vorhandene Inhomogenitäten mit der Methodik der kumulierten Differenzen (vgl. Kapitel 3.3.2) war nicht nötig. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass durch dieses Vorgehen auch Reihen berücksichtigt wurden, deren Klimasignal in einzelnen Perioden von demjenigen der Teststation abweicht. Vor allem bei Parametern wie der Temperatur, deren Korrelation hauptsächlich durch die ähnliche Höhenlage bestimmt wird, und die deshalb über weite Gebiete gut korrelieren, gilt es diese Tatsache zu berücksichtigen.

Trotz der genannten Einschränkungen können anhand von Tabelle 4.1 parameterspezifische Besonderheiten und Probleme diskutiert werden, die bei der Suche nach klimatologisch geeigneten Vergleichsstationen aufgetreten sind. Daneben enthalten die folgenden Ausführungen weitere parameterspezifische Erfahrungen, die bei der Bildung von Referenzreihen gemacht worden sind. Bei Neubearbeitungen kann Tabelle 4.1 zusätzlich wertvolle Hinweise betreffend Auswahl von geeigneten Vergleichsstationen bei der Referenzreihenbildung liefern.

Erwartungsgemäss korreliert der Luftdruck am besten. Bedeutende regionale Unterschiede sind nicht auszumachen. Die Korrelationskoeffizienten liegen praktisch bei 1.0. Dadurch konnten selbst kleinste Inhomogenitäten entdeckt werden, was unter anderem zu einer grösseren Anzahl von detektierten Inhomogenitäten als bei anderen Parametern beigetragen hat (vgl. Tabellen 4.2 und 4.3). Als Folge der grossen Anzahl an Inhomogenitäten war die Bildung von Referenzreihen über den ganzen Zeitraum 1961-1997 unmöglich. Dieses Problem wurde durch kürzere, sich überlappende Referenzreihen, bestehend aus zahlreichen Stationen, gelöst.

Bei der Windgeschwindigkeit dagegen sind die tiefsten Korrelationen zu finden, wobei insbesondere für Gipfelstationen und Standorte in den Alpentälern zum Teil keine gut korrelierenden Vergleichsstationen zur Verfügung stehen. Erwähnt werden muss hier die im Vergleich zu den anderen Parametern geringere Anzahl an Vergleichsstationen (nur ANETZ-Stationen). Es dürfte sich aber auch mit einem dichteren Stationsnetz nichts an den gemachten Feststellungen ändern. Als Vergleichsstationen sind vor allem Stationen mit ähnlichem Windregime brauchbar. Die Station Engelberg mit ihrem ausgeprägten Berg- Talwindsystem, zum Beispiel, weist in ihrer Referenzreihe ausschliesslich voralpine Talstationen zwischen Aigle und Chur auf. Die räumliche Nähe der Vergleichsstationen hat für diesen Parameter praktisch keinen Einfluss auf die Güte der Korrelation. Interessant ist die Analyse und der Vergleich der drei Temperatur-Parameter Temperaturmittel, mittlere Maximumtemperatur und mittlere Minimumtemperatur. Grundsätzlich korrelieren Stationen in ähnlicher Höhenlage am besten und die räumliche Nähe spielt nur eine untergeordnete Rolle. Selbst für Stationen in grosser Höhe sowie für Stationen an der Peripherie des Messnetzes stehen immer noch Vergleichsstationen mit guter Korrelationen zur Verfügung. Vergleichsstationen aus entfernten Klimaregionen sind aber trotz allfälliger guter Korrelation aufgrund möglicher unterschiedlicher Entwicklung des Klimasignals mit Vorsicht zu verwenden. Dies gilt insbesondere dann, wenn Messreihen über längere Zeiträume analysiert werden. Auffällig ist bei den Temperatur-Extrema auch die Tatsache, dass Gipfelstationen und leicht erhöhte Stationen bei den mittleren Minimumtemperaturen die besseren Korrelationen aufweisen, währenddem Mittellandstationen sowie Standorte in ausgesprochenen Tallagen bei den mittleren Maximumtemperaturen die höheren Korrelationskoeffizienten zeigen. Die Unterschiede in der Stationszusammensetzung der Referenzreihen zwischen dem T_{max} und dem T_{min} sind vor allem auf das Mikroklima in der Stationsumgebung zurückzuführen. Als Beispiel sei hier die Station La Chaux-de-Fonds (1000 m ü.M., Tallage) erwähnt: Beim T_{min} korrelieren mehrheitlich Stationen mit Talgrundcharakter am besten, während beim T_{max} Standorte mittlerer Höhenlage die grössten Korrelationskoeffizienten zeigen. s dichte Messnetz der Niederschlagsstationen erklärt die auf den ersten Blick überraschend guten Korrelationen dieses Parameters. Würden, wie bei den übrigen Parametern, nur die Stationen des ANETZ und des konventionellen Messnetzes zur Verfügung stehen, wären die Korrelationen tiefer. Die Bedeutung der Stationsdichte zeigt sich auch bei Stationen, die am Rande des Messnetzes liegen, wie zum Beispiel bei Basel oder bei den Gipfelstationen Säntis und Gd. St. Bernard, wo als Folge der geringeren Stationsdichte die tiefsten Korrelationen zu finden sind. Allgemein kann festgestellt werden, dass die einzelnen Regionen mit ähnlichem Klimasignal sehr viel kleiner sind als bei den übrigen Parametern. Ausschlaggebend für die Güte der Korrelation einer Vergleichsstation ist fast ausschliesslich die räumliche Nähe zur Teststation. Die Höhenlage hingegen kann vernachlässigt werden. So weist etwa

Chur mit Davos die bessere Korrelation auf als mit Disentis, Flims oder Hinterrhein. In topographisch unruhigen Gebieten müssen zusätzlich noch Luv- und Leeeffekte berücksichtigt werden. Vor allem bei Stationen in der Nähe des Alpenhauptkammes gilt es zu beachten, dass je nach den klimatischen Verhältnissen einer Periode, Stationen der Alpensüd- oder der Alpennordseite besser mit der Teststation korrelieren.

Bei der Sonnenscheindauer ist sowohl die Nähe als auch die Höhenlage für die Auswahl der Vergleichsstationen von Bedeutung. Die besten Korrelationskoeffizienten werden einerseits von hochgelegenen Stationen in den Alpen, die wie zum Beispiel Davos, in den Wintermonaten in der Regel oberhalb der Nebelgrenze liegen, und andererseits von Stationen im Mittelland, wo die Stationsdichte am grössten ist, erreicht. Die mit Abstand schlechteste Korrelation zeigt Lugano mit ihren Referenzreihen, da im Tessin nur wenige vergleichbare Standorte mit genügend Daten vorhanden sind. Bei der Verwendung der kumulierten Differenzen im Zusammenhang mit der Sonnenscheindauer ist zu beachten, dass Datenreihen von Stationen, die während einer gewissen Zeit eines Monats eine durch den Horizont stark verminderte effektiv mögliche Sonnenscheindauer aufweisen, zu Kurvenverläufen führen können, die eine Inhomogenität vermuten lassen, obschon sie homogen sind. Dies ist der Fall, wenn bei Stationen mit eingeschränktem Horizont in der Zeitspanne des entsprechenden Monats, in der Sonnenschein bedeutend auftreten könnte, die Sonnenscheindauer stark reduziert oder gar verhindert wird, während in der übrigen Zeit des Monats sowohl bei der Test- als auch bei der Vergleichsstation bewölkungsarme Verhältnisse herrschen. Dadurch entstehen sehr kleine Werte in der Quotientenreihe bzw. grosse Werte in der Reihe der kumulierten Differenzen. Solche Datenreihen dürfen für die Bildung von Referenzreihen dennoch verwendet werden, falls bei der Bestimmung allfälliger Homogenisierungsfaktoren die entsprechenden Monate ausgeschlossen werden.

Die Voraussetzungen für eine gute Korrelation beim Dampfdruck entsprechen einer Kombination von Voraussetzungen, die für die Parameter Temperaturmittel, Niederschlag und Sonnenscheindauer gelten. Je nach Wetterlage ist die Auswahl der Vergleichsstationen abhängig von der räumlichen Nähe oder der gleichen Höhenlage. Aus diesem Grund ist es schwierig, ein klares Muster in den am besten korrelierenden Vergleichsstationen der untersuchten Standorten zu finden. Die zahlreichen Inhomogenitäten in den Vergleichsstationen erschwerten, wie beim Parameter Luftdruck, die Auswahl geeigneter Vergleichsstationen und verunmöglichten die Bildung von Referenzreihen über die ganze Homogenisierungsperiode. Ein parameterspezifisches Problem bei der Bildung von Referenzreihen war, dass mit Ausnahme der SYNOP-Stationen bei allen Dampfdruck-Reihen eine Shift-Inhomogenität zu Beginn des Jahres 1971 erwartet werden musste, da zu diesem Zeitpunkt der Abend-Beobachtungstermin vorverlegt wurde. Für die Berechnung der Tagesmittel stehen keine Korrekturfaktoren, wie dies bei der Temperatur oder der relativen Feuchte der Fall ist, zur Verfügung. Für die Berechnung dieser Inhomogenität musste deshalb eine Referenzreihe ausschliesslich aus SYNOP-Stationen gebildet werden.

Da die Bewölkung, anstelle der Sonnenscheindauer, nur für die konventionellen Stationen bearbeitet wurde, ist in der Tabelle 4.1 einzig der Wert von Segl Maria aufgeführt.

Fortsetzung der Tabelle 4.1:

	Tmittel	Tmin	Tmax	Niederschlag	Sonne	Luftdruck	Dampfdruck	Windgeschw.	Bewölkung	corr.
	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen	Ref.Stationen
Gütsch	Grächen Gd. St. Bernard Grimsel Grächen Montana Weissfluhjoch	Gd. St. Bernard Grimsel Grächen Montana Weissfluhjoch	Grächen Grand St. Bernard Jungfrauojoch Montana Weissfluhjoch	Andermatt Göschenen Grimsel Guttannen Sedrun	Adelboden Jungfrauojoch Samedan_s Scuol Ulrichen_s	Grimsel Hinterrhein Samedan_s Säntis Weissfluhjoch	Andermatt Arosa Disentis Säntis Weissfluhjoch	Aldorf Chur Hinterrhein Montana Vaduz	- - - -	0.750
Chaus-de-Fonds La	Adelboden Chauxmont Chateau-d'Oex Engelberg Langnau i.E.	Chateau-d'Oex Chauxmont Engelberg Langnau i.E. Meiringen	Adelboden Arosa Chateau-d'Oex Chauxmont Disentis	Bremets Les Courtclary Convet Loche Le Pont-de-M. Les	Adelboden Basel Chateau-d'Oex Gütsch Montana	Adelboden Chateau-d'Oex Einsiedeln Engelberg	Bern Changins Chauxmont Genève Neuchâtel	Bern Mühlebühl Neuchâtel Payerne Zürich-Kloten	- -	0.904
Lugano	Comprovasco_s Grono Locarno Magadino Robbia	Comprovasco_s Grono Locarno Magadino Protra_s	Grono Locarno Magadino Priorta_s Robbia	Bellinzona Crama-Toricella Magadino Ponte Tresa	Disentis Gütsch Locarno Samedan_s San Bernardino	Comprovasco_s Grono Locarno Magadino Samedan_s San Bernardino	Comprovasco_s Grono Locarno Magadino Robbia	Locarno Magadino Pully Robbia Stabio	- -	0.899
Säntis	Arosa Gütsch Grimsel Jungfrauojoch Weissfluhjoch	Arosa Grimsel Gütsch Jungfrauojoch Weissfluhjoch	Arosa Davos Gütsch Jungfrauojoch Weissfluhjoch	Obstalden Starkenbach Urnäsch Weesen Wildhaus	Adelboden Arosa Davos Engelberg Weissfluhjoch	Arosa Grimsel Gütsch Samedan_s Weissfluhjoch	Arosa Davos Elm Gütsch Weissfluhjoch	Adelboden Chasseral Moleson Napf St.Gallen	- -	0.788
Segl Maria	Buffalora Davos Samedan_s Scuol Sta. Maria	Buffalora Davos Hinterrhein Samedan_s Scuol	Grächen Hinterrhein Montana Samedan_s San Bernardino	Avers am Bach Bivio Caviglia Samedan_s Seglito	- -	Comprovasco_s Hinterrhein Robbia San Bernardino Sta. Maria	Comprovasco_s Hinterrhein Robbia San Bernardino Sta. Maria	- -	Andermatt Arosa Bernina Buffalora Grächen	0.926
Sion	Chateau d'Oex Interlaken Meiringen Montreux Visp	Chateau d'Oex Glarns Interlaken Montreux Visp	Chateau-d'Oex Interlaken Meiringen Pully_s Visp	Fey Hérimence Mairigny Montana Sierre	Adelboden Chateau-d'Oex Gütsch Montana Ulrichen_s	Fribourg Genève Interlaken Montreux Pully_s	Bern Chateau-d'Oex Gstaad_s Interlaken Montreux	Disentis Glarns Interlaken Visp Ulrichen	- -	0.560
Zürich-MCH	Buchs-Aarau_s Luzern Schaffhausen St. Gallen Zürich-Kloten	Güttingen_s Haidenhaus Schaffhausen St. Gallen Zürich-Kloten	Buchs-Aarau_s Schaffhausen Tänikon Zürich-Kloten Güttingen_s	Dietikon Effretikon Küsnacht Uster Waldegg	Bern Luzern Schaffhausen St.Gallen Zürich-Kloten	Buchs-Aarau_s Hallau Tänikon Vaduz Zürich-Kloten	Bern Güttingen_s Luzern Tänikon Zürich-Kloten	Bern Buchs-Aarau Reckenholz Tänikon Zürich-Kloten	- -	0.936

Die Stationsdichte ist im Vergleich zu den anderen Parametern sehr gering, was vor allem in Randgebieten zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Auswahl geeigneter Vergleichsstationen führte. Erwartungsgemäss sind für die Güte der Korrelation von Vergleichsstationen mit der Testreihe die gleichen Kriterien wie bei der Sonnenscheindauer massgebend. Regionale klimatologische Unterschiede werden bei der Verwendung der kumulierten Differenzen ausgesprochen deutlich ersichtlich, auch wenn es sich nur um kurze Perioden von ein paar Monaten handelt (zum Beispiel Nebel in den Wintermonaten eines Jahres bei der Test-, nicht aber bei der Referenzreihe).

4.2 Inhomogenitäten in der Periode 1961-1997

Die im Verlaufe der Homogenisierungsarbeit gefundenen Shift- und Trend-Inhomogenitäten werden in den folgenden Kapiteln hinsichtlich ihrer Grössenordnung, ihrer Häufigkeit und ihrer Art parameterspezifisch ausgewertet. Dabei werden durch standardisierte Grafiken auch Vergleiche zwischen den einzelnen Parametern gemacht. Die Datengrundlage für diese Grafiken ist aus den Tabellen 4.2 und 4.3 in Kapitel 4.2.9 ersichtlich. Für die Auswertungen wurden auch die Bearbeitungen von KLIMA90 miteinbezogen.

Es gilt zu beachten, dass vor allem den Shift-Inhomogenitäten oft eine Kombination von mehreren Ursachen zu Grunde liegt. Als Beispiel kann hier die Einführung des ANETZ angefügt werden, wo neben der Einführung eines neuen Messinstrumentes häufig auch noch eine Stationsverschiebung stattfand. Bei der Bearbeitung wurde versucht, jeweils die hauptsächliche Ursache für den Shift des entsprechenden Parameters anzugeben.

4.2.1 Temperaturmittel

Aus der Messgeschichte der Temperatur ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für Shift-Inhomogenitäten. Die folgenden Gründe haben zu Shifts geführt, wobei zwischen Ursachen, die ein gesamtes Messnetz zur selben Zeit betreffen (systematische Ursachen), und zeitlich zufälligen Ursachen unterschieden werden kann:

Systematische Ursachen:

- Verschiebung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971
- Einführung des automatischen Messnetzes (ANETZ) Ende der 70er und Anfang 80er Jahre
- Berechnung der Tagesmittel-Temperatur der ANETZ-Stationen aus den 144 10-Minuten-Werten, und nicht mehr aus den drei Beobachtungsterminen, ab 1981
- Modifikation des Fühlers (Lackierung der Perle) an den ANETZ-Stationen Ende der 80er Jahre
- Einführung des THYGAN als offizielles Messinstrument im ANETZ auf Beginn des Jahres 1991

Zeitlich zufällige Ursachen:

- Wechsel des Hüttentyps an zahlreichen Standorten in den 60er und 70er Jahren; anstelle der Zinkblechhütte (Hausaufstellung) oder der Wild'schen Hütte trat die Stevensonhütte
- Stationsverschiebungen
- Beobachterwechsel
- Hüttenwechsel (gleicher Hüttentyp)
- Instrumentenwechsel, resp. Auswechslung einzelner Bestandteile (gleicher Instrumententyp)

- Jahresunterhalte, eventuell verbunden mit Instruktionen

Die Ursachen für Trend-Inhomogenitäten waren grundlegend verschieden von denjenigen der Shifts, weshalb sie hier gesondert aufgeführt sind:

- Nullpunktverschiebung von Thermographen
- Veränderung in der Umgebung des Messfeldes
- Kontraktion des Quecksilbergefäßes (Nullpunktverschiebung) bei älteren konventionellen Messgeräten

In der Abbildung 4.1 ist für die Temperaturmittel-Reihen die prozentuale Verteilung der gefundenen Homogenisierungsbeträge bei Shifts sowie die Anzahl Shift-Inhomogenitäten in den einzelnen Dekaden der Bearbeitungsperiode 1961-1997 dargestellt. Trend-Inhomogenitäten wurden für die rechte Teilgrafik bewusst nicht berücksichtigt, da sie sich zum Teil über mehrere Dekaden hinweg erstrecken. Für die Auswertung standen 60 Reihen mit insgesamt 210 Shifts zur Verfügung (vgl. auch Tabelle 4.3 in Kapitel 4.2.9).

Die monatlichen Homogenisierungsbeträge der Temperaturmittel, dargestellt in der linken Teilgrafik von Abbildung 4.1, variieren zwischen -1.6 und +1.2 Grad. Die häufigste Ursache für einen Shift waren Stationsverschiebungen, 39% aller Shift-Inhomogenitäten wurden dadurch verursacht. Neben der Kategorie "Instrumentenwechsel" mit 18% fällt in der Tabelle 4.3 in Kapitel 4.2.9 der relative hohe Prozentsatz "anderer Grund" auf. In diese Kategorie fallen die Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971, Beobachterwechsel und die Änderung des Hüttentyps. Lediglich 7% aller Shifts konnten nicht durch die Stationsgeschichte erklärt werden.

Betrachtet man die Entwicklung der Anzahl detektierter Shifts pro Dekade in der rechten Teilgrafik von Abbildung 4.1, so fällt die deutliche Zunahme der Shift-Inhomogenitäten in den 70er Jahren im Vergleich zu der vorangegangenen Dekade auf. Die Ursachen hierfür sind einerseits die Änderung der Beobachtungstermine 1971, und andererseits die Einführung des automatischen Messnetzes (ANETZ) gegen Ende der 70er Jahre. Vor allem durch die Umstellung von der konventionellen zur automatischen Messung ergaben sich systematische Shifts als Folge des neuen Instrumententyps und allfälligen Stationsverschiebungen.

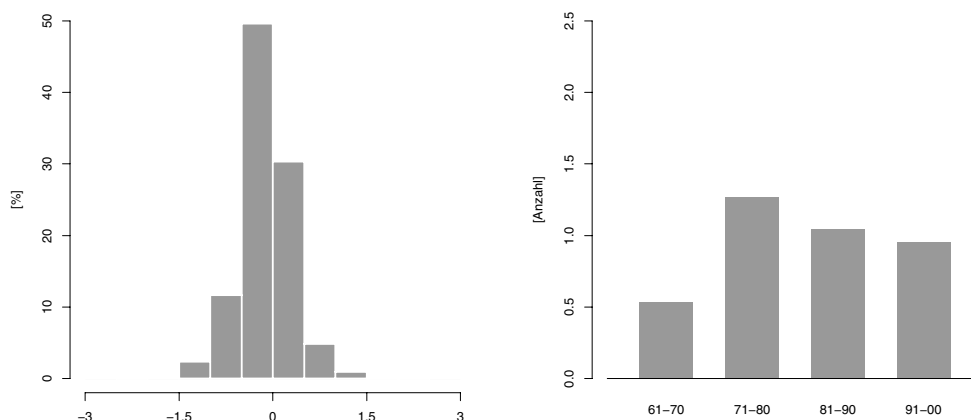


Abb. 4.1: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den Temperaturmittel-Reihen in Klassen von 0.5 Grad dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

In die 80er Jahre fallen weitere ANETZ-Einführungen sowie die Änderung bei der Bildung des Temperaturmittels ab dem 1.1981. Zusätzlich traten zu Beginn des ANETZ-Betriebes gehäuft Probleme mit dem neuen Temperaturregler resp. mit dessen Ventilation auf. Im Jahre 1989 wurde die Perle des VHT lackiert. Dadurch erhöhte sich die Strahlungsempfindlichkeit, was zum Teil zu kleinen Shifts führte.

Auf den ersten Blick überraschend gross ist die Anzahl der Inhomogenitäten in den 90er Jahren. Eigentlich könnte erwartet werden, dass aufgrund der neuen, stabileren Messinstrumente und der geringeren Anzahl an Stationsverschiebungen ein Rückgang ihrer Zahl eintrete. Die meisten dieser Shifts sind auf die Einführung des neuen Temperaturreglers THYGAN am 1.1991 zurückzuführen, sie sind sehr klein, und die Bearbeitung stammt aus dem Projekt KLIMA90. Mit der Methodik von NORM90 auf der Basis von Monatswerten würden die meisten dieser Geberwechsel, wie auch die Lackierung der Perle 1989, als statistisch nicht signifikante Inhomogenitäten, bezogen auf ein Signifikanzniveau von 95%, deklariert. Ein grosser Teil der vielen kleinen negativen Beträge in der linken Teilgrafik von Abbildung 4.1 würde wegfallen und dadurch die Anzahl der Inhomogenitäten in den 80er und 90er Jahren etwa denjenigen der mittleren Minimumtemperatur entsprechen.

Interessant ist die Analyse der mittleren verrechneten Homogenisierungsbeträge. Wie der Abbildung 4.2 zu entnehmen ist, wurden bis zur Einführung der automatischen Messungen systematisch höhere Temperaturen gemessen, wobei die Sommermonate deutlich stärker betroffen waren als die Wintermonate. Offensichtlich führten die meisten Veränderungen bei der Messung der Temperatur im Laufe der Zeit zu tieferen Temperaturen. Neben der bereits erwähnten Einführung der automatischen Messung dürfte auch die Ablösung der Zinkblechhütte und der Wild'schen Hütte durch die Stevensonhütte zu dieser Abnahme beigetragen haben. Wie Müller (1984) gezeigt hat, nahm die Strahlungsempfindlichkeit von der Wild'schen Hütte zur Stevensonhütte und von den Hütten allgemein zum VHT jeweils ab, was zu tieferen Tagesmittel-Temperaturen führte. Im Laufe der Homogenisierung des Parameters Temperaturmittel wurde festgestellt, dass auch der Übergang von der Zinkblechhütte zur Stevensonhütte zu tieferen Temperaturen führte. Über alle ausgewerteten Stationen ergibt sich durch die sukzessive Einführung der Veränderungen im Mittel somit eine kontinuierliche Abnahme der verrechneten Beträge.

Für die Analyse von langen Temperaturreihen müssen aufgrund dieser Systematik unbedingt homogene Reihen verwendet werden. Die Verwendung eines Mittels aus unbearbeiteten Reihen würde bei der Analyse der Temperaturentwicklung zu falschen Schlüssen führen.

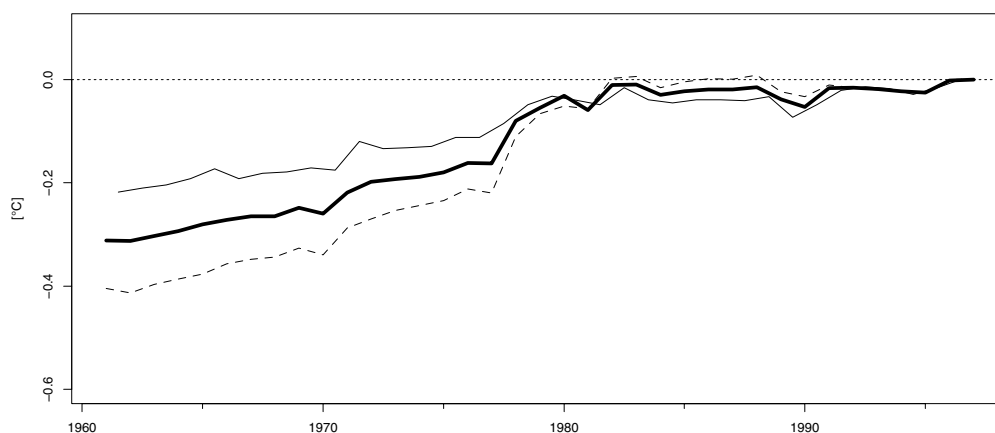


Abb. 4.2: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge des Temperaturmittels für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Anhand von zwei Shifts der Stationen Lugano und Scuol sollen die oben gemachten Aussagen bezüglich der Abnahme der Strahlungsempfindlichkeit der Temperaturmessungen im Laufe der Zeit illustriert werden.

Abbildung 4.3 zeigt die monatlichen Homogenisierungsbeträge einer Shift-Inhomogenität, die durch die Einführung des automatischen Messbetriebes an der Station Lugano entstanden ist. Auffällig ist der ausgeprägte Jahresgang der monatlichen Homogenisierungsbeträge, wobei vor allem die Sommermonate neu signifikant tiefer sind. Die Einführung der automatischen Messungen ergab bei den meisten Stationen einen Shift mit diesem Jahresgang. Aufgrund der unterschiedlichen mikroklimatischen Bedingungen ergaben sich je nach Station allerdings zum Teil beträchtliche Unterschiede in den absoluten Homogenisierungsbeträgen. Die Ursache für den deutlichen Jahresgang der Homogenisierungsbeträge lag einerseits im neu ventilierten Temperaturgeber. Dadurch fiel der Einfluss der Strahlung auf die Messungen im Sommer wesentlich geringer aus. In den strahlungsarmen Wintermonaten hingegen fiel die verstärkte Strahlungsabkühlung der Wetterhütte weg, was teilweise zu leicht positiven Beträgen führt. Andererseits gilt es im Beispiel von Lugano auch die Stationsverschiebung zur Erklärung des Shifts mit einzubeziehen. Mit dem Wechsel zum ANETZ wurde die Station in Richtung See verlegt. Dies verstärkte den Jahresgang der Beträge, da infolge der ausgleichenden Wirkung des Sees die Sommer-Maxima am neuen Standort tiefer waren, während im Winter vor allem höhere Minima gemessen wurden. Solche Kombinationen von Ursachen für einzelne Shifts sind bei der Homogenisierung der Temperaturmittel und Extrema häufig zu beobachten, und die Beiträge der einzelnen Gründe zu den berechneten Homogenisierungsbeträgen sind in der Regel nicht quantifizierbar. Qualitative Aussagen, zum Beispiel über den Verlauf der mittleren monatlichen Homogenisierungsbeträge, können hingegen durch Vergleiche derselben Ereignisse zwischen den Stationen gemacht werden. So zeigen zum Beispiel die meisten Stationen bei der Einführung des ANETZ vom Verlauf her einen ähnlichen Jahresgang der monatlichen Beträge wie Lugano.

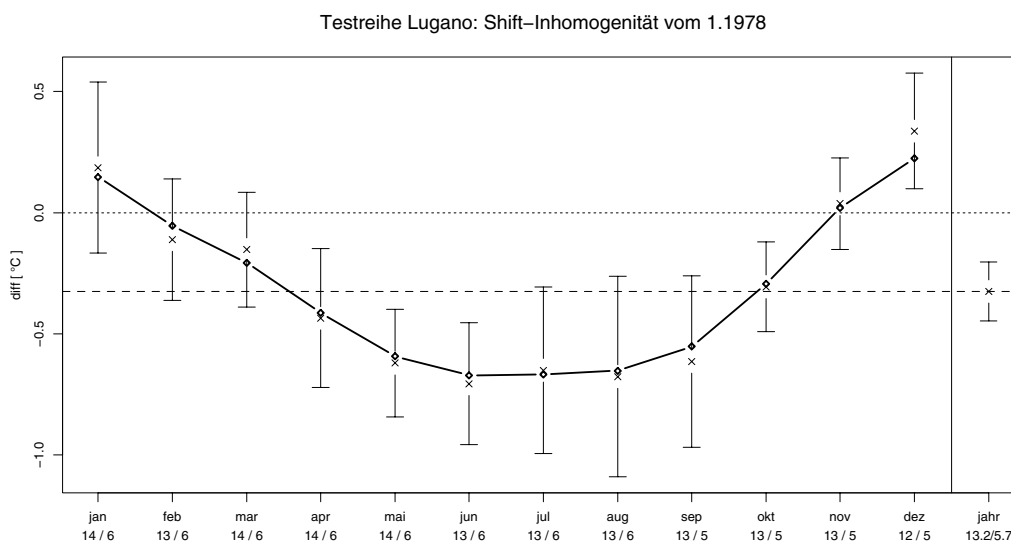


Abb. 4.3: Shift-Inhomogenität, bedingt durch die Einführung des ANETZ, in der Temperaturmittelreihe der Station Lugano. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsbeträge (Kreuze), die geglätteten monatlichen Beträge (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsbetrag (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Beträge sind als vertikale Balken eingezeichnet.

Ein weiteres Beispiel für einen Shift mit mehreren Ursachen ist der Übergang von der Hausaufstellung zur Stevensonhütte in Scuol. Gleichzeitig mit der Hütte wurde der Standort und der Instrumententyp gewechselt. Abbildung 4.4 zeigt die berechneten Homogenisierungsbeträge. Wie im vorangegangenen Bei-

spiel von Lugano sind auch hier die Sommertemperaturen nach dem Shift durch den geringeren Strahlungseinfluss deutlich tiefer. Die Herbstmonate hingegen verhalten sich anders als die restlichen Monate und weisen positive Homogenisierungsbeträge auf. Eine mögliche Erklärung besteht darin, dass der neue höher gelegene Standort im Herbst über dem noch wenig ausgeprägten Kaltluftsee lag, während die alte Station bereits von diesem beeinflusst wurde. In den Wintermonaten hingegen lagen beide Standorte in der nun höher reichenden Kaltluft.

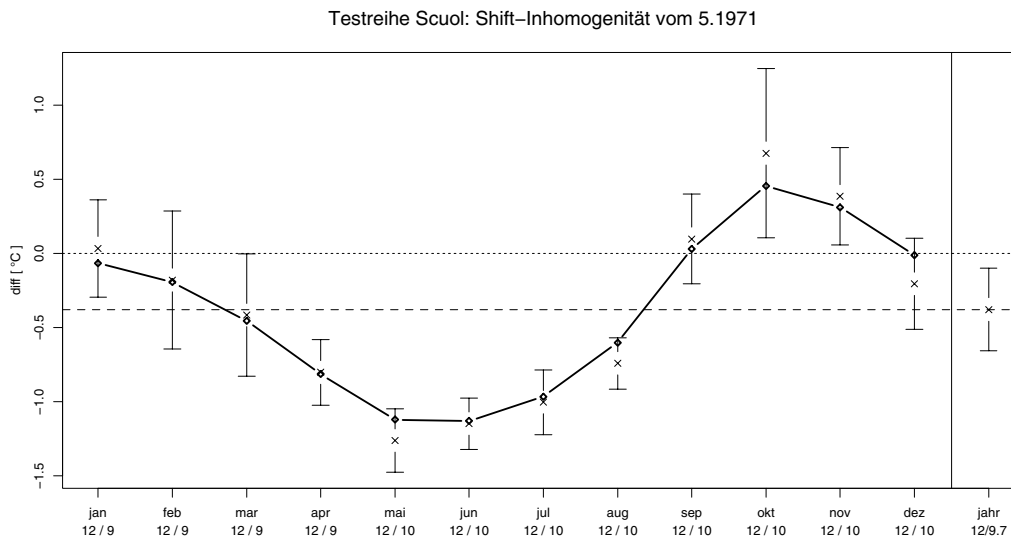


Abb. 4.4: Shift-Inhomogenität, bedingt durch den Übergang von der Zinkblechhütte zur Stevensonhütte, in der Temperaturmittel-Reihe der Station Scuol. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsbeträge (Kreuze), die geglätteten monatlichen Beträge (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsbetrag (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Beträge sind als vertikale Balken eingezeichnet.

4.2.2 Temperatur-Extrema

Die Ursachen für Shift-Inhomogenitäten waren bei der mittleren Minimum- und Maximumtemperatur erwartungsgemäss praktisch identisch mit denjenigen des Temperaturmittel, so dass auf das Kapitel 4.2.1 verwiesen werden kann. Im Folgenden werden nur die Abweichungen bei den Ursachen der beiden Extrema zum Temperaturmittel erwähnt.

Abweichungen bei den Ursachen der beiden Extrema zum Temperaturmittel:

- Bis zur Einführung des automatischen Messbetriebes wurden die Temperatur-Extrema mit je einem separaten Thermometer erfasst. Die Messgeräte befanden sich alle in der gleichen Hütte.
- Die Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971 ist bei der Betrachtung der Extrema irrelevant.

Ähnlich wie beim Temperaturmittel traten die meisten Shifts aufgrund von Stationsverschiebungen auf. Der prozentuale Anteil liegt mit 48% für das T_{max} resp. 42% für das T_{min} sogar noch etwas höher. Neben dem Grund "Instrumentenwechsel" gibt es wiederum relativ viele Shifts in der Kategorie "anderer Grund". Darunter fallen Ursachen wie Beobachterwechsel, neuer Hüttentyp, Modifikationen am Messinstrument, um nur einige zu nennen (vgl. Tabelle 4.3 in Kapitel 4.2.9). Der relativ grosse Prozentsatz "Grund unbekannt" bei der mittleren Minimumtemperatur könnte auf nicht dokumentierte Geberwechsel

in den 60er und 70er Jahren zurückzuführen sein. In diesem Zeitraum musste das Minimum-Thermometer infolge Blasenbildung oft gewechselt werden.

Trend-Inhomogenitäten traten lediglich zweimal beim T_{min} auf. Sie waren auf langsame Veränderungen in der Umgebung sowie des Minimum-Thermometers zurückzuführen. Genauere Hinweise in der Stationsgeschichte fehlen.

Interessant ist der Vergleich zwischen den Temperatur-Extrema und dem Temperaturmittel einerseits, und zwischen dem T_{min} und dem T_{max} andererseits. Vergleicht man die Shift-Beträge der Temperatur-Extrema in den Abbildungen 4.6 und 4.7 mit denjenigen des Temperaturmittels (Abbildung 4.1) so stellt man fest, dass die Homogenisierungsbeträge der Extrema deutlich grösser sind als diejenigen bei der Mittel-Temperatur, wobei beim T_{max} die Spannweite mit -3.0 bis +3.0 Grad am grössten ist. Der Grund ist, dass sich Eingriffe in die Messeinrichtungen in der Regel am stärksten auf eines der beiden Extrema auswirken. So ist zum Beispiel bei einer Stationsverschiebung von einer Hanglage in den Talgrund das T_{min} deutlich stärker durch den Kaltluftsee am neuen Standort beeinflusst als das T_{max}. Da die Shifts des Temperaturmittels oft eine Kombination derjenigen des T_{min} und des T_{max} sind, liegen die Homogenisierungsbeträge meist zwischen denjenigen der beiden Extremas. Als Beispiel kann die Stationsverschiebung im Zuge der ANETZ-Einführung an der Station La Chaux-de-Fonds angeführt werden. Wie in Abbildung 4.5 zu sehen ist, bewirkte die Stationsverschiebung von einer leicht erhöhten Lage in den Talgrund (40 m Höhendifferenz) beim T_{min} einen ausgesprochen grossen Shift, wobei die Wintermonate am stärksten betroffen sind. Das T_{max} hingegen wird durch die Stationsverschiebung nicht beeinflusst. Das Temperaturmittel zeigt wie das T_{min} einen Shift, aber die Beträge sind wesentlich kleiner. Obschon neben der Stationsverschiebung auch andere Ursachen denkbar sind, wie zum Beispiel der Wechsel vom Quecksilber-Thermometer zum VHT, dürfte der Shift hauptsächlich auf die Veränderung im Mikroklima zurückzuführen sein. Auf engstem Raum sind also bedeutende Unterschiede hinsichtlich des Stationsklimas möglich. Somit können auch kleinräumige Stationsverschiebungen zu beträchtlichen Inhomogenitäten führen.

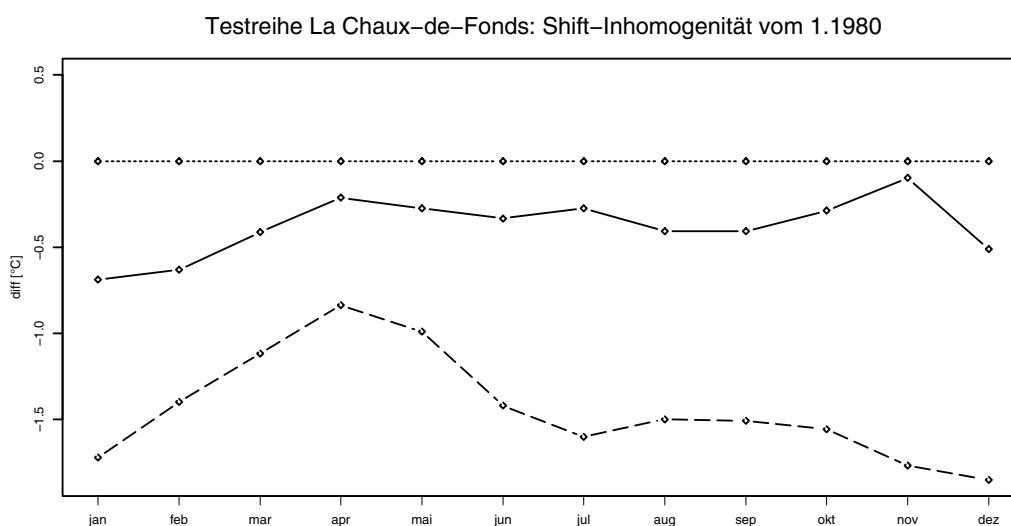


Abb. 4.5: Mittlere monatliche Homogenisierungsbeträge der mittleren Minimumtemperatur (gestrichelte Linie), des Temperaturmittels (ausgezogene Linie) und der mittleren Maximumtemperatur (gestrichelte Linie). Die Shift-Inhomogenität in den Datenreihen der Station La Chaux-de-Fonds ist durch die Einführung des ANETZ am 1.1980 bedingt. Die neue Station liegt im Talgrund während sie sich vorher an erhöhter Lage befand. Auffallend sind die grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Parametern.

Die Anzahl der Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden, wie sie für die Temperatur-Extrema in den Abbildungen 4.6 und 4.7 dargestellt sind, zeigt einen ähnlichen Verlauf wie beim Temperaturmittel. Allerdings sind die absoluten Werte tiefer. Dies erklärt sich durch die oben gemachte Aussage, dass sich die einzelnen Eingriffe an den Stationen häufig nur auf eines der beiden Extremas auswirkten, jedoch meistens auch auf das Temperaturmittel.

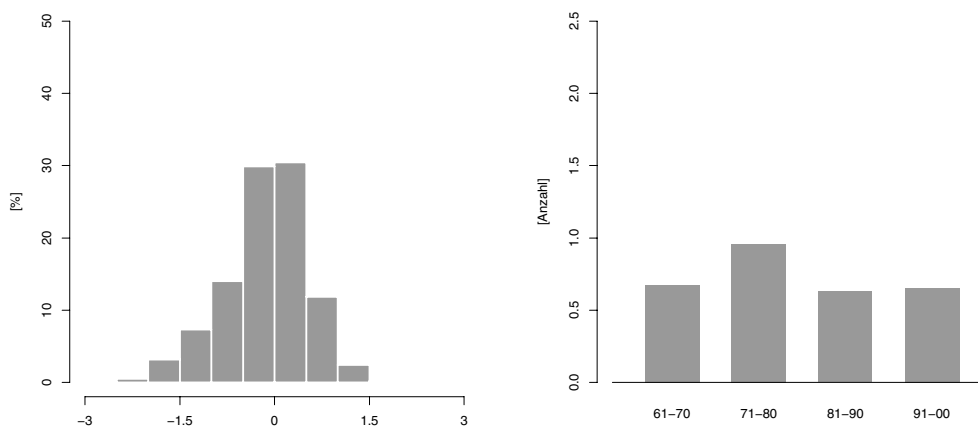


Abb. 4.6: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den mittleren Temperaturminimum-Reihen in Klassen von 0.5 Grad dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

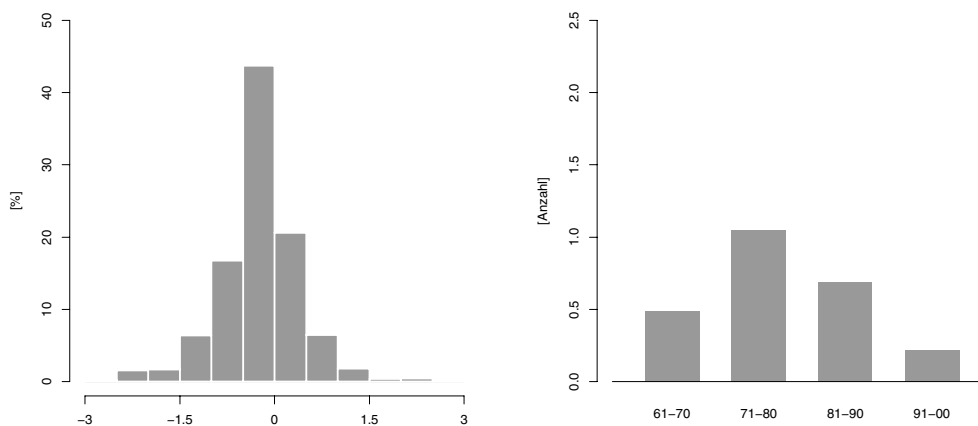


Abb. 4.7: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den mittleren Temperaturmaximum-Reihen in Klassen von 0.5 Grad dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

Wie beim Temperaturmittel nimmt die Anzahl der Shifts in den 70er Jahren als Folge der Einführung der automatischen Messungen sprunghaft zu, in den 80er und 90er Jahren allerdings im Vergleich viel stärker wieder ab. Da die Temperatur-Extrema im Projekt KLIMA90 mit der gleichen Methodik bearbeitet wurden wie in NORM90, fehlen hier, im Gegensatz zum Temperaturmittel, die vielen kleinen Shifts aufgrund der Lackierung der Perle beim VHT und der Einführung des THYGAN. Auffallend ist die deutlich geringere Anzahl Shifts in den 90er Jahren beim Tmax im Vergleich zum Tmin. Vermutlich ist dies auf die geringere Sensitivität der mittleren Maximumtemperatur gegenüber Stationsverschiebungen zurückzuführen.

ren. Die mittlere Minimumtemperatur hingegen reagiert häufig sehr sensibel auf Stationsverschiebung und die damit verbundenen Änderungen des Mikroklimas. Vor allem konventionelle Stationen wurden in den 90er Jahren relativ häufig verschoben.

Die Abbildungen 4.8 und 4.9 zeigen die mittleren verrechneten Homogenisierungsbeträge des T_{min} und des T_{max} in der Homogenisierungsperiode 1961-1997. Wie schon beim Temperaturmittel kann auch bei den Temperatur-Extrema festgestellt werden, dass vor dem Beginn des ANETZ im Mittel systematisch höhere Werte gemessen wurden. Abgesehen davon unterscheiden sich das T_{min} und das T_{max} jedoch deutlich voneinander. Die verrechneten Homogenisierungsbeträge des T_{min} sind kleiner als diejenigen vom T_{max} und weisen zu keinem Zeitpunkt Unterschiede zwischen Sommer- und Winterhalbjahr auf. Während die Beträge des T_{max} vom Zeitpunkt der ANETZ-Einführung bis etwa 1970 zurück kontinuierlich zunehmen, bleiben die Beträge beim T_{min} in dieser Periode konstant. Offensichtlich hatte beim T_{min} in erster Linie die Einführung des ANETZ einen systematischen Einfluss auf die Messungen. Unter der Annahme, dass im Mittel nicht die Stationsverschiebungen für diese Systematik in Frage kommen, führte offenbar die Veränderung der Messtechnik zu tieferen Minimumtemperaturen. Dies entspricht der von Müller (1984) während eines Vergleichs der verschiedenen Wetterhütten mit dem VHT in Payerne gemachten Feststellung, dass alle Typen von Holzhütten im Jahresmittel höhere Minimumtemperaturen aufweisen als das VHT. Einen Unterschied zwischen dem Sommer- und Winterhalbjahr, wie er von Müller beobachtet worden ist, kann in dem aus 46 homogenisierten Reihen bestehenden Mittel von Abbildung 4.8 jedoch nicht festgestellt werden. Standortsspezifische Abweichungen von einer mittleren Tendenz aufgrund des Mikroklimas sind jedoch nicht ungewöhnlich und wurden auch bei der Homogenisierung festgestellt.

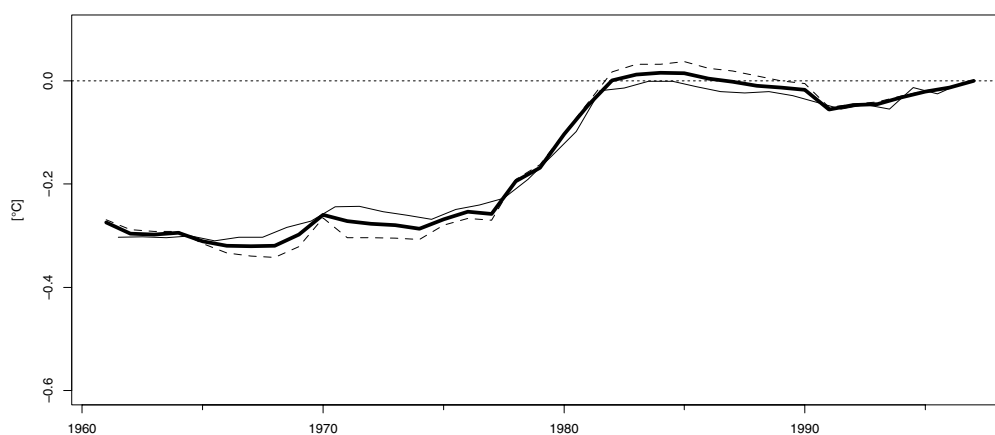


Abb. 4.8: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge der mittleren Minimumtemperatur für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Im Gegensatz zum T_{min} fällt beim T_{max} der deutliche Jahresgang in den verrechneten Beträgen auf, der durch den Übergang von den konventionellen Messungen zum ANETZ entstanden ist (Abbildung 4.9).

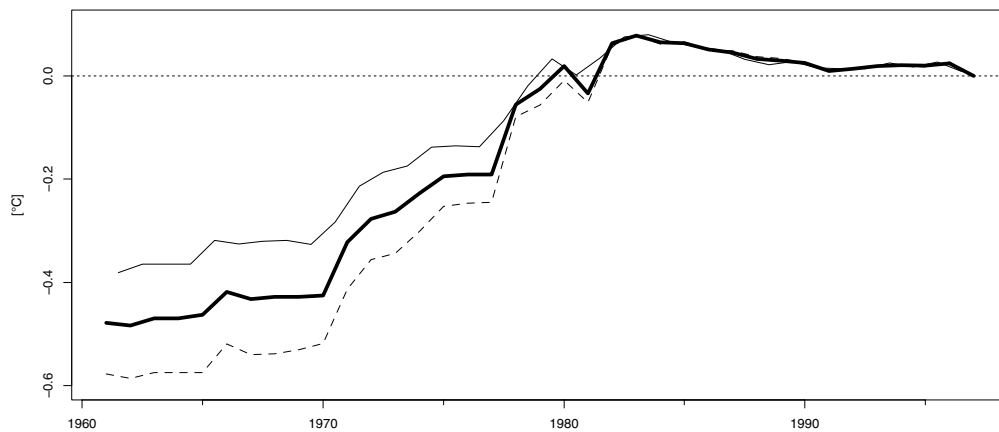


Abb. 4.9: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge der mittleren Maximumtemperatur für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Als mögliche Erklärung für die grösseren Beträge im Sommer kommt eine höhere Strahlungsempfindlichkeit der Hüttenmessungen im Vergleich mit dem VHT in Frage. Müller weist in seiner Studie insbesondere bei der Wild'schen Hütte auf eine relativ hohe Strahlungsempfindlichkeit hin. An einigen Standorten wurde aber auch bei der Stevensonhütte eine höhere Empfindlichkeit gegenüber dem VHT beobachtet, insbesondere bei älteren Hütten. Gemäss Müller können in einer stark verwitterten oder verschmutzten Hütte bis zu 0.5 Grad höhere Maximumtemperaturen gemessen werden. Als weiterer Unterschied zum T_{min} nehmen die mittleren verrechneten Homogenisierungsbeträge beim T_{max}, wie erwähnt, in der Zeit vor der ANETZ-Einführung bis etwa 1970 kontinuierlich zu. Diese Zunahme ist einerseits auf die Ablösung einzelner Zinkblech- und Wild'schen Hütten durch weniger strahlungsempfindliche Stevensonhütten zurückzuführen. Andererseits fanden in diesem Zeitraum mehrere Stationsverschiebungen statt. Erstaunlicherweise führten diese Eingriffe nur beim T_{max}, nicht aber beim T_{min}, zu mehrheitlich negativen Homogenisierungsbeträgen, was zum unterschiedlichen Verhalten der mittleren verrechneten Beträge in den Abbildungen 4.8 und 4.9 führt.

Der Einfluss der Strahlung auf die Temperatur-Messung lässt sich gut am Beispiel der Station Grimsel aufzeigen. Beim Übergang vom konventionellen zum automatischen Messbetrieb im Jahre 1986 kann ein massiver Shift mit deutlichem Jahresgang der Homogenisierungsbeträge festgestellt werden. Abbildung 4.10 zeigt den Verlauf der monatlichen Beträge. Bemerkenswert sind in erster Linie die Homogenisierungsbeträge der Sommermonate, wo nach der ANETZ-Einführung bis zu 2 Grad tiefere Monatsmittel zu beobachten sind. Die Ursache für den Shift dürfte sowohl in der Stationsverschiebung als auch im Instrumentenwechsel (neu VHT, THYGAN) liegen, wobei die beiden Ursachen denselben Jahresgang der Beträge aufweisen und zusammen zum ausgeprägten Verlauf von Abbildung 4.10 führen. Der alte Standort befand sich auf der Südseite des Gebäudes unmittelbar vor der Hauswand. Vermutlich beeinflusste die Abstrahlung des Hauses die Messungen. Die ungünstige Strahlungssituation wurde gemäss einem Eintrag in der Stationsgeschichte auch schon anlässlich eines Stationsbesuches im September 1983 festgestellt.

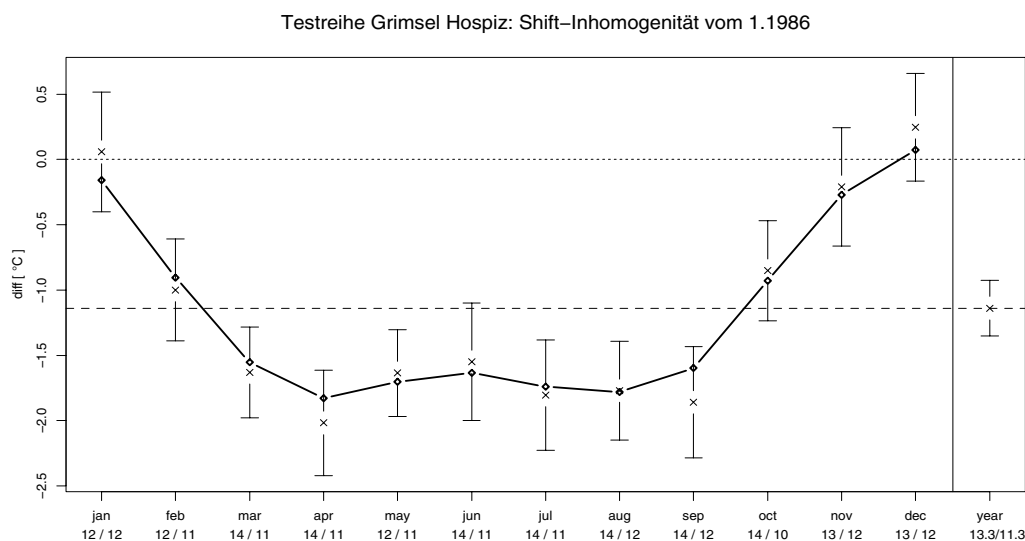


Abb. 4.10: Shift-Inhomogenität, bedingt durch die Einführung des ANETZ, in der Reihe der mittleren Maximumtemperatur der Station Grimsel. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsbeträge (Kreuze), die geglätteten monatlichen Beträge (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsbetrag (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Beträge sind als vertikale Balken eingezeichnet.

4.2.3 Niederschlag

Beim Parameter Niederschlag wurden, abgesehen von einem Trend, ausschliesslich Shift-Inhomogenitäten gefunden. Es zeigte sich dabei, dass das von den Tests angegebene Shift-Datum seltener als bei anderen Parametern mit möglichen Ursachen aus der Stationsgeschichte übereinstimmte. Im Extremfall lag mehr als ein Jahr zwischen der möglichen Ursache und dem Shift-Datum der Tests. Shifts ohne Grund wurden nur dann bearbeitet, wenn die Faktoren eindeutig statistisch signifikant innerhalb des 95%-Konfidenzintervall waren und eine genügend grosse Datengrundlage zur Verfügung stand. Nach Möglichkeit sollten dies 10 Jahre vor und nach dem Shift-Datum sein. Vor allem bei Gebirgsstationen kann die Quotientenreihe aufgrund der starken räumlichen Variabilität des Niederschlages eine grosse Amplitude aufweisen, wodurch die Tests kleinere Inhomogenitäten nicht mehr signifikant anzeigen. Zudem ergeben sich bei geringen Monatssummen sehr grosse Quotienten zwischen der Kandidaten- und der Referenzreihe, die die Testreihe beeinflussen können.

Parallelmessungen ergeben beim Niederschlag meistens keine statistisch gesicherten Homogenisierungsfaktoren. Eine Datengrundlage mit 2-3 Jahren ist für eine verlässliche Schätzung nicht ausreichend. Die Test-Vorschläge des Tools sind in diesem Falle vorzuziehen.

Im Vergleich zur Temperatur ist die Anzahl von möglichen Ursachen für einen Shift beim Niederschlag geringer. Die Methodik zur Erfassung der Niederschläge änderte sich, bis auf die Einführung des ANETZ, im Laufe der Homogenisierungsperiode nicht. Mögliche Gründe für Shift-Inhomogenitäten waren:

- Stationsverschiebungen
- Instrumentenwechsel (gleicher Instrumententyp)
- Beobachterwechsel
- Änderung in der Umgebung (Sträucher, Bäume)
- Neuer Instrumententyp bei der ANETZ-Einführung

- Eichungen (nur ANETZ)

Die mit Abstand häufigste Ursache für Shift-Inhomogenitäten waren Stationsverschiebungen. Wie in Tabelle 4.3 des Kapitels 4.2.9 ersichtlich, sind 59% aller Shifts dadurch entstanden. Ein Teil dieser Stationsverschiebung erfolgte im Zuge der ANETZ-Einführung. Damit verbunden war auch eine Änderung in der Instrumentierung. Bei ANETZ-Stationen wird der Niederschlag nicht mehr mit einem Hellmann-Pluviometer gemessen, sondern mit dem automatischen Messverfahren nach Joss-Tognini. Ein Shift als Folge der ANETZ-Einführung ist demnach oft eine Kombination aus Stationsverschiebung und neuem Niederschlagsgeber. Zugeordnet wurden diese Shifts in der Regel dem Grund "Stationsverschiebung". Unter die Kategorie "anderer Grund" fallen einerseits Beobachterwechsel und andererseits Veränderungen in der näheren Umgebung des Messfeldes, zum Beispiel durch zurückgeschnittene Sträucher und Bäume. 15% aller Shifts konnten keinem Ereignis in der Stationsgeschichte zugeordnet werden, was zum Teil auf die spärlichen Aufzeichnungen zurückzuführen ist.

Die grosse Anzahl an konventionellen Niederschlagsstationen, im Verhältnis zu den ANETZ-Standorten, verlangt eine getrennte Auswertung der konventionellen und automatischen Messungen. Würden die beiden Stationstypen gemischt, so wären allfällige Besonderheiten der ANETZ-Stationen aufgrund ihrer deutlich geringeren Anzahl (ca. 25% aller ausgewerteten Stationen) in den Grafiken nicht mehr ersichtlich.

Bei der Betrachtung der Verteilung der monatlichen Homogenisierungsfaktoren in Abbildung 4.11 fällt auf, dass zwar die Grössenordnung der bereinigten Shifts bei konventionellen und automatischen Stationen ähnlich ist, nicht aber deren Verteilung. Währenddem die Homogenisierungsfaktoren der Shifts der konventionellen Standorte symmetrisch um den Faktor 1.0 verteilt sind, treten bei den ANETZ-Stationen Faktoren kleiner 1.0 gehäuft auf. Offenbar führte die Einführung der automatischen Messungen zu einem systematischen Shift, wobei die Joss-Tognini Wippe im Vergleich zum Hellmann-Pluviometer weniger misst.

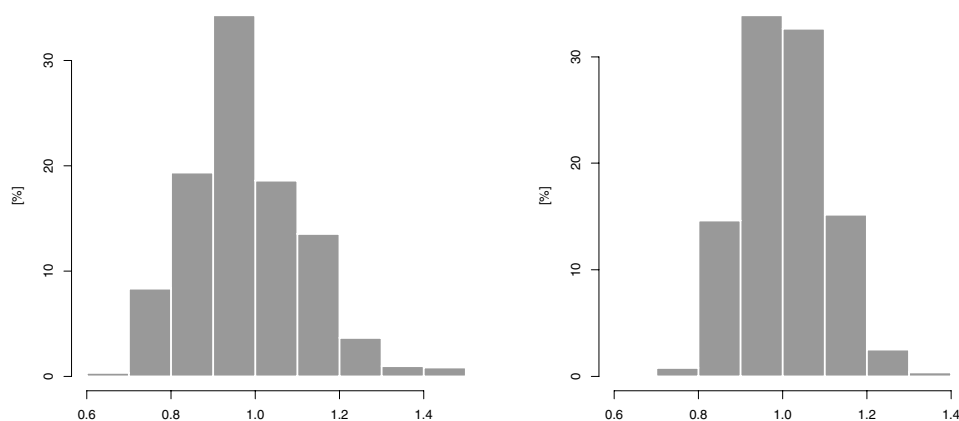


Abb. 4.11: Häufigkeitsverteilung der Faktoren von Shift-Inhomogenitäten beim Niederschlag in Klassen von 0.1. Die linke Teilgrafik zeigt die Verteilung bei den ANETZ-Stationen, die rechte Teilgrafik die Verteilung bei den konventionellen Stationen.

Anhand der mittleren verrechneten Homogenisierungsfaktoren, dargestellt in der Abbildung 4.12, wird diese Feststellung eindrücklich bestätigt. Wie aus der Grafik ersichtlich, müssen die Messwerte der konventionellen Periode bei der Anpassung ans ANETZ um ca. 5% reduziert werden. Zusätzlich zeigt sich, dass die Monate des Winterhalbjahres durch die Einführung der automatischen Messungen stärker beein-

flusst worden sind als die Sommermonate. Die Abhängigkeit der Faktoren von der Jahreszeit wurde bereits von KLIMA90 festgestellt und kann durch den Einfluss der Heizung (für die Schneeschmelze) der automatischen Niederschlagsmesser erklärt werden. Fällt die Temperatur des Niederschlagsmessers unter 4 Grad, setzt die Heizung ein. Niederschläge von geringerer Intensität werden dadurch stärker beeinflusst als die mittleren und starken Landregen, resp. Schauer und Gewitter.

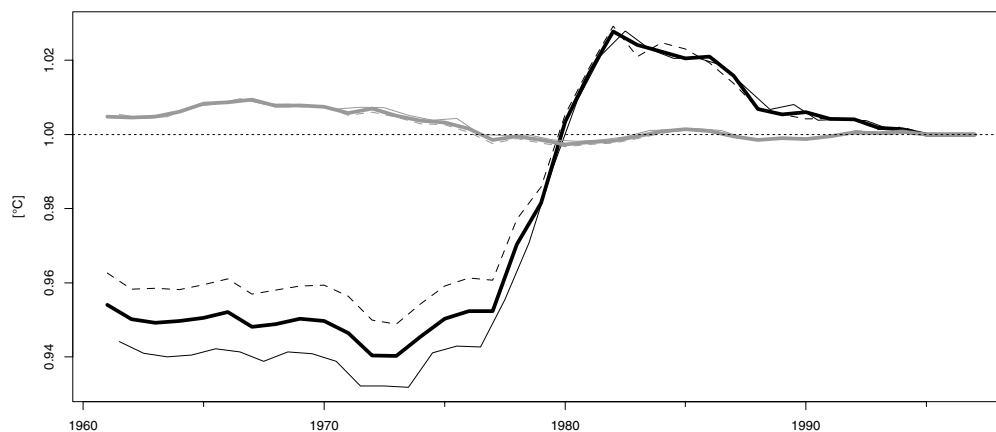


Abb. 4.12: Mittlere verrechnete Homogenisierungsfaktoren des Niederschlags für die Periode 1961-1997. Schwarz dargestellt ist der jährliche Homogenisierungsfaktor der ANETZ-Stationen (fett), sowie die Faktoren des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie). Grau dargestellt sind die entsprechenden Faktoren der konventionellen Stationen.

Als Folge dieses systematischen Shifts beziehen sich die Normwerte der automatischen Stationen auf ein tieferes Niveau als diejenigen der konventionellen Stationen. Normwerte von konventionellen und automatischen Stationen sind als absolute Werte somit räumlich nicht miteinander vergleichbar. Vorrangiges Ziel in NORM90 war jedoch die Vergleichbarkeit der Normwerte mit den aktuellen Messungen an den Stationen, um die Verhältnisse der monatlich gefallenen Mengen zur Norm räumlich beurteilen zu können. Für regionale Niederschlagsuntersuchungen wäre es theoretisch möglich, die Normwerte der automatischen Stationen auf dem Niveau der letzten homogenen konventionellen Sub-Periode zu berechnen. Ebenfalls gut erkennbar in Abbildung 4.12 sind die Auswirkungen der Eichungen an den ANETZ-Stationen in den frühen 80er Jahren. Zu Beginn der automatischen Messungen wurden offenbar systematisch etwas zu tiefe Niederschlagsmengen gemessen, was durch Eichungen korrigiert wurde. Die Auswertung der Anzahl Shift-Inhomogenitäten pro Station und Dekade in Abbildung 4.13 zeigt, dass in den 80er Jahren, als Folge von Eichungen und Instrumentenwechsel, doppelt so viele Shifts bei ANETZ-Stationen auftreten wie bei den konventionellen Stationen. Neben der deutlichen Zunahme der Shifts als Folge der Einführung des ANETZ in den späten 70er Jahren, fällt in Abbildung 4.13 die geringe Anzahl Shifts in den 60er und 90er Jahren auf. Dies gilt sowohl für die automatischen als auch für die konventionellen Stationen. Mit ein Grund für die kleinen Zahlen ist die Tatsache, dass beim Niederschlag für die Bestimmung der Homogenisierungsfaktoren mehr Daten vor und nach einem Shift vorhanden sein müssen, als bei den übrigen Parametern. Als Mindestdauer können für Ereignisse mit einem Hinweis in der Stationsgeschichte je fünf Jahre angegeben werden. Dies führte dazu, dass an den Rändern der Datenreihe nur wenige Shifts bearbeitet werden konnten (vgl. Kapitel 4.3).

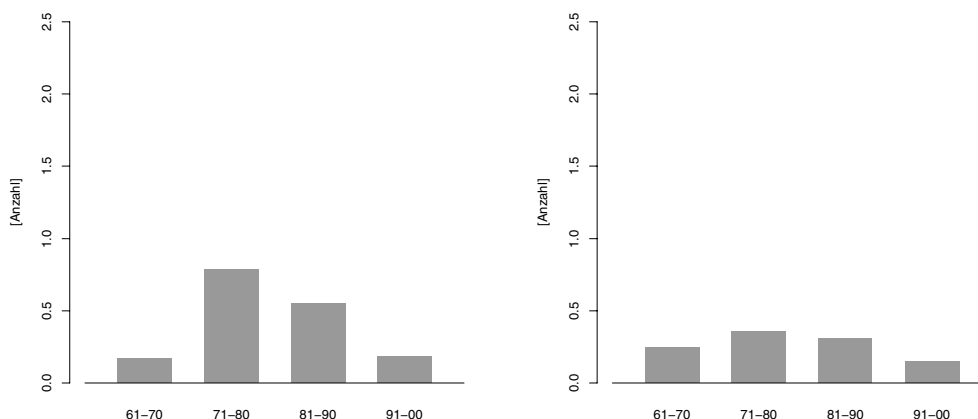


Abb. 4.13: Die linke Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode pro ANETZ-Station für den Parameter Niederschlag. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet. In der rechten Teilgrafik sind die entsprechenden Werte der konventionellen Stationen dargestellt.

4.2.4 Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer wird heute (Stand 12.1997), mit Ausnahme der Station Arosa, nur noch an den automatischen Stationen gemessen und wurde deshalb auch nur für diese Stationen homogenisiert. Dadurch erklärt sich die geringere Anzahl Reihen in den entsprechenden Auswertungen. Bei den konventionellen Stationen wurden anstelle der Sonnenscheindauer die Bewölkungsreihen homogenisiert (vgl. Kap 4.2.8).

Abgesehen von einem Trend, verursacht durch das Erblinden der Fokussierkugel beim Campell-Stokes Sonnenschein-Registriergerät, wurden nur Shift-Inhomogenitäten gefunden. Folgende Ursachen führten zu Shift-Inhomogenitäten:

- Stationsverschiebungen
- Inspektionen
- Änderung des Instrumententyps
- Instrumentenwechsel (gleicher Instrumententyp, konventionelle- und ANETZ-Periode)

Die Änderung des Instrumententyps erfolgte im Zuge der Einführung des automatischen Messbetriebes, wobei der konventionelle Geber Campell-Stokes durch den automatischen Sonnenscheinregistrierer Hänni-Solar abgelöst wurde. In Tabelle 4.3 des Kapitel 4.2.9 ist die Einführung des ANETZ wie bei den anderen Parametern unter der Kategorie "Stationsverschiebung" aufgeführt. Da Stationsverschiebungen, abgesehen von der ANETZ-Einführung, sonst nur noch selten vorkamen, in den Datenreihen aber viele andere Inhomogenitäten gefunden wurden, fällt der prozentuale Anteil der Kategorie "Stationsverschiebungen" mit 26%, im Vergleich zu den anderen, Parametern eher gering aus.

Instrumentenwechsel führten sowohl in der konventionellen als auch in der ANETZ-Periode oft zu Shift-Inhomogenitäten und waren, zusammen mit den erwähnten Stationsverschiebungen und den Inspektionen, mit je ca. 25% die wichtigsten Ursachen für Shifts. Inspektionen führten vor allem während der konventionellen Messperiode häufig zu Shift-Inhomogenitäten. Was während einer Inspektion jeweils gemacht wurde, ist im Nachhinein anhand der Stationsgeschichte meist nicht mehr rekonstruierbar. Die

gründliche Reinigung der Glaskugel, die Justierung des Autographen, oder eine verbesserte Instruktion des Beobachters wären mögliche Ursachen für die entsprechenden Shift-Inhomogenitäten.

Die Entwicklung der Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden, dargestellt in Abbildung 4.14, zeigt, wie oben erwähnt, die untergeordnete Bedeutung von Shifts als Folge der ANETZ-Einführung im Vergleich mit den Parametern Temperatur und Niederschlag. Es tritt nur eine schwache Zunahme an Inhomogenitäten in den 70er Jahren auf.

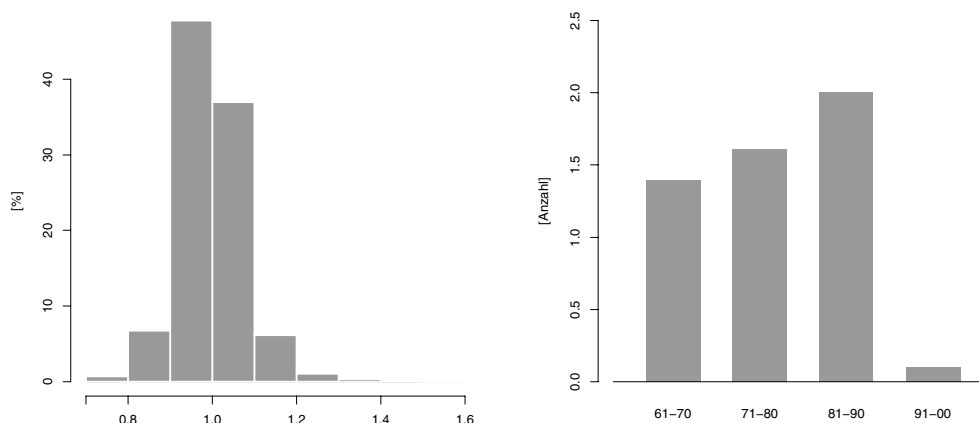


Abb. 4.14: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Faktoren von Shift-Inhomogenitäten in den Sonnenscheindauer-Reihen in Klassen von 0.1 dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

Erwähnenswert ist die grosse Anzahl Inhomogenitäten im gesamten Zeitraum 1961-1990. Das Maximum mit zwei Shifts pro Station und Dekade wird in den 80er Jahren verzeichnet. Der Grund liegt in den häufigen Geberwechseln, die zu zahlreichen, meist kleinen Shifts geführt haben. Der markante Rückgang an Shifts in den 90er Jahren ist nicht real sondern beruht auf der unterschiedlichen Methodik in den Projekten KLIMA90 und NORM90. Von KLIMA90 wurden zwischen 1961 und 1990 deutlich mehr kleine Inhomogenitäten bearbeitet als dies mit der Methode von NORM90 geschehen wäre, da im Projekt KLIMA90 ein Signifikanzkriterium bei der Bestimmung der Homogenisierungsfaktoren fehlte. Würden in Abbildung 4.14 nur die Shift-Inhomogenitäten nach den Kriterien von NORM90 geplottet, so würde sich die Anzahl Shifts in den einzelnen Dekaden des Zeitraumes 61-90 auf rund die Hälfte reduzieren.

Die monatlichen Homogenisierungsfaktoren, dargestellt in der linken Teilgrafik von Abbildung 4.14, liegen zwischen 0.71 und 1.53. Der Grossteil der Faktoren ist aber im Bereich 0.9 bis 1.1 anzutreffen, wobei eine schwache Tendenz hin zu Homogenisierungsfaktoren kleiner als 1.0 festzustellen ist. Die mittleren verrechneten Homogenisierungsfaktoren in Abbildung 4.15 bestätigen diese Feststellung. Interessant ist auch der Unterschied zwischen den Sommer- und Wintermonaten, ab dem Zeitpunkt der ANETZ-Einführung. Während die Einführung des ANETZ das Winterhalbjahr im Mittel über alle Stationen nur unbedeutend beeinflusste, wurden im Sommerhalbjahr nach Einführung des ANETZ weniger Sonnenstunden gemessen. Aschwanden et al. (1996) erklärt dies mit dem "Überbrennen" des Campell-Stokes im Sommer bei vorüberziehender Quellbewölkung. Die Zeiträume, in denen die Sonne durch die Quellwolken verdeckt wird, lassen sich anhand der Brennsspur auf dem Messstreifen nicht eruieren, weshalb sich bei der nachträglichen Auswertung der Streifen mehr Sonnenstunden ergeben als effektiv aufgetreten sind. Eine Reduktion der Anzahl Sonnenstunden durch Tau- und Reifbildung auf der Glaskugel, sowie durch nasse und gefrorene Messstreifen beim Campell-Stokes in den Wintermonaten, kann auf den ersten Blick nicht

erkannt werden. Berücksichtigt man aber den tiefen Ausgangswert 1984, so kann eine Zunahme der Anzahl Sonnenstunden in der Phase der ANETZ-Einführung zwischen 1978 und 1981 auch in den Wintermonaten festgestellt werden. Die grossen Schwankungen zwischen 1981-1990 sind auf grosse Shifts bei einzelnen Stationen zurückzuführen und haben keine systematischen Gründe. Der Einfluss solcher Shifts ist infolge der geringen Anzahl an Stationen bedeutender als bei den vorgängig beschriebenen Parametern.

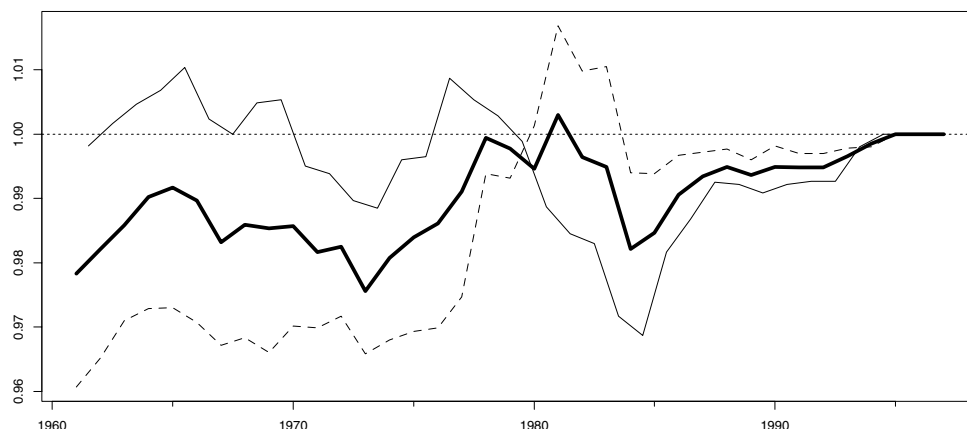


Abb. 4.15: Mittlere verrechnete Homogenisierungsfaktoren der Sonnenscheindauer für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsfaktoren (fett), sowie die Faktoren des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Ein Beispiel für eine Shift-Inhomogenität beim Übergang von den konventionellen Messungen zum ANETZ-Betrieb kann der Abbildung 4.16 entnommen werden. Es handelt sich dabei um die Homogenisierungsfaktoren, die für die Station Engelberg bestimmt wurden. Sie zeigen den typischen Jahresgang der monatlichen Homogenisierungsfaktoren beim Wechsel vom Campell-Stokes zum Hänni-Solar. Vermutlich wurde der Shift zusätzlich noch durch die Stationsverschiebung beeinflusst. Dies wäre eine plausible Erklärung für die grossen Faktoren in den Monaten Januar und Dezember.

Ein parameterspezifisches Problem zeigte sich bei der Bestimmung der Homogenisierungsfaktoren für die Wintermonate. Aufgrund der tiefen Sonnenbahn sind im Winter, insbesondere in den Alpentälern, nur wenige Sonnenstunden möglich. Unterschiede zwischen der Testreihe und der Referenzreihe führen zu grösseren Quotienten, wenn sie in dem Teil des Monats auftreten in dem mehr Sonnenstunden möglich sind. Da solche Unterschiede, wie zum Beispiel eine Nebelperiode an der Teststation, aber nicht immer zur selben Zeit im Monat auftreten, streuen die Vergleichsperioden zur Bestimmung der Homogenisierungsfaktoren stärker als im Sommer. Dies führt zu grösseren Konfidenzintervallen und schliesslich zu unsichereren Schätzungen der Homogenisierungsfaktoren.

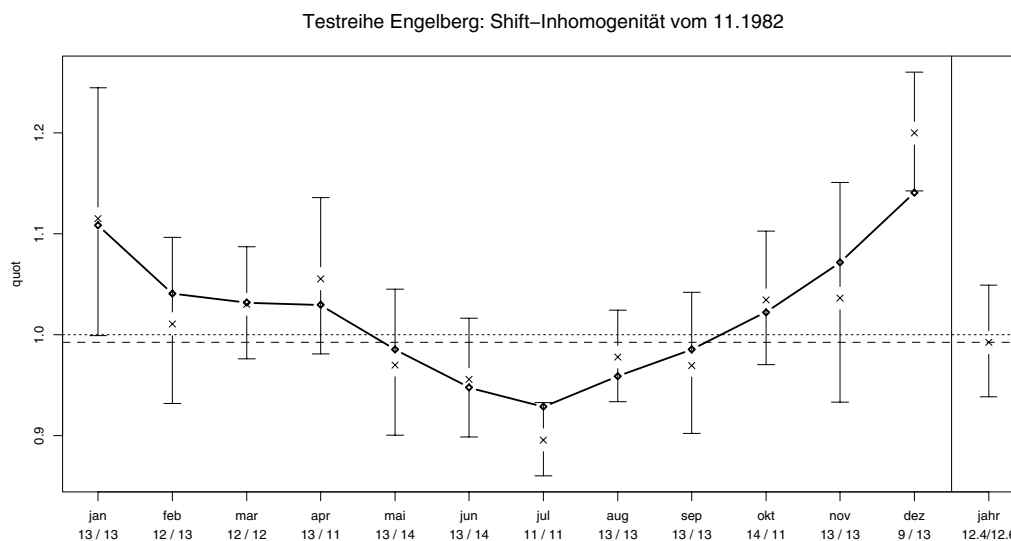


Abb. 4.16: Shift-Inhomogenität, bedingt durch die Einführung des ANETZ, in der Reihe der Sonnenscheindauer der Station Engelberg. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsfaktoren (Kreuze), die geglätteten monatlichen Faktoren (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsfaktor (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Faktoren sind als vertikale Balken eingezeichnet.

4.2.5 Luftdruck

Wie aus Tabelle 4.1 in Kapitel 4.1 ersichtlich, korrelieren beim Luftdruck die Referenzreihen ausgesprochen gut mit den entsprechenden Testreihen. Aus diesem Grunde konnten auch kleine Inhomogenitäten in der Testreihe detektiert und ihre Beträge statistisch gesichert ermittelt werden.

Bei der Homogenisierung wurden sowohl Shift- als auch Trend-Inhomogenitäten gefunden, wobei sich beide überlagern können. Trends traten hauptsächlich bei ANETZ-Stationen auf, da die eingesetzten Instrumententypen oft zu wegdriftenden Messwerten neigten. Die Gründe für Shift-Inhomogenitäten waren vielfältig. Folgende Eingriffe führten zu Shifts:

- Stationsverschiebungen
- Einführung des Ablesegerätes LPD (Automatische Reduktion des abgelesenen Wertes auf 0 Grad C bei Quecksilberbarometern)
- Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971
- Inspektionen
- Neuer Instrumententyp (nur ANETZ)
- Instrumentenwechsel (gleicher Instrumententyp, konventionelle und ANETZ-Periode)
- Eichungen (nur ANETZ)

Der Luftdruck ist der Parameter mit den meisten Inhomogenitäten überhaupt. Da nur grössere Veränderungen in der Höhenlage der Messungen zu einem Jahresgang bei den Homogenisierungsbeträgen von Shift-Inhomogenitäten führen, wurde für die meisten Shifts in den Luftdruckreihen ein mittlerer Betrag bestimmt. Die Einführung der automatischen Messungen führte in der Regel zu einem Shift. Der Grund hierfür war aber nicht der Wechsel des Instrumententyps, sondern die mit der ANETZ-Einführung verbundene Verschiebung des Standortes. Trotz des systematisch auftretenden ANETZ-Shifts ist der Grund

“Stationsverschiebung” in Tabelle 4.3 von Kapitel 4.2.9 nicht dominant. Dies hängt einerseits mit der grossen Anzahl anderer Ursachen zusammen, die in den Luftdruckreihen zu Inhomogenitäten geführt haben. Andererseits wurde die “Einführung des ANETZ” bei der Homogenisierung des Luftdrucks nicht konsequent mit dem Grund “Stationsverschiebung” abgelegt, sondern der Kategorie “anderer Grund” zugewiesen. Ohne diese Vermischung würde sich der Anteil von “Stationsverschiebung” auf 30% erhöhen und derjenige von “anderer Grund” auf 13% verkleinern. Unter die Kategorie “anderer Grund” fallen zudem die Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971 und die dokumentierten Einführungen des LDP. Auffallend ist auch der hohe Prozentsatz von Shifts, die keinem Ereignis in der Stationsgeschichte zugeordnet werden konnten. Es dürfte sich dabei um nicht dokumentierte Geberwechsel und Einführungen des LDP handeln.

Die grosse Anzahl von Shift-Inhomogenitäten beim Luftdruck ist auch in Abbildung 4.17 ersichtlich. Bedingt durch zahlreiche Geberwechsel und Eichungen bleibt die Anzahl der Shifts auch nach der Einführung des ANETZ-Betriebes hoch und erreicht in den 80er Jahren sogar das Maximum mit 2.4 Inhomogenitäten pro Station und Dekade. Kunz und Hächler (1995) zeigen, dass die im ANETZ verwendeten Instrumententypen oft eine kürzere Lebensdauer aufwiesen als konventionelle Instrumente. Die relativ häufigen Geberwechsel bzw. die Instabilität der Geber führten zu der grossen Anzahl von Inhomogenitäten, die bei der Bearbeitung der ANETZ-Periode entdeckt wurden. Die Shifts in den 60er Jahren waren hauptsächlich durch Stationsverschiebungen sowie durch die systematische Einführung des LDP bedingt. In den 70er Jahren waren die Einführung des ANETZ und die Änderung der Beobachtungstermine 1971 für den Grossteil der Shifts verantwortlich.

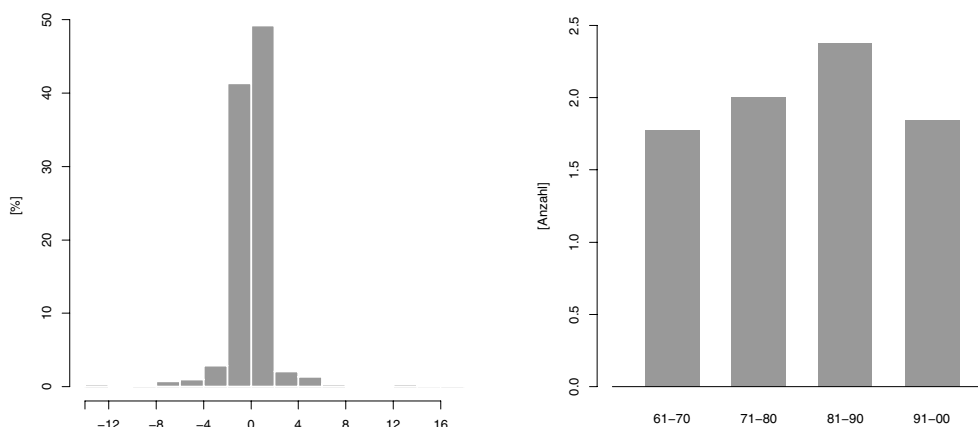


Abb. 4.17: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den Luftdruck-Reihen in Klassen von 2 hPa dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

Die Grösse der bereinigten Inhomogenitäten variiert zwischen -13.8 hPa und +16.9 hPa. Homogenisierungsbeträge grösser oder kleiner als 8 hPa waren jedoch äusserst selten, weshalb sie in der linken Teilgrafik von Abbildung 4.17 nicht mehr sichtbar dargestellt werden können. Sie waren die Folge von grossen Höhenunterschieden bei Stationsverschiebung. So liegt zum Beispiel der ANETZ-Standort von St. Gallen 113 m über dem alten Standort der konventionellen Messungen, was einen Homogenisierungsbetrag von rund 14 hPa ergab.

Wie bereits erwähnt war die Ursache eines Shifts beim Übergang von den konventionellen zu den automatischen Messungen meistens die damit verbundene Stationsverschiebung. Aus den mittleren verrech-

neten Homogenisierungsbeträgen in Abbildung 4.18 kann deshalb abgeleitet werden, dass die alten Standorte offenbar im Durchschnitt höher gelegen haben müssen als die entsprechenden neuen Standorte, denn in der Periode der konventionellen Messungen sind die Monatsmittel des Luftdrucks im Mittel 0.8 hPa tiefer als in der Phase der automatischen Messungen. Der Einfluss einzelner Shifts mit sehr grossen Homogenisierungsbeträgen wurde untersucht und kann als Grund für diesen Sprung in Abbildung 4.18 ausgeschlossen werden. Eine mögliche Erklärung für die höheren Messwerte in der AN-ETZ-Periode ist, dass die Messungen nicht mehr im Haus des Beobachters gemacht werden, sondern sich auf die Höhe der Station über Meer beziehen. Es ergibt sich dadurch ein systematisch tieferes Bezugsniveau der Luftdruckmessungen.



Abb. 4.18: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge des Luftdrucks für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

4.2.6 Dampfdruck

Die Homogenisierung des Dampfdrucks erwies sich als anspruchsvoll. Einerseits waren keine Vorleistungen aus dem Projekt KLIMA90 vorhanden, und andererseits galt es, mögliche Gründe für Inhomogenitäten von beiden für die Berechnung des Dampfdruckes benötigten Parametern Temperatur und relative Feuchte zu berücksichtigen. Nach Beginn der Homogenisierungsarbeit zeigte sich rasch, dass in erster Linie die Inhomogenitäten in den Reihen der relativen Feuchte für Inhomogenitäten in den Dampfdruck-Reihen verantwortlich waren. Inhomogenitäten des Temperaturmittels führten hingegen nur selten zu Inhomogenitäten beim Dampfdruck.

Viele der gefundenen Shift-Inhomogenitäten zeigen einen ausgeprägten Jahresgang, da Veränderungen bei der Messung der relativen Feuchte, wie zum Beispiel eine Eichung um 5%, beim Dampfdruck in den Sommermonaten grössere Konsequenzen haben als im Winter. Im Zweifelsfalle wurden deshalb bei der Homogenisierung des Dampfdruckes monatliche Homogenisierungsbeträge einem mittleren jährlichen Betrag vorgezogen.

Aus der Messgeschichte der beiden Parameter Temperatur und relative Feuchte ergeben sich zahlreiche mögliche Gründe für Inhomogenitäten beim Dampfdruck. Viele dieser Ursachen führten zu Inhomogenitäten, die ein ganzes Messnetz betrafen, was sich schliesslich auch in der grossen Anzahl von Shifts und Trends in den Tabellen 4.2 und 4.3 in Kapitel 4.2.9 niederschlägt.

Trend-Inhomogenitäten traten nur bei den konventionellen Messungen auf und waren auf die Alterung des Haarhygrometers zurückzuführen. Shift-Inhomogenitäten wurden durch folgende Ursachen hervorgerufen:

- Instrumentenwechsel (gleicher Instrumententyp, konventionelle und ANETZ-Periode)
- Stationsverschiebungen
- Modifikationen an der Wetterhütte
- Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971
- Einführung eines neuen Instrumententyps (nur ANETZ)
- Einführung des THYGAN für die Messung der relativen Feuchte

Zum besseren Verständnis der Interpretation der Auswertungen der Homogenisierung wird im Folgenden die Messmethodik der relativen Feuchte, resp. ihre möglichen Auswirkungen auf die Datenreihe des Dampfdruckes, beschrieben.

Bei konventionellen Stationen und in der konventionellen Periode der ANETZ-Stationen hätte das Hygrometer alle zwei Jahre gewechselt und zudem regelmässig mit destilliertem Wasser befeuchtet werden müssen. Aufgrund der Stationsgeschichte ist allerdings nicht mehr rekonstruierbar, wann und ob diese Vorgaben durchgeführt wurden. Ein Grossteil der Shifts der Kategorie "Grund unbekannt" in Tabelle 4.3 dürfte dadurch erklärt werden. Geberwechsel waren mit 30% die häufigste Ursache für Shifts und führten zum Teil zu beträchtlichen Inhomogenitäten.

Ein weiteres Problem der konventionellen Periode war der Wechsel der Beobachtungstermine 1971. Da für die Berechnung des Tagesmittels des Dampfdruckes, im Gegensatz zur Temperatur und zur relativen Feuchte, keine Korrekturfaktoren zur Verfügung standen, um die Verschiebung zu kompensieren, musste in allen Dampfdruck-Reihen des konventionellen Netzes eine Inhomogenität vermutet werden. Es zeigte sich aber, dass nur wenige Stationen einen Shift aufwiesen, wobei die Homogenisierungsbeträge gering waren und deutlich unter denjenigen eines Geberwechsels lagen. Shifts als Folge der Änderung der Beobachtungstermine sind in der Kategorie "anderer Grund" in Tabelle 4.3 (Kapitel 4.2.9) aufgeführt.

Der Übergang zum ANETZ bewirkte in der Regel einen deutlichen Shift mit ausgeprägtem Jahresgang der monatlichen Beträge. Dies, obschon zu Beginn des ANETZ die relative Feuchte immer noch mit einem Haarhygrometer gemessen wurde. Allerdings wurde der ANETZ-Geber kurz nach seiner Einführung bei Sättigung auf 95%, und nicht mehr auf 100%, eingestellt. Dies geschah um die Vielzahl von Messwerten über 100% zu vermeiden, die zuvor aufgetreten waren.

Diese Stauchung des Messwertspektrums bei der relativen Feuchte führte zu einem typischen Verlauf der Homogenisierungsbeträge beim Dampfdruck, der in Abbildung 4.19 am Beispiel der Station Magadino dargestellt ist.

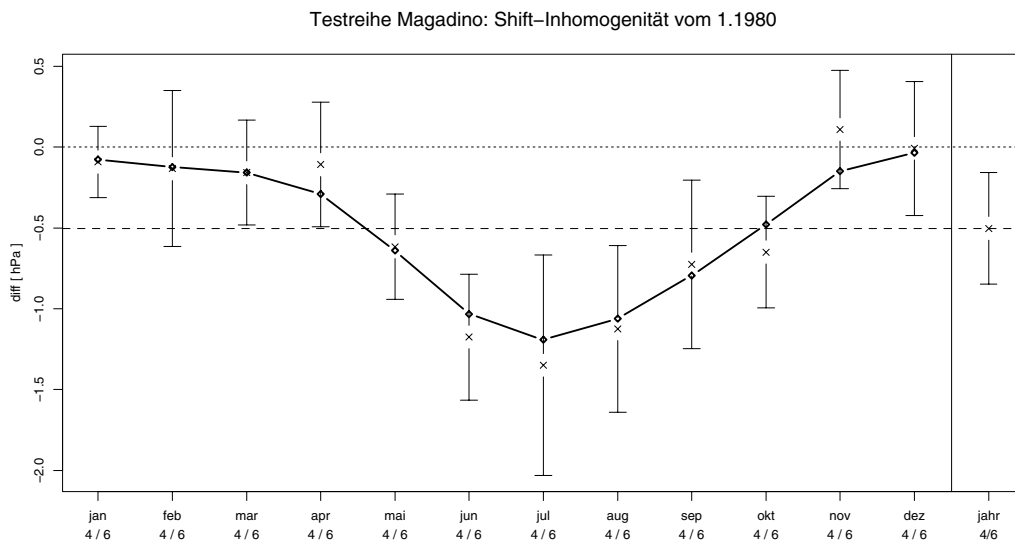


Abb. 4.19: Shift-Inhomogenität, bedingt durch die Einführung des ANETZ, in der Dampfdruck-Reihe der Station Magadino. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsbeträge (Kreuze), die geglätteten monatlichen Beträge (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsbetrag (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Beträge sind als vertikale Balken eingezeichnet.

Gegen Ende der 80er Jahre wurde bei den ANETZ-Stationen sukzessive das THYGAN eingeführt. Während das THYGAN für die Temperaturmessung erst ab 1991 offiziell im Einsatz ist, wurden die Messwerte der relativen Feuchte bereits ab dem Zeitpunkt der Installation verwendet. Wie Abbildung 4.20 zeigt, führte die Einführung des THYGAN für die Messung der relativen Feuchte ebenfalls zu einem deutlichen Shift beim Dampfdruck, wobei der Jahresgang optisch invers zu demjenigen des ANETZ-Shifts verläuft. Die absoluten Homogenisierungsbeträge sind aber nicht unbedingt gleich gross. Begründen lässt sich dieser systematische Shift durch die Tatsache, dass durch die Einführung des THYGAN die erwähnte Stauung der Werte des Haarhygrometers zu Beginn der ANETZ-Periode wieder rückgängig gemacht wurde.

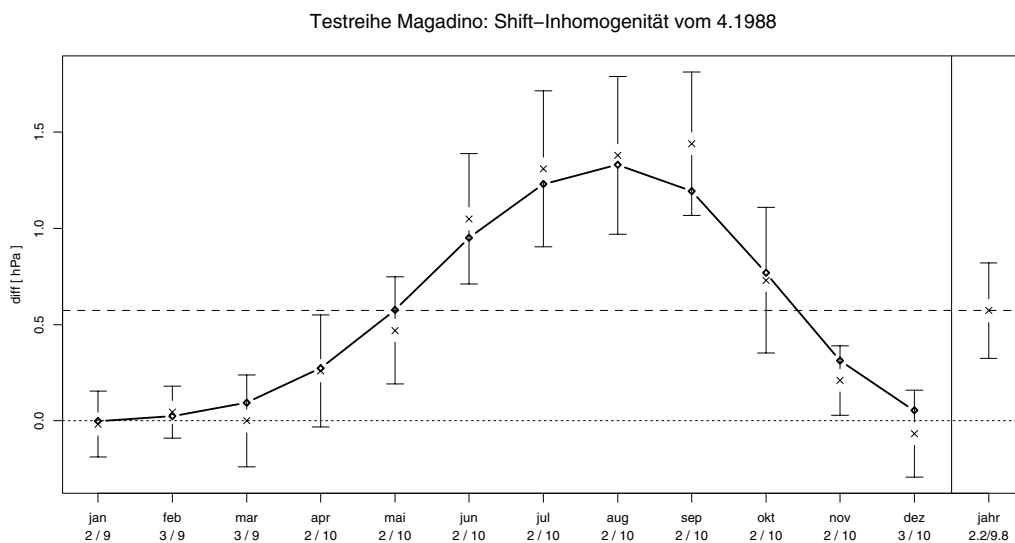


Abb. 4.20: Shift-Inhomogenität, bedingt durch die Einführung des ANETZ, in der Dampfdruck-Reihe der Station Magadino. Dargestellt sind die monatlichen Homogenisierungsbeträge (Kreuze), die geglätteten monatlichen Beträge (ausgezogene Linie) sowie der mittlere Homogenisierungsbetrag (gestrichelte Linie). Die 95%-Konfidenzintervalle der Beträge sind als vertikale Balken eingezeichnet.

Die Auswirkung der Einstellung des Feuchtegebers bei Sättigung auf 95% zu Beginn des ANETZ zeigt sich auch in der Abbildung 4.21, welche die mittleren verrechneten Homogenisierungsbeträge darstellt. Gut ersichtlich ist, dass die Dampfdruckwerte in der Zeit, als die relative Feuchte mit dem ANETZ-Haarhygrometer erfasst worden sind (ca. 1978-1988), im Vergleich zur THYGAN-Periode (1988-1997), systematisch nach oben korrigiert werden mussten. Die Sommermonate mussten dabei aufgrund der grösseren Dampfdruckwerte deutlich stärker angehoben werden. Der Vergleich der konventionellen Messungen 1961-78 mit der THYGAN-Periode ergibt, dass in der konventionellen Periode insgesamt leicht höhere Feuchtigkeiten gemessen wurden. Ein Unterschied in den Jahreszeiten ist jedoch nicht ersichtlich. Der saisonale Unterschied vor 1978 ist auf einzelne grosse Shifts zurückzuführen.

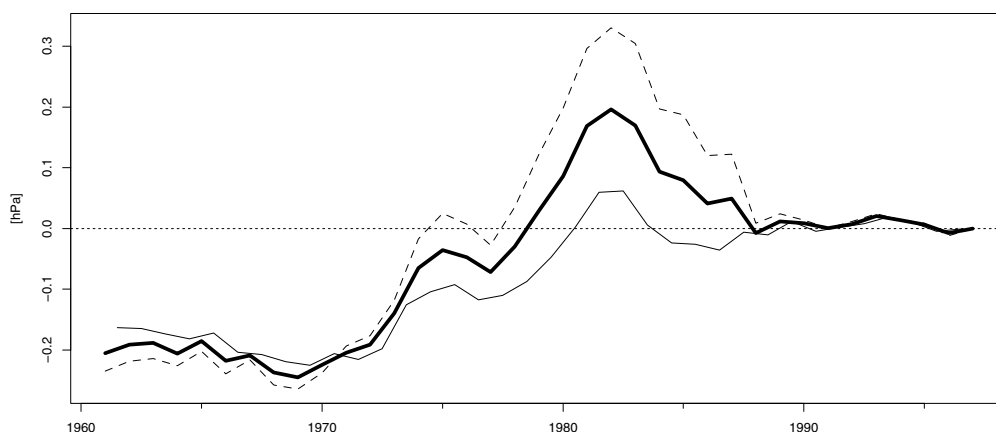


Abb. 4.21: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge des Dampfdruckes für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Auffallend sind in Abbildung 4.21 die äusserst geringen Homogenisierungsbeträge in der THYGAN-Phase ab Ende der 80er Jahre. Die Feuchtemessungen bei den ANETZ-Stationen wurden, bedingt durch das neue Messinstrument, deutlich stabiler. Es lassen sich nur noch unbedeutende Shifts in der Grössenordnung von 0.2 hPa, als Folge von Geberwechseln, feststellen. Grössere Homogenisierungsbeträge nach 1988 sind ausschliesslich auf Veränderungen bei konventionellen Stationen zurückzuführen. Abbildung 4.22 bestätigt diese Aussage eindrücklich. Die Anzahl der Shift-Inhomogenitäten ging in den 90er Jahren, im Vergleich zum Maximum der 80er Jahre, um mehr als das Dreifache zurück. Würden in Abbildung 4.22 nur die Shifts der ANETZ-Stationen geplottet, so ergäbe sich noch ein wesentlich stärkerer Rückgang auf 0.1 Shifts pro Station. Das Maximum in den 80er Jahren erklärt sich einerseits durch zahlreiche Geberwechsel zu Beginn des ANETZ-Betriebes, und andererseits durch die Einführung des THYGAN, was, wie oben beschrieben, meistens zu einem signifikanten Shift führte. Die Shifts in den 70er Jahren sind, neben der ANETZ-Einführung, auf die routinemässig vorgenommenen Wechsel des Haarhygrometers zurückzuführen. Diese Geberwechsel waren und sind, abgesehen von Stationsverschiebungen, der wesentlichste Grund für Shift-Inhomogenitäten bei konventionellen Messungen. Im konventionellen Netz blieb die Anzahl Shifts pro Station und Dekade bei diesen Stationen über alle Jahrzehnte etwa gleich. Die Beträge der gefundenen Shift-Inhomogenitäten, dargestellt in der linken Teilgrafik von Abbildung 4.22, liegen im Bereich von -3 hPa bis +2 hPa. Homogenisierungsbeträge kleiner -2 hPa waren Einzelfälle und können deshalb in der Grafik nicht mehr dargestellt werden.

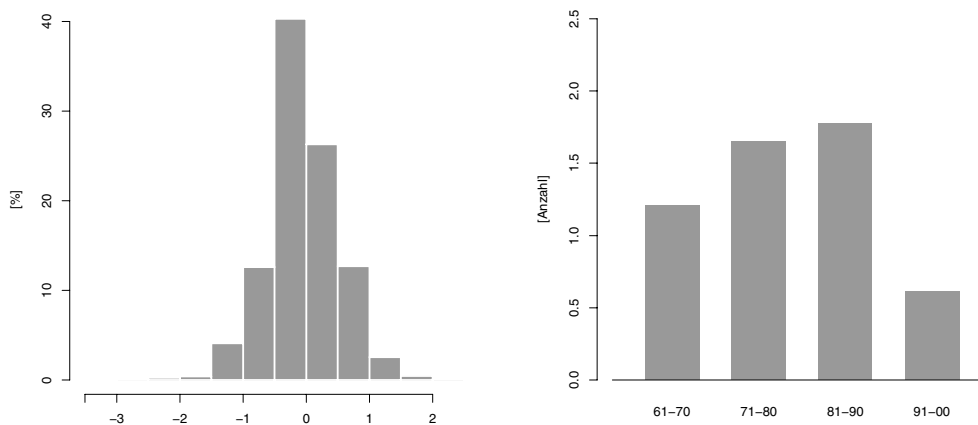


Abb. 4.22: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den Dampfdruck-Reihen in Klassen von 0.5 hPa dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

4.2.7 Windgeschwindigkeit

Es wurden nur die Windgeschwindigkeits-Reihen der ANETZ-Periode zwischen 1981 und 1997 homogenisiert, da aus den drei Terminwerten der konventionellen Messungen keine sinnvollen Monatsmittel dieses Parameters gebildet werden können. Zur Berechnung der Mittelwerte 1981-2000 mussten die Originaldaten 1998-2000 hinzugezogen werden (vgl. Kapitel 5.1).

Es traten ausschliesslich Shift-Inhomogenitäten mit folgenden Ursachen auf:

- Wechsel des Instrumententyps
- Geberwechsel (gleicher Instrumententyp)
- Eichungen
- Jahresunterhalte
- Versetzen des Windmastes
- Defekte und Reparaturen

Wie aus Tabelle 4.3 in Kapitel 4.2.9 hervorgeht, waren Instrumentenwechsel mit 67% die mit Abstand häufigste Ursache für Shifts. Abgesehen davon, traten nur noch Eichungen (14%) und Jahresunterhalte (9 %) als bedeutende Gründe auf, wobei letztere ebenfalls Geberwechsel und Eichungen beinhalten können. Systematische Wechsel des Instrumententyps wurden bei einem Grossteil der Stationen in der Untersuchungsperiode nicht vorgenommen. Allerdings kam es bei einzelnen Stationen, insbesondere in den 80er Jahren, zu jährlichen Geberwechseln oder Eichungen mit Einfluss auf die Homogenität der entsprechenden Reihe. Die Datengrundlage zur Beurteilung der Shifts war zum Teil so klein, dass nur mittlere Homogenisierungsfaktoren ohne Jahresgang bestimmt werden konnten. Wie aus der rechten Teilgrafik der Abbildung 4.23 ersichtlich ist, nimmt die Zahl der Shift-Inhomogenitäten in den 90er Jahren im Vergleich zum Beginn der Windmessungen in den 80er Jahren zwar deutlich ab, verbleibt aber mit 0.7 Shifts pro Station und Dekade immer noch auf einem, im Vergleich zu anderen Parametern, hohen Niveau.

Bei der Betrachtung der Homogenisierungsfaktoren der detektierten Shifts in Abbildung 4.23 fällt, neben der grossen Anzahl an kleinen Faktoren, die extreme Bandbreite von 0.44 bis 2.77 auf.

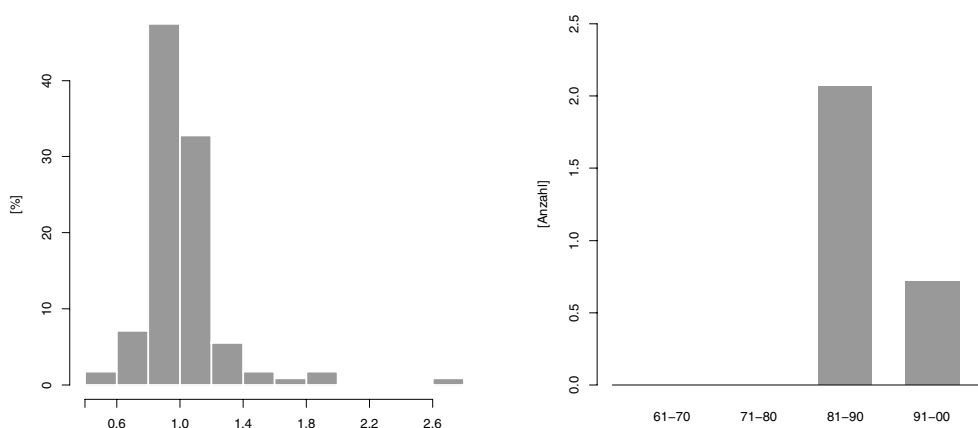


Abb. 4.23: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Faktoren von Shift-Inhomogenitäten in den Windgeschwindigkeits-Reihen in Klassen von 0.2 dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

Abgesehen von diesen Extremwerten ergab sich eine beträchtliche Anzahl Shifts mit Faktoren von 0.7 resp. 1.3. Shift-Inhomogenitäten dieser Grössenordnung traten insbesondere bei den Gebirgs-Windmessern des Typs SIAP auf. Als Ursache konnten meistens Geberwechsel und Eichungen ermittelt werden. Beide Eingriffe sind beim SIAP-Windmesser schwierig durchzuführen. Problematisch waren Shifts dieser Grösse vor allem dann, wenn sie gegen Ende der Bearbeitungsperiode (12.1997) auftraten und angenommen werden musste, dass die Messwerte zu diesem Zeitpunkt falsch waren. Die Wahl einer offensichtlich falschen Sub-Periode als Bezugsniveau der Homogenisierung hätte zu falschen und räumlich nicht vergleichbaren Mittelwerten geführt. Wenn festgestellt werden konnte, dass die Sub-Periode vor dem letzten Shift eher plausible Messwerte aufwies, wurde der letzte Shift nicht bearbeitet. Die entsprechenden Stationen sind also nicht auf dem üblichen Niveau 12.1997 homogen. Anhand der normierten q-Reihe der Station Weissfluhjoch in Abbildung 4.24 kann diese Problematik gut aufgezeigt werden. Es macht keinen Sinn, die vermutlich zu tiefe Sub-Periode 3.1996-7.1998 als Bezugsniveau zu verwenden. Das Niveau vor dem 3.1996 scheint eher einem mittleren Niveau zu entsprechen. Auffällig bei der Reihe der Station Weissfluhjoch ist zudem, dass vermutlich nach der Eichung von Mitte 1998 immer noch ein Problem vorliegt. Die Messwerte sind vermutlich nicht mehr zu tief, dafür aber zu hoch.

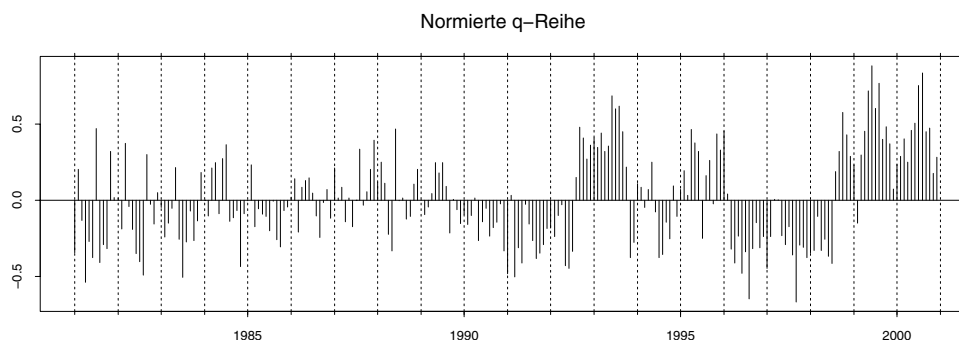


Abb. 4.24: Normierte q-Reihe der Station Weissfluhjoch für den Parameter Windgeschwindigkeit. Gut ersichtlich sind die grossen Schwankungen in den 90er Jahren infolge von Geberwechseln und Eichungen.

Anhand der mittleren verrechneten Homogenisierungsfaktoren wird in Abbildung 4.25 ersichtlich, dass zu Beginn der Windmessungen im ANETZ grössere Schwankungen in den verrechneten Faktoren auftreten. Diese Variabilität ist auf einzelne Shifts mit grossen Homogenisierungsfaktoren, als Folge von Instrumentenwechseln bzw. Eichungen, zurückzuführen. Solch grosse Shift-Inhomogenitäten traten ausschliesslich bei SIAP-Windmessern auf.

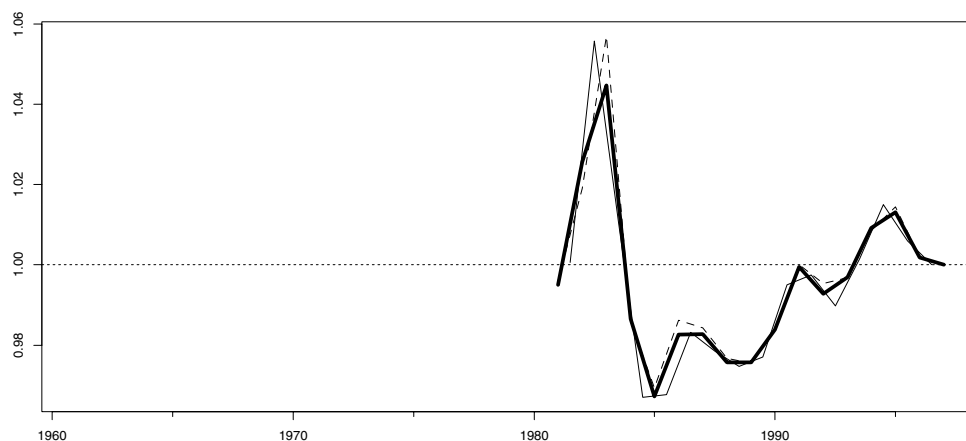


Abb. 4.25: Mittlere verrechnete Homogenisierungsfaktoren der Windgeschwindigkeit für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsfaktoren (fett), sowie die Faktoren des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

4.2.8 Bewölkung

Im konventionellen Messnetz, ausser an der Station Arosa, wird heute (Stand 12.1997) die Sonnenscheindauer nicht mehr registriert. Aus diesem Grund wurden in NORM90 für die entsprechenden Stationen die Reihen der Bewölkung homogenisiert. Wegen der geringen Anzahl an konventionellen Stationen konnten nur 14 Reihen in die Auswertungen einbezogen werden. Dennoch dürfen die gewonnenen Erkenntnisse als repräsentativ betrachtet werden. Da im Projekt KLIMA90 der Parameter Bewölkung nicht bearbeitet worden ist, standen keine bereits homogenen Reihen zur Verfügung. Die Auswertungen in Kapitel 4.2.9 basieren ausschliesslich auf den Resultaten von NORM90.

Bedingt durch das Fehlen eines Messinstrumentes traten nur folgende Ursachen für Shift-Inhomogenitäten auf:

- Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn 1971
- Erfassung der Bewölkung in Achtel ab 1971 (früher Zehntel)
- Stationsverschiebungen
- Beobachterwechsel
- Instruktionen

Gemäss einer Untersuchung von Schüepp (1996) führte die Änderung der Beobachtungszeiten im konventionellem Messnetz zu Beginn 1971 zu einem Shift von plus 1-3%. Mit Hilfe der SYNOP-Stationen als Referenzreihen wurde versucht, dieses Resultat zu bestätigen. Aufgrund der geringen Anzahl von SYNOP-Stationen und der dementsprechend schlechten Korrelation in einzelnen Regionen sowie des offenbar kleinen Einflusses der Verschiebung der Beobachtungstermine, konnten nicht alle Testreihen zuverlässig beurteilt werden. Es lässt sich aber folgende generelle Aussage machen: In gewissen Gebieten

der Schweiz, wie zum Beispiel der Ostschweiz, traten keine bedeutenden Shifts als Folge der Änderung der Beobachtungstermine auf. Ansonsten lagen die Beträge in der Grössenordnung der Untersuchung von Schüepp. Im Vergleich mit anderen Shifts in den Bewölkungsreihen sind sie allerdings sehr klein.

Die grössten Shifts ergaben sich erwartungsgemäss bei Stationsverschiebungen. Wie aus der Tabelle 4.3 in Kapitel 4.2.9 ersichtlich ist, waren 34% der gefundenen Shifts auf Standortverschiebung zurückzuführen. Ähnlich häufig führten Beobachterwechsel zu Inhomogenitäten. Sie sind zusammen mit der Änderung der Beobachtungstermine in der Kategorie "anderer Grund" aufgeführt, was den hohen Prozentsatz dieser Kategorie erklärt. 18% aller Shifts waren auf Instruktionen zurückzuführen. Lediglich 6% der Shifts konnten keinem Ereignis in der Stationsgeschichte zugeordnet werden.

Wie aus Abbildung 4.26 ersichtlich ist, lagen die meisten Homogenisierungsbeträge zwischen $\pm 10\%$. Die grössten Homogenisierungsbeträge betrugen -16.6% resp. $+11.9\%$. Abgesehen von einem kleinen Maximum in den 70er Jahren, bedingt durch die Änderung der Beobachtungstermine, traten in allen Dekaden etwa gleich viele Shifts auf.

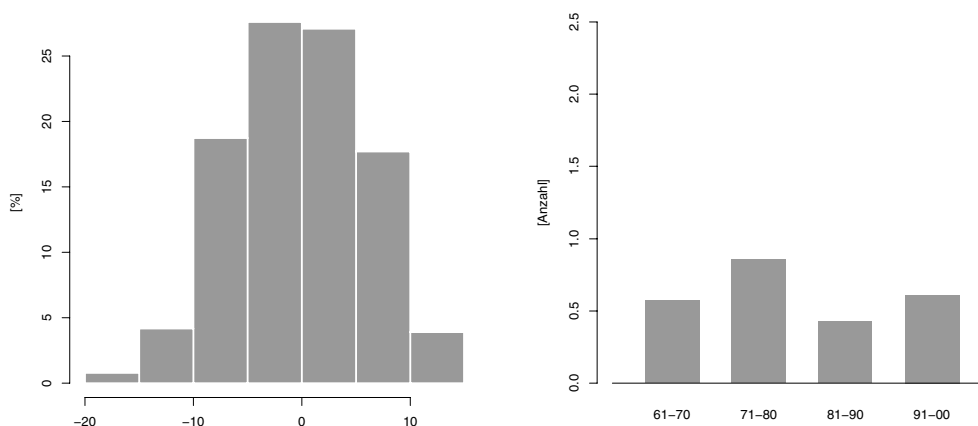


Abb. 4.26: In der linken Teilgrafik ist die Häufigkeitsverteilung der Beträge von Shift-Inhomogenitäten in den Bewölkungs-Reihen in Klassen von 5% dargestellt. Die rechte Teilgrafik zeigt die Anzahl Shifts pro Station in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode. Der Wert der Dekade 1991-2000 wurde aus der Periode 1991-1997 hochgerechnet.

Die mittleren verrechneten Homogenisierungsbeträge, dargestellt in Abbildung 4.27, zeigen überraschend eine kleine Abnahme von 1% um 1971. Eine mögliche Erklärung könnte der Wechsel von Zehntel zu Achtel in der Klassifizierung der Bewölkung oder die Änderung der Beobachtungstermine zu diesem Zeitpunkt sein. Zudem fanden um 1971 mehrere Stationsverschiebungen statt, für die positive Homogenisierungsbeträge ermittelt wurden. Die Unterschiede zwischen den Sommer- und Wintermonaten dürften denn auch von einzelnen, grösseren Beträgen mit Jahresgang herrühren.

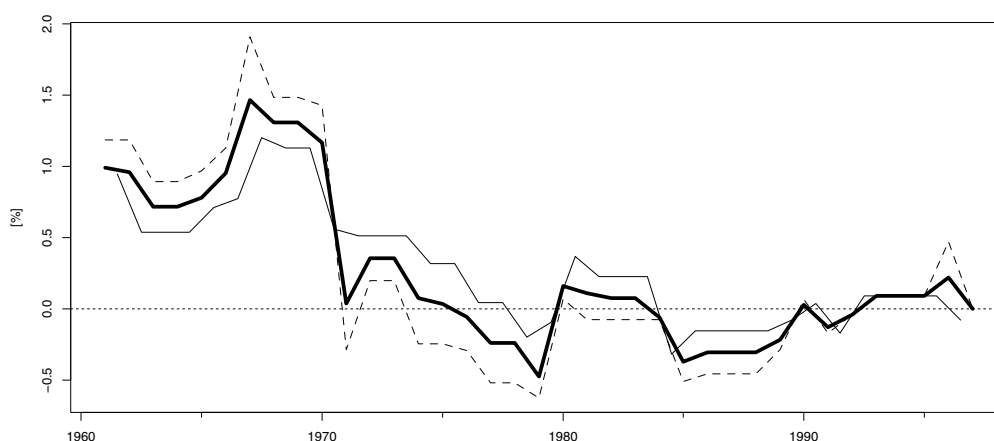


Abb. 4.27: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge der Bewölkung für die Bearbeitungsperiode 1961-1997. Dargestellt sind die jährlichen Homogenisierungsbeträge (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

4.2.9 Übersicht über die bereinigten Inhomogenitäten

4.2.9.1 Trend-Inhomogenitäten

Aufgrund der kleinen Anzahl aufgetretener Trends wurden für die quantitative Analyse der Trend-Inhomogenitäten in Tabelle 4.2 sämtliche bearbeiteten Stationen verwendet, also auch diejenigen Stationen, deren Datenreihen nach 1961 beginnen. Insgesamt konnten dadurch 1056 homogenisierte Datenreihen in die Auswertung miteinbezogen werden.

Tab. 4.2: Quantitative Analyse der Trend-Inhomogenitäten. Für die Auswertung wurden sämtliche homogenisierten 1056 Datenreihen verwendet.

	detektierte Trends [Anzahl]	Länge [Jahre]			jährliche Zu-/ Abnahme	bearbeitete Stationen [Anzahl]
		Min	Mittel	Max		
Luftdruck	36	1.0	4.0	10.0	-0.60 bis 0.47 [hPa]	82
Temperatur-Mittel	9	3.3	8.3	21.1	-0.55 bis 0.05 [°C]	93
Temperatur-Maximum	-	-	-	-	-	92
Temperatur-Minimum	2	5.9	-	17.8	-0.04 bis 0.14 [°C]	93
Niederschlag	1	-	4.3	-	5.1%	439
Sonnenscheindauer	1	-	7.9	-	1.5%	68
Windgeschwindigkeit	-	-	-	-	-	70
Dampfdruck	21	2.0	4.2	8.3	-0.40 bis 0.80 [hPa]	93
Bewölkung	-	-	-	-	-	26

Eine bedeutende Anzahl an Trend-Inhomogenitäten trat nur beim Luft- und Dampfdruck und in bescheidenerem Ausmass beim Temperaturmittel auf. Trends beim Luftdruck wurden hauptsächlich in der AN-ETZ-Periode festgestellt. Sie stehen in Zusammenhang mit dem Abdriften der eingesetzten Instrumente. Beim Dampfdruck hingegen traten Trends hauptsächlich während der konventionellen Periode auf. Die Ursache lag hier in der Alterung der für die Messung der relativen Feuchte verwendeten Haarhygrometer. Da sowohl beim Luftdruck als auch beim Dampfdruck Instrumentendrift in gewissen Perioden als grundsätzliches messtechnisches Problem auftrat, wurden bei diesen beiden Parametern auch undokumentierte Trends bearbeitet. Gründe für Trends beim Temperaturmittel waren die Kontraktion des Quecksilberggefässes mit der damit verbundenen Nullpunktverschiebung, Veränderungen in der Umgebung sowie Nullpunktverschiebungen bei den Thermographen.

4.2.9.2 Shift-Inhomogenitäten

Tabelle 4.3 enthält die quantitative Auswertung der Shift-Inhomogenitäten und ihrer Ursachen für alle in NORM90 bearbeiteten Parameter. Zur Vereinfachung der Analyse wurden nur Stationen verwendet, die während der gesamten Untersuchungsperiode 1961-1990 Daten aufweisen. Der Einfluss auf die Häufigkeitsverteilung der Ursachen ist im Vergleich zu einer Auswertung aller Datenreihen vernachlässigbar klein. Auf die parameterspezifische Verteilung der Ursachen wurde in den Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.9 bereits ausführlich eingegangen, weshalb sich die Ausführungen zur linken Hälfte der Tabelle 4.3 betreffend der Bedeutung der einzelnen Ursachen als kurze Zusammenfassung verstehen.

Erwartungsgemäss waren Stationsverschiebungen, über alle Parameter betrachtet, die häufigste Ursache für Shift-Inhomogenitäten, wobei vor allem beim Niederschlag (59%) sowie bei den Temperatur-Extrema (48% bzw. 43%) sehr hohe Prozentzahlen zu verzeichnen sind. Die verschwindend geringe Bedeutung der Kategorie "Stationsverschiebung" bei der Windgeschwindigkeit erklärt sich durch die Tatsache, dass nur die ANETZ-Periode bearbeitet wurde.

Allgemein kann beim Vergleich der verschiedenen Parameter festgestellt werden, dass die Bedeutung der Kategorie "Stationsverschiebung" abnimmt, wenn die Anzahl Shifts pro Station gross ist, wie zum Beispiel beim Luftdruck, Dampfdruck oder der Sonnenscheindauer. Die grosse Anzahl Shifts dieser Stationen war in der Regel durch Modifikationen bei den Instrumenten bedingt. Neben den Kategorien "Instrumentenwechsel" und "Eichung" können solche Modifikationen auch unter die Kategorien "Jahresunterhalt" bzw. "Grund unbekannt" fallen. Instrumentenwechsel waren bei der Windgeschwindigkeit (67%) der mit Abstand häufigste Grund für einen Shift. Daneben erklärten Instrumentenwechsel auch beim Dampfdruck (30%) und bei der Sonnenscheindauer (26%) eine Grosszahl der Shift-Inhomogenitäten. Eichungen traten nur beim Luftdruck, als Folge der Instrumentendrift und bei der Windgeschwindigkeit, bedingt durch die schwierige Eichung der SIAP-Geber, als bedeutende Ursache für Shifts auf. Bei der Sonnenscheindauer (25%) und der Bewölkung (18%) führten auch Inspektionen, Instruktionen oder Jahresunterhalte zu einer bedeutenden Anzahl an Shifts. Erwähnenswert ist diese (Sammel-) Kategorie zusätzlich noch für den Dampfdruck und den Luftdruck. Bei der Bewölkung und zum Teil auch bei der konventionellen Erfassung der Sonnenscheindauer dürften sehr wahrscheinlich Instruktionen, mit dem damit verbundenen besseren Verständnis für die Beobachtungen bzw. Messungen, die Hauptursache für die entsprechenden Shifts gewesen sein. Ansonsten ist es nachträglich kaum mehr möglich einen Grund zuzuordnen. Die möglichen Ursachen der Kategorie "anderer Grund" sind je nach Parameter verschieden und in den entsprechenden Kapiteln aufgelistet. Auffallend ist vor allem der grosse Prozentsatz bei der Bewölkung (41%) und beim Temperaturmittel (35%). Bei der Bewölkung waren es hauptsächlich Beobachterwechsel, die unter dieser Kategorie festgehalten wurden.

Tab. 4.3: Quantitative Analyse der Shift-Inhomogenitäten und ihrer Ursachen. Für die Auswertung wurden nur Messreihen verwendet, die während der ganzen Untersuchungsperiode 1961-1997 Daten aufweisen.

	Stationsver- schiebung [%]	Instrumenten- wechsel [%]	Eichung [%]	Inspektion, Instruktion, Jahresunter- halt [%]	anderer Grund [%]	Grund unbekannt [%]	ausgewertete Reihen [Anzahl]	detektierte Shifts [Anzahl]	Mittlere Länge der homogenen Sub-Perioden [Jahre]
Luftdruck	22	8	16	12	21	22	45	335	5.0
Temperaturmittel	39	18	-	1	35	7	60	210	10.6
mittleres Temperatur- maximum	48	17	-	5	27	2	39	93	15.5
mittleres Temperatur- minimum	43	16	-	3	22	16	46	124	13.7
Niederschlag	59	10	2	2	13	15	265	299	32.8
Sonnenschein- dauer	26	26	9	25	6	8	28	142	7.3
Wind- geschwindigkeit	2	67	14	9	3	6	46	118	6.6
Dampfdruck	25	30	2	13	14	17	63	320	7.3
Bewölkung	34	-	-	18	41	6	14	32	16.2

Beim Temperaturmittel wurden zum Beispiel die Änderung der Beobachtungstermine, Hüttenwechsel und Beobachterwechsel unter "anderer Grund" abgelegt. Erfreulicherweise konnte die Grosszahl der detektierten Shifts einem Hinweis in der Stationsgeschichte zugeordnet werden. Nur gerade beim Luftdruck und in geringerem Masse bei den Parametern Dampfdruck, mittleres Temperaturminimum und Niederschlag liegt die Zahl der Shifts mit unbekanntem Grund über 10 %. Vermutlich dürfte es sich dabei grösstenteils um Modifikationen an den Messinstrumenten handeln, die nicht in die Stationsgeschichte aufgenommen worden sind.

Im Folgenden soll nun auf den rechten Teil der Tabelle 4.3 eingegangen werden. Gesamthaft standen für diese Auswertungen 606 homogene Datenreihen zur Verfügung. Im Zuge der Homogenisierung wurden total 1673 Shifts bereinigt. Daraus ergibt sich, über alle Parameter betrachtet, eine mittlere Länge der homogenen Sub-Perioden von 13.7 Jahre. Die längsten homogenen Sub-Perioden sind mit 32.8 Jahren beim Niederschlag zu verzeichnen, gefolgt von der Bewölkung mit 16.2 Jahren. Sehr kurze homogene Sub-Perioden weisen die Parameter Luftdruck (5.0 J.), Windgeschwindigkeit (6.6 J.), Dampfdruck (7.3 J.) und Sonnenscheindauer (7.3 J.) auf. Werden für die Berechnung der homogenen Sub-Perioden nur die Resultate der Bearbeitung der 12 langen Reihen verwendet, erhöht sich die Länge der mittleren homogenen Sub-Perioden beim Temperaturmittel von 10.6 auf 19.5 Jahre und beim Niederschlag von 32.8 auf 46.0 Jahre. Der Grund für diese Zunahme liegt in der Tatsache, dass in der Untersuchungsperiode der kurzen Reihen von 1961 bis 1997 im Mittel mehr Shifts pro Dekade aufgetreten sind als in der Untersuchungsperiode der langen Reihen von 1864 bis 1997 (vgl. auch Abbildung 4.28 und 4.30 in Kapitel 4.4). Dies ergibt kürzere mittlere homogene Sub-Perioden, wenn sie nur aus den Jahren ab 1961 berechnet werden, da die Anzahl der Shifts in den 70er und 80er Jahren zunimmt.

Ein Vergleich mit den Resultaten von Auer, Böhm und Schöner (2001) zeigt für österreichische langjährige Klimareihen ähnliche Resultate beim Temperaturmittel. Die mittleren homogenen Sub-Perioden betragen bei den von ihnen bearbeiteten 15 Stationen 22.4 Jahre (NORM90: 19.5 Jahre). Beim Niederschlag sind die Perioden mit 32.7 Jahren im Vergleich mit denjenigen der 12 langen Niederschlagsreihen der Schweiz (46 Jahre) hingegen kürzer. Der Vergleich bei anderen Parametern zeigt durchwegs kürzere mittlere homogene Sub-Perioden in den Klimareihen der Schweiz, was vermutlich mit dem oben beschriebenen Problem der "Shift-reichen" kurzen Bearbeitungsperiode 1961-1997 zusammenhängt. Die österreichischen homogenisierten Reihen sind im Mittel alle länger als 100 Jahre.

4.3 Inhomogenitäten am Rande der Bearbeitungsperiode

Es bestehen zwei unterschiedliche Probleme, die im Zusammenhang mit Inhomogenitäten am Rande der Bearbeitungsperiode diskutiert werden müssen. Auf der einen Seite steht die Interpretation der Resultate der Homogenitätstests. Die objektiven Testmethoden reagieren zum Teil sehr sensibel auf Änderungen am Anfang oder am Ende der Differenzen- bzw. Quotientenreihen. Da solche Änderungen nicht nur durch Shifts oder Trends, sondern auch durch spezielle klimatologische Verhältnisse an der Teststation entstehen können, besteht die Möglichkeit, dass die Tests in solchen Fällen eine signifikante Inhomogenität anzeigen, obwohl in der Testreihe keine vorhanden ist. Auf der anderen Seite ist die Datengrundlage bei tatsächlich vorhandenen Shift-Inhomogenitäten am Anfang oder Ende der Testreihe oft zu gering, um gesicherte Homogenisierungsbeträge oder -faktoren zu bestimmen.

Je nachdem ob eine fälschlicherweise angenommene bzw. schlecht bearbeitete Shift-Inhomogenität am Anfang oder am Ende der Testreihe auftritt, sind die Auswirkungen auf die homogene Reihe und ihre Normwerte unterschiedlich gross. Bei einem Fehler am Anfang der Reihe wird nur eine kleine Periode beeinflusst. Die Auswirkungen auf die Normwerte als Mittel aus 30 Jahren sind vernachlässigbar klein.

Bei einer falsch eingeschätzten Inhomogenität am Ende der Testreihe können die Folgen allerdings gravierender sein. Werden die Homogenisierungsbeträge bzw. -faktoren auf das aktuellste Niveau verrechnet, was wegen der Vergleichbarkeit von Normwerten und aktuellen Messwerten geschieht (vgl. Kapitel 5), wird die gesamte Periode vor dem Shift-Datum aufgrund einer schlecht bestimmten oder fälschlicherweise angenommenen Inhomogenität verändert. Der Einfluss auf die Normwerte ist enorm. Bei Trend-Inhomogenitäten sind die Folgen falscher Testresultate deutlich geringer, denn es ist in beiden Fällen nur eine kurze Periode betroffen. Die Bearbeitung eines tatsächlich vorhandenen Trends am Ende der Testreihe ist aber schwierig, da die weitere Entwicklung des Trends nicht beurteilt werden kann. Aus diesen Gründen wurden Inhomogenitäten, die gegen Ende der Bearbeitungsperiode vermutet werden mussten, in der Regel nur dokumentiert. Sie müssen zu einem späteren Zeitpunkt mit zusätzlichen Daten nochmals überprüft und abschliessend beurteilt werden.

Das Problem von Inhomogenitäten am Rande der Bearbeitungsperioden war natürlich schon im Projekt KLIMA90 aufgetreten. Vor der Verwendung der homogenen Reihen in NORM90 wurden die Perioden zwischen den letzten von KLIMA90 bearbeiteten Inhomogenitäten und dem Jahr 1990 deshalb nochmals auf Homogenität überprüft. Ebenso wurden Shifts und Trends von KLIMA90, die kurz vor 1990 auftraten, mit den zusätzlich vorhandenen Daten bis 1997 neu beurteilt.

Die Zahl der Jahre, die nach einer Shift-Inhomogenität vorhanden sein müssen, damit gesicherte Homogenisierungsbeträge oder -faktoren bestimmt werden können, ist vom Parameter abhängig. Aufgrund der sehr guten räumlichen Korrelationen genügen beim Luftdruck bereits 2 bis 3 Jahre. Beim Niederschlag hingegen sollten, bedingt durch die grosse Variabilität der Messwerte, 7 bis 10 Jahre Daten vorhanden sein. Bei den übrigen Parametern können 3 bis 5 Jahre in der Regel als ausreichend betrachtet werden. Generell gilt, dass bei Shifts mit Jahresgang mehr Daten zur Verfügung stehen müssen als wenn ein mittlerer Betrag oder Faktor bestimmt werden kann. Ob die letzte Inhomogenität korrigiert werden sollte, wurde in NORM90 je nach Situation neu beurteilt und lag im Ermessensspielraum des Bearbeiters. So wurde zum Beispiel für die Stationsverschiebung in der Temperaturmittel-Reihe von Arosa Ende 1996 provisorisch ein mittlerer Homogenisierungsbetrag bestimmt. Die Verschiebung führte offensichtlich zu einem grossen und, trotz kurzer Vergleichsperiode, signifikanten Shift von ca. 0.6 Grad. Ohne diese Bearbeitung wären die berechneten Normwerte bereits ab Ende Projekt nicht mehr mit den aktuellen Messwerten vergleichbar. Anders die Situation bei der Station Langnau i.E., die ebenfalls im Jahre 1996 verschoben worden war. Der Shift fiel nicht eindeutig signifikant aus und war mit 0.2 Grad auch bedeutend kleiner als derjenige von Arosa. Die mögliche Inhomogenität wurde dokumentiert und muss später mit mehr Daten beurteilt werden. Auf den Vergleich der Normwerte mit den aktuellen Messungen hat dies praktisch keinen Einfluss.

Bei rund 25% der im Rahmen von NORM90 homogenisierten Datenreihen wurde festgehalten, dass das Ende der Bearbeitungsperiode später nochmals beurteilt werden sollte. Dies bedeutet nicht, dass die entsprechenden Reihen eine Inhomogenität aufweisen müssen. In vielen Fällen wurde ein Hinweis aus der Stationsgeschichte aufgenommen, der möglicherweise zu einer Inhomogenität geführt haben könnte, ohne dass die Tests Hinweise dazu geliefert hätten. Oder es wurden Resultate von Homogenitätstests festgehalten, die sich als nicht haltbar erweisen könnten.

4.4 Homogenisierung der langen Temperatur- und Niederschlagsreihen

Die 12 langen Temperatur- und Niederschlagsreihen wurden mit der gleichen Methodik wie die kurzen Reihen bearbeitet. Die im Projekt KLIMA90 bereits homogenisierte Periode 1961-1990 wurde dabei neu beurteilt, um einheitlich bearbeitete lange Reihen zu erhalten. Insbesondere beim Temperaturmittel zeigte

die Neubeurteilung mit der Methodik von THOMAS, dass einige KLIMA90-Inhomogenitäten als nicht signifikant betrachtet werden müssen. Es ergaben sich aus diesem Grund kleine Unterschiede zwischen den offiziellen Normwerten, die aus der Periode 1961-1990 der langen Reihen berechnet wurden, und den von KLIMA90 publizierten Werten.

Bei der Bearbeitung der langen Reihen wurde festgestellt, dass die Bildung einer Referenzreihe über die ganze Periode 1864-1997 kaum möglich war, da nicht genügend Vergleichstationen ohne eigene grössere Inhomogenitäten zur Verfügung standen. Aus diesem Grund mussten kürzere, sich überlappende Referenzreihen gebildet werden. Die überlappende Periode sollte bei der Temperatur mindestens 10 Jahre und beim Niederschlag 20 Jahre betragen, damit Inhomogenitäten am Beginn oder am Ende eines solchen Teilstückes gesichert beurteilt werden konnten.

Die Ursachen der detektierten Inhomogenitäten entsprachen sowohl beim Temperaturmittel als auch beim Niederschlag denjenigen der kurzen Reihen. Ebenso lag die Grössenordnung der Homogenisierungsbeiträge bzw. -faktoren im selben Bereich.

4.4.1 Temperatur

Die Entwicklung der Anzahl Shift-Inhomogenitäten pro Station und Dekade des Temperaturmittels, dargestellt in Abbildung 4.28, zeigt zu Beginn und gegen Ende der untersuchten Periode von 1864 bis 1997 eine Häufung auftretender Shifts. Der Hauptgrund für die grössere Anzahl Shift-Inhomogenitäten im 19. Jahrhundert waren die zahlreichen Standortverschiebungen in diesem Zeitraum, wobei zum Teil gleichzeitig die Wetterhütte gewechselt wurde.

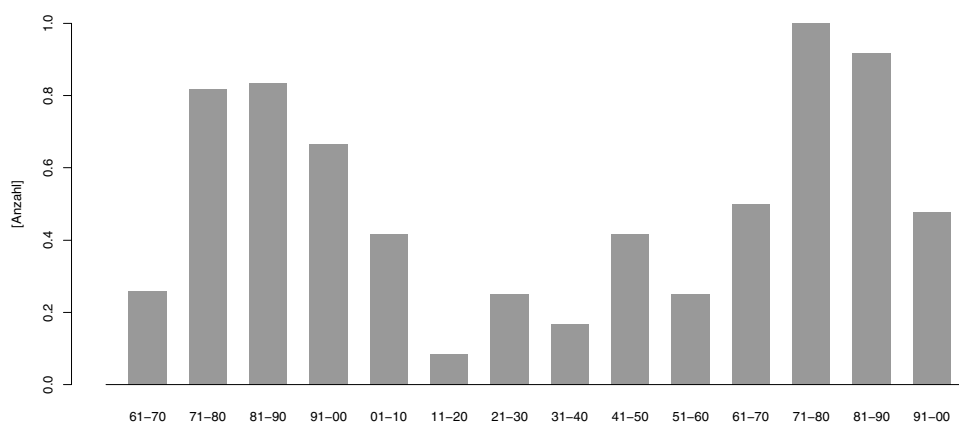


Abb. 4.28: Anzahl Shifts pro Station der 12 langen Temperaturreihen in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode 1864-1997. Die Werte der Dekaden 1860-1870 und 1990-2000 wurden aus den Periode 1864-1870 resp. 1991-1997 hochgerechnet.

Eine weitere Ursache für die zahlreichen Shifts zu Beginn der Untersuchungsperiode war die bei den alten Thermometern häufig beobachtete Nullpunktverschiebung infolge Kontraktion des Quecksilbergefässes. Mehrere Einträge in der Stationsgeschichte zu den entsprechenden Shifts deuten darauf hin. Mit der Einführung eines neuen Quecksilber-Thermometer-Typs um die Jahrhundertwende nahmen diese instrumentbedingten Shifts deutlich ab. Im Zeitraum 1900 bis 1970 waren neben einzelnen Stationsverschiebungen hauptsächlich Wetterhüttenwechsel für bedeutende Shift-Inhomogenitäten verantwortlich. Dabei wurden die Zinkblechhütten und die Wild'schen Hütten sukzessive durch Stevensonhütten ersetzt. Die Ursachen für die grosse Anzahl Shifts in den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts sind im

Kapitel 4.2.1 ausführlich beschrieben. Es handelt sich dabei hauptsächlich um die Änderung der Beobachtungstermine auf Beginn des Jahres 1971, die Einführung des ANETZ-Betriebes Ende der 70er Jahre sowie die häufigen Geberwechsel zu Beginn der ANETZ-Periode.

Wie schon in Kapitel 4.2.1 erwähnt, waren die Temperaturmessungen vor Einführung des ANETZ stärker durch die Strahlung beeinflusst. Als Folge davon wurden im Vergleich zu den heutigen Bedingungen systematisch höhere Temperaturen gemessen, wobei die Sommermonate stärker betroffen waren als die Wintermonate. Abbildung 4.29 bestätigt diese Tendenz auch vor 1961 und zeigt damit eindrücklich die Bedeutung homogener Reihen als Datengrundlage für Aussagen zur Klimaänderung. Die aus den 12 homogenen Reihen ermittelte mittlere Zunahme der Temperatur im 20. Jahrhundert um ca. 1.2 Grad würde bei der Verwendung von Originalwerten im Mittel nur etwa halb so gross ausfallen.

Eine Zunahme der Temperatur durch Verstädterung (Urbanisierungseffekt), wie er in der aktuellen Debatte zur Klimaveränderung diskutiert wird, konnte in den bearbeiteten langen Stadt-Reihen der Schweiz nicht festgestellt werden. Dieser Umstand könnte mit den Standorten der Stationen zusammenhängen, die sich alle am Rande der Städte befinden.

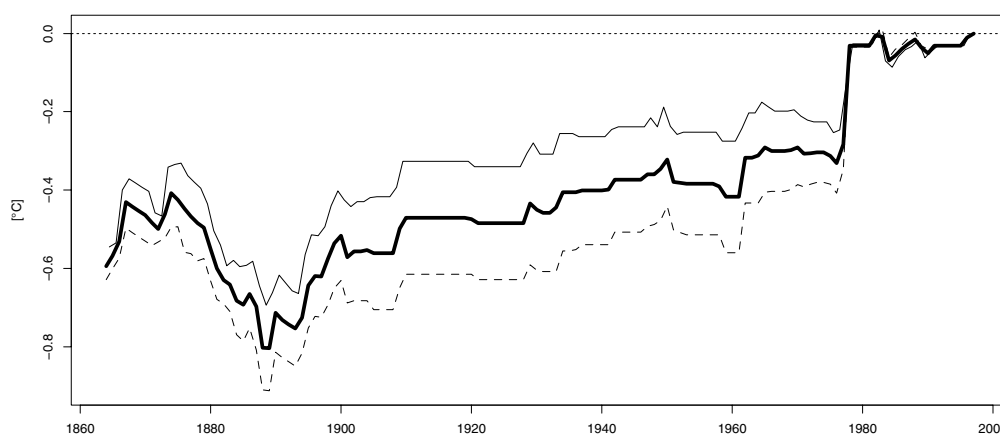


Abb. 4.29: Mittlere verrechnete Homogenisierungsbeträge der 12 langen Temperaturreihen für die Bearbeitungsperiode 1864-1997. Dargestellt ist der jährliche Homogenisierungsbetrag (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

Die Schwankungen der verrechneten Homogenisierungsbeträge vor 1900 sind einerseits auf grosse Shift-Inhomogenitäten in einzelnen Reihen, zum Beispiel Säntis und Davos, zurückzuführen. Andererseits lässt sich die erwähnte Instrumentendrift auch in den verrechneten Beträgen erkennen.

4.4.2 Niederschlag

Ähnlich wie beim Temperaturmittel können auch beim Niederschlag zwei Häufungen von Shift-Inhomogenitäten zu Beginn und gegen Ende der Untersuchungsperiode festgestellt werden. Allerdings ist die absolute Anzahl der Shifts, wie in Abbildung 4.30 ersichtlich, weniger gross als beim Temperaturmittel. Die Ursachen für Shift-Inhomogenitäten waren bis zur Einführung des ANETZ vorwiegend Stationsverschiebungen und Beobachterwechsel. Der Grund für ihr häufigeres Auftreten im 19. Jahrhundert ist nicht klar und kann zufällig sein. Eine kürzere Lebensdauer der Messgeräte wie bei der Temperatur kommt jedenfalls nicht in Frage.

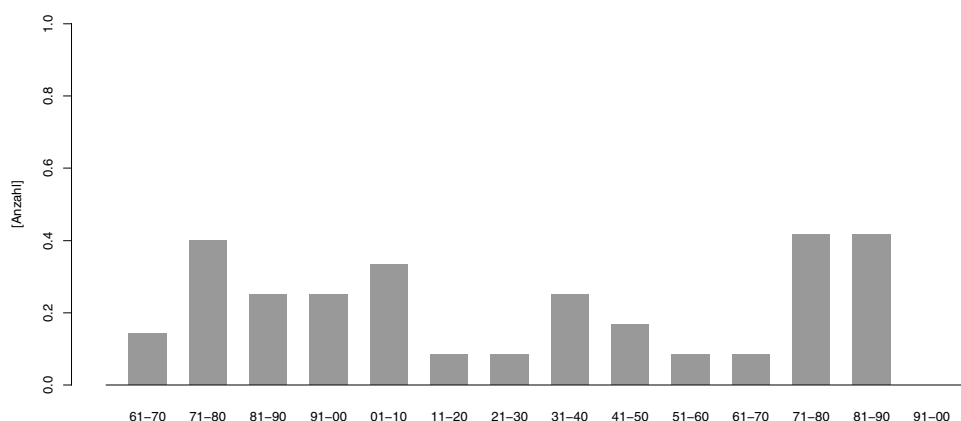


Abb. 4.30: Anzahl Shifts pro Station der 12 langen Niederschlagsreihen in den einzelnen Dekaden der Homogenisierungsperiode 1864-1997. Die Werte der Dekaden 1860-1870 und 1990-2000 wurden aus den Perioden 1864-1870 resp. 1991-1997 hochgerechnet.

Wie in Kapitel 4.2.3 beschrieben, bewirkte die Einführung des ANETZ einen systematischen Shift von ca. 5% im Jahresmittel, wobei die Wintermonate stärker betroffen waren als die Sommermonate (vgl. Abbildung 4.12). Etwas überraschend fehlt diese Systematik in Abbildung 4.31. Der Grund hierfür ist ein deutlicher Shift der Station Säntis im Jahre 1988 mit ausgeprägtem Jahresgang als Folge einer Stationsverlegung. Die monatlichen Homogenisierungsfaktoren dieses Shifts sind genau gegenläufig zu denjenigen des üblichen ANETZ-Shifts und kompensieren diese daher weitgehend. Der Einfluss der Station Säntis in Abbildung 4.12 ist bedeutend geringer, da nicht, wie in Abbildung 4.31, nur 9 ANETZ-Stationen in die Grafik einfließen, sondern deren 47. Ohne die Station Säntis würde der Verlauf der mittleren verrechneten Homogenisierungsfaktoren in Abbildung 4.31 demjenigen von Abbildung 4.12 in Kapitel 4.2.3 ähnlich sehen. Für die Analyse langer Niederschlagsreihen ist es daher ebenfalls notwendig auf homogenisierte Stationen zurückzugreifen, zumindest wenn ANETZ-Stationen in die Auswertungen miteinbezogen werden.

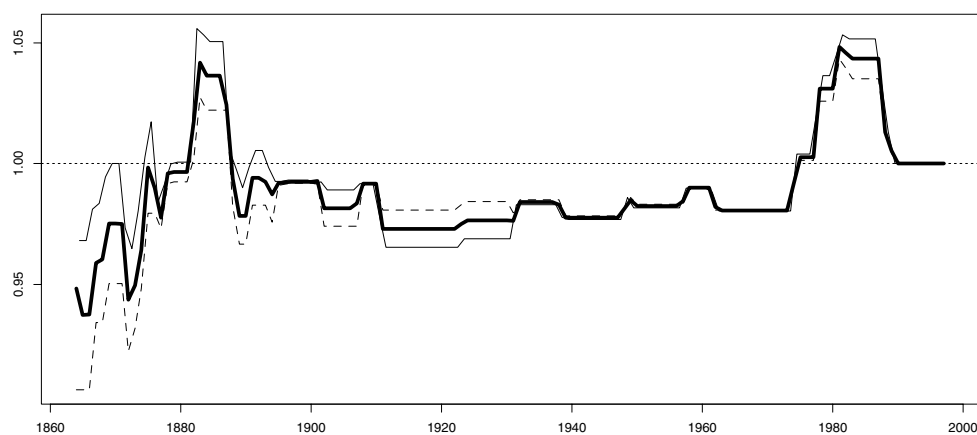


Abb. 4.31: Mittlere verrechnete Homogenisierungsfaktoren der 12 langen Niederschlagsreihen für die Bearbeitungsperiode 1864-1997. Dargestellt ist der jährliche Homogenisierungsbetrag (fett), sowie die Beträge des Winterhalbjahres (ausgezogene Linie) und des Sommerhalbjahres (gestrichelte Linie).

5 Normwerte

Die Variabilität von klimatologischen Messgrößen ist von Monat zu Monat und Jahr zu Jahr relativ gross. Zur Beschreibung der mittleren klimatologischen Verhältnisse einer Station werden Mittelwerte (Normwerte) der verschiedenen Parameter aus einer langjährigen Messperiode benötigt. Die Messperiode muss dabei einerseits lang genug sein, um eine repräsentative Häufigkeitsverteilung der Parameter zu erfassen. Andererseits steigt mit zunehmender Länge der Periode die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Mittelwerte infolge von langfristigen Klimavariationen immer weiter von den aktuellen Zuständen entfernen. Als Kompromiss aus diesen zwei Überlegungen und um die Normwerte national und international miteinander vergleichen zu können, wurden von der World Meteorological Organisation (WMO) 30-jährige Standardperioden zur Bestimmung von klimatologischen Normwerten festgelegt (WMO 1967, 1989). Normwerte sollten aus vollständigen und homogenen Datenreihen der entsprechenden 30-jährigen Standardperioden (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990) berechnet werden. Bei unvollständigen oder zu kurzen Reihen ist es aus Sicht der räumlichen Vergleichbarkeit sinnvoll, die Mittelwerte der vorhandenen Perioden auf die entsprechende Standardperiode zu reduzieren. Normwerte finden aber nicht nur bei der Beschreibung des Klimas einer Station oder beim Vergleich des Klimas verschiedener Stationen Verwendung, sondern dienen auch zur Beurteilung einzelner Perioden im Bezug auf ihre durchschnittlich zu erwartende Witterung. Aus diesem Grund müssen Normwerte mit den aktuellen Messwerten vergleichbar sein. Bei einer Veränderung der Messbedingungen an einer Station ist es deshalb nötig, die Normwerte der neuen Situation anzupassen.

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die im Projekt NORM90 berechneten Norm- und Mittelwerte. Ebenso werden die verwendeten Methoden zur Reduktion auf längere Perioden und zur Anpassung bei Veränderungen nach dem Ende der Standardperiode 1961-1990 vorgestellt. Im Weiteren wird auf die Bestimmung von täglichen Normwerten eingegangen und die Vorgehensweise bei der Bildung von Normwerten, die auf der Auszählung von Tageswerten beruhen, erklärt. Die einzelnen monatlichen Norm- und Mittelwerte der konventionellen und automatischen Messstationen sind in ANHANG A aufgelistet. Der Vollständigkeit halber sind die Normwerte der im Projekt KLIMA90 bearbeiteten Stationen ebenfalls in die Auflistung miteinbezogen worden. Differenzen im Vergleich mit den Werten in der Publikation von KLIMA90 (Aschwanden et al., 1996) können verschiedene Gründe haben. Einerseits wurden einzelnen Messreihen im Projekt NORM90 überarbeitet, insbesondere die langen Reihen und Messreihen, die kurz vor Ende der Bearbeitungsperiode von KLIMA90 eine Inhomogenität aufweisen. Andererseits können Differenzen auch aufgrund unterschiedlicher Rundung auftreten.

5.1 Monatliche Normwerte

Basierend auf den homogenen Datenreihen wurden für die im Rahmen von NORM90 bearbeiteten Parameter Normwerte der aktuellen Standardperiode 1961-1990 berechnet. Als Homogenisierungsniveau wurde dabei generell diejenige homogene Sub-Periode gewählt, in der das Ende der Standardperiode (12.1990) lag. Abbildung 5.1 zeigt die Wahl des Niveaus, die Bildung der homogenen Reihe und die Wahl der Periode zur Berechnung der Normwerte anhand eines schematischen Beispiels einer Reihe mit drei Shift-Inhomogenitäten, wobei eine davon nach Ende der Standardperiode auftritt.

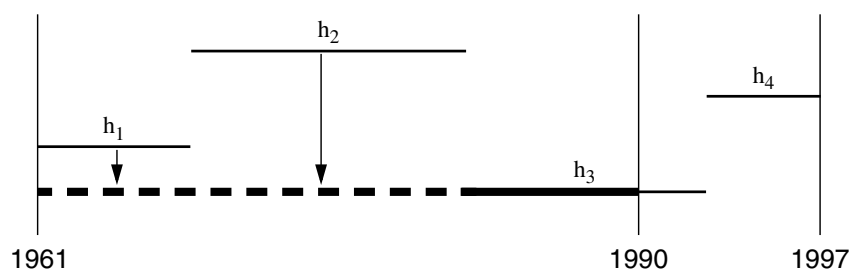


Abb. 5.1: Schematische Darstellung der Bildung einer homogenen Reihe zur Berechnung der Normwerte 1961-1990 am Beispiel einer Datenreihe mit vier homogenen Sub-Perioden (h) bzw. drei Shift-Inhomogenitäten. h_3 entspricht dem für die Standardperiode gewählten Homogenisierungsniveau. Die zur Berechnung der Normwerte verwendete Periode ist fett hervorgehoben.

Die drei in der Periode 1961-1990 vorhandenen homogenen Sub-Perioden werden durch Verrechnung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren auf dem Niveau der jüngsten Periode aneinander angeglichen. Auf Shift-Inhomogenitäten kurz vor dem Ende der Standardperiode mit provisorisch bestimmten Beträgen oder Faktoren (vgl. Kapitel 4.3), und einem somit unsicheren Homogenisierungsniveau, muss keine Rücksicht genommen werden, da zur Bestimmung des letzten Shifts vor dem 12.1990 Daten über dieses Datum hinaus zur Verfügung stehen. Die fett eingezeichnete Periode umfasst diejenigen Werte, die in die Berechnung der Normwerte einfließen.

Für Parameter mit allgemeinem Messbeginn nach 1961, wie Wind oder Globalstrahlung, wurden Mittelwerte der Periode 1981-2000 bestimmt. Bei der Windgeschwindigkeit, deren Messreihen nur bis Ende 1997 homogenisiert worden sind, mussten zu diesem Zweck drei Jahre mit originalen Daten miteinbezogen werden. Zusätzlich zu den Norm- und Mittelwerten, die direkt aus den homogenen Monatsreihen berechnet werden konnten, wurden aus den Reihen des Niederschlags und der mittleren Maximum- und Minimumtemperatur Norm- bzw. Mittelwerte für die Tage mit Niederschlag und die Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage abgeleitet. Zusammen mit den Normwerten, die bereits im Projekt KLIMA90 bestimmt worden sind, stehen nach Abschluss von NORM90 für die meisten Stationen des ANETZ, des konventionellen Messnetzes und des Niederschlagsmessnetzes (Stand 12.1997) Norm- bzw. Mittelwerte, basierend auf homogenisierten Datenreihen, zur Verfügung. Ausgenommen sind diejenigen Stationen, die erst Ende der 80er oder anfangs der 90er Jahre den Betrieb aufgenommen haben. Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die Parameter und die Bezugsperioden der entsprechenden Norm- oder Mittelwerte.

Tab. 5.1: Übersicht über die bearbeiteten Parameter und die Bezugsperioden der entsprechenden Norm- oder Mittelwerte.

Parameter	Bezugsperiode	Bemerkungen
Temperaturmittel	1961-1990	
mittlere Minimumtemperatur		
mittlere Maximumtemperatur		
Niederschlagssumme		
Tage mit Niederschlag (>0.9mm)		Basierend auf homogenen Tageswerten des Niederschlags, die durch Umlegung der monatlichen Homogenisierungsfaktoren bestimmt worden sind (vgl. Kapitel 3.3.4.3).
absolute Sonnenscheindauer		Nur Stationen des ANETZ (und Arosa).
relative Sonnenscheindauer		Berechnet aus den Normwerten der absoluten Sonnenscheindauer und der maximal möglichen monatlichen Sonnenscheindauer der entsprechenden Station.
Luftdruck		Auf Stationshöhe bezogen.
Dampfdruck		
Bewölkung		Nur Stationen des konventionellen Messnetzes.
Windgeschwindigkeit	1981-2000	Nur Stationen des ANETZ.
Globalstrahlung		Nur Stationen des ANETZ, vgl. auch Kapitel 6.3.
Windrichtung	stationsspezifisch (abhängig von vorhandener Messperiode)	Mittlere Windrosen, basierend auf der Auszählung der Stundenwerte. Nur Stationen des ANETZ.
Eistage (Tmax < 0 Grad)		Basierend auf homogenen Tageswerten des Tmin/Tmax, die durch Umlegung der monatlichen Homogenisierungsbeträge bestimmt worden sind (vgl. Kapitel 3.3.4.3).
Frosttage (Tmin < 0 Grad)		
Sommertage (Tmax ≥ 25 Grad)		
Hitzetage (Tmax ≥ 30 Grad)		

5.1.1 Reduktion von Norm- und Mittelwerten auf eine Bezugsperiode

Bei Stationen mit unvollständigen oder zu kurzen Messperioden wurden die Mittelwerte der vorhandenen Daten, wenn immer möglich, auf die entsprechende Bezugsperiode (1961-1990 oder 1981-2000) reduziert, um die räumliche Vergleichbarkeit der Norm- oder Mittelwerte eines Parameters zu gewährleisten. Zum Teil waren auch Stationen mit genügend langer Messperiode betroffen, deren Daten aber nicht für die gesamte Zeit in digitaler Form zur Verfügung standen. Der Aufwand zur Nacherfassung fehlender Messwerte wurde nur in Einzelfällen als sinnvoll erachtet. Die Reduktion erfolgte mit Hilfe einer Referenzreihe nach dem in Abbildung 5.2 schematisch dargestellten Prinzip. Zur Bildung der Referenzreihen und für die Wahl der dafür benötigten Vergleichsstationen wurde für alle Parameter, mit Ausnahme der Globalstrahlung (vgl. Kapitel 6.3), die gleiche Methodik wie bei der Homogenisierung verwendet.

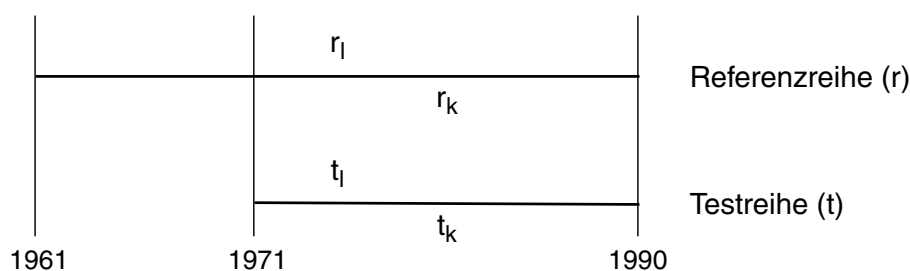


Abb. 5.2: Schematische Darstellung des Prinzips der Reduktion am Beispiel einer Testreihe, deren Messungen erst 1971 beginnen. r_l : Mittelwert 1961-1990 der Referenzreihe, r_k : Mittelwert 1971-1990 der Referenzreihe, t_l : reduzierter Mittelwert 1961-1990 der Testreihe, t_k : Mittelwert 1971-1990 der Testreihe.

Die Berechnung der reduzierten monatlichen Normwerte $t_{l,j}$ ist für additive und multiplikative Parameter unterschiedlich und erfolgt nach folgenden Formeln:

$$t_{l,j} = t_{k,j} - r_{k,j} + r_{l,j} \qquad t_{l,j} = \frac{t_{k,j} \cdot r_{l,j}}{r_{k,j}} \qquad (5.1)$$

- wobei:
- j = Monat (Januar, Februar, März, ... , Dezember)
 - $t_{l,j}$ = reduzierter Normwert der Testreihe
 - $t_{k,j}$ = Mittelwert der Testreihe
 - $r_{l,j}$ = Normwert der Referenzreihe
 - $r_{k,j}$ = Mittelwert der Referenzreihe innerhalb der Periode der Testreihe

Je kürzer die digital vorhandene Messperiode der Testreihe ist, mit der die Beziehung zur Referenzreihe bestimmt werden muss, desto unsicherer fällt die Bestimmung der reduzierten Normwerte aus. Für die Bearbeitung im Projekt NORM90 wurde deshalb grundsätzlich festgelegt, dass eine Testreihe während mindestens einem Drittel der Bezugsperiode Messdaten aufweisen sollte, um reduzierte Normwerte zu erhalten. Dies setzt für die Reduktion auf die Standardperiode 1961-1990 eine 10-jährige Periode und für die Reduktion auf die Mittelwertperiode 1981-2000 eine 7-jährige Periode der Testreihe voraus. Da mehrere ANETZ-Stationen den Messbetrieb erst nach 1981 aufgenommen haben und somit keine Normwerte erhalten hätten, wurde von diesem Grundsatz teilweise abgewichen. Insbesondere dann, wenn eine Station Normwerte der früheren Standardperiode hatte, ihre digital zur Verfügung stehende Datenreihe aber zu kurz war. Eine Übersicht zu den vorhandenen digitalen Datenreihen für jede Station und jeden Parameter ist in Tabelle 2.4 des Kapitels 2 zusammengestellt.

Die zu kurzen oder unvollständigen monatlichen Reihen der Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage konnten mit der beschriebenen Methode nicht reduziert werden. Die Anforderungen an die Vergleichsstationen waren so hoch, dass praktisch nur Parallelmessreihen am Ort der Teststation dafür in Frage gekommen wären. Im Beispiel von Abbildung 5.2 müsste mit einer Referenzreihe z.B. entschieden werden, ob Eis-tage im März an der Teststation in den Jahren 1961-1970 vorhanden waren, obwohl es sie in den Jahren 1971-1990 nicht gegeben hat, sie aber klimatologisch möglich wären. Zur Beantwortung solcher Fragen genügten die vorhandenen Vergleichsstationen in den meisten Fällen nicht. Auf die Verwendung einer anderen Methode, wie beispielsweise der Interpolation der fehlenden Periode auf Tagesstufe, wurde verzichtet. Somit stehen für die entsprechenden Stationen nur Mittelwerte aus den jeweils vorhandenen Messperioden zur Verfügung. Beim räumlichen Vergleich der Norm- bzw. Mittelwerte der Eis-, Frost-,

Sommer- und Hitzetage muss deshalb die Tatsache, dass die Bezugsperioden nicht einheitlich sind, berücksichtigt werden. Auch bei der Windrichtung wurde keine Reduktion der mittleren monatlichen Windrosen von Stationen mit zu kurzen Messreihen auf die Bezugsperiode 1981-2000 vorgenommen. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass beim Wind bereits wenige Jahre genügen, um eine repräsentative Verteilung von Richtung und Geschwindigkeit zu erhalten. Unterschiedliche Messperioden haben nur einen geringen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der Windrosen zweier Stationen.

5.1.2 Aktualisierung

Kommt es an einer Station zu Veränderungen in den Messbedingungen nach dem Ende der Standardperiode, auf die sich die Normwerte dieser Station beziehen, sind die Normwerte nicht mehr mit den aktuellen Messungen vergleichbar. Abweichungen zum Normwert, wie sie zur Beurteilung der Witterung im Bezug auf den Erwartungswert verwendet werden, fallen im Vergleich mit benachbarten Stationen der gleichen Klimaregion plötzlich höher oder tiefer aus, ohne dass die Witterung an der entsprechenden Station anders verlaufen wäre. Aus diesem Grund müssen die Normwerte einer Station, die eine Veränderung erfahren hat, an die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Diese Anpassung wird als Aktualisierung der Normwerte bezeichnet.

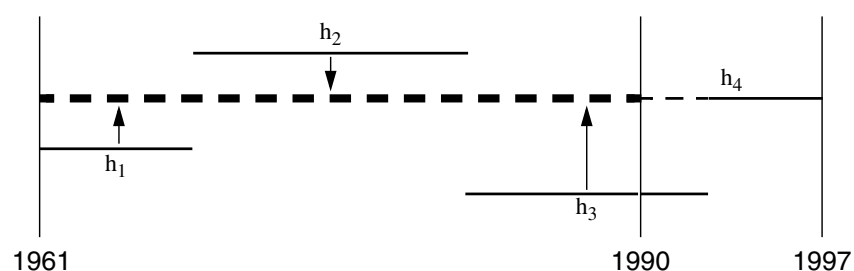


Abb. 5.3: Schematische Darstellung der Bildung einer homogenen Reihe zur Berechnung der aktualisierten Normwerte 1961-1990 am Beispiel einer Datenreihe mit vier homogenen Sub-Perioden (h) bzw. drei Shift-Inhomogenitäten. h_4 entspricht dem gewählten Homogenisierungsniveau. Die zur Berechnung der Normwerte verwendete Periode ist fett hervorgehoben.

Im Rahmen der Homogenisierungsarbeiten im Projekt NORM90 wurden potentielle Inhomogenitäten zwischen 1991 und 1997, wenn möglich abschliessend, beurteilt (vgl. Kapitel 4.3). Damit war eine Aktualisierung der Normwerte auf den Stand der Messbedingungen Ende 1997 möglich und wurde, wenn nötig, vorgenommen. Abbildung 5.3 zeigt schematisch die Wahl des Homogenisierungsniveaus, die Bildung der homogenen Reihe und die Wahl der Periode zur Berechnung der aktualisierten Normwerte. Die homogenen Sub-Perioden werden durch Verrechnung der Homogenisierungsbeträge oder -faktoren an das Niveau der aktuellen Periode angeglichen und die aktualisierten Normwerte aus den Daten der Periode 1961-1990 (fett) berechnet. Tabelle 5.2 zeigt für alle Parameter mit Normwerten 1961-90 den Anteil der Stationen, für die bereits aktualisierte Normwerte bestimmt werden mussten.

Tab. 5.2: Anteil der Stationen, für die aufgrund von Inhomogenitäten in der Periode 1991 bis 1997 aktualisierte Normwerte bestimmt werden mussten.

Tmittel	Tmin	Tmax	Niederschlag	Sonne	Luftdruck	Dampfdruck	Bewölkung
20%	22%	8%	11%	13%	73%	18%	23%

Im Mittel war bei rund 18% aller bearbeiteten Messreihen eine Aktualisierung nötig, wobei der Prozentsatz von Parameter zu Parameter stark variiert. Die mit Abstand meisten Aktualisierungen betrafen den Luftdruck, am wenigsten Veränderungen nach 1990 haben die Messreihen der mittleren Maximumtemperatur, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer erfahren. Die Unterschiede zwischen den Parametern hängen direkt mit der unterschiedlichen Zahl von Inhomogenitäten in der Periode 1991-1997 zusammen. Die Gründe dafür wurden in Kapitel 4 ausführlich diskutiert.

5.2 Homogene Tagesreihen und tägliche Normwerte

Homogene Tagesreihen fanden im Projekt NORM90 Verwendung, um Normwerte bestimmen zu können, die auf der monatsweisen Auszählung von Tagen mit Messwerten über oder unter einem bestimmten Schwellenwert beruhen (vgl. Tabelle 5.1). Daneben sollten die langen Temperatur- und Niederschlagsreihen auch auf Tagesstufe homogenisiert zur Verfügung gestellt werden können. Die monatlichen Homogenisierungsbeträge oder -faktoren wurden zu diesem Zweck nach der im Kapitel 3.3.4.3 beschriebenen Methode für jede Inhomogenität einer Messreihe auf Tagesstufe umgelegt und auf dem jüngsten Niveau der Standardperiode sowie, falls eine Aktualisierung nötig war, auf dem aktuellen Niveau (Stand 12.1997) verrechnet. Mit dem Anbringen der so entstandenen täglichen Homogenisierungsbeträge oder -faktoren an die Tageswerte konnten homogene Tagesreihen gebildet und Auszählungen vorgenommen werden.

Bei der Verwendung von homogenen Tagesreihen, basierend auf umgelegten monatlichen Homogenisierungsbeträgen oder -faktoren, gilt es Folgendes zu beachten: Die Methodik zur Homogenisierung von Monatswerten geht davon aus, dass die Auswirkungen von Shift-Inhomogenitäten, unabhängig von der Witterung, immer den gleichen Einfluss auf einen bestimmten Monat im Jahr (oder sogar auf alle Monate im Jahr) haben. Es gelten für alle entsprechenden Monate vor einer Shift-Inhomogenität die gleichen mittleren Homogenisierungsbeträge oder -faktoren. Das heisst am Beispiel der Shift-Inhomogenität in einer Temperaturreihe, die durch den Übergang von den konventionellen Messungen in einer Wetterhütte zu den automatischen Messungen mit dem VHT entstanden ist, dass sich die grössere Strahlungsempfindlichkeit der Wetterhütte in jedem Jahr gleich ausgewirkt hat, unabhängig davon, ob es sich um einen strahlungsreichen oder strahlungsarmen Sommer handelte. Die Fehler sind auf der Basis von Monatswerten relativ klein, nehmen aber bei der Verwendung von umgelegten Beträgen oder Faktoren aufgrund der grösseren Variabilität der Tageswerte zu. Strahlungstage erhalten, im Beispiel von oben, eher zu kleine und andere Tage eher zu grosse Homogenisierungsbeträge. Wie gut umgelegte Beträge oder Faktoren die tatsächlichen Verhältnisse auf Tagesstufe beschreiben, hängt von der Ursache der entsprechenden Inhomogenität ab. Eine generelle Aussage zur Güte von homogenen Tagesreihen, die durch Umlegung von monatlichen Beträgen oder Faktoren entstanden sind, ist deshalb nicht möglich. Die Verwendung der homogenen Tagesreihen zur Auszählung der Niederschlagstage und der Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage führt sicherlich zu besseren Resultaten, als wenn die Originaldaten verwendet würden. Die einzelnen Tageswerte der homogenen Reihen sollten aber als solche mit der nötigen Vorsicht verwendet werden.

Als weiteres Resultat mit täglicher Auflösung wurden im Projekt NORM90 auch tägliche Normwerte des Temperaturmittels bestimmt. Grundsätzlich wäre es möglich, dafür ebenfalls die homogenen Tagesreihen zu verwenden und für jeden Tag das 30-jährige Mittel zu berechnen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die monatlichen Normwerte analog zur Umlegung der Beträge und Faktoren mit der in Kapitel 3.3.4.3 beschriebenen Spline-Funktion auf 366 Tage zu verteilen. In Abbildung 5.4 sind die Resultate der beiden Möglichkeiten am Beispiel der Temperatur-Normwerte 1961-1990 der Station Zürich-MeteoSchweiz einander gegenübergestellt. Deutlich zu sehen sind die Schwankungen der 30-jährigen täglichen Mittelwerte. Sie widerspiegeln witterungsklimatologische Phänomene der Jahre 1961-1990. Die Verwendung der Mit-

tel als Normwerte lässt sich aufgrund der grossen Streuung, dargestellt mit den Standardabweichungen, nicht rechtfertigen. Eine geglättete Kurve, wie sie durch die Umlegung der monatlichen Normwerte auf 366 Tage entsteht, führt zu einem sinnvolleren Verlauf der täglichen Normwerte. In NORM90 wurden für alle homogenen Temperaturmittel-Reihen tägliche Normwerte durch Umlegen der monatlichen Normwerte bestimmt.

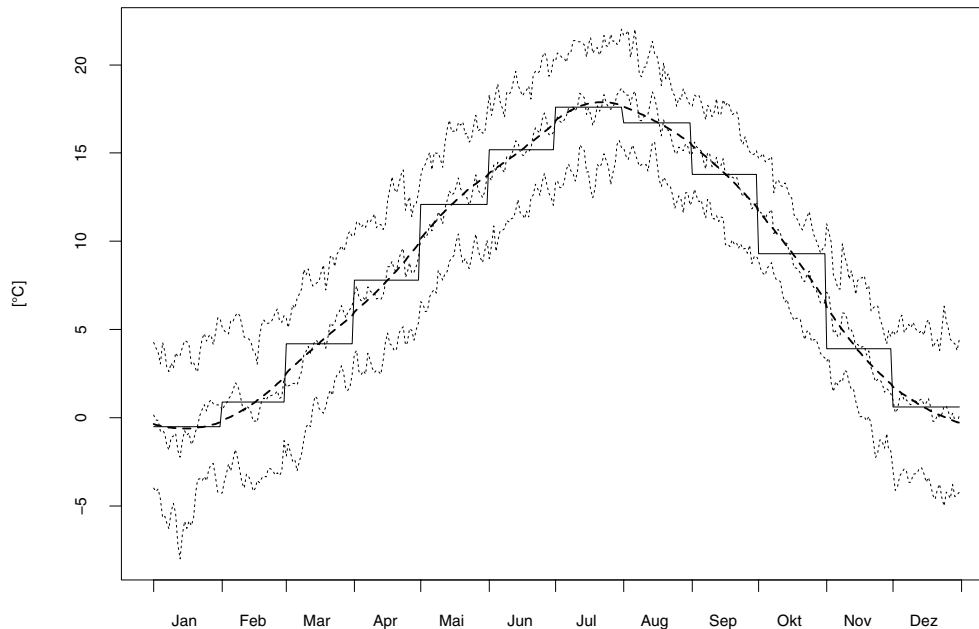


Abb. 5.4: Normwerte 1961-1990 des Temperaturmittels an der Station Zürich-MeteoSchweiz. Dargestellt sind die monatlichen Normwerte (feine, ausgezogene Linie), die täglichen Normwerte inkl. \pm eine Standardabweichung, gebildet aus den homogenen Tageswerten (feine, gestrichelte Linie) und die täglichen Normwerte, berechnet aus den monatlichen Normwerten mit einer Spline-Funktion (fette, gestrichelte Linie).

6 Bearbeitung der Globalstrahlung

Im Rahmen des Projektes NORM90 wurden 59 Messreihen der Globalstrahlung aus dem ANETZ bearbeitet. Die Bearbeitung dieser Globalstrahlungsmessreihen erfolgte unabhängig von derjenigen der anderen Parameter im Projekt NORM90. Die Bearbeitungsperiode umfasst den Zeitraum von 1981 (ANETZ weitgehend eingeführt) bis zum Jahr 2000. Das Ziel der Bearbeitung war, die Globalstrahlungsdaten von Grund auf kritischen Prüfungen zu unterziehen, um Fehler bei der Messung, der Datenübertragung oder der Datenspeicherung feststellen und korrigieren zu können. Die Bearbeitung stellt also keine Homogenisierung dar, sondern eine Korrektur der Messreihen. Sie wurde nicht mit dem Tool THOMAS durchgeführt. Aus den korrigierten Messreihen wurden Mittelwerte 1981-2000 berechnet.

Um festzustellen, welche Arbeitsschritte zur Korrektur der Globalstrahlungsmessreihen notwendig waren, galt es zuerst, sich mit der Messmethode und der Messanordnung an den ANETZ-Stationen auseinanderzusetzen. Mögliche Fehlerquellen mussten aufgefunden gemacht werden. Mit dem Wissen um die verschiedenen Einflüsse, denen die Messreihen unterlagen, wurden in der Folge Schritt für Schritt die Methoden zu deren Korrektur entwickelt.

6.1 Grundsätzliches zur Messung der Globalstrahlung im ANETZ

6.1.1 Messmethode

Die Globalstrahlung ist der Anteil der kurzwelligigen solaren Strahlungsstromdichte, welcher die Erdoberfläche erreicht. Sie umfasst die direkte Einstrahlung von der Sonne und die indirekte Einstrahlung von Himmel und Reflexionsflächen. Gemessen wird die Globalstrahlung mit Pyranometern. Diese Geräte bestehen im wesentlichen aus einem horizontal ausgerichteten, ventilerten Thermoelement. Dieses Element befindet sich unter einer doppelten Glaskuppe, welche nur kurzwellige Strahlung im Wellenlängenbereich von 0.3 bis 3.2 μm passieren lässt. Die eine, schwarzgefärbte Seite des Thermoelements wird durch die Strahlung erwärmt, die nicht der Strahlung ausgesetzte Seite nicht. So entsteht eine Spannung im Thermoelement. Die Spannung wird in Impulse (Frequenzen) umgewandelt, diese werden gezählt. Die Anzahl Impulse pro Zeiteinheit wird als A-Wert bezeichnet. Dieser A-Wert wird alle 10 Minuten an die Meteo-Schweiz in Zürich übermittelt, dort nimmt der ANETZ-Zentralrechner (AZEN) den A-Wert entgegen, berechnet daraus den B-Wert und legt diesen auf die Datenbank ab. Diese Umrechnung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\text{B-Wert} = \text{Koeffizient} * \text{A-Wert} + \text{Offset} \quad [\text{Wh/m}^2] \quad (6.1)$$

Die Umrechnung erfolgt anhand dieser linearen Gleichung. Der Koeffizient entspricht der Steigung, der Offset-Wert entspricht dem y-Achsenabschnitt. In der AZEN sind für alle Stationen die gültigen Koeffizienten und die entsprechenden Offset-Werte gespeichert. Die Koeffizienten werden jedes Jahr beim Jahresunterhalt durch eine Eichung neu bestimmt und an die AZEN weitergeleitet (vgl. dazu auch Kapitel 6.1.2). Die Offset-Werte werden jede Nacht anhand der Werte zwischen 00:40 und 03:40 Uhr neu bestimmt in der Annahme, dass dann die Strahlung (der B-Wert) 0 Wh/m^2 betragen muss.

Achtung: Stundenangaben in diesem Kapitel beziehen sich immer auf UTC. Ein Beispiel:

9 Uhr entspricht 7:40 - 8:40 Uhr UTC, das entspricht 8:40 - 9:40 MEZ.

6.1.2 Eichung

Zur Eichung wird eine Eichlampe auf den Pyranometer aufgesetzt. Diese Lampe gibt eine Strahlung von 400 W/m^2 ab. Ihre Strahlung wird mindestens eine Stunde gemessen. Die gemessenen 10-Minuten A-Werte werden nachher auf Ausreisser überprüft. Sind alle Werte sehr nahe beieinander und in einem plausiblen Bereich, so ist die Eichung ohne Störung verlaufen. Es wird das Mittel der gemessenen A-Werte gebildet. Nun sind bis auf den Koeffizienten alle Elemente der Gleichung (6.1) bekannt, der Koeffizient kann bestimmt werden.

Es ist klar, dass der Eichkoeffizient sehr stark von der Stabilität der Leistung der Eichlampe abhängig ist. Ebenfalls spielt die Ventilation während der Eichung eine Rolle, denn die zusätzliche Wärme von der Eichlampe beeinflusst die Messung durchaus.

6.1.3 Modell

Um Vergleichsreihen zu erstellen, die unabhängig von den Messreihen unkorrigierter Nachbarstationen sind, wird auf ein Modell zurückgegriffen. Ein geeignetes Modell zur Parametrisierung der Globalstrahlung stammt von Kasten (1984). Er arbeitet mit Bedeckungsgrad und Linke'schem Trübungsfaktor. Als Inputdaten für dieses Modell sind nötig: Lage der Station (Koordinaten), Höhe der Station über Meeresniveau und Bedeckungsgrad (Sonnenscheindauer). Das Modell liefert dann folgende Werte:

- R_{me} , genannt TOA: Strahlung 'top of atmosphere', also Einstrahlung an der Obergrenze der Atmosphäre in Bezug auf den Standort der Station.
- R_{max} : Modellwert der Strahlung auf der Basis der klaren Atmosphäre mit minimaler Trübung in Bezug auf den Standort der Station.
- R_{mit} : Modellwert der Strahlung auf der Basis der klaren Atmosphäre mit mittlerer Trübung in Bezug auf den Standort der Station.
- R_{cal} : Modellwert der Strahlung auf der Basis der klaren Atmosphäre mit mittlerer Trübung in Bezug auf den Standort der Station und einer von der Sonnenscheindauer (SSD) abhängigen Reduktion mit der Formel:

$$R_{cal} = R_{mit} * (1 - 0.72 * c^{3.2}) \quad \text{wobei } c = 1 - \text{SSD}/60 \quad (6.2)$$

Das Modell wurde durch Kasten in Deutschland aufgestellt und an dortigen Stationen geeicht. Aufgrund der topografischen Verhältnisse in Deutschland kann das Modell nicht als absolute Richtschnur für Schweizer Verhältnisse, insbesondere für die alpinen Regionen, angesehen werden. Die Strahlung an Gipfelstationen wird im Mittel vom Modell eher unterschätzt, in ausgeprägten Tallagen überschätzt das Modell die Strahlung. Dieses Über- bzw. Unterschätzen steht im Zusammenhang mit den ausgeprägten Horizontverhältnissen in den Alpen gegenüber den grösstenteils flachen Verhältnissen in Deutschland.

Das Beispiel eines Tagesganges in Abbildung 6.1 veranschaulicht die Beziehung zwischen Sonnenscheindauer (SSD), Globalstrahlung (GLS) und Modell.

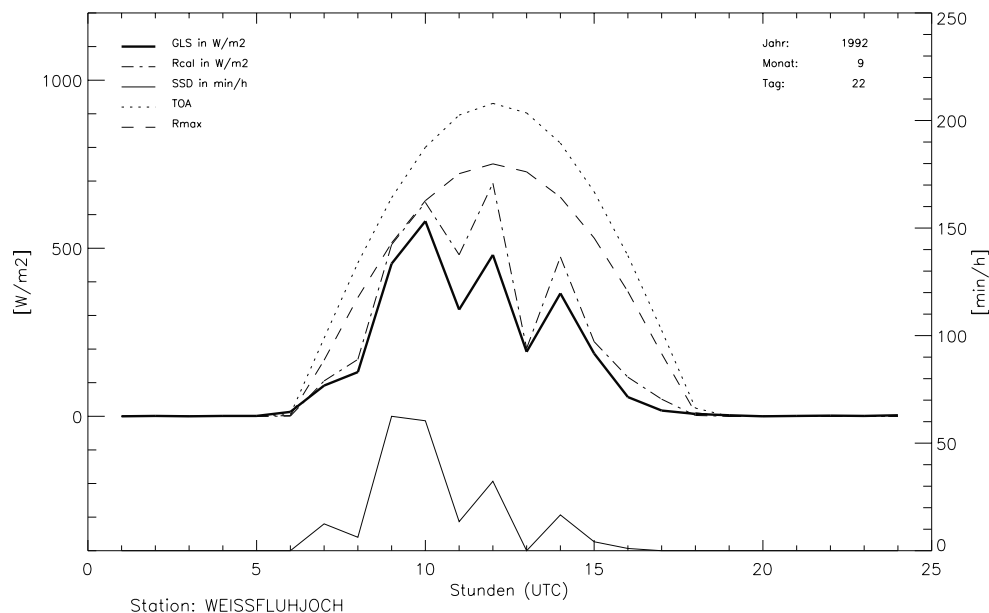


Abb. 6.1: Globalstrahlung, Sonnenscheindauer und Kastenmodell in der Tagesdarstellung von Stundenwerten. An diesem nur teilweise sonnigen Tag wird die Strahlung durch das Modell überschätzt. Gut zu erkennen ist, wie die Strahlung in der ersten Tageshälfte bei vollem Sonnenschein annähernd den Wert von R_{max} erreicht, während in der zweiten Tageshälfte bei geringerer Sonnenscheindauer auch weniger Strahlung registriert wird.

6.2 Korrekturen

6.2.1 Korrekturstufe 1

Bei der Bearbeitung der Globalstrahlungsmessreihen wurde grundsätzlich von Stundenwerten ausgegangen. Die Stundenwerte entsprachen aber nicht den Rohwerten. Sie sind bereits einer ersten Prüfung und gegebenenfalls auch Korrektur oder Interpolation durch die routinemässige Plausibilitätskontrolle der eingehenden ANETZ-Daten (VAMP, Verarbeitung von ANETZ-Daten mit Meteorprogrammen) unterzogen worden. Um ausfindig zu machen, ob ein Stundenwert schon durch VAMP verändert worden war, wurden die entsprechenden 10min-Werte betrachtet. Diese befanden sich in völlig unbearbeitetem Zustand. Die sechs 10min-Werte einer Stunde wurden aufsummiert und mit dem dazugehörigen Stundenwert verglichen. Entsprachen sich die beiden Werte, so wurde der Stundenwert nicht durch VAMP verändert, entsprachen sich die Werte nicht, so muss der Stundenwert durch VAMP korrigiert oder interpoliert worden sein. In dieser Weise wurden alle Stundenwerte aller 59 bearbeiteten Messreihen geprüft und schliesslich abgelegt.

Der Zustand der Globalstrahlungsdaten wird jetzt Korrekturstufe 1 genannt. Die eigentlichen Korrekturschritte, die die Daten nachher durchlaufen, werden als Korrekturstufen 2-4 bezeichnet. In Abbildung 6.2 sind die 4 Stufen schematisch dargestellt.

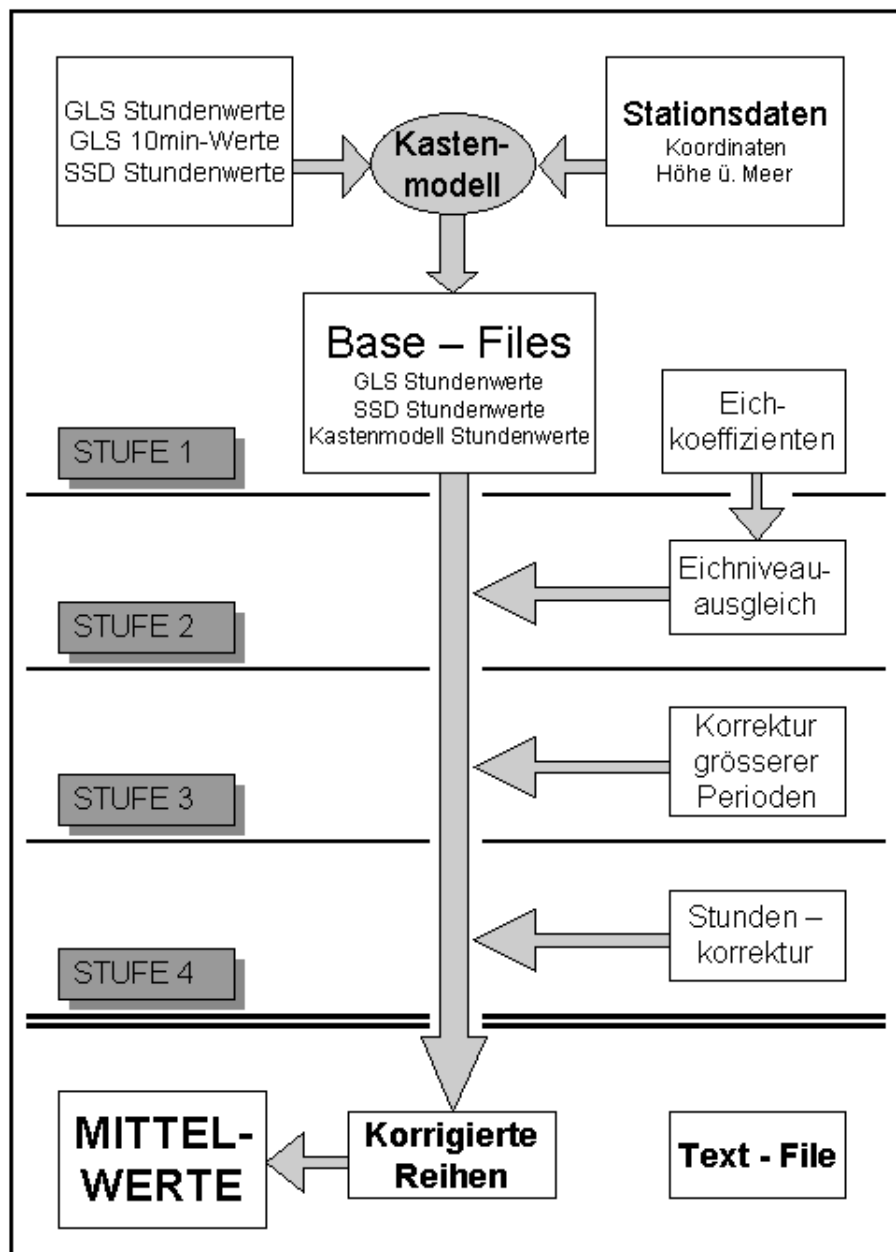


Abb. 6.2: Übersicht über die vier Korrekturstufen der Bearbeitung der Globalstrahlung in NORM90. Die Stufe 1 beinhaltet die Bereitstellung der Globalstrahlungsdaten, die Stufen 2 bis 4 enthalten die eigentlichen Korrekturschritte.

Nach der Bereitstellung der Daten wurden die Messreihen visualisiert. Durch unterschiedliche Arten der Darstellung und durch diverse Vergleiche zwischen einzelnen Messreihen, wurden folgende Aspekte geprüft:

- Einfluss der Eichungen und Eichkoeffizienten auf die Messreihe
- Schattenwurf von fixen oder zeitlich begrenzten Hindernissen auf den Geber
- Beziehung zwischen Modellwert und Globalstrahlungsmesswert
- Beziehung zwischen Globalstrahlungsmesswert und Helligkeits-Messwert

Oft fielen Perioden verschiedenen Niveaus auf, die offensichtlich im Zusammenhang mit den Eichungen standen. Deutliche Instrumentendrifts waren in den Messreihen nicht erkennbar, da die jährlichen Eichungen diesen entgegenwirkten. Eine mögliche Instrumentendrift in einer Messreihe konnte also höchstens die Zeitspanne zwischen zwei Eichungen betreffen. Ist eine Messreihe von einer Instrumentendrift betroffen, zeigte sich das in unerklärbarer Zunahme der Eichkoeffizienten über mehrere Jahre in relativ grossen Sprüngen.

Diese Betrachtungen bestätigten die Vermutung, dass es zur Korrektur der Messreihen in erster Linie wichtig ist, alle Eichungszeitpunkte und die dazugehörenden Eichkoeffizienten zu kennen. Die erste und wichtigste Arbeit war somit das Zusammenstellen und Komplettieren der Eichkoeffizientenreihe für jede Station.

6.2.1.1 Die Eichkoeffizientenreihen

Für jede Station wurde eine Reihe der Eichungen und der entsprechenden alten und neuen Koeffizienten erstellt. Leider sind nicht alle Eichungen an gleicher Stelle (z.B. Stationsgeschichte) verzeichnet, so dass die Eichungsangaben aus verschiedenen Quellen zusammengesucht werden mussten. Wichtige Vorarbeit leistete Elemer Ujpetery (mündliche Mitteilung, 2001). Weiter kommt es vor, dass Eichungen zum falschen Zeitpunkt (z.B. infolge Tippfehler), oder gar nicht verzeichnet sind. Es war darum für viele Stationen nicht möglich, die Reihe der Koeffizienten vollständig zusammenzustellen. Um falsche oder nicht verzeichnete Eichungen aufzuspüren, wurde nach Arthur Kunz (mündliche Mitteilung, 2001) auf die A-Werte zurückgegriffen. Mit Hilfe des sogenannten A-B-Wertvergleichs (vgl. Kapitel 6.2.1.2) wurden fehlende Eichungszeitpunkte gefunden, zweifelhafte Koeffizienten verworfen oder bestätigt, und alle aus der Metadaten-Analyse schon bekannten Eichungen überprüft, und wenn nötig korrigiert.

6.2.1.2 Der A-B-Wertvergleich

Zu jedem Zeitpunkt verhält sich der B-Wert zum A-Wert wie schon in Gleichung 6.1 beschrieben:

$$\text{B-Wert} = \text{Koeffizient} * \text{A-Wert} + \text{Offset} \quad (6.3)$$

In dieser Gleichung sind sowohl der A-Wert als auch der B-Wert bekannt. Unbekannt sind der Koeffizient und der Offset. Um nun den Koeffizienten zu einem Zeitpunkt zu bestimmen, sind zwei Gleichungen (2x2 Gleichungssystem) notwendig. Vorgehen: Es wird zuerst für jede Stunde (t1) die beschriebene Gleichung notiert. Anschliessend wird für jede Gleichung (t1), zusammen mit der Gleichung der Folgestunde (t2), ein 2x2 Gleichungssystem gebildet und nach dem Koeffizienten aufgelöst:

$$\text{Koeffizient} = (\text{B-Wert}(t1) - \text{B-Wert}(t2)) / (\text{A-Wert}(t1) - \text{A-Wert}(t2)) \quad (6.4)$$

Mit jedem Stundenwert, der einen Globalstrahlungswert grösser als 0 aufweist, wird nun so verfahren. Natürlich resultiert aus dieser Rechnung nicht immer exakt der tatsächliche Koeffizient, denn die B-Werte sind gerundet worden. Auch ist es so, dass wenn die Werte von zwei aufeinanderfolgenden Stunden nahe beieinander liegen, Nenner und Zähler in der Gleichung (6.4) so klein werden, dass der Quotient irgendeinen Wert grösser als 1 annehmen kann. Der gesuchte Koeffizient kann in einem solchen Fall nur sehr ungenau bestimmt werden. Je weiter die Werte von zwei aufeinanderfolgenden Stunden aber auseinander liegen, und je grösser die Messwerte sind, desto exakter kann der Koeffizient bestimmt werden. Aus den genannten Gründen lässt sich im Sommer (mehr Tagesstunden, grössere Strahlungsunterschiede von Stunde zu Stunde, allgemein grössere Strahlung) der Koeffizient genauer bestimmen als im Winter.

Sind für alle Stunden eines Monats die Koeffizienten in der beschriebenen Art bestimmt worden, wird ein Plot erstellt und jeder in der beschriebenen Art rückbestimmte Koeffizient wird eingetragen. Um den effektiven Koeffizientwert herum bildet sich somit für jeden Tag eine Punktwolke. Tage mit gleichen Koeffizienten zeigen die Punktwolke immer auf gleicher Höhe. Ändert sich der Koeffizient, so verändert sich auch die Höhe der Punktwolke.

Mit Hilfe dieses A-B-Wertvergleichs wurden für alle bearbeiteten Stationen über die ganze 20-jährige Periode alle Eichungszeitpunkte und alle Eichkoeffizienten überprüft und, wenn nötig, korrigiert. Eine Ausnahme waren einigen Monate in den 80er Jahren. Der A-B-Wertvergleich konnte für jene Monate nicht durchgeführt werden, da die betreffenden Speicherbänder mit den A-Werten nicht mehr lesbar waren.

6.2.2 Korrekturstufe 2

Nachdem alle Eichungen und die entsprechenden Koeffizienten für alle Stationen bekannt und zusammengestellt wurden, konnte mit der eigentlichen Korrekturarbeit begonnen werden. Die Korrekturstufe 2 beinhaltet den wichtigsten Eingriff zur Korrektur der Globalstrahlungsmessreihen, den Eichniveau-Ausgleich. Die Grundannahme ist folgende:

Wird der Globalstrahlungsgeber nie modifiziert, ausgetauscht oder verschoben, und bleibt er stabil, so misst er immer gleich, d.h. bei gleicher Menge an Einstrahlung bringt der Geber immer dieselbe Anzahl Impulse (A-Wert) hervor. Für eine Sub-Periode ohne Geberwechsel, Standortverschiebung und ohne Modifikation an Geber oder Interface, kann also ein einziges Eichniveau als richtig angenommen werden.

Aufgrund dieser Annahme ist es wichtig zu wissen, wann neben den Eichungen andere Eingriffe an Geber und Interface vorgenommen wurden. Alle verfügbaren Angaben zu diesen Eingriffen wurden deshalb aus der Stationsgeschichte und aus den handschriftlichen Logblättern jeder Station entnommen und zusammengetragen (Metadaten-Analyse). So entstand eine Zusammenstellung mit Zeitpunkten, an denen sich das Eichniveau signifikant geändert haben könnte. Es ist anzumerken, dass neben den klaren Gründen für einen Wechsel des Eichniveaus, wie Geber- oder Interfacewechsel und Standortverschiebungen, auch ein grosser Sprung in der Koeffizientenreihe als Grund für einen Wechsel des Eichniveaus betrachtet wurde. Grosse Sprünge in der Reihe der Eichkoeffizienten können von Instrumentendrifts herrühren, die trotz Grundannahme vereinzelt auftraten. Würde man also bei grossen Sprüngen in der Koeffizientenreihe das Eichniveau nicht wechseln, dann würden im Rahmen des Eichniveau-Ausgleichs Instrumentendrifts, die länger als ein Jahr sind, in den Messreihen belassen.

Das Vorgehen zum Ausgleich der Eichniveaus zwischen zwei Eingriffen am Geber soll am Beispiel der Station La Dole in der Sub-Periode vom 9. Dezember 1986 bis zum 25. März 1992 gezeigt werden (vgl. Tabelle 6.1). Am Anfang und am Ende dieser Sub-Periode wurde jeweils der Geber gewechselt. Dazwischen sind im Rahmen der Jahreswartungen Eichungen vorgenommen worden. Aufgrund der oben genannten Grundannahme wurde die ganze Sub-Periode auf ein einziges Eichniveau gebracht, im Beispiel von La Dôle auf das Niveau 1.47. Dazu wurde für jeden Abschnitt zwischen zwei Eichungen der Faktor berechnet, der benötigt wird, um die Messreihe im entsprechenden Abschnitt auf das Niveau 1.47 umzurechnen.

Tab. 6.1: Beispiel eines Eichniveau-Ausgleichs an der Station La Dôle

Von	Bis	Eichkoeffizient	Rechnung	Korrekturfaktor
09. 12. 1986	07. 09. 1987	1.4458	1.47 / 1.4458	1.0167
07. 09. 1987	20. 09. 1988	1.4938	1.47 / 1.4938	0.9841
20. 09. 1988	11. 09. 1989	1.4260	1.47 / 1.4260	1.0309
11. 09. 1989	24. 09. 1990	1.4408	1.47 / 1.4408	1.0203
24. 09. 1990	24. 09. 1991	1.4580	1.47 / 1.4580	1.0082
24. 09. 1991	25. 03. 1992	1.5101	1.47 / 1.5101	0.9734

In gleicher Weise wurde auch für die anderen Sub-Perioden mit anderen Eichniveaus verfahren. Es stellte sich die Frage, wie diese Niveaus (im Beispiel 1.47) zwischen zwei Eingriffen (Geberwechsel, etc.) zu bestimmen sind und wie die verschiedenen Sub-Perioden gleichen Eichniveaus aneinander angeglichen werden sollten. Da neben dem ANETZ in der Schweiz kaum Globalstrahlungsmessreihen vorhanden sind, und auch das Modell nur als Vergleichs- und nicht als eigentliche Referenzreihe dienen konnte, blieb nur die Möglichkeit, die Messreihen gegeneinander auszugleichen. Dazu wurden Reihen kumulierter Differenzen zwischen zwei Messreihen gebildet. Es wird davon ausgegangen, dass die kumulierten Differenzen zweier vollständig korrigierter Messreihen (nachfolgend Differenzenreihe genannt) eine konstante mittlere Steigung über einen längeren Zeitraum aufweisen. Ist eine der beiden Messreihen bezüglich Eichkoeffizienten noch nicht ausgeglichen, ist auch die mittlere Steigung der Differenzenreihe nicht konstant. Die Eichniveaus der Sub-Perioden der nicht ausgeglichenen Messreihe wurden also so lange korrigiert, bis die mittlere Steigung über die ganze Bearbeitungsperiode einheitlich war.

Zuerst musste mindestens eine Messreihe gefunden werden, die bezüglich Eichniveau über die ganze Bearbeitungsperiode schon weitgehend ausgeglichen war. Natürlich war es ohne Referenzreihen nicht möglich zu sagen, welche Messreihe am ausgeglichensten war. Es gibt aber einige Anhaltspunkte, die es ermöglichen, einer Messreihe mehr oder weniger Vertrauen zu schenken. Vertrauensvoll ist eine Messreihe dann, wenn sie folgende Punkte erfüllt:

- keine Einträge in der Stationsgeschichte, die auf Messprobleme hinweisen
- keine Geberwechsel
- keine Interfacewechsel
- keine Standortverschiebungen
- keine grossen Sprünge in der Koeffizientenreihe (grosse Sprünge weisen auf eventuelle Instrumentdrifts hin)
- keine Drift sichtbar (optisch überzeugend in der "Kamelbuckel-Darstellung", vgl. Abbildung 6.3)

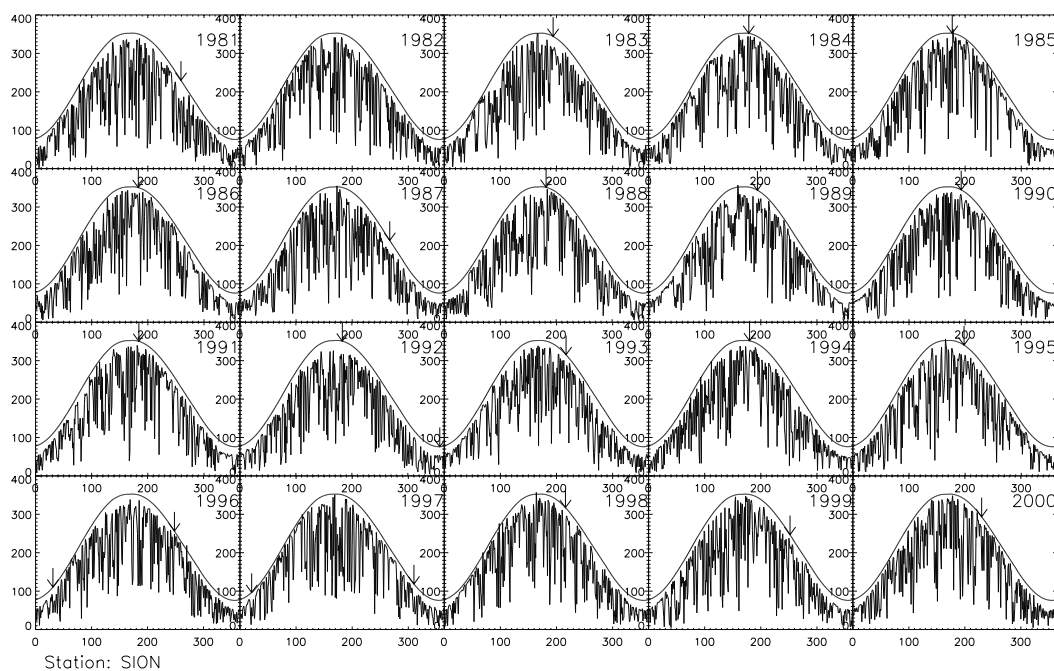


Abb. 6.3: Die sogenannte “Kamelbuckel-Darstellung”. Aufgetragen ist die mittlere tägliche Leistung der Globalstrahlung an der Station Sion von 1981-2000 (korrigiert). Die Modellkurve entspricht R_{max} , die Pfeile sind Eichungszeitpunkte. Einheit der x-Achse: Zeit in Tagen ab Jahresanfang, Einheit der y-Achse: Globalstrahlung in W/m^2

Um auf regionale Eigenheiten des Klimas Rücksicht nehmen zu können, war es von Vorteil, wenn in jeder Region mindestens eine Station gefunden werden konnte, die die oben genannten Punkte weitgehend erfüllte. Ausgehend von diesen vertrauenswürdigsten Messreihen wurden die verschiedenen Sub-Perioden anschliessend aneinander angeglichen. Der eigentliche Arbeitsablauf sah so aus:

- Eine nicht ausgeglichene Messreihe auf ein einziges, einheitliches Eichniveau bringen
- Differenzenreihen dieser nichtausgeglichene Messreihe von Stundensummen mit (wenn möglich) mehreren ausgeglichenen oder vertrauenswürdigen (Nachbar-)Messreihen bilden
- Zeitpunkte notieren, an denen die Differenzenreihen offensichtlich die Steigung ändern
- diese Zeitpunkte mit der Liste der Eingriffe an Geber und Interface, und auch mit der Koeffizientenreihe (grosse Sprünge?) vergleichen
- bei Eingriffen oder grossen Sprüngen in der Koeffizientenreihe, die mit einem Steigungswechsel zusammenfallen, wurde ein Wechsel des Eichniveaus gesetzt
- das neue Eichniveau nach dem Niveauwechsel wurde iterativ bestimmt und optisch geprüft
- optische Gesamtkontrolle mittels "Kamelbuckel-Darstellung"

Die Globalstrahlungsmessreihen wurden durch dieses Vorgehen, innerhalb des ANETZ homogen zu einander, absolute Vergleichsmöglichkeiten fehlten aber. Die Summe der Erfahrungen führte zur Ausgangsannahme, dass die Eichniveaus in den jüngsten Jahren (zweite Hälfte der 90er Jahre) am vertrauenswürdigsten sind und die früheren Eichperioden, wenn immer möglich, daran angeglichen werden sollten.

In der beschriebenen Art wurde Messreihe um Messreihe bearbeitet. Dabei wurde die zu bearbeitende, nicht ausgeglichene Messreihe immer mit drei anderen, (wenn möglich) schon einmal bearbeiteten Messreihen verglichen. Bei der Wahl der Vergleichsmessreihen wurden folgende Punkte beachtet:

- Die Station der Vergleichsmessreihe liegt geografisch nah
- Die Station der Vergleichsmessreihe liegt etwa auf gleicher Höhe
- Die Vergleichsmessreihe zeigt wenig Unregelmässigkeiten, Messprobleme, etc.

Zeigte eine zu bearbeitende Messreihe gleichzeitig mit allen drei Vergleichsmessreihen einen Wechsel der Steigung in den Differenzenreihen, dann galt dort die Annahme eines Eichniveauwechsels als gerechtfertigt. Abbildung 6.4 zeigt ein Beispiel aus dem Wallis mit typischen Steigungswechseln in Differenzenreihen einer nicht ausgeglichenen, mit drei ausgeglichenen Messreihen:

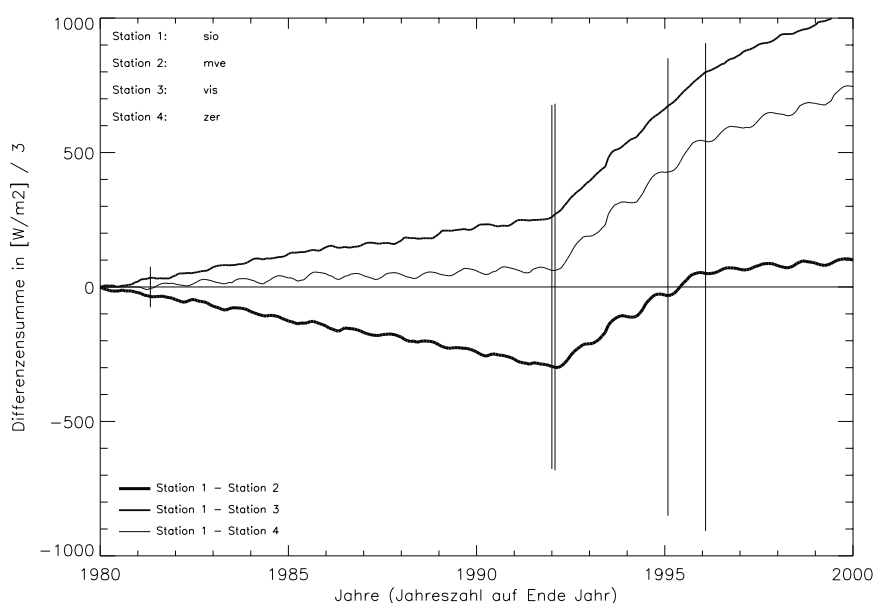


Abb. 6.4: Differenzenreihen zwischen der Messreihe von Sion auf einem einzigen Eichniveau und drei vollständig korrigierten Vergleichsmessreihen (Montana, Visp und Zermatt). Senkrechte Striche zeigen die gemäss Festlegungen möglichen Zeitpunkte für Eichniveauwechsel in Sion an.

In Abbildung 6.4 sind deutliche Änderungen der Steigungen bei allen drei Differenzenreihen in Folge von Geberwechseln Ende 1992 und Anfangs 1997 erkennbar. An diesen Stellen müssen sicher deutliche Wechsel im Eichniveau von Sion vermutet werden. In der Folge wurden die Eichniveaus zwischen diesen Eingriffen so festgelegt, dass sie in der Grössenordnung der Eichkoeffizienten der betreffenden Periode lagen, und dass die Differenzenreihen gleichmässige Steigungen zeigten. Die Abbildung 6.5 zeigt die Differenzenreihen von Sion nach diesem Bearbeitungsschritt.

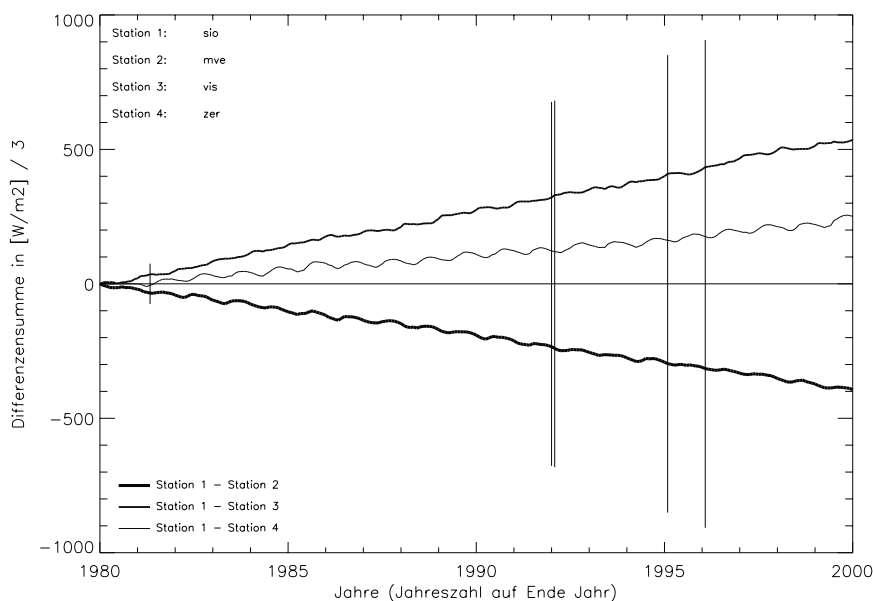


Abb. 6.5: Differenzreihen zwischen der ausgeglichenen Messreihe von Sion und drei vollständig korrigierten Vergleichsmessreihen (Montana, Visp und Zermatt). Die deutlichen Niveauwechsel anlässlich der Geberwechsel 1992 und 1997 (vgl. Abb. 6.4) sind nun ausgeglichen.

Jede Messreihe wurde mehrmals in der beschriebenen Art (Korrekturstufe 2) bearbeitet. Ab der zweiten Bearbeitung wurden die bereits gemachten Korrekturen auf den Stufen 3 und 4 miteinbezogen.

6.2.3 Korrekturstufe 3

Bei der Bearbeitung der 59 Messreihen fielen oft kleinere Perioden auf, die nur unzureichend mit der beschriebenen Methode des Eichniveau-Ausgleichs (Korrekturstufe 2) korrigiert werden konnten. Bevor die Korrekturen der Stufe 2 in weiteren Durchgängen verfeinert wurden, war es daher sinnvoll, die Messreihen auf andere Unregelmässigkeiten und Fehler hin zu untersuchen.

Auf Korrekturstufe 3 wurden ganze Perioden einer Messreihe auf Tageswertbasis mit einem konstanten Faktor angehoben oder abgesenkt. Hauptsächlich wurde diese Korrektur im Rahmen der vorliegenden Arbeit infolge von Problemen auf den AZEN-Rechnern (nachfolgend AZEN-Problem genannt) angewendet. In wenigen Fällen wurden auch aus anderen Gründen ganze Perioden angehoben oder abgesenkt.

6.2.3.1 Das AZEN-Problem

Der ANETZ-Zentralrechner, genannt AZEN, hat, neben vielen anderen Funktionen, die Aufgabe, die A-Werte der Globalstrahlung entgegenzunehmen, sie gemäss Gleichung 6.1 umzurechnen und dann als B-Werte abzulegen. Die AZEN besteht aus zwei Rechnern, AZEN1 und AZEN2. Es läuft jeweils nur einer der beiden Rechner im Routinebetrieb. Fällt dieser aus, übernimmt der andere die "Arbeit". Aufgrund ihrer Funktion enthalten beide AZEN-Rechner die aktuellen Eichkoeffizienten der verschiedenen Geber, so auch die der Globalstrahlung. Aus bisher nicht näher untersuchten Gründen ist es in der Vergangenheit manchmal vorgekommen, dass nicht beide Rechner denselben Eichkoeffizienten aufwiesen. Je nachdem, welcher Rechner im Routinebetrieb lief, wurde ein anderer Eichkoeffizient zur Umrechnung der A- in die B-Werte benutzt.

Das AZEN-Problem wurde beim A-B-Wertvergleich entdeckt. Die grafische Darstellung der rückbestimmten Eichkoeffizienten (vgl. Kapitel 6.2.1.2) zeigte in Problemperioden auf, an welchen Tagen welcher Eichkoeffizient, und damit welcher Rechner, im Einsatz war. Nicht alle Messreihen waren von AZEN-Problemen betroffen, aber die meisten wiesen mindestens eine Problemperiode auf. Hauptsächlich trat das AZEN-Problem in den Jahren 1993/1994 und in den Jahren 1996/1997 auf.

Wurde bei einer Messreihe im Rahmen des A-B-Wertvergleichs ein AZEN-Problem festgestellt, so wurde meistens derjenige der beiden unterschiedlichen Eichkoeffizienten als richtig angenommen, welcher in der Problemperiode mehrheitlich vorkam. Der andere galt entsprechend als falsch. Anschliessend wurden die Tage, welche den falschen Eichkoeffizienten zeigten, mit einem Korrekturfaktor korrigiert. Der Korrekturfaktor entspricht dem Quotient aus dem richtigen und dem falschen Eichkoeffizienten. z.B.

AZEN-Problem 1996/1997 (in Lugano)

gültiger Eichkoeffizient: 1.7188

falscher Eichkoeffizient: 1.7927

Korrekturfaktor : 0.9588

Der Korrekturfaktor wurde an der Messreihe an Tagen mit falschem Eichkoeffizienten angebracht. Für jede Messreihe wurde eine Liste mit den betroffenen Tagen und dem entsprechenden Korrekturfaktor angelegt.

6.2.3.2 Andere Gründe für Korrekturen auf der Korrekturstufe 3

Es kommt vor, dass sich eine Messreihe gegenüber ihren Vergleichsmessreihen während einer längeren Periode deutlich und konstant unterscheidet, während sie ausserhalb dieser Periode in hohem Masse mit den Vergleichsmessreihen korreliert. Auf der Korrekturstufe 3 besteht die Möglichkeit, solche Perioden anzuheben oder abzusenken. Weil kleinere Perioden (einige Tage) sich zwischen Messreihen auch wetterbedingt sehr deutlich unterscheiden können, wurden nur längere Perioden (bis zu einem Jahr) mit konstanten Unterschieden zwischen der untersuchten Messreihe und ihren Vergleichsreihen genauer untersucht. Es wurde darauf geachtet, ob die Messreihe mit mehreren Vergleichsmessreihen in den jeweiligen Differenzenreihen zum gleichen Zeitpunkt einen abrupten Steigungswechsel zeigte, der in den anderen Jahren nicht vorhanden war. War das der Fall, wurde auch überprüft, ob in der betroffenen Periode eine spezielle Wetterlage herrschte, die die Unterschiede in den Messreihen begründet hätte.

Der Anfang einer Korrekturperiode war in vielen Fällen schwierig zu bestimmen, da Probleme nicht immer nur abrupt einsetzten. Im Gegensatz dazu war das Ende einer Korrekturperiode meist deutlicher zu sehen, denn oft fiel es mit einer Jahreswartung zusammen. Das deutet darauf hin, dass im Rahmen der Wartung die Ursache für das Tiefer- oder Höherliegen einer Messreihe beseitigt wurde. Der Faktor der Anhebung oder Absenkung wurde durch den Bearbeiter unter Zuhilfenahme der Differenzenreihen und der "Kamelbuckel-Darstellung" festgelegt.

Gründe für ein konstantes Tiefer- oder Höherliegen einer Messreihe können folgende sein:

- Veränderung an der Glashaube (verschmutztes, getrübbtes Glas des Gebers)
- konstante Einwirkung auf die Messelektronik (zählt zuwenig Impulse, Probleme am Interface)

Auf Korrekturstufe 3 wurden Korrekturen auf der Basis von Tageswerten angebracht. Solche Korrekturen wurden nur als zulässig erachtet, wenn alle Stunden eines Tages mehr oder weniger gleichmässig von einem Messproblem betroffen waren. Betraf ein Messproblem aber nur einzelne Stunden eines Tages (z.B.

Schattenwurf eines Baumes), wurde von einer Korrektur auf der Korrekturstufe 3 abgesehen. Das Problem wurde auf der Stundenebene (Korrekturstufe 4) neu angegangen.

6.2.4 Korrekturstufe 4

Die letzte Korrekturstufe umfasst Eingriffe in die Messreihen auf der Ebene der Stundenwerte. Wie schon festgestellt, gibt es verschiedene Probleme, die sich im Tagesgang der Globalstrahlung nur in einzelnen Stunden bemerkbar machen. Es sind dies z.B.:

- Stundenwerte die durch VAMP korrigiert wurden, aber deutlich nicht in den Tagesgang hineinpassen
- Stundenwerte die den TOA-Wert überschreiten, z.B. als Folge von multiplen Reflexionen
- Schattenwurf auf den Geber durch ein fixes oder ein temporäres Hindernis (z.B. Bäume in Stabio)
- Bedeckung des Gebers durch Schnee oder Rauhreif
- Stundenwerte mit erklärbaren Strahlungseinbussen (vgl. Kapitel 6.2.4.6)
- Stundenwerte mit bisher unerklärten Strahlungseinbussen (evtl. wegen Kondenswasser)

Bei der Betrachtung dieser Probleme wurde klar, dass sie nur an durchgehend sonnigen Tagen gut erkannt werden können. An Tagen die grösstenteils bedeckt waren, lassen sich Strahlungseinbussen oder -überschüsse aufgrund dieser Probleme nur schwer oder gar nicht erkennen. Aus diesem Grund wurden verdächtige Stundenwerte nur dann korrigiert, wenn sie in Stunden mit durchgehendem Sonnenschein auftraten, oder sonst eindeutig als fehlerhaft identifiziert werden konnten.

6.2.4.1 Allgemeines Vorgehen bei der Stundenwertkorrektur

Um eine Messreihe auf problematische Stunden zu untersuchen, war es meist nötig, sie mit den Messreihen von drei anderen Stationen zu vergleichen. Es wurde darauf geachtet, dass diese drei Stationen möglichst nahe und in ähnlicher Höhenlage lagen wie die Station der zu untersuchenden Messreihe. Diejenige Vergleichsmessreihe, deren mittlerer Tagesgang am ehesten mit dem mittleren Tagesgang der zu untersuchenden Messreihe übereinstimmte, wurde als erste Vergleichsmessreihe gewählt. Anschliessend wurden, je nach zu untersuchendem Problem, verschiedene Tests und Vergleiche durchgeführt. Für die Stundenwerte, welche aufgrund dieser Tests als unplausibel erachtet wurden, wurden Korrekturwerte vorgeschlagen. Nach diesem Arbeitsschritt erfolgte eine optische Prüfung aller Korrekturvorschläge durch den Bearbeiter mit der Möglichkeit, weitere Korrekturen anzubringen oder Korrekturvorschläge zu verwerfen. Grundsätzlich wurden weitere Korrekturen nur bei bereits durch VAMP korrigierten Stundenwerten angebracht. Ausnahmen waren Werte grösser null in der Nacht und in Randstunden bei stationsspezifischen Problemen, die aufgrund der Testkriterien nicht als Problemsstunden erkannt werden konnten, jedoch sehr wohl durch das Problem beeinflusst waren.

Mit welchen Tests und Vergleichen die Probleme auf der Stundenebene lokalisiert und wie die Korrekturwerte vorgeschlagen wurden, wird in einem separaten Arbeitsbericht der MeteoSchweiz dargelegt. Nachfolgend wird jede Art der Korrektur auf der Stufe 4 kurz beschrieben.

6.2.4.2 VAMP-Nachkorrektur

Es wurden alle durch VAMP korrigierten Stundenwerte nochmals untersucht. Für eine Korrektur in Betracht gezogen wurden aber nur Stunden, welche eine Sonnenscheindauer von 60 Minuten aufwiesen. Zudem musste der Durchschnitt der Sonnenscheindauer an den drei Vergleichsstationen ebenfalls grösser als 57 Minuten sein. Beträgt die Sonnenscheindauer weniger als 60 Minuten, können die Strahlungsverhält-

nisse nicht mehr genau genug abgeschätzt werden. Durch VAMP korrigierte Stunden mit weniger als 60 Minuten Sonnenschein wurden deshalb nicht weiter korrigiert, es sei denn, sie fielen dem Bearbeiter im Rahmen der optischen Kontrollen negativ auf.

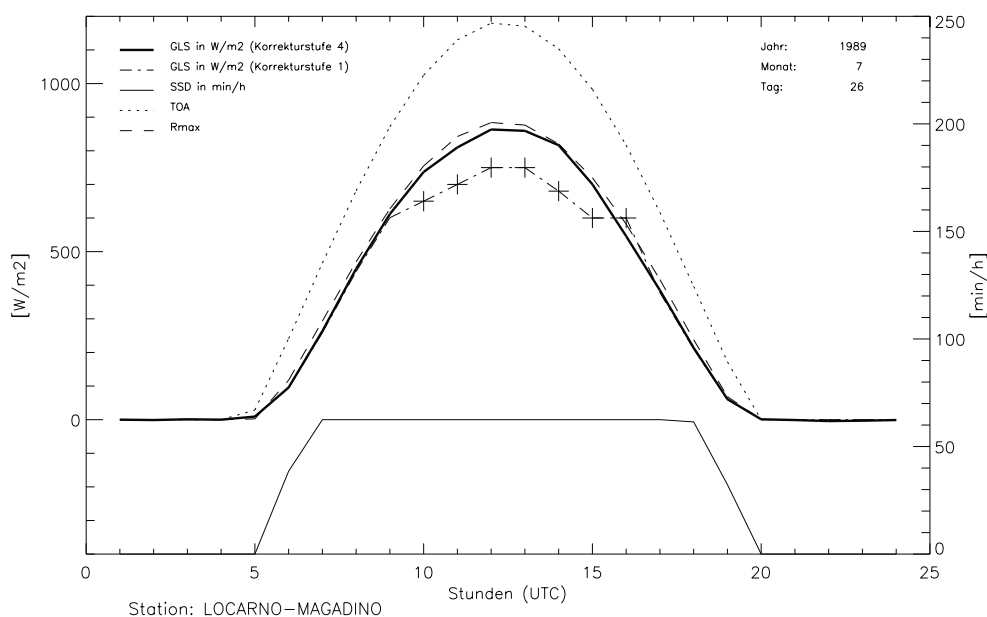


Abb. 6.6: Tagesdarstellung der Globalstrahlung. Zu sehen ist das Beispiel einer VAMP-Nachkorrektur in Locarno-Magadino. Die mit einem Kreuz bezeichneten Stundenwerte sind durch VAMP korrigierte GLS-Werte (Korrekturstufe 1).

Ein Beispiel einer VAMP-Nachkorrektur ist in Abbildung 6.6 zu sehen. Die durch VAMP korrigierten Stundenwerte von 10 bis 15 Uhr wurden als zu tief eingestuft, der Stundenwert um 16 Uhr als zu hoch. Diese unplausiblen Strahlungswerte werden auf das Niveau der Messreihe der ersten Vergleichsstation, in diesem Fall Locarno-Monti, korrigiert.

6.2.4.3 TOA-Überschreitungen

Es wurden alle Stundenwerte herabgesetzt, die grösser als der entsprechende TOA-Wert und grösser als 30 W/m^2 waren (vgl. Abbildung 6.7).

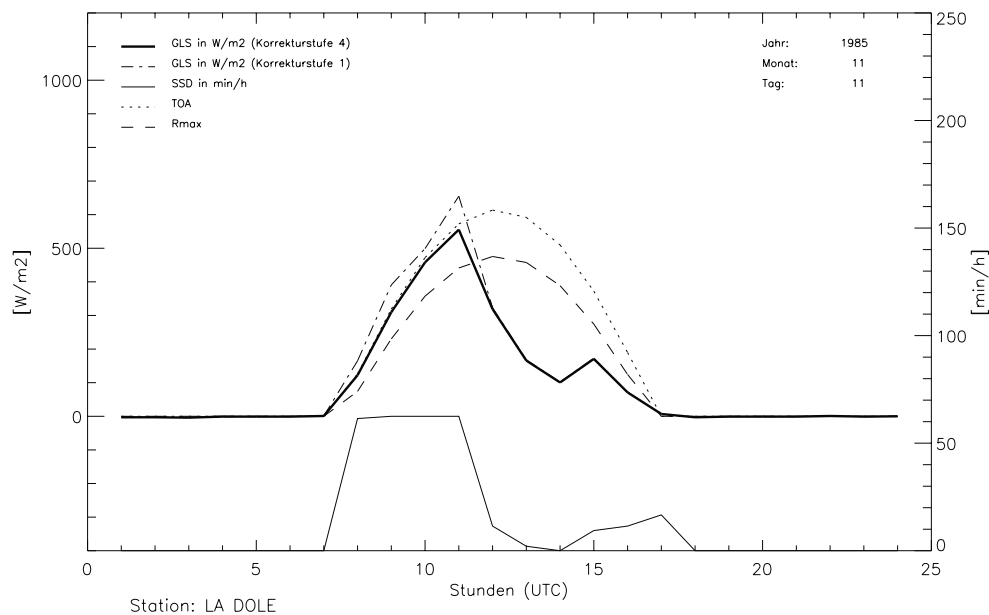


Abb. 6.7: Eine Tagesdarstellung der Globalstrahlung auf La Dôle. Zu sehen ist ein Beispiel einer TOA-Überschreitung. Von 7 bis 11 Uhr (solange die Sonne scheint) liegen die Stundenwerte der Strahlung über dem TOA-Wert. Diese zu hohen Werte kommen wahrscheinlich in Folge schneebedeckter Umgebung zustande.

Die obere Limite von 30 W/m^2 ist nötig, weil in den Dämmerungsstunden, infolge Reflexionen an hellen Wolkenschichten oder Schneeflächen sehr wohl Werte über dem TOA-Wert vorkommen können. Das Ausmass der Korrekturen wurde abhängig gemacht von der Jahreszeit und der Station (Bergstation/Talstation), beschränkte sich aber im Allgemeinen darauf, die betroffenen Stundenwerte knapp unter die TOA-Werte zu setzen. Auf eine Herabsetzung bis R_{max} wurde verzichtet, um im Monatsmittel die Stundensummen zu kompensieren, die zwar mit Messproblemen behaftet sind, die aber aufgrund von uneindeutigen Wetterlagen nicht dedektierbar und nach oben korrigierbar sind.

6.2.4.4 Schattenwurf von Bäumen

Die Messreihe von Stabio unterlag einem speziellen Problem. Um das Messfeld herum wurden in den 80er Jahren Bäume gepflanzt. Mit den Jahren waren diese Bäume zu einer Grösse gelangt, die zu einer entscheidenden Horizonteinengung für den Globalstrahlungsgeber führte. Betroffen waren die Morgenstunden in den Monaten August bis Oktober. Im Jahr 1997 begannen sich auch im April Einschränkungen der Strahlung aufgrund des Schattenwurfes abzuzeichnen. Darum wurden die störenden Bäume im Oktober 1997 gefällt. Nach ausführlicher Betrachtung der Tagesgänge und Vergleiche mit den anderen Tessiner Messreihen, wurde entschieden, die Periode von 1995 bis 1997 in Bezug auf diese Baumschatten zu korrigieren. Es sind schon vor 1995 Einflüsse der Horizonteinengung durch die besagten Bäume erkennbar. Die Messreihe weist aber in den Jahren 1987 bis 1995 auch mehrere längere Perioden auf mit nicht erklärbar Strahlungsdefiziten im Vergleich zu den anderen Tessiner Messreihen, die auf der Korrekturstufe 3 (vgl. Kapitel 6.2.3.2) zu vielen, z.T. massiven Korrekturen an der Messreihe geführt haben. Weitere Korrekturen im Rahmen der Korrekturstufe 4, die im Betrag kaum mehr ins Gewicht gefallen wären, wurden darum vor 1995 nicht vorgenommen.

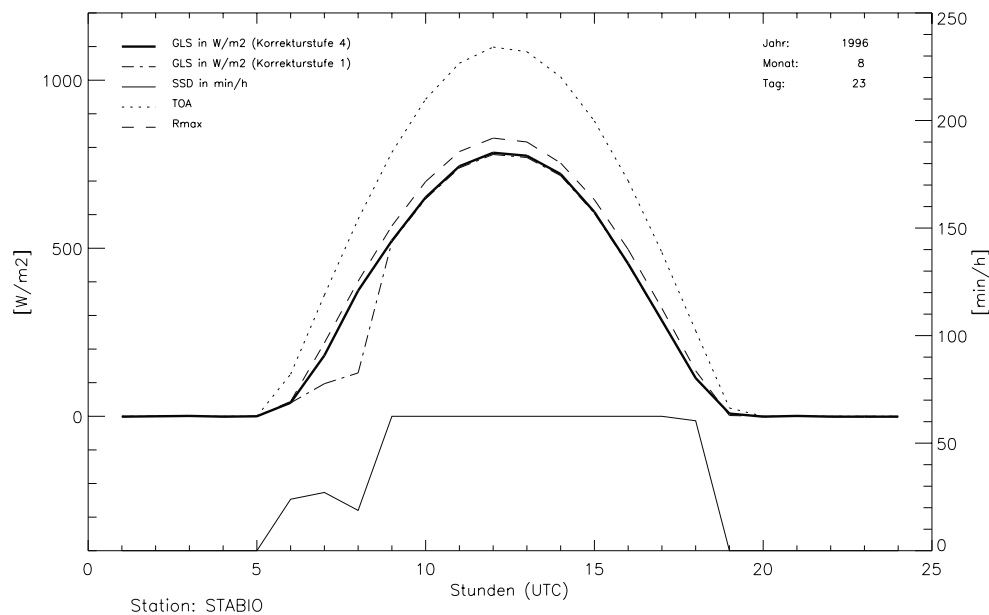


Abb. 6.8: Eine Tagesdarstellung der Globalstrahlung in Stabio. Das Beispiel zeigt den Einfluss des Schattenwurfs von Bäumen auf den Tagesgang der Globalstrahlung an einem durchgehend sonnigen und klaren Tag.

Abbildung 6.8 zeigt einen von Schattenwurf beeinträchtigten Tagesgang. Der Schattenwurf bewirkte zwischen 6 und 9 Uhr (Achtung: Zeitangaben in UTC) klare Einbussen sowohl bei der Globalstrahlung als auch bei der Sonnenscheindauer. Die Globalstrahlungswerte wurden auf den Wert von Lugano gesetzt, die Sonnenscheindauer blieb unkorrigiert.

6.2.4.5 Schneekorrektur

Alle Pyranometer im ANETZ können von Schnee oder Rauhreif bedeckt werden. Um diejenigen Stundenwerte zu finden, die infolge Schneebedeckung oder Rauhreif zu tief sind, wurden keine Daten von Vergleichsstationen beigezogen, sondern es wurde in erster Linie die Sonnenscheindauer an der betreffenden Station betrachtet. Weiter wurden die Stundenwerte des Niederschlags und der Temperatur in die Beurteilung miteinbezogen. Tiefe Stundenwerte wurden zur Korrektur vorgeschlagen, wenn die Sonnenscheindauer 60 min aufwies, der Globalstrahlungswert tiefer als 75% Rcal war und die Temperatur um den Gefrierpunkt lag. Der Bearbeiter entschied für jeden dieser ausgeschiedenen Stundenwerte, ob er tatsächlich zu wenig Strahlung aufweist infolge von Schneebedeckung oder Rauhreif, oder ob anderweitige Probleme (z. B. fehlerhafte Sonnenscheindauerdaten) zum Verdacht auf Schneebedeckung des Globalstrahlungsgebers führten.

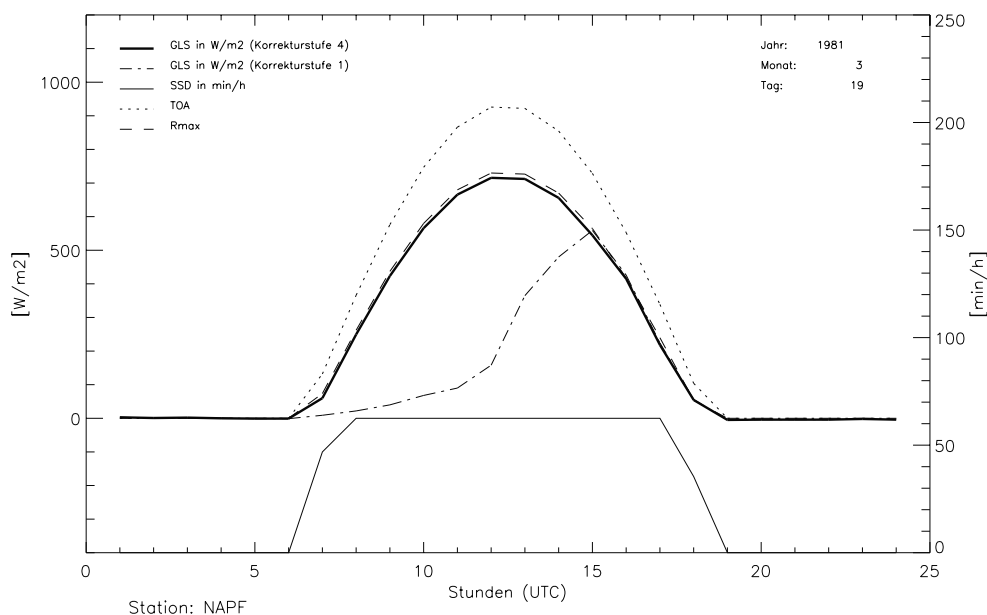


Abb. 6.9: Eine Tagesdarstellung der Globalstrahlung auf dem Napf. Das Beispiel zeigt die Auswirkung eines schneebedeckten Gebers auf den Tagesgang der Globalstrahlung.

Abbildung 6.9 zeigt einen Tagesgang bei Schneebedeckung des Gebers (Korrekturstufe 1). Die Temperatur überstieg an diesem Tag um 14 Uhr erstmals den Nullpunkt. Die Schneeschicht vom Vortag, durch die Sonne schon temperiert, schmolz sofort dahin, die Globalstrahlungswerte stiegen auf ein plausibles Niveau nahe Rmax. Nach der Korrektur (Korrekturstufe 4) auf das Niveau der Messreihe der ersten Vergleichsstation, folgt der Tagesgang der Globalstrahlung auch am Vormittag dem Rmax.

6.2.4.6 Erklärbare Strahlungseinbussen

Ein ab 1993 erkanntes Problem war das Abfallen der Strahlungswerte an sonnigen Tagen, an denen die Temperatur im ASTA-Kasten über ca. 70°C stieg, wobei aufgrund der Aufstellung der ASTA-Kasten nur wenige Stationen von diesem Problem betroffen sein konnten. Am stärksten betroffen war die Messreihe der Station Zürich-Kloten, wo der Effekt erstmals festgestellt wurde. Viele Tage wiesen dort deutliche Strahlungseinbussen auf. Um die Messwerte zu finden, welche ein Problem dieser (Klotener) Art aufwiesen, wurden sämtliche 59 Messreihen einem an der Messreihe von Zürich-Kloten entwickelten Test mit 3 Vergleichsmessreihen unterzogen. Der Test beruht auf dem Verhältnis von Sonnenscheindauer und Globalstrahlung an der zu bearbeitenden Station im Vergleich zu den Vergleichsstationen. Wurden mit Hilfe des Tests Tage im Sommerhalbjahr gefunden, die einen Strahlungsabfall ab ca. 9 Uhr, analog der Messreihe von Zürich-Kloten, zeigten, wurden die betroffenen Stundenwerte korrigiert. Ein Problem dieser Art wurde in den Messreihen der Stationen Zürich-Kloten, Visp, Schaffhausen und La Chaux-de-Fonds entdeckt.

In Abbildung 6.10 ist ein deutliches Beispiel für einen Tag mit Hitzeproblem zu sehen. Ab 10 Uhr sind die klaren Strahlungseinbussen zu erkennen. Die Lufttemperatur überstieg an diesem Tag um 10 Uhr 27 Grad C und lag nachher bis 18 Uhr über 30 Grad C.

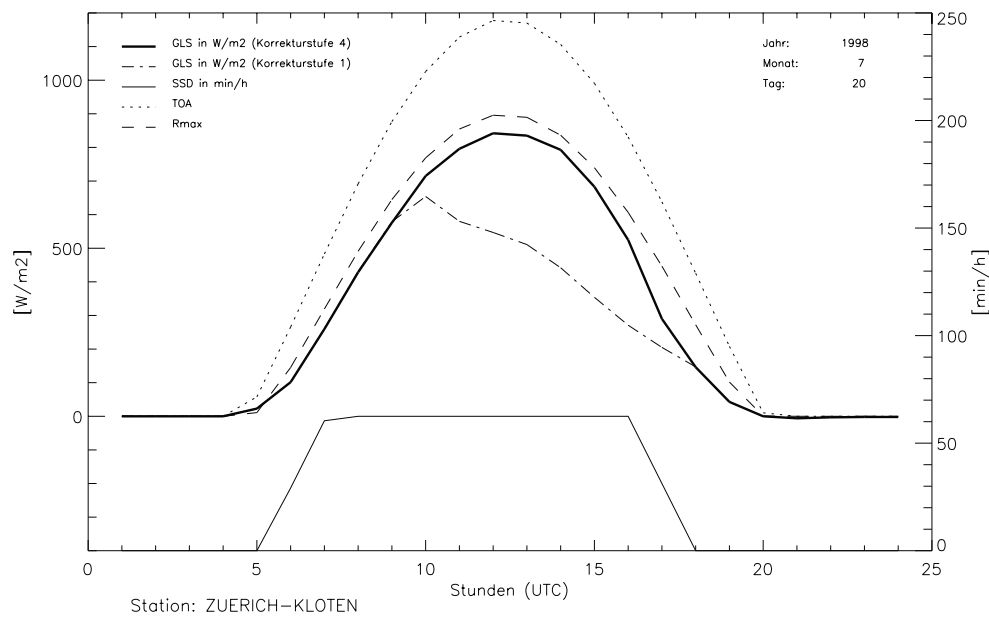


Abb. 6.10: Eine Tagesdarstellung der Globalstrahlung in Zürich-Kloten. Das Beispiel zeigt eine deutliche Beeinflussung des Tagesgangs durch das Hitzeproblem.

6.2.4.7 Unerklärte Strahlungseinbussen

Im Zusammenhang mit der Prüfung aller Messreihen auf das Hitzeproblem wurden durch den Test viele Stundenwerte als zweifelhaft ausgeschieden, die offensichtlich nicht im Zusammenhang mit einem Hitzeproblem stehen im Sinne von Zürich-Kloten. Diese Korrekturvorschläge wurden darum bei der optischen Kontrolle der Korrekturen durch den Bearbeiter ausser Kraft gesetzt. Viele dieser ausser Kraft gesetzten Korrekturvorschläge deuten auf Tage mit Messproblemen hin im Sinne von zu wenig Strahlung. Allerdings gleichen die entsprechenden Tagesgänge nicht dem Muster des Strahlungsabfalles in Zürich-Kloten. Wie diese Strahlungseinbussen zustande gekommen sind, ist nicht klar. Neben der Möglichkeit, dass geringe Einbussen gegenüber Vergleichsmessreihen durchaus real sein können, besteht vielleicht ein Zusammenhang mit Kondenswasser innerhalb der Glashaube. Tatsache ist, dass das Phänomen an sonnigen Tagen von ca. März bis Oktober beobachtet werden konnte, ohne dass es aber zwingend an jedem sonnigen und warmen Tag auftreten musste. Mehr als die Hälfte der Messreihen zeigten mindestens einmal Probleme dieser Art. Meist waren in einer Messreihe nur ein oder zwei Jahre von diesem Phänomen betroffen, manchmal nur wenige Monate. Gehäuft trat das Phänomen in den 80er Jahren auf, weniger oft in den 90er Jahren. Die Strahlungseinbussen gegenüber den Vergleichsstationen variierten meist stark. Einige Tage können starke Einbussen aufweisen, und kurz darauf sind wiederum nur geringe Einbussen zu erkennen. Aus Mangel an Begründungen für dieses Phänomen wurden diese Strahlungseinbussen nicht korrigiert, sondern nur dokumentiert.

6.3 Die Mittelwerte 1981-2000

6.3.1 Die Mittelwertbildung

Nachdem alle Messreihen die vier Korrekturstufen, zum Teil mehrere Male, durchlaufen hatten und die Bearbeitung abgeschlossen war, wurden aus den Messreihen für jede Korrekturstufe die Monatsmittel der

Periode berechnet. Berechnet wurden die Monatsmittel jeweils aus allen vorhandenen Monatsmittelwerten der Periode 1981-2000. Die Monatsmittel der Korrekturstufe 4 werden schliesslich als Mittelwerte 1981-2000 bezeichnet, allerdings nur bei jenen Messreihen, die auch über die ganzen 20 Jahre Messwerte aufweisen. Von den 59 bearbeiteten Messreihen weisen 47 über die ganzen 20 Jahre Daten auf, entsprechend sind 12 Messreihen weniger als 20 Jahre lang. Die Monatsmittel der Korrekturstufe 4 dieser 12 Messreihen wurden auf die Periode 1981-2000 reduziert, so dass sie ebenfalls als Mittelwerte 1981-2000 bezeichnet werden können. Auf eine Reduktion der Mittelwerte auf die Normperiode 1961-1990 wurde in NORM90 verzichtet.

6.3.2 Monatsmittel der einzelnen Korrekturstufen

Interessant ist es nun zu untersuchen, in welcher Grössenordnung sich die Monatsmittel von Korrekturstufe zu Korrekturstufe verändern. Es ist festzustellen, dass die Korrekturen der Stufe 2 die grössten Veränderungen (bis rund 2%) bewirkten. Wenige Messreihen, mit ausgeprägten Problemen im Stundenbereich (z.B. Hitzeproblem in Zürich-Kloten) oder mit deutlichen AZEN-Problemen, zeigen auch grosse Veränderung (um 1%) in den Monatsmittelwerten nach Korrekturstufe 3 und 4. Die grössten Veränderungen einzelner Monatsmittelwerte von Korrekturstufe 1 auf 4 betragen demnach rund 3.5%.

6.3.3 Die Reduktion

Weist eine Messreihe nicht ab 1981 Daten auf, so werden ihre Mittelwerte auf das Niveau 1981-2000 reduziert. Die Reduktion geschieht mit Hilfe einer Referenzreihe. Als Referenzreihe wird jeweils die vollständig korrigierte Messreihe einer anderen Station verwendet, die während der ganzen Periode 1981-2000 Daten aufweist. Die Wahl der Referenzreihe geht folgendermassen vor sich:

- Aus der zu reduzierenden Messreihe werden fünfmal die Monatsmittelwerte gebildet, von der maximal möglichen Periode und von den jeweils um 1, 2, 3, und 4 Jahren verkürzten Perioden. Für eine Messreihe die erst mit dem Jahr 1983 beginnt werden also die Monatsmittelwerte der Perioden 1983-2000, 1984-2000, 1985-2000, 1986-2000 und 1987-2000 berechnet.
- Bei allen vollständigen Messreihen, die Daten von 1981-2000 aufweisen, werden für genau dieselben Perioden die Monatsmittelwerte berechnet.
- Jetzt werden an der zu reduzierenden Messreihe für alle zwölf Monate die Verhältnisse des Mittelwertes der maximalen Periode zum Mittelwert der vier verkürzten Perioden berechnet. Für alle vollständigen Messreihen wird genau gleich verfahren.
- Die vier Verhältnisse der zu reduzierenden Messreihe werden mit den entsprechenden Verhältnissen der vollständigen Messreihen verglichen.
- Die vollständige Messreihe, deren vier Verhältnisse durchschnittlich am Besten mit den Verhältnissen an der zu reduzierenden Messreihe übereinstimmen, wird für die Reduktion als Referenzreihe verwendet.

Bei der Referenzreihe wird nun das Verhältnis der Monatsmittelwerte der maximalen Periode an der zu reduzierenden Messreihe mit den Monatsmittelwerten 1981-2000 gebildet. Die Monatsmittelwerte der maximalen Periode der zu reduzierenden Messreihe werden entsprechend dem Verhältnis an der Referenzreihe reduziert und heissen nun auch Mittelwerte 1981-2000.

7 Contrôle de la direction du vent

La direction du vent est traitée séparément dans ce rapport car ce paramètre a été corrigé selon une méthode différente des autres paramètres. Il est en effet possible pour la direction du vent de qualifier directement si une valeur est correcte ou non, et ainsi de corriger les données qui sont fausses. Dès lors, les séries de données de la direction du vent ont été corrigées et non homogénéisées comme c'est le cas pour les autres paramètres. La méthode de correction développée pour ce paramètre est décrite dans ce chapitre.

Dans le cadre du projet NORM90, les séries de données de direction du vent de 70 stations automatiques ont été contrôlées pour la période 1981-2000. Les roses des vents mensuelles moyennes ont été examinées afin de déceler des rotations dans la direction du vent.

Les résultats du contrôle de la direction du vent sont présentés dans un document séparé, interne à MétéoSuisse. Celui-ci contient, pour chaque station, un tableau synthétisant les rotations rencontrées, leur cause et la correction effectuée, ainsi que deux graphes présentant les roses des vents corrigées (toute la série) et les roses mensuelles moyennes.

7.1 Problématique

Une des différences principales entre la direction du vent et les autres paramètres réside dans le niveau de référence utilisé pour le contrôle et la correction. Pour les autres paramètres, les séries de données ont été homogénéisées par rapport au niveau de mesure au 31 décembre 1997 (niveau de référence). Dans le cas de la direction du vent, par contre, le niveau de référence choisi pour les corrections correspond à l'orientation de l'anémomètre définie comme correcte et n'est pas obligatoirement l'orientation qu'a l'anémomètre à la fin de la série de données.

Une autre différence très importante dans la méthode de travail se situe au niveau des corrections des données. Pour tous les autres paramètres (à part le rayonnement global, chapitre 6), l'homogénéisation s'est traduite par une adaptation de la série de données au niveau actuel (niveau de référence). Dans le cas de la direction du vent, les données ont pu être corrigées (et non seulement adaptées) puisqu'il est possible de déterminer si l'orientation, et donc la mesure, de l'anémomètre est juste ou fausse.

En connaissant l'orientation correcte de l'anémomètre, il est possible d'examiner la série de roses des vents de chaque station à la recherche d'orientations erronées. Pour cela, différentes périodes ont été comparées entre elles. Elles ont été délimitées soit à l'aide des informations contenues dans les métadonnées (interventions effectuées sur les instruments de mesures), soit visuellement en observant les roses des vents (variations marquantes dans la direction du vent).

7.2 Données et métadonnées

7.2.1 Données

A l'instar de l'homogénéisation de la vitesse du vent (voir chap. 4.2.7), seules les stations automatiques ont été examinées. Comme le vent n'est mesuré que trois fois par jour aux stations conventionnelles, la résolution temporelle de ces valeurs n'était pas suffisamment représentative pour calculer les roses des vents mensuelles moyennes. Celles-ci ont donc été calculées sur la base des valeurs horaires, exprimées en degrés (de 0 à 360), des stations automatiques uniquement. Elles ont été représentées graphiquement (fig. 7.1) et leur contrôle repose avant tout sur des observations visuelles.

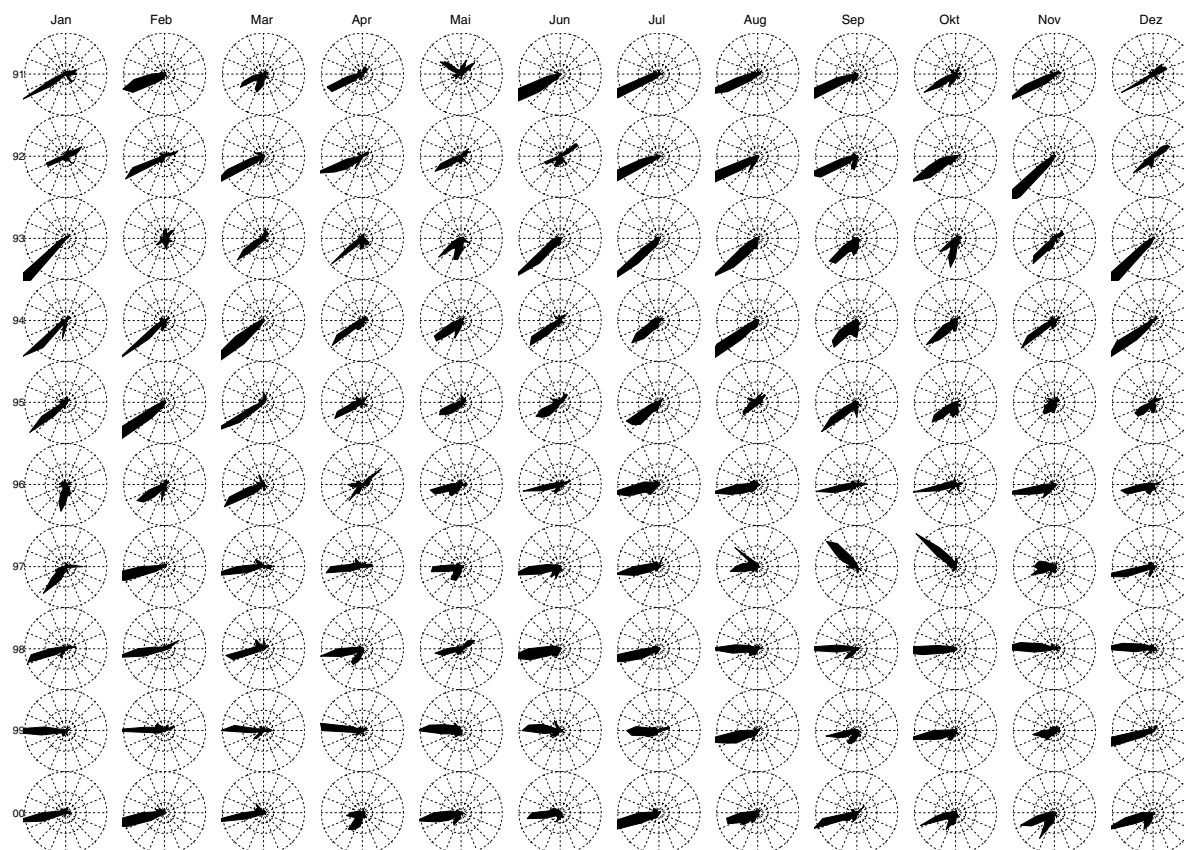


Abb. 7.1: Extrait de la série originale des roses des vents de la station de Säntis, de 01-1991 à 12-2000. La direction du vent n'a été prise en compte que lorsque la vitesse du vent était supérieure à 1 m/s (voir texte). Afin d'optimiser la représentation des roses des vents, l'échelle pouvait être choisie de telle sorte que les lobes des directions dominantes ne soient pas ou que peu tronqués.

Le schéma des vents présente une direction principale nette, qui change toutefois brusquement à partir d'avril 1996. Un contrôle des instruments sur place a permis de déterminer que la deuxième période (dès avril 1996) correspondait à l'orientation correcte de l'anémomètre. Au sein de chaque période apparaissent d'autres rotations et anomalies. Le mois de février 1993 montre un exemple typique où aucune correction ne peut être effectuée car il ne s'agit pas d'une rotation. Une telle rose mensuelle est dans le domaine des variations possibles (situation météorologique particulière), il s'agit peut-être aussi d'une défectuosité de l'appareil ou d'un mois où l'anémomètre était souvent gelé.

Pour éviter les longues périodes où l'anémomètre peut sembler être bloqué ou faussement orienté alors qu'il s'agit de phases sans vent ou presque, les valeurs de direction du vent pour le calcul des roses mensuelles moyennes n'ont été considérées que lorsque la vitesse du vent était avec certitude assez importante pour faire tourner la girouette, c'est-à-dire à partir de 1 m/s. En effet, lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1 m/s, le vent est souvent trop faible pour avoir une incidence bien déterminée sur le positionnement de la girouette.

Les valeurs horaires du réseau ANETZ n'étant à disposition que depuis 1981, la série de données a été étendue jusqu'en décembre 2000 afin d'obtenir une période de 20 ans et de bénéficier d'une série temporelle statistiquement plus représentative. Ainsi, les données de la direction du vent de toutes les stations ANETZ pour la période 01.1981-12.2000 ont été contrôlées et corrigées le cas échéant. Certaines séries sont toutefois plus courtes car la station a été mise en service après 01-1981 (voir tableau 2.4).

7.2.2 Métadonnées

Comme pour l'homogénéisation des autres paramètres, les métadonnées concernant le réseau de mesures représentent une source d'informations très importante pour la correction de la direction du vent. Ici, les métadonnées ont été prises en considération pour définir les différentes périodes à comparer, pour déterminer si une rotation pouvait être corrigée ou non (voir chap. 7.4) ou pour délimiter dans le temps l'extension d'une correction.

Il s'agit d'informations sur la situation géographique et topographique de la station, sur les interventions qui ont eu lieu sur les appareils, de comptes rendus de mutations, d'études qui ont révélé des problèmes existants, etc. Au sein du processus "Données au sol" de MétéoSuisse, ces métadonnées ont des sources diverses (voir chap. 2.4). Pour la direction du vent, la source principale d'informations sur les stations de mesures ont été l'historique des stations et la documentation complémentaire, d'où ont été extraites avant tout les dates des interventions sur les anémomètres. Une autre aide précieuse a été fournie par des études antérieures qui mentionnent des rotations constatées et les corrections qu'elles nécessitent. Ces corrections ont été adoptées telles quelles dans le cadre du projet Norm90.

7.3 Méthodologie

Le procédé de correction pour la direction du vent diffère de celui des autres paramètres en plusieurs points. La différence principale est qu'il était possible de corriger les valeurs, et non seulement de les adapter aux conditions actuelles, puisqu'une vraie valeur de la direction du vent peut être définie. Dans cet ordre d'idée, les séries de données pour ce paramètre n'ont pas été homogénéisées mais corrigées.

Dans ce cas, le programme THOMAS, avec lequel les autres paramètres ont été traités, n'a pas été utilisé puisqu'il se base sur une homogénéisation relative (voir chap. 3.1 et 3.2). Des séries de référence pour déterminer les erreurs n'étaient pas nécessaires puisque la correction des valeurs se base sur un niveau "vrai", choisi au sein même de la série de données, et non sur un niveau relatif déterminé à partir des séries de données d'autres stations.

La méthodologie développée pour la correction de la direction du vent est fondée sur une comparaison de différentes périodes de mesures d'une même station après détermination de l'orientation correcte de l'anémomètre. La première étape a consisté à délimiter des périodes pendant lesquelles le schéma général de la direction du vent ne montrait pas de variations. Pour cela, les périodes de part et d'autre d'une intervention effectuée sur les instruments de mesure du vent ont été comparées afin de déterminer si l'intervention a eu un effet sur l'orientation des instruments. La limite inférieure de durée d'une période pouvant être testée était en règle générale d'un mois puisque l'analyse se base sur des valeurs mensuelles, pour autant que des indications sur des causes possibles pour une rotation figurent dans les métadonnées. Une fois que des périodes homogènes en elles-mêmes ont été définies, il a fallu identifier quelle était la période pendant laquelle l'orientation de l'anémomètre était juste, c'est-à-dire quelle période pouvait être choisie comme niveau de référence. Ce dernier a été établi principalement sur la base des métadonnées et de l'observation des roses des vents.

Une fois que les périodes contenant une orientation fautive de l'anémomètre ont été identifiées, les rotations ont pu être quantifiées en comparant mathématiquement la période fautive avec la période de référence. Cela a été effectué à l'aide d'un histogramme présentant la répartition des fréquences de la direction du vent ainsi que du calcul des différences entre les valeurs de direction des classes les plus fréquentes. Pour la construction de l'histogramme, les valeurs ont été groupées en 36 classes de 10 degrés. La figure 7.2 présente un exemple d'histogramme. Un tel graphe présente la fréquence des valeurs dans les

différentes classes pour chacune des deux périodes comparées et donne ainsi une estimation (± 5 degrés) de l'ampleur de l'erreur de positionnement de l'appareil de mesures. Une telle représentation graphique permet de constater rapidement de quel type de rotation il s'agit (voir chap. 7.4.1). L'histogramme montre également clairement dans quels secteurs se situent les directions du vent dominantes. Ce dernier élément est important pour choisir les paramètres du programme de calcul des différences entre les classes les plus fréquentes (voir ci-dessous).

Afin de déterminer de manière précise l'erreur à corriger, les valeurs de direction moyennes des classes les plus fréquentes pour les deux périodes ont été comparées. Tout d'abord, le programme recherche pour chacune des deux périodes, à l'aide de *running classes*, la classe la plus fréquente au sein d'un secteur prédéfini de la rose. (Une *running class* est une fenêtre de largeur constante qui est déplacée d'une unité, ici 1 degré, à chaque incrémentation, par exemple 0-5; 1-6; 2-7; 3-8). Le choix du secteur se fait à l'aide des graphes des roses des vents mensuelles ou de l'histogramme décrit ci-dessus. Puis la différence entre la valeur de direction moyenne de la classe la plus fréquente de chacune des deux périodes est calculée. Le programme répète l'opération jusqu'à obtenir les 20 classes les plus fréquentes et calcule les différences entre les classes respectives des deux périodes. A l'aide de ces différences, un montant moyen de correction peut être calculé. Théoriquement, le facteur de correction pourrait être défini seulement à partir de la classe la plus fréquente de chacune des deux périodes. Le choix de travailler à partir de plusieurs classes de fréquence est motivé par le fait qu'il peut y avoir de légères variations dans l'ordre d'apparition des classes entre les deux périodes. En se basant sur plusieurs classes, ces variations s'annulent mutuellement lors du calcul de la moyenne de toutes les différences. La précision de cette méthode dépend de la répartition des valeurs de direction au sein des différentes classes. Lorsque la répartition est très serrée autour d'un pic, c'est-à-dire lorsqu'une direction principale est évidente et nettement définissable au sein d'un secteur, le résultat obtenu est très précis. Par contre, lorsqu'une direction dominante ne se laisse pas reconnaître clairement et que la répartition des directions est dispersée, le risque est grand que l'ordre de fréquence des classes pour les deux périodes comparées soit différent. Dans un tel cas, la précision du résultat n'est pas toujours satisfaisante. Elle peut toutefois être optimisée en jouant sur la largeur de la *running class*. Quand aucune valeur de correction ne pouvait être définie à l'aide du programme de calcul, la correction a été estimée à partir de l'histogramme.

Puisqu'il s'agit ici d'une correction des données fausses, les montants des corrections (positifs ou négatifs) ainsi obtenus sont additionnés directement aux données originales. Les corrections ont été appliquées aux valeurs horaires.

Lors du travail de correction, la même méthodologie a été appliquée aux stations de plaine et de montagne. Un essai a été fait pour les stations de montagne de ne traiter les données de direction qu'à partir d'une vitesse de 5 m/s au lieu de 1 m/s comme pour les stations de plaine. Comme aucune différence notable n'a pu être relevée dans les résultats, toutes les stations ont été traitées selon le même procédé, indifféremment de leur situation géographique.

7.4 Constatations

L'évaluation des séries de roses des vents mensuelles a mis en évidence plusieurs problèmes liés à la mesure de la direction du vent. Des rotations plus ou moins importantes et de types différents sont apparues pour pratiquement toutes les stations. Elles ont été provoquées par des interventions diverses effectuées sur les instruments de mesures. Pour la majorité des stations, chaque changement d'instrument a eu une influence sur les valeurs de la direction du vent car le nouvel appareil n'a pas toujours été ajusté exacte-

ment comme le précédent et ceci s'est traduit dans la série de roses des vents par un décalage plus ou moins important des directions.

7.4.1 Types de rotations

Différents types d'anomalies sont apparus lors de l'examen de la direction du vent:

- rotations symétriques
- rotations asymétriques
- secteurs manquants
- mois irréguliers.

Les rotations dites symétriques présentent le même décalage par rapport aux directions de référence pour tous les secteurs. Elles sont dues en général à un anémomètre ou à un mât monté selon une fausse orientation. Elles peuvent être corrigées de manière simple à l'aide d'une valeur de correction positive ou négative qui, additionnée aux valeurs, décale la rose des vents de manière à ce qu'elle coïncide avec la vraie direction du vent.

Les rotations asymétriques posent par contre plus de problèmes. Elles peuvent avoir été causées par un potentiomètre défectueux ou même par un problème au niveau du câblage et induisent une rotation plus ou moins importante en fonction de la direction considérée (erreur (dé)croissante avec une augmentation des valeurs). La figure 7.2 montre deux exemples de rotations asymétriques. Il résulte soit des roses des vents comprimées, dans lesquelles par exemple seules les directions comprises entre 1 et 340 degrés sont représentées, ou des roses étirées dans lesquelles la direction du vent peut déborder au-delà de la valeur de 360 degrés. Dans le deuxième cas, il n'est plus possible de déterminer si une valeur comprise entre 1 et 20 degrés, par exemple, représente effectivement un vent de secteur NNE ou s'il s'agit d'un vent de secteur NNW qui aurait été "poussé" au-delà de la limite de 360 degrés. Il n'est en effet pas possible de définir ultérieurement quelle était la vraie direction du vent pendant un certain laps de temps. Alors que de légères rotations asymétriques peuvent être corrigées de manière satisfaisante à l'aide d'un montant moyen appliqué de manière uniforme aux données, la correction de rotations avec une asymétrie importante nécessiterait d'une part un effort considérable et serait d'autre part dénuée de sens. Une méthode simple comme l'application d'un coefficient de correction positif ou négatif qui augmente linéairement avec la direction du vent n'apporterait que des inconsistances supplémentaires. Dans les cas de roses des vents comprimées, une telle correction des données aurait pour conséquence de combler une éventuelle lacune des directions élevées (p. ex. entre 340 et 360 degrés), mais n'offre pas une solution acceptable. Elle aurait aussi pour conséquence de pousser les valeurs de secteur NNW au-delà de la valeur de 360 degrés et celles-ci deviendraient des valeurs de secteur NNE. Or, en supposant un décalage croissant avec la direction du vent, s'il s'était vraiment agi de vents de NNE, les valeurs n'auraient pas nécessité de correction car elles auraient été correctes (ou presque), et ne se seraient donc pas retrouvées décalées de l'autre côté de la limite de 360 degré avec les directions de secteur NNE. Dans les cas contraires de roses des vents étirées, une solution convenable n'a pas non plus été trouvée. Dans un tel cas, les valeurs élevées de direction ont vraisemblablement été poussées au-delà de la limite de 360 degrés. Ainsi, dans le secteur des petites directions (NNE) se trouvent des valeurs correctes ou très peu faussées qui ne nécessitent qu'une légère correction négative et d'autres valeurs qui nécessitent une importante correction négative. Comme il n'est pas possible a posteriori de savoir quelle valeur appartient à quelle catégorie, une correction sensée ne peut pas être entreprise.

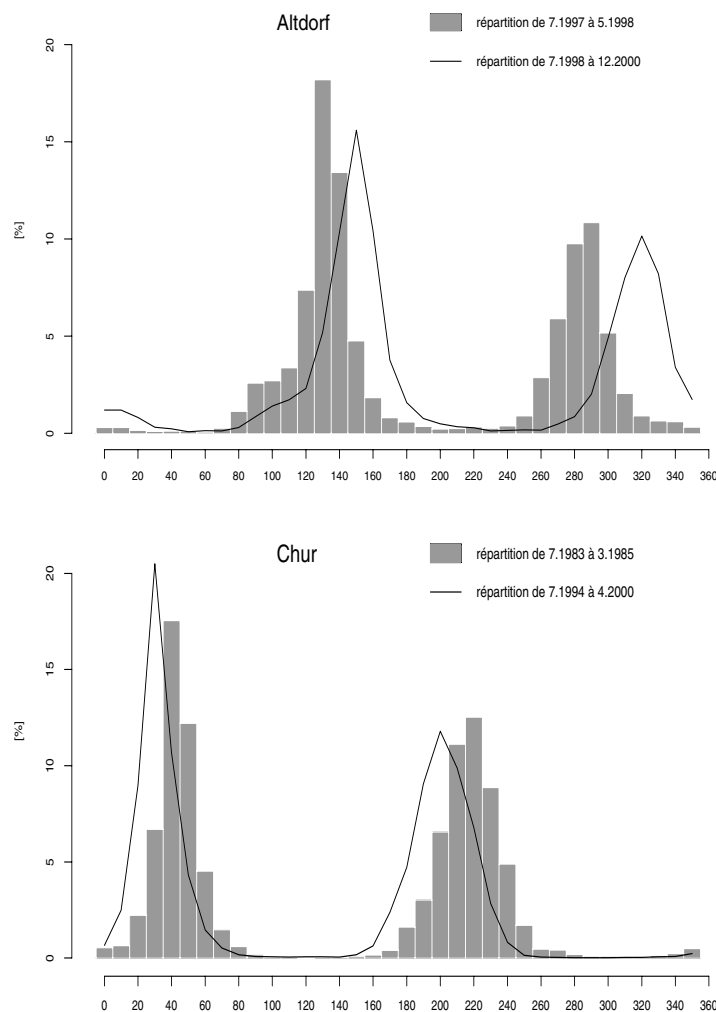


Abb. 7.2: Histogrammes de la fréquence relative des directions du vent pour Altdorf et Chur.

La phase comportant les valeurs fausses est représentée par les colonnes alors que la courbe représente les directions correctes de la période de référence. Les valeurs ont été réparties en classes de 10 degrés. Ces deux graphes montrent les différents cas de rotations asymétriques: en haut (Altdorf), les directions ont été comprimées, alors qu'en bas (Chur) elles ont été étirées. Dans les deux cas, l'augmentation de l'écart entre les deux périodes en fonction de la direction du vent se voit clairement. Afin que les directions du vent de la période fautive et de la période de référence coïncident, la répartition des valeurs devrait, dans le cas d'Altdorf, être étirée avec un coefficient positif, alors que dans le cas de Chur, elles devraient être compressées à l'aide d'une correction négative. Dans l'état actuel des connaissances, de tels cas n'ont pas pu être corrigés de manière sensée, même si la contraction ou l'étirement semblent être linéaires (voir explications dans le texte).

Parfois, certains secteurs manquent dans les roses des vents mensuelles. A cause de problèmes techniques dus en priorité à un potentiomètre défectueux ou à une mauvaise transcription de la direction du vent par l'interface, l'anémomètre n'enregistre plus de vent à partir d'une certaine direction. Ce sont ainsi surtout les secteurs des valeurs élevées qui manquent. Les secteurs manquants peuvent également être dus à une compression de la rose des vents à cause d'un problème de potentiomètre (voir ci-dessus, rotations asymétriques). Les périodes qui présentaient de telles anomalies n'ont pas pu être corrigées puisqu'il n'est pas possible dans de tels cas de savoir quelle était la direction correcte du vent.

Certaines séries de roses des vents comportaient des mois où la direction des vents présentait un schéma très différent du reste de la série. Ces mois dits irréguliers ont été provoqués par exemple par une girouette

endommagée, par un set de vis mal serrées, à cause d'un socle bloqué ou du gel de l'anémomètre. Dans certains cas, il s'agissait par contre de mois paraissant irréguliers mais dont les valeurs étaient tout à fait correctes. Comme les valeurs de direction des vents n'ont pas été prises en compte lorsque la vitesse du vent était inférieure à 1 m/s, les roses des vents des mois comprenant de nombreuses périodes de vent très faible ont ainsi été calculées avec peu de données. Cela a eu pour conséquence que chaque direction du vent qu'il y a eu pendant cette période a pris plus d'importance, et que les directions secondaires ont pu être surreprésentées. Dans un mois normal, par contre, les directions principales dominent la rose des vents et les directions secondaires se remarquent à peine. Il pouvait également s'agir de situations météorologiques extrêmes et particulières s'étendant sur une longue période. Dans les cas de mois irréguliers, un contrôle de la situation météorologique n'a pas été entrepris, mais ces cas ont été documentés seulement si les métadonnées contenaient des indications d'interventions ou de problèmes connus pour cette période précise.

Des combinaisons de divers types d'anomalies sont parfois apparues. Dans de tels cas, si une rotation symétrique a pu être clairement définie, elle a été corrigée en négligeant les autres problèmes apparaissant au sein de cette période.

7.4.2 Origine des erreurs

Ce sous-chapitre traite des causes qui ont été constatées d'après les informations contenues dans les métadonnées. Il n'a pas pour but de trouver des solutions aux problèmes. La méthode d'approche a été de chercher une cause dès qu'une rotation a été découverte et non de chercher quelles étaient les influences des différentes interventions ou techniques de mesures sur les mesures elles-mêmes.

Les rotations ont été provoquées par diverses interventions effectuées aux stations. Comme pour la vitesse du vent (voir chap. 4.2.7), les changements d'instruments représentent largement plus de la moitié des cas. Ceci peut s'expliquer d'une part par le fait que les anémomètres ont été changés très souvent à certaines stations, en particulier celles équipées d'un Weather Measure, puisque ce type d'appareil a été changé lors de chaque contrôle annuel. D'autre part, lors d'un changement de l'appareil ou d'une partie de celui-ci, le mât télescopique devait très souvent être descendu ou basculé afin d'accéder à l'appareil. Comme les différentes parties du mât télescopique ne sont pas fixes les unes par rapport aux autres, elles peuvent être tournées indépendamment les unes des autres. De ce fait, l'orientation de l'appareil et du mât n'est pas donnée de manière impérative et univoque et doit être ajustée à l'aide d'une boussole ou de marques visuelles lors de chaque remontage. La précision du positionnement lors du remontage dépend ainsi fortement de la visibilité et des conditions météorologiques. Dans ces conditions, le risque est important de remonter le mât ou l'appareil selon une fausse orientation dès qu'une intervention est effectuée sur l'un des deux.

Les contrôles annuels sont une autre raison très fréquente pour les rotations. Lors des contrôles, les problèmes d'accès aux appareils de mesures du vent étaient les mêmes que ceux évoqués ci-dessus. Lors des contrôles annuels, il se peut aussi que les instruments de mesures aient été changés ou étalonnés sans que cela ne soit documenté dans l'historique de la station. Les 75 % des rotations ont ainsi été provoquées par un contrôle annuel et/ou un changement d'instrument.

Au sein du dernier quart, 15 % des erreurs ont été causées par des réparations, des étalonnages, des ajustements de l'appareil ou autres. Dans un peu moins de 10% des cas, aucune raison plausible n'a pu être trouvée pour justifier une rotation.

7.5 Directives de travail

7.5.1 Pour les corrections

Comme il est mentionné au chapitre 7.4.1, plusieurs types d'anomalies sont apparues lors du contrôle des séries de données de la direction du vent. L'analyse de ces irrégularités a rapidement révélé que toutes ne pouvaient pas être corrigées de manière sensée. Il faut également préciser qu'une rotation n'a pu être examinée et corrigée, le cas échéant, que si elle a pu être décelée à l'aide des métadonnées et/ou de la série des roses des vents.

Les périodes fausses ont été traitées selon le procédé décrit ci-après et schématisé à la figure 7.3.

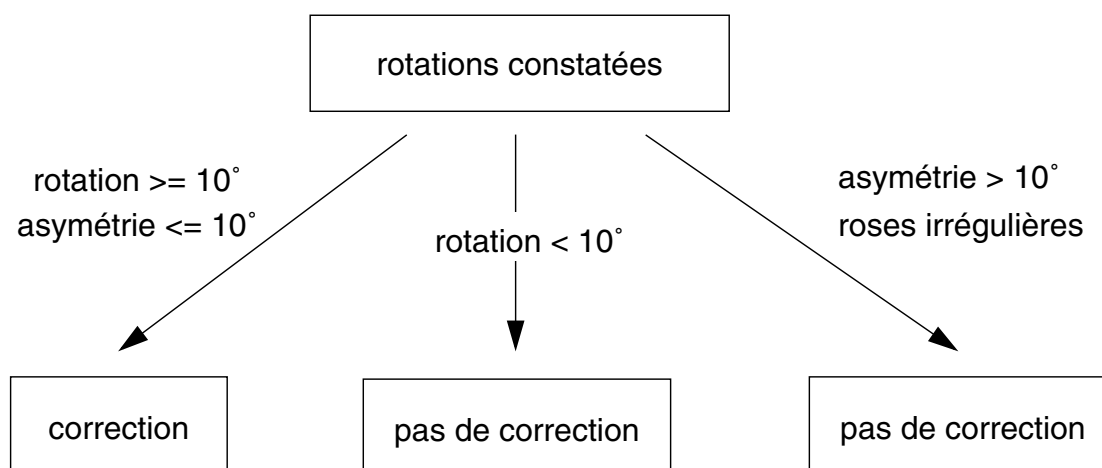


Abb. 7.3: Synthèse des lignes directrices pour la correction de la direction du vent.

Les périodes comportant une rotation symétrique ont seulement été corrigées si l'écart par rapport à la direction correcte était égal ou supérieur à 10 degrés. Dans les cas très clairs, par exemple lorsqu'il n'y avait qu'une ou deux directions dominantes nettement délimitées, le seuil pour une correction pouvait être inférieur à 10 degrés. Pour la durée d'une période à corriger, aucune limite inférieure ou supérieure n'a été définie.

Dans le cas des rotations asymétriques, aucune méthode de correction particulière n'a été développée. Les rotations avec une légère asymétrie ont été corrigées avec une valeur moyenne lorsque l'asymétrie sur l'ensemble de la rose ne dépassait pas 10 degrés, c'est-à-dire lorsque la différence entre les corrections nécessaires pour les valeurs maximales (360 degrés) et minimales (0 degré) était inférieure à 10 degrés, et lorsque la correction nécessaire maximale était supérieure à 10 degrés. Afin d'estimer l'ampleur maximale de l'asymétrie, la rotation calculée pour les directions principales a été extrapolée linéairement pour la direction de 360 degrés. Si l'asymétrie estimée sur l'ensemble de la rose était supérieure à 10 degrés, la période n'a pas été corrigée.

Tous les autres types d'anomalies n'ont pas pu être corrigés, car il ne s'agissait pas de rotations mais de cas où il n'était pas possible a posteriori de déterminer quelle aurait été la direction correcte du vent. Ces cas particuliers sont les mois irréguliers, les secteurs manquants ou les déplacements de l'appareil de mesures. Dans ce dernier cas, les phases enregistrées aux différents emplacements devaient être homogènes

en elles-mêmes. Chaque phase a été traitée individuellement et indépendamment des autres et possédait son propre niveau de référence.

7.5.2 Pour la détermination du niveau de référence

Une condition indispensable pour pouvoir déterminer les facteurs de correction est la connaissance de la vraie direction du vent. Le problème s'est souvent posé de savoir quelle période pouvait être utilisée comme niveau de référence pour définir les corrections, c'est-à-dire quelle période indiquait la vraie direction du vent. Dans la plupart des cas, il était facile d'établir quel était le niveau de référence, car il s'agissait d'une longue période homogène entrecoupée d'irrégularités de courte durée. Dans d'autres cas, par contre, plusieurs périodes de longueur équivalente présentaient des directions dominantes différentes, de telle manière qu'il n'était pas possible de déterminer seulement à l'aide de la série des roses des vents quelle période indiquait la direction correcte.

Dans la mesure où la vraie direction du vent n'est pas claire, des lignes directrices pour le choix de la période de référence ont été décidées. Une période est considérée comme présentant la vraie direction du vent si elle est homogène en elle-même pendant plusieurs années consécutives, que les directions sont plausibles par rapport à la topographie et qu'elles correspondent aux directions du vent actuelles (avril 2002).

Lorsque plusieurs périodes entrent en ligne de compte, la période la plus récente a été choisie comme niveau de référence, pour autant que les différences entre les périodes en question soient inférieures à 10 degrés. Si les différences sont supérieures à 10 degrés et qu'il n'est pas possible de décider à l'aide des métadonnées ou du matériel cartographique quelle est la direction du vent correcte, un contrôle à la station est nécessaire afin d'assurer l'exactitude de la mesure actuelle. Si le positionnement des appareils de mesure est exact, la période actuelle est considérée comme correcte et peut être utilisée comme période de référence. Si tel n'est pas le cas, l'écart par rapport à la direction juste est mesuré et la période de mesure précédant la visite à la station est corrigée selon cet écart. Cette période corrigée peut ensuite être utilisée comme niveau de référence.

7.6 Analyse quantitative

Le but de cette analyse quantitative est de comparer entre elles les différentes rotations qui ont été constatées, qu'elles aient été corrigées ou non. Elles ont été analysées par rapport à l'ampleur de la rotation, au type de correction, à la durée de la période à corriger, ainsi qu'au nombre de rotations par station pour un certain laps de temps.

Les graphiques présentés ci-dessous ont tous été élaborés avec le même set de données, choisies selon les principes suivants. Pour permettre une comparaison temporelle, seules les stations dont la série commence dans le courant de l'année 1981 ont été prises en considération. Les anomalies non quantifiables, comme les rotations asymétriques, les mois irréguliers ou les secteurs manquants, ont été écartées pour cette analyse. De plus, les rotations inférieures à 5 degrés n'ont pas été prises en compte dans cette analyse. D'éventuelles restrictions supplémentaires sont mentionnées dans les paragraphes respectifs.

7.6.1 Répartition des fréquences selon la taille de la rotation

Il s'agit ici d'examiner la répartition des rotations en fonction des valeurs des corrections nécessaires. Les rotations asymétriques n'ont pas été prises en considération pour ce calcul. Seules les rotations définies précisément supérieures ou égales à 5 degrés ont été prises en compte dans cette analyse.

L'ampleur des rotations étant comprise pour 95% des cas entre -50 et +50 degrés, seule cette portion de la répartition a été représentée. En examinant le graphe de gauche de la figure 7.4, il ressort nettement qu'une majorité de ces 95% se concentre dans une fourchette comprise entre -20 et +20 degrés. Cet état de fait est dû en priorité aux problèmes rencontrés lors du remontage de l'anémomètre et du mât. La position des appareils n'est pas donnée de manière univoque et des imprécisions quant à leur orientation sont pratiquement inévitables lors de toute intervention effectuée sur le mât ou l'anémomètre. Ainsi, des écarts parfois même importants par rapport à l'orientation correcte ne sont pas exceptionnels. De plus, dans la plupart des cas, particulièrement lorsqu'il n'y a pas de directions dominantes nettes, la manière selon laquelle les données ont été jusqu'ici vérifiées n'a pas suffi à détecter de rotations d'un ordre de grandeur de quelques dizaines de degrés.

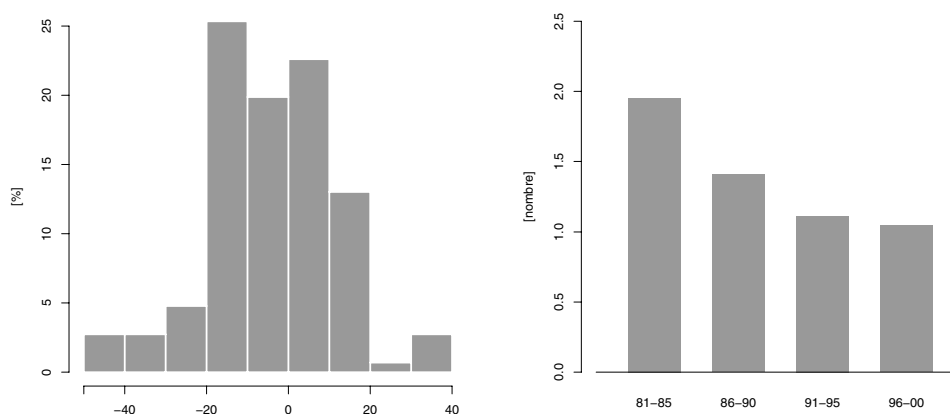


Abb. 7.4: Le graphe de gauche montre la répartition des fréquences des rotations constatées en fonction de leur taille. Les valeurs ont été réparties en classes de 10 degrés. Les rotations comprises entre -50 et +50 degrés qui figurent ici représentent 95% de l'effectif total des rotations choisies pour l'analyse quantitative. Comme les valeurs inférieures à 5 degrés n'ont pas été prises en compte, les classes de 0 à ± 10 degrés ne contiennent en fait que les valeurs comprises entre -5 et -10 ou +5 et +10 degrés. Les rotations asymétriques n'ont pas été prises en compte ici.

Le graphe de droite présente le nombre moyen de rotations par station par période de 5 ans. La répartition au sein des classes se base sur la date de l'intervention ayant provoqué une rotation. Pour ce graphe, les rotations asymétriques ont été prises en considération.

7.6.2 Nombre de rotations par station par période de 5 ans

Le graphe de droite de la figure 7.4 montre la répartition du nombre moyen de rotations par station et par période de 5 ans. Pour l'élaboration de ce graphique, les rotations asymétriques ont également été prises en compte. Afin d'attribuer la rotation à une classe, la date de l'intervention ayant provoqué cette rotation a été décisive. Il s'agit ainsi du nombre moyen d'interventions qui ont provoqué une rotation au sein d'une période de 5 ans et non du nombre de périodes qui présentent une rotation.

La première période 1981-1985 comporte beaucoup plus de cas que les trois autres. Ceci peut être expliqué par le fait que les premières années après l'introduction des mesures automatiques en 1981 ont été nécessaires pour acquérir une meilleure expérience pour le réglage des appareils de mesures. En effet, la deuxième période contient nettement moins de cas et le nombre moyen de rotations par station par période de 5 ans se stabilise autour de 1 à partir de 1991.

7.6.3 Rapport entre l'ampleur des rotations et leur durée

Il s'agit ici de déterminer s'il existe une relation entre la taille d'une rotation et sa durée. Le graphique de gauche de la figure 7.5 montre la répartition des rotations en fonction de leur importance et de leur durée. Pour ce graphe, seules les rotations précisément quantifiables ont été considérées, c'est-à-dire que les rotations asymétriques, ainsi que les cas particuliers (mois irréguliers, secteurs manquants) ont été écartés de la distribution.

Le premier élément qui ressort de ce graphe est que la majorité des cas sont concentrés au sein d'un polygone délimité par les valeurs -50 et $+50$ degrés et 0 et 4 ans. En règle générale, plus une rotation est importante, plus elle a été détectée rapidement. Les rotations très importantes (supérieures à 50 degrés) ont duré moins d'une année car elles ont rapidement été remarquées par des observateurs ou des utilisateurs et corrigées. Les rotations qui ont duré le plus longtemps sont généralement inférieures à 10 degrés. Cet état de fait est probablement accentué par un effet déformateur dû au choix du niveau de référence (voir chap. 7.5.2). Quand plusieurs niveaux plausibles différaient de moins de 10 degrés, la période la plus récente a été choisie comme référence. Ce choix a eu pour conséquence que certaines périodes qui étaient peut-être justes apparaissent ici comme incorrectes; elles n'ont toutefois pas été corrigées lors du contrôle de la série.

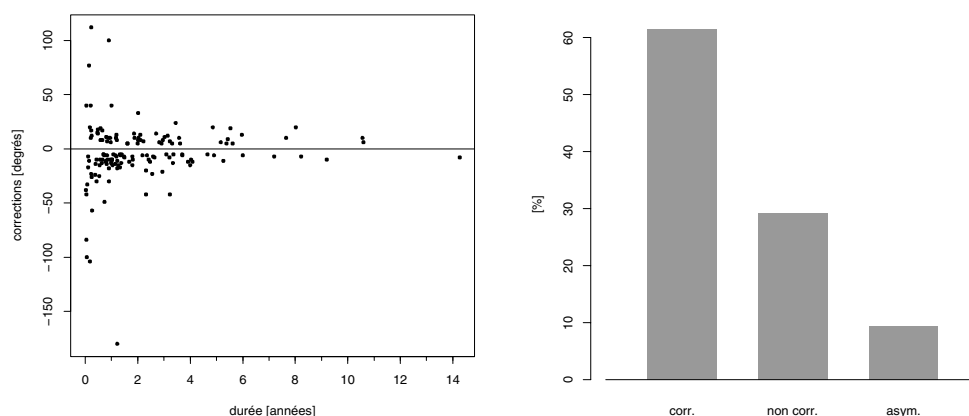


Abb. 7.5: Le graphe de gauche montre la répartition des rotations en fonction de leur importance et de leur durée. Seules les rotations quantifiables, sans les cas spéciaux (asymétries, mois irréguliers, secteurs manquants), ont été représentées.

Le graphe de droite présente la répartition des rotations en fonction de leur type de correction: corrigées, non corrigées et asymétriques. Pour l'élaboration de ce graphique, toutes les rotations égales ou supérieures à 5 degrés ainsi que les cas particuliers ont été pris en compte.

7.6.4 Type de rotations en fonction du type de correction

Afin d'examiner la proportion des rotations qui ont pu être corrigées, tous les cas recensés ont été classifiés selon le type de correction qui a été effectuée. Cette répartition est présentée dans le graphe de droite de la figure 7.5. Il ressort clairement qu'une nette majorité des rotations (62%) ont pu être corrigées. Cela signifie toutefois qu'une part non négligeable de cas n'ont pas pu être corrigés (voir chap. 7.5.1). Il s'agit en partie des rotations asymétriques pour lesquelles aucune technique de correction spéciale n'a été développée et qui n'ont ainsi pas pu être corrigées. Elles sont représentées dans une catégorie séparée ("asym."), car elles pourraient éventuellement être corrigées si une méthode adéquate était développée. Enfin, la classe "non corr." contient tous les autres cas qui n'ont pas pu être corrigés, c'est-à-dire les rota-

tions inférieures à 10 degrés pour lesquelles un facteur de correction précis n'a pas pu être défini, ainsi que les cas particuliers (mois irréguliers, secteurs manquants), qui ne sont pas des rotations.

L'examen de ce graphe rend attentif au fait que plus d'un tiers des problèmes rencontrés dans l'ensemble des séries de roses des vents subsistent dans les séries corrigées et qu'il faut rester conscients de cet état de fait lors de toute utilisation des données de direction du vent.

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem Projekt NORM90 konnte die Homogenisierung der WMO-Standardperiode 1961-1990 abgeschlossen werden. Für die Parameter Luftdruck, Temperaturmittel, mittlere Maximum- und Minimumtemperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Dampfdruck, Wind (Richtung und Geschwindigkeit), Globalstrahlung und Bewölkung sind nach Abschluss des Projekts von den meisten Klima- und Niederschlagsstationen bearbeitete Reihen und die entsprechenden Norm- oder Mittelwerte vorhanden. Sofern sich die Messbedingungen an einer Station nach Ende der Standardperiode 1990 verändert haben, sind die entsprechenden Normwerte an die neue Situation angepasst (Stand 12.1997). Im Weiteren konnten 12 lange Temperatur- und Niederschlagsreihen ab 1864 homogenisiert werden und stehen nun zur Beschreibung und Untersuchung der Klimaentwicklung in der Schweiz zur Verfügung. Mit der Entwicklung des Softwarepakets THOMAS gelang es, die vorhandenen Homogenisierungswerkzeuge in einer Applikation zusammenzufassen und den Homogenisierungsprozess für die verschiedenen Parameter sowie für lange und kurze Reihen weitgehend zu standardisieren.

Die Applikation THOMAS wird nach Abschluss des Projekts NORM90 in die operationelle Datenbearbeitung der MeteoSchweiz aufgenommen und steht denjenigen Prozessen zur Verfügung, die für die Aufbereitung der Klimamessreihen zuständig sind. THOMAS wird zu diesem Zweck in das Data Warehouse System der MeteoSchweiz integriert. Das erarbeitete Homogenisierungs-KnowHow bleibt somit nach der Auflösung der Projektstruktur von NORM90 erhalten. Die Entwicklung auf dem Gebiet der Homogenisierung sollte international verfolgt, und die Applikation aufgrund neuer Erkenntnisse erweitert werden.

Für regional differenzierte Aussagen zur Entwicklung des Klimas in den letzten 150 Jahren wird die Homogenisierung weiterer langer Temperatur- und Niederschlagsreihen nötig sein. Die umfassende Beschreibung der Klimaentwicklung verlangt zudem homogene lange Reihen weiterer Parameter, wie z.B. Luftdruck, Minimum-/Maximumtemperatur oder Sonnenscheindauer. Die Arbeiten können mit THOMAS durchgeführt werden. Wegen der Verwendung von Referenzreihen wird es nötig sein, neben den zu homogenisierenden Stationen weitere Messreihen von Vergleichsstationen digital nachzuerfassen.

Die Aktualisierung der Normwerte muss auch in Zukunft weitergeführt werden, um korrekte Vergleiche der aktuellen Messwerte mit den Normwerten zu ermöglichen. Mit der Aktualisierung werden gleichzeitig wertvolle Vorarbeiten für die Bearbeitung der nächsten Standardperiode 1991-2020 geleistet. Projektunterstützung für die Homogenisierungsarbeit in der Art von KLIMA90 und NORM90 wird nicht mehr nötig sein. Durch die fortlaufende Aktualisierung wird zudem die Möglichkeit geschaffen, bei Bedarf ohne grösseren Aufwand Normwerte einer beliebigen Periode (z.B. 1971-2000) zu bestimmen.

Literaturverzeichnis

- ALEXANDERSSON, H., 1986: A homogeneity test applied to precipitation data. *Int. J. of Climat.*, 6, 661-675.
- ALEXANDERSSON, H., A. MOBERG 1996: Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear Trends. The Department of Physical Geography. Stockholm University. Stockholm. Dissertation Series, 5, 1-15.
- AUER, I., R. BÖHM, W. SCHÖNER 2001: Austrian long-term climate 1767-2000 - Multiple instrumental climate time series from central Europe. *Österr. Beitr. zu Meteorologie und Geophysik*, Heft 25, Wien.
- ASCHWANDEN, A. ET AL., 1996: Bereinigte Zeitreihen. Die Ergebnisse des Projekts KLIMA90. *Klimatologie 1961-1990*. 4 Bände. Hg. Schweiz. Meteorolog. Anstalt.
- BAUDENBACHER, M., 1997: Homogenisierung langer Klimareihen, dargelegt am Beispiel der Lufttemperatur. Veröffentlichung der Schweiz. Meteorol. Anstalt, Nr. 58, Zürich.
- BOIS, P. 1986: Contrôle des séries chronologiques corrélées par l'étude du cumul des résidus de la corrélation. In: *Colloques et séminaires, 2èmes journées hydrologiques de l'ORSTOM*, annexe 3, sept. 1986.
- BOSSHARD, W., 1996: Homogenisierung klimatologischer Zeitreihen, dargelegt am Beispiel der relativen Sonnenscheindauer. Veröffentlichung der Schweiz. Meteorol. Anstalt, Nr. 57, Zürich.
- CONRAD V. UND W. POLLAK, 1950: *Methods in climatology*. Second Edition. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- CAUSSINUS, H., O. MESTRE, 1996: New mathematical tools and methodologies for relative homogeneity testing. *Proceedings of the seminar for homogenization of surface climatological data*, Budapest, 6.-12. Oktober, pp. 63-82.
- CRADDOCK, J.M., 1979: Methods for comparing annual rainfall records for climatic purposes. *Weather*, 34, 332-346.
- EASTERLING, D.R., T.C. PETERSON, 1995: A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *Int. J. of Climat.*, 15, 369-377.
- GISLER, O., M. BAUDENBACHER, W. BOSSHARD, 1997: Homogenisierung schweizerischer klimatologischer Messreihen des 19. und 20. Jahrhunderts. Projektschlussbericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes "Klimaänderung und Naturkatastrophen" NFP31. vdf Hochschulverlag an der ETH.
- GISLER, O. 1999: Zur Methodik einer Beschreibung der Entwicklung des linearen Trends der Lufttemperatur über der Schweiz im Zeitabschnitt von 1864 bis 1990. Veröffentlichung der Schweiz. Meteorol. Anstalt, Nr. 60, Zürich.
- HÄCHLER, P., D. WOLF, 1995: Konzept Netze 93. Arbeitsbericht der SMA No. 181. Zürich: SMA.
- HEIBERGER, R.M., R.A. BECKER 1992: Design of an S function for robust regression using iteratively reweighted least squares. *J. Computational and Graphical Statistics*, 1, 181-196.
- HENNESSY, K.J. ET AL., 1999: Australian rainfall changes, 1910-1995. *Aust. Met. Mag.*, 48, 1-13.
- JARUSKOVÁ, D., 1996: Change point detection in meteorological measurement. *Monthly Weather Review*, 124, 1535-1543.
- KARL, T.R., J.R. WILLIAMS 1987: An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities. *J. of Climate and Applied Meteorol.*, 26, 1744-1763.
- KASTEN F., K. DEHNE, H.D. BEHR, D. BERGHOLTER, 1984: Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. Forschungsbericht T 84-125, Bundesministerium für Forschung und Technologie, 128 pp.

- KÖPPEN, W., 1888: Über die Ableitung wahrer Tagesmittel aus den Beobachtungsstunden 8h a.m., 2h p.m. und 8h p.m. *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*. 341-354
- LAMARQUE, P., 1993: Etude des longues séries climatologiques dans le cadre de l'évolution climatique. Note de travail de l'E.N.M. Météo France.
- LANZANTE, J.R., 1996: Resistant, robust and non parametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. *Int. J. Climat.*, 16, 1197-1226.
- MONTMOLLIN DE, A., 1993: Comparaison de différentes méthodes de calcul de la température journalière dans leurs influences sur les longues séries d'observations. *Veröffentlichung der Schweiz. Meteorol. Anstalt*, No. 53.
- MÜLLER, G., 1980: Anleitung zur Erstellung einer Stationsgeschichte. *Schweiz. Met. Anstalt*, Zürich.
- MÜLLER, G., 1984: Vergleich der Temperaturen verschiedener Wetterhütten an einigen Stationen des AN-ETZ. *Arbeitsbericht der SMA No. 119*. Zürich.
- PETERSON, T.C. UND D.R. EASTERLING, 1994: Creation of homogeneous composite climatological reference series. *Int. J. Climat.*, 14, 671-679.
- PETERSON, T.C. ET AL., 1998: Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: A Review. *Int. J. Climat.*, 18, 1493-1517.
- POTTER, K.W., 1981: Illustration of a new test for detecting a shift in mean in precipitation series. *Monthly Weather Review*, 109, 2040-2045.
- RHOADES, D.A., M.J. SALINGER, 1993: Adjustment of temperature and rainfall records for site changes. *Int. J. Climat.*, 13, 899-913.
- SCHÜEPP, M., G. GENSLER, 1980: Klimaregionen der Schweiz. In: Müller, G.: Die Beobachtungsnetze der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt. Konzept 1980. *Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt*, Nr. 93, Anhang Ib. Zürich.
- SCHÜEPP, M., 1996: Bewölkung 1961-1990. Unveröffentlichter Arbeitsbericht, SMA-MeteoSchweiz, Zürich.
- SOLOW, A. 1987: Testing for climatic change: an application of the two-phase regression model. *J. of Climate and Applied Meteorol.*, 26, 1401-1405.
- SZENTIMREY, T., 1994: Statistical problems connected with the homogenization of climatic time series. In: Heino, R. (ed.), *Climate variations in Europe. Proceedings of the European workshop held in Kirkkonummi (Majvik), Finland 15-18 May 1994. Publications of the Academy of Finland 3/94*, pp. 330-339.
- SZENTIMREY, T., 1995: General problems of the estimation of inhomogenities, optimal weighting of the reference stations. *Proceedings of the 6th international meeting on statistical climatology, Galway, Ireland*, pp. 629-631.
- SZENTIMREY, T., 1996: Statistical procedure for joint homogenization of climatic time series. *Proceedings of the seminar for homogenization of surface climatological data, Budapest, Hungary*, pp. 47-62.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1967: A note on climatological normals. *Technical note No. 84, WMO-No. 208.TP 108*.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1983: *Guide to climatological practices. WMO-No. 100*. Geneva, Switzerland.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1989: Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. *WCDP-No. 10 (WMO-TD/No. 341)*.

Anhang A: Norm- und Mittelwerte

Der Anhang A enthält Normwerte der Standardperiode 1961-1990 (ohne Aktualisierung) oder Mittelwerte der Periode 1981-2000 der bearbeiteten Parameter (ohne Windrichtung). Aufgeführt sind alle ANETZ-Stationen und alle konventionellen Stationen ohne die 344 bearbeiteten Niederschlagsstationen. Die Tabellen enthalten der Vollständigkeit halber auch diejenigen Stationen, die im Projekt KLIMA90 bearbeitet worden sind. Differenzen im Vergleich mit den Werten in der Publikation von KLIMA90 (Aschwanden et al., 1996) sind möglich (vgl. Kapitel 5). Mit Ausnahme der Parameter Eis-, Frost-, Sommer- und Hitzetage wurden alle hier angegebenen Norm- bzw. Mittelwerte auf die entsprechende Bezugsperiode reduziert, sofern während mindestens einem Drittel der Zeit Messdaten zur Verfügung standen. Für Stationen mit kürzeren Messperioden sind keine Werte angegeben.

Normwerte 1961-1990 des Temperaturmittels

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	-2.2	-1.8	0.3	3.6	8.0	11.2	13.6	13.0	10.7	7.2	1.9	-1.0	5.4
Aigle	381	0.0	1.8	4.7	8.5	12.5	15.8	18.0	17.1	14.1	9.5	4.4	0.8	8.9
Altdorf	449	0.3	1.7	4.7	8.5	12.8	15.6	17.5	16.7	14.0	9.7	4.6	1.0	8.9
Basel-Binningen	316	0.8	2.4	5.7	9.2	13.2	16.5	18.7	17.8	14.8	10.3	5.0	1.7	9.7
Bern Liebefeld	565	-1.0	0.8	3.9	7.6	11.8	15.2	17.5	16.7	13.6	8.9	3.4	0.0	8.2
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	-0.6	0.9	4.2	8.1	12.5	15.8	17.9	16.9	13.7	9.0	3.7	0.4	8.5
Changins	430	1.0	2.5	5.4	9.2	13.2	16.7	19.3	18.5	15.3	10.5	5.3	2.1	9.9
Chasseral	1599	-3.1	-3.4	-2.0	0.5	4.8	8.2	10.7	10.4	8.3	5.4	0.2	-2.0	3.2
Chaux-de-Fonds La	1018	-2.3	-1.3	0.6	3.9	8.2	11.3	13.9	13.4	10.9	7.0	1.4	-1.6	5.5
Chur	555	-0.5	1.3	4.8	8.3	12.7	15.6	17.7	16.9	14.2	9.7	3.9	-0.1	8.7
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	1.3	2.4	5.5	9.1	12.7	16.1	18.4	17.6	14.6	10.0	5.1	2.4	9.6
Corvatsch	3315	-12.1	-12.4	-11.2	-8.5	-4.2	-1.1	1.6	1.6	-0.2	-3.1	-8.4	-10.8	-5.7
Davos	1590	-5.3	-4.7	-2.2	1.3	5.9	9.0	11.3	10.8	8.3	4.7	-1.0	-4.4	2.8
Disentis	1190	-2.0	-1.3	1.1	4.3	8.7	12.0	14.4	13.7	11.3	7.5	1.9	-1.2	5.9
Dôle La	1670	-3.4	-3.5	-2.2	0.5	4.7	8.3	11.1	10.8	8.6	5.3	-0.1	-2.3	3.2
Engelberg	1035	-2.7	-1.6	0.9	4.5	9.0	12.0	14.1	13.4	10.9	6.9	1.5	-2.0	5.6
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	-0.1	1.1	3.9	7.0	11.1	14.3	16.7	16.2	13.4	9.1	4.1	0.8	8.1
Fey	737	0.0	1.5	4.4	8.2	12.7	16.0	18.3	17.2	14.3	9.9	4.4	1.0	9.0
Frétaz La	1202	-2.0	-1.6	0.4	3.4	7.7	10.9	13.4	13.0	10.6	6.8	1.7	-1.0	5.3
Gd-St-Bernard	2472	-7.8	-7.9	-6.7	-4.5	-0.2	3.6	6.8	6.6	4.4	0.7	-4.5	-6.7	-1.3
Genève-Cointrin	420	1.0	2.5	5.3	9.0	13.2	16.7	19.3	18.4	15.1	10.3	5.2	2.0	9.8
Glarus	515	-1.2	0.3	3.6	7.7	12.0	14.9	16.9	16.2	13.4	9.1	3.7	-0.3	8.0
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimsel-Hospiz	1980	-5.9	-5.7	-4.2	-1.3	2.9	6.2	8.9	8.8	7.0	3.7	-1.6	-4.6	1.2
Gütsch ob Andermatt	2287	-6.5	-6.9	-6.0	-3.7	0.4	4.1	7.3	7.1	5.1	2.1	-3.1	-5.5	-0.5
Güttingen	440	-0.3	0.9	4.1	7.9	12.3	15.5	17.6	16.8	13.8	9.1	3.9	0.6	8.5
Hinterrhein	1611	-6.6	-5.8	-3.1	0.5	5.1	8.9	11.5	10.9	8.3	4.1	-1.7	-5.6	2.2
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	-1.2	0.4	3.6	7.4	11.6	14.7	16.9	15.9	13.1	8.5	3.0	-0.4	7.8
Jungfrauoch	3580	-13.6	-14.2	-13.1	-10.8	-6.7	-3.7	-1.2	-1.2	-2.6	-5.2	-10.4	-12.3	-7.9
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	2.6	4.1	7.4	11.0	14.5	18.1	20.8	19.9	16.8	12.0	6.7	3.7	11.5
Lugano	273	2.6	3.9	7.1	10.7	14.5	18.3	21.1	20.3	17.2	12.5	7.4	3.8	11.6
Luzern	456	-0.2	1.3	4.5	8.2	12.5	15.6	17.9	17.1	14.1	9.3	4.1	0.8	8.8
Magadino	197	0.2	2.7	6.7	10.7	14.6	18.2	20.6	19.6	16.1	10.9	5.1	1.1	10.5
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	-2.5	-2.1	-0.1	3.2	7.7	11.2	13.9	13.1	10.8	6.9	1.5	-1.3	5.2
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	-2.3	-2.4	-0.5	2.3	6.5	9.8	12.6	12.2	9.9	6.8	1.2	-1.1	4.6
Neuchâtel	485	0.6	2.1	4.9	8.6	12.7	16.1	18.7	18.0	14.9	10.1	4.7	1.5	9.4
Payerne	490	-0.4	1.2	4.3	8.0	12.2	15.6	18.0	17.3	14.1	9.4	4.0	0.7	8.7
Pilatus	2106	-4.7	-5.0	-3.9	-1.9	2.2	5.3	8.1	7.8	6.2	3.8	-1.4	-3.5	1.1
Piotta	1007	-1.5	-0.3	2.6	6.1	10.3	14.0	16.6	15.5	12.5	8.0	2.6	-0.4	7.2
Plaffeien	1042	-2.0	-1.0	1.2	4.4	8.7	12.3	14.8	14.2	11.4	7.3	2.2	-0.9	6.1
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	0.9	2.3	5.0	8.7	12.8	16.2	19.0	18.1	15.1	10.6	5.2	1.8	9.6
Reckenholz	443	-0.6	0.8	4.2	8.0	12.4	15.6	17.8	16.9	13.8	9.1	3.9	0.5	8.5
Robbia	1078	-2.3	-1.1	2.2	6.1	9.8	13.1	15.4	14.6	11.5	7.2	2.1	-1.0	6.5

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	-10.1	-8.9	-4.7	0.1	5.1	8.4	10.6	9.9	7.0	2.5	-4.2	-9.1	0.5
San Bernardino	1639	-4.3	-4.2	-2.1	1.0	5.3	9.5	12.2	11.4	8.9	4.8	-0.3	-3.3	3.2
Säntis	2490	-7.7	-8.0	-7.0	-4.6	-0.5	2.5	5.0	5.0	3.4	1.1	-4.1	-6.4	-1.8
Schaffhausen	437	-1.0	0.8	4.4	8.2	12.5	15.6	17.8	17.0	13.9	8.9	3.4	0.1	8.5
Scuol	1298	-5.0	-3.3	0.4	4.4	8.8	11.9	14.2	13.5	10.9	6.2	-0.1	-4.3	4.8
Sion	482	-0.8	1.6	5.3	9.4	13.7	17.0	19.1	17.9	14.6	9.5	3.4	-0.4	9.2
St.Gallen	779	-1.1	-0.1	2.9	6.3	10.6	13.8	16.1	15.6	13.0	8.5	3.4	-0.2	7.4
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	-1.1	0.2	3.5	7.1	11.5	14.9	17.0	16.2	13.2	8.5	3.3	0.0	7.9
Ulrichen	1345	-7.5	-5.6	-1.9	2.1	7.0	11.0	13.5	12.5	9.8	4.7	-1.4	-6.8	3.1
Vaduz	460	0.0	1.6	5.3	8.9	13.2	15.9	17.8	17.2	14.6	10.2	4.9	1.0	9.2
Visp	640	-1.7	0.8	4.8	8.8	13.1	16.2	18.3	17.4	14.3	9.2	3.0	-1.3	8.6
Wädenswil	463	-0.4	1.0	4.2	8.1	12.4	15.7	18.0	17.0	14.2	9.5	4.3	0.7	8.7
Weissfluhjoch	2690	-8.9	-9.2	-8.1	-5.6	-1.1	2.1	4.9	4.9	3.2	0.3	-4.9	-7.5	-2.5
Wynau	422	-0.6	0.8	3.9	7.7	12.1	15.5	17.6	16.8	13.7	9.0	3.8	0.4	8.4
Zermatt	1638	-4.6	-3.8	-1.3	2.3	7.0	10.2	12.7	11.9	9.2	5.0	-0.5	-3.6	3.7
Zürich-Kloten	436	-0.8	0.6	4.1	8.0	12.4	15.7	17.8	17.0	14.0	9.1	3.7	0.4	8.5
Zürich-MeteoSchweiz	556	-0.5	0.9	4.2	7.8	12.1	15.2	17.6	16.7	13.8	9.3	3.9	0.6	8.5
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	-4.9	-4.1	-1.4	1.8	6.5	9.7	12.0	11.5	9.1	5.2	-0.6	-4.2	3.4
Arosa	1840	-4.8	-4.7	-2.8	0.1	4.5	7.9	10.5	10.1	7.8	4.5	-1.0	-3.7	2.4
Bad Ragaz	496	-0.3	1.3	4.9	8.7	13.0	15.9	17.9	17.2	14.5	10.0	4.4	0.3	9.0
Bernina Hospiz	2256	-7.4	-7.5	-5.4	-2.1	2.5	6.6	9.7	9.2	6.7	2.6	-3.2	-6.5	0.4
Biel/Bienne	433	-0.3	1.3	4.4	8.5	12.8	16.3	18.7	17.7	14.5	9.6	4.2	0.9	9.0
Buffalora-Ofenpass	1970	-9.5	-8.6	-5.5	-1.4	3.4	7.3	9.6	9.2	6.5	1.8	-4.6	-8.9	-0.1
Château d'Oex	985	-2.7	-1.4	1.5	5.1	9.5	12.8	15.1	14.4	11.6	7.2	1.7	-2.0	6.1
Chaumont	1073	-2.0	-1.4	0.8	4.2	8.6	11.9	14.5	13.9	11.4	7.4	1.8	-1.0	5.8
Delémont	415	-0.4	1.4	4.4	7.9	12.1	15.5	17.7	17.0	14.1	9.7	4.1	0.6	8.7
Ebnat-Kappel	623	-2.0	-0.6	2.5	6.4	11.0	14.3	16.5	15.6	12.8	8.4	2.9	-1.1	7.2
Einsiedeln	910	-2.7	-1.8	0.9	4.6	9.4	12.6	14.9	14.1	11.5	7.2	1.9	-1.7	5.9
Elm	965	-2.7	-1.5	1.2	4.8	9.5	12.5	14.5	13.9	11.3	7.4	1.6	-1.9	5.9
Fribourg-Posieux	634	-1.0	0.6	3.5	7.2	11.6	15.0	17.6	16.6	13.4	8.7	3.2	-0.1	8.0
Grächen	1550	-3.3	-2.9	-0.7	2.8	7.3	10.9	13.6	12.7	10.1	6.0	0.5	-2.3	4.6
Grono	382	2.0	3.5	7.0	10.6	14.4	17.9	20.4	19.5	16.4	11.7	6.3	3.1	11.1
Gstaad-Grund	1085	-4.3	-3.1	-0.4	3.8	8.6	11.7	14.0	13.3	10.8	6.3	0.4	-3.4	4.8
Haidenhaus	702	-1.9	-0.6	2.7	6.5	10.9	14.0	16.3	15.6	12.8	8.1	2.6	-0.8	7.2
Hallau	432	-1.1	0.6	4.1	8.2	12.7	15.9	17.9	17.0	13.9	9.0	3.5	0.0	8.5
Langnau-i.E.	755	-1.9	-0.2	2.7	6.4	10.9	14.3	16.6	15.7	12.8	8.3	2.7	-0.9	7.3
Meiringen	595	-1.0	0.8	3.8	7.6	11.7	14.2	16.4	15.7	13.2	9.1	3.7	-0.3	7.9
Montreux-Clarens	405	1.5	2.8	5.4	9.1	13.3	16.7	19.3	18.6	15.5	10.9	5.8	2.4	10.1
Oeschberg-Koppigen	483	-1.2	0.6	3.9	7.8	12.3	15.6	17.8	17.1	13.9	9.0	3.4	0.0	8.4
Rheinfelden	300	0.5	2.1	5.2	8.9	13.1	16.4	18.6	17.9	14.7	10.2	4.7	1.5	9.5
Ried (Lötschen)	1480	-4.1	-3.1	-0.8	2.7	7.5	11.0	13.5	12.3	9.8	6.0	0.6	-3.2	4.4
Segl Maria	1802	-7.8	-6.9	-4.0	-0.2	4.4	8.3	10.8	10.3	7.6	3.2	-2.4	-6.3	1.4
Sta. Maria/Müstair	1390	-3.5	-2.4	0.5	4.2	8.9	12.4	14.5	13.7	10.8	6.2	0.5	-2.8	5.3

Normwerte 1961-1990 der mittleren Minimumtemperatur

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	-5.5	-5.2	-3.5	-0.4	3.6	6.4	8.6	8.5	6.5	3.5	-1.6	-4.3	1.4
Aigle	381	-2.8	-1.3	1.1	3.8	7.7	10.8	12.4	12.0	9.3	5.2	1.0	-2.0	4.8
Altdorf	449	-3.2	-2.1	0.2	3.6	7.5	10.6	12.8	12.3	9.8	5.8	1.3	-2.3	4.7
Basel-Binningen	316	-1.9	-0.7	1.7	4.4	8.1	11.1	13.0	12.8	10.4	6.6	2.0	-0.8	5.6
Bern Liebefeld	565	-4.0	-2.6	-0.2	2.9	6.7	9.9	11.7	11.3	8.7	5.0	0.4	-2.8	3.9
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	-3.0	-2.1	0.0	3.1	7.1	10.3	12.0	11.5	9.0	5.6	1.1	-1.8	4.4
Changins	430	-1.7	-0.5	1.4	4.5	8.2	11.3	13.5	13.1	10.6	6.8	2.4	-0.5	5.8
Chasseral	1599	-5.5	-5.7	-4.1	-1.9	2.2	5.3	7.7	7.6	5.6	2.9	-2.2	-4.5	0.6
Chaux-de-Fonds La	1018	-6.4	-5.5	-3.5	-0.1	3.6	6.6	8.7	8.3	6.1	2.9	-2.0	-4.9	1.2
Chur	555	-3.9	-2.4	0.4	3.4	7.2	10.2	12.1	11.8	9.3	5.3	0.3	-3.3	4.2
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	-2.5	-1.6	0.9	3.9	7.6	10.6	12.8	12.2	9.9	6.0	1.3	-1.5	5.0
Corvatsch	3315	-14.6	-14.8	-13.9	-11.0	-6.7	-3.5	-0.9	-0.8	-2.5	-5.2	-10.6	-13.4	-8.2
Davos	1590	-9.6	-9.3	-6.6	-2.9	1.2	4.1	6.1	6.0	3.5	0.1	-5.0	-8.4	-1.7
Disentis	1190	-5.1	-4.6	-2.5	0.6	4.5	7.3	9.5	9.3	7.2	3.9	-1.1	-4.2	2.1
Dôle La	1670	-5.9	-5.8	-4.5	-2.0	1.9	5.1	7.7	7.6	5.8	2.7	-2.5	-4.8	0.4
Engelberg	1035	-6.3	-5.3	-2.9	0.2	4.3	7.2	9.4	9.0	6.7	3.3	-1.8	-5.4	1.5
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	-3.2	-2.2	0.2	2.9	6.7	9.7	11.8	11.5	9.2	5.4	0.7	-2.2	4.2
Fey	737	-2.6	-1.4	0.9	4.0	8.0	11.2	13.2	12.9	10.6	6.9	1.9	-1.4	5.4
Frétaz La	1202	-4.6	-4.4	-2.5	0.2	4.1	7.2	9.5	9.3	7.2	4.0	-1.1	-3.3	2.1
Gd-St-Bernard	2472	-10.5	-10.6	-9.5	-6.8	-2.3	1.0	3.8	3.8	1.9	-1.3	-6.8	-9.2	-3.9
Genève-Cointrin	420	-1.9	-0.9	0.8	4.1	8.0	11.3	13.3	13.0	10.3	6.6	2.1	-0.5	5.5
Glarus	515	-4.0	-2.7	-0.1	3.2	7.0	10.0	12.1	11.8	9.3	5.3	0.5	-3.3	4.1
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimsel-Hospiz	1980	-8.8	-8.8	-7.3	-4.4	0.0	3.2	5.6	5.6	3.9	1.1	-4.0	-7.6	-1.8
Gütsch ob Andermatt	2287	-9.3	-9.5	-8.2	-5.7	-1.5	1.6	4.2	4.2	2.4	-0.5	-5.6	-8.1	-3.0
Güttingen	440	-2.8	-2.0	0.4	3.4	7.4	10.8	12.7	12.4	9.9	6.1	1.4	-1.7	4.8
Hinterrhein	1611	-12.1	-12.0	-8.7	-3.7	0.9	3.4	5.4	5.4	3.0	-0.7	-6.2	-10.7	-3.0
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	-4.1	-3.1	-0.7	2.6	6.5	9.7	11.9	11.4	8.7	4.6	0.0	-3.1	3.7
Jungfrauoch	3580	-16.6	-16.8	-15.7	-13.4	-9.0	-5.9	-3.4	-3.3	-5.1	-7.6	-12.8	-15.3	-10.4
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	0.2	1.2	3.9	7.2	10.8	14.1	16.6	16.0	13.3	9.0	4.2	1.2	8.1
Lugano	273	0.1	1.3	3.9	7.2	11.0	14.2	16.7	16.0	13.3	9.1	4.4	1.0	8.2
Luzern	456	-2.6	-1.6	0.8	4.2	8.4	11.6	13.7	13.4	10.6	6.4	1.6	-1.5	5.4
Magadino	197	-4.0	-1.8	1.2	5.0	9.2	12.7	14.9	14.2	10.9	5.9	0.8	-2.8	5.5
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	-5.5	-5.5	-3.7	-0.7	3.5	6.6	8.9	8.7	6.9	3.7	-1.3	-4.2	1.5
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	-4.9	-4.7	-2.9	-0.6	3.6	6.6	9.3	9.1	7.1	4.1	-1.1	-3.6	1.8
Neuchâtel	485	-1.0	0.0	2.1	5.2	9.1	12.3	14.5	14.2	11.6	7.8	3.1	0.1	6.6
Payerne	490	-3.3	-2.1	0.0	3.0	6.8	10.0	11.9	11.6	9.0	5.3	0.9	-2.1	4.3
Pilatus	2106	-7.5	-7.6	-6.4	-4.4	-0.1	2.8	5.4	5.2	3.5	1.2	-4.1	-6.4	-1.5
Piotta	1007	-4.8	-3.8	-1.2	2.1	6.0	9.1	11.4	11.0	8.5	4.4	-0.6	-3.6	3.2
Plaffeien	1042	-4.6	-3.9	-1.8	1.0	4.9	8.0	10.3	10.2	7.7	3.9	-0.8	-3.7	2.6
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	-0.5	0.5	2.7	5.6	9.4	12.7	15.1	14.6	12.1	8.4	3.7	0.6	7.1
Reckenholz	443	-3.7	-2.7	-0.3	2.9	6.8	10.0	11.9	11.6	8.8	5.2	0.7	-2.2	4.1
Robbia	1078	-7.5	-6.5	-3.1	0.7	4.1	6.8	8.9	8.5	6.2	2.2	-2.4	-6.0	1.0

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	-18.0	-17.2	-11.9	-5.5	-1.1	1.5	3.0	2.8	-0.1	-4.2	-10.6	-16.1	-6.5
San Bernardino	1639	-8.3	-8.0	-5.7	-2.3	1.5	5.0	7.3	6.9	4.6	0.9	-4.0	-7.3	-0.8
Säntis	2490	-10.3	-10.6	-9.5	-6.9	-2.6	0.4	2.8	2.9	1.2	-1.2	-6.6	-9.1	-4.1
Schaffhausen	437	-3.3	-2.3	0.6	3.9	7.9	10.9	12.5	12.1	9.5	5.7	1.1	-1.9	4.7
Scuol	1298	-8.9	-7.8	-4.7	-0.9	3.1	6.0	8.0	7.8	5.1	1.1	-4.0	-8.1	-0.3
Sion	482	-3.8	-2.1	0.8	4.0	7.8	10.8	12.5	12.0	9.0	4.5	-0.1	-3.3	4.3
St.Gallen	779	-3.8	-2.9	-0.1	2.8	6.8	9.9	12.1	11.8	9.3	5.4	0.7	-2.8	4.1
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	-4.6	-3.6	-1.0	1.9	5.8	9.4	11.1	10.8	8.1	4.6	-0.1	-3.2	3.3
Ulrichen	1345	-13.1	-12.2	-7.7	-2.7	1.4	4.1	5.9	5.6	3.1	-0.9	-6.6	-11.8	-2.9
Vaduz	460	-3.5	-2.0	1.2	4.0	8.0	10.9	12.7	12.6	10.0	5.7	1.0	-2.6	4.8
Visp	640	-5.7	-3.8	-0.5	2.5	6.2	9.1	10.7	10.2	7.6	3.2	-1.3	-5.0	2.8
Wädenswil	463	-3.0	-1.9	0.6	3.9	7.9	11.2	13.3	12.8	10.2	6.3	1.7	-1.7	5.1
Weissfluhjoch	2690	-11.8	-12.1	-10.9	-8.1	-3.7	-0.6	1.8	2.1	0.3	-2.4	-7.6	-10.4	-5.3
Wynau	422	-3.2	-2.4	-0.4	2.8	6.8	10.0	11.8	11.4	8.9	5.6	1.0	-2.0	4.2
Zermatt	1638	-8.4	-7.8	-5.5	-2.2	2.1	4.8	6.8	6.7	4.2	0.7	-4.0	-7.1	-0.8
Zürich-Kloten	436	-3.3	-2.5	0.0	3.2	7.1	10.4	12.3	11.9	9.3	5.6	0.9	-2.1	4.4
Zürich-MeteoSchweiz	556	-2.6	-1.7	0.8	3.9	7.9	11.0	13.0	12.6	10.2	6.4	1.6	-1.5	5.1
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	-8.2	-7.8	-5.0	-1.3	2.8	5.4	7.6	7.4	4.9	1.6	-3.8	-7.5	-0.3
Arosa	1840	-7.1	-7.2	-5.5	-2.5	1.5	4.7	7.1	7.0	5.0	1.9	-3.2	-6.1	-0.4
Bad Ragaz	496	-3.3	-1.8	1.1	4.4	8.4	11.5	13.4	13.2	10.7	6.3	1.3	-2.6	5.2
Bernina Hospiz	2256	-10.9	-11.1	-9.2	-5.8	-1.3	2.4	5.2	5.0	2.8	-0.8	-6.3	-9.9	-3.3
Biel/Bienne	433	-2.6	-1.6	0.7	3.9	8.0	11.4	13.3	12.9	10.1	6.2	1.6	-1.4	5.2
Buffalora-Ofenpass	1970	-15.8	-15.1	-11.8	-6.8	-1.6	1.7	3.5	3.2	0.7	-3.5	-9.9	-14.7	-5.8
Château d'Oex	985	-6.3	-5.3	-2.7	0.6	4.7	7.9	9.9	9.4	7.0	3.2	-1.8	-5.3	1.8
Chaumont	1073	-4.9	-4.3	-2.3	0.9	4.9	7.8	10.0	9.8	7.7	4.2	-0.9	-3.7	2.4
Delémont	415	-3.9	-2.5	-0.3	2.5	6.4	9.7	11.3	11.1	8.6	5.0	0.3	-2.8	3.8
Ebnat-Kappel	623	-5.4	-4.3	-1.6	1.7	5.6	9.1	11.2	10.8	8.0	4.2	-0.6	-4.4	2.9
Einsiedeln	910	-6.4	-5.4	-2.7	1.0	5.1	8.4	10.7	10.2	7.6	3.8	-1.2	-5.1	2.2
Elm	965	-5.2	-4.4	-2.0	1.4	5.4	8.4	10.7	10.4	7.9	4.2	-0.9	-4.3	2.6
Fribourg-Posieux	634	-4.2	-3.0	-0.7	2.3	6.2	9.5	11.4	11.1	8.4	4.7	0.0	-3.1	3.6
Grächen	1550	-6.5	-6.3	-4.4	-1.2	2.9	6.1	8.6	8.2	5.9	2.5	-2.7	-5.6	0.6
Grono	382	-0.6	0.6	3.3	6.8	10.3	13.4	15.8	15.3	12.6	8.4	3.5	0.4	7.5
Gstaad-Grund	1085	-9.1	-8.0	-5.3	-1.2	2.9	5.7	7.8	7.5	5.1	1.3	-3.8	-7.8	-0.4
Haidenhaus	702	-4.5	-3.6	-0.8	2.3	6.4	9.7	11.7	11.3	8.9	4.9	0.0	-3.4	3.6
Hallau	432	-3.7	-2.6	0.1	3.5	7.6	10.8	12.4	11.9	9.1	5.1	0.6	-2.5	4.4
Langnau-i.E.	755	-4.9	-3.6	-1.1	2.1	6.2	9.4	11.5	11.0	8.4	4.6	-0.2	-3.8	3.3
Meiringen	595	-3.5	-2.3	0.2	3.5	7.2	10.0	12.1	11.7	9.3	5.5	0.9	-2.6	4.3
Montreux-Clarens	405	-0.8	0.3	2.4	5.5	9.5	12.8	15.1	14.7	12.0	8.0	3.3	0.0	6.9
Oeschberg-Koppigen	483	-3.9	-2.6	-0.1	3.1	7.1	10.4	12.1	11.8	9.1	5.4	0.8	-2.4	4.2
Rheinfelden	300	-1.8	-0.8	1.4	4.1	8.2	11.6	13.5	13.1	10.5	7.0	2.1	-0.8	5.7
Ried (Lötschen)	1480	-7.7	-7.5	-5.1	-1.7	2.4	5.1	7.2	6.9	5.0	1.9	-3.3	-6.6	-0.3
Segl Maria	1802	-12.8	-12.6	-9.3	-4.4	0.3	3.6	5.6	5.5	3.0	-0.9	-5.9	-10.3	-3.2
Sta. Maria/Müstair	1390	-6.8	-6.4	-3.8	-0.1	4.1	7.3	9.4	9.0	6.5	2.6	-2.4	-5.9	1.1

Normwerte 1961-1990 der mittleren Maximumtemperatur

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	1.9	2.6	4.6	8.1	12.8	16.1	18.6	17.9	15.8	12.1	5.9	2.8	9.9
Aigle	381	3.5	5.5	9.2	13.5	17.6	21.1	24.0	23.0	19.7	14.8	8.6	4.3	13.7
Altdorf	449	3.7	5.3	9.1	13.1	18.0	20.7	22.8	22.0	19.0	14.1	8.3	4.4	13.4
Basel-Binningen	316	3.6	5.8	9.9	14.0	18.4	21.7	24.2	23.5	20.3	14.8	8.3	4.5	14.1
Bern Liebefeld	565	2.2	4.6	8.5	12.6	17.2	20.6	23.5	22.7	19.4	13.7	7.1	3.0	12.9
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	2.2	4.7	9.2	13.5	18.2	21.6	24.2	23.4	20.0	13.9	7.0	3.1	13.4
Changins	430	3.2	5.3	9.1	13.5	17.7	21.4	24.4	23.5	20.1	14.3	7.9	4.0	13.7
Chasseral	1599	-0.6	-0.9	0.3	3.2	7.9	11.3	14.0	13.3	11.0	8.0	2.6	0.6	5.9
Chaux-de-Fonds La	1018	2.1	2.9	5.0	8.8	13.3	16.9	19.7	19.1	16.5	12.7	6.5	3.2	10.6
Chur	555	4.4	6.6	10.6	14.3	19.0	21.8	23.8	23.0	20.2	15.8	9.1	4.4	14.4
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	5.1	6.6	10.3	13.9	18.0	22.0	24.4	23.5	20.1	14.9	9.0	6.3	14.5
Corvatsch	3315	-9.1	-9.8	-8.5	-6.0	-1.8	1.3	4.1	4.1	1.9	-1.0	-5.9	-8.2	-3.2
Davos	1590	-0.9	0.6	3.0	6.1	11.0	14.3	16.9	16.3	14.0	10.6	3.8	-0.4	7.9
Disentis	1190	1.8	2.8	5.9	9.5	14.1	17.6	20.4	19.4	16.8	12.6	5.9	2.6	10.8
Dôle La	1670	-0.6	-0.8	0.4	3.5	8.1	12.1	15.2	14.6	12.4	8.8	2.9	0.6	6.4
Engelberg	1035	1.2	2.7	5.5	9.1	14.3	17.3	19.5	18.6	16.1	12.2	5.6	1.7	10.3
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	2.6	4.2	7.5	11.4	15.7	19.2	21.8	21.2	18.0	13.3	7.4	3.8	12.2
Fey	737	2.6	5.2	9.3	13.7	18.0	21.3	23.6	22.6	19.5	14.5	7.5	3.5	13.4
Frétaz La	1202	0.9	1.3	3.3	6.6	11.3	14.8	17.4	17.0	14.4	10.4	4.8	2.2	8.7
Gd-St-Bernard	2472	-5.0	-5.3	-4.1	-1.9	2.7	6.9	10.5	10.2	7.8	3.5	-1.9	-3.9	1.6
Genève-Cointrin	420	3.7	5.9	9.8	13.9	18.4	22.2	25.3	24.4	20.8	14.9	8.4	4.5	14.4
Glarus	515	2.0	3.7	7.9	12.6	17.4	20.2	22.2	21.2	18.3	13.7	7.4	3.1	12.5
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimsel-Hospiz	1980	-2.7	-2.6	-1.1	1.4	6.0	9.9	12.8	12.5	10.6	7.4	1.6	-1.4	4.5
Gütsch ob Andermatt	2287	-3.8	-4.2	-3.3	-1.1	3.4	7.8	11.6	11.6	9.6	6.0	0.1	-2.4	2.9
Güttingen	440	2.1	4.1	8.5	13.0	17.7	20.9	23.2	22.3	19.0	13.0	6.7	3.0	12.8
Hinterrhein	1611	-1.8	-0.9	1.6	4.7	9.6	14.2	17.2	16.4	13.9	9.5	2.8	-1.0	7.2
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	1.9	4.3	8.5	12.8	17.3	20.4	23.0	22.0	18.8	13.8	7.1	2.7	12.7
Jungfrauoch	3580	-10.3	-10.7	-9.8	-7.8	-3.7	-0.8	1.7	1.6	0.2	-2.5	-7.2	-9.2	-4.9
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	6.1	7.9	11.9	15.5	19.2	23.1	25.9	24.9	21.4	16.2	10.3	7.2	15.8
Lugano	273	6.1	7.8	11.6	15.1	18.9	22.9	25.8	24.7	21.4	16.5	10.6	7.1	15.7
Luzern	456	2.6	4.7	9.0	13.3	17.9	21.0	23.5	22.6	19.4	13.7	7.3	3.5	13.2
Magadino	197	5.4	7.9	12.3	16.1	20.1	23.9	26.5	25.4	21.9	16.5	10.2	6.3	16.0
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	1.0	2.0	4.5	8.0	12.7	16.3	19.4	18.7	16.2	11.7	5.3	2.2	9.8
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	0.4	0.5	2.3	5.4	10.3	13.6	16.4	15.7	13.2	9.8	4.0	1.5	7.8
Neuchâtel	485	2.9	5.0	9.0	13.4	17.8	21.3	24.3	23.6	19.9	13.7	7.4	3.8	13.5
Payerne	490	2.1	4.6	8.8	13.1	17.6	21.1	24.1	23.3	19.8	13.7	7.0	3.1	13.2
Pilatus	2106	-2.0	-2.3	-1.0	0.7	4.8	8.5	11.3	10.8	9.0	6.4	1.3	-0.7	3.9
Piotta	1007	1.9	3.7	6.9	10.3	15.3	19.5	22.2	21.1	17.9	13.0	5.8	2.5	11.7
Plaffeien	1042	1.1	2.3	4.9	8.5	13.0	16.5	19.2	18.3	15.5	11.2	5.5	2.1	9.8
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	3.5	5.2	8.7	13.0	17.3	21.1	24.2	23.1	19.5	14.1	7.9	4.3	13.5
Reckenholz	443	2.1	4.6	8.9	13.2	18.0	21.1	23.7	22.9	19.6	13.8	7.1	3.1	13.2
Robbia	1078	3.3	4.3	7.3	11.2	15.3	19.1	21.7	20.8	17.7	13.2	7.5	4.5	12.2

Station	Höhe m ü. M.	[°C]												
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	-2.2	-0.2	2.7	6.4	11.7	15.5	18.4	17.7	15.1	10.8	3.5	-1.5	8.2
San Bernardino	1639	-0.1	0.2	2.2	4.8	9.3	13.7	16.7	15.9	13.3	9.2	3.5	0.8	7.5
Säntis	2490	-4.9	-5.2	-4.4	-2.2	2.0	5.3	7.9	7.9	6.4	3.8	-1.3	-3.5	1.0
Schaffhausen	437	1.6	4.3	8.8	13.3	17.9	21.1	23.6	22.8	19.4	13.3	6.5	2.5	12.9
Scuol	1298	-0.9	1.7	6.6	11.0	15.5	19.1	21.9	21.1	18.6	13.4	4.9	-0.6	11.0
Sion	482	3.6	6.6	11.3	15.8	20.2	23.4	25.7	24.3	20.9	15.8	8.9	4.1	15.1
St.Gallen	779	1.8	3.0	6.3	10.3	15.0	18.0	20.5	19.7	17.0	11.9	6.4	2.7	11.1
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	1.9	4.0	8.2	12.3	17.2	20.4	22.9	22.1	18.9	13.2	6.6	2.8	12.5
Ulrichen	1345	-1.4	0.8	3.8	7.4	12.8	17.0	20.4	19.6	17.2	12.4	4.8	-0.9	9.5
Vaduz	460	3.6	5.6	10.1	13.8	18.4	20.9	23.0	22.3	19.5	14.7	8.5	4.4	13.7
Visp	640	2.0	5.6	10.6	15.0	19.6	22.9	25.5	24.6	21.2	15.6	7.6	2.2	14.4
Wädenswil	463	1.7	4.0	8.1	12.6	17.5	20.6	23.0	22.0	18.8	13.2	6.8	3.0	12.6
Weissfluhjoch	2690	-6.2	-6.6	-5.5	-3.1	1.6	5.0	8.7	8.9	7.0	3.8	-2.1	-4.8	0.6
Wynau	422	1.8	4.4	8.9	13.3	18.1	21.4	23.9	23.1	19.8	13.8	6.8	2.7	13.2
Zermatt	1638	0.2	1.3	3.7	7.3	12.1	15.6	18.9	17.9	15.4	11.2	4.6	1.1	9.1
Zürich-Kloten	436	2.0	4.5	8.8	13.2	17.9	21.2	23.6	22.7	19.5	13.7	7.0	3.1	13.1
Zürich-MeteoSchweiz	556	2.0	4.2	8.3	12.6	17.3	20.5	23.0	22.0	18.8	13.3	6.9	2.9	12.7
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arosa	1840	-2.3	-1.7	0.6	3.5	7.9	11.6	14.7	14.0	11.7	7.8	1.6	-1.2	5.7
Bad Ragaz	496	3.3	5.1	9.2	13.3	18.0	20.8	22.9	22.1	19.3	14.8	8.3	3.8	13.4
Bernina Hospiz	2256	-4.6	-4.3	-2.0	1.4	6.9	11.6	14.9	14.0	10.9	6.0	-0.4	-3.5	4.2
Biel/Bienne	433	2.0	4.7	9.0	13.7	18.5	22.0	24.8	24.0	20.6	14.4	7.2	3.0	13.7
Buffalora-Ofenpass	1970	-2.5	-1.1	1.5	4.5	9.0	13.2	16.2	15.7	13.3	8.9	2.4	-2.1	6.6
Château d'Oex	985	2.1	3.8	6.9	10.8	15.5	18.7	21.5	20.7	18.0	13.4	6.8	2.6	11.7
Chaumont	1073	0.6	1.5	3.9	7.8	12.6	16.2	19.1	18.4	15.5	10.9	4.7	1.6	9.4
Delémont	415	3.0	5.8	9.6	13.5	18.0	21.3	24.0	23.3	20.4	15.3	8.2	3.8	13.9
Ebnat-Kappel	623	2.4	4.4	7.9	12.0	17.0	20.1	22.7	21.8	19.0	14.0	7.5	3.2	12.7
Einsiedeln	910	1.2	2.5	5.2	9.0	13.9	17.1	19.6	18.7	16.1	11.9	6.0	1.9	10.3
Elm	965	1.0	3.2	6.0	9.8	15.0	17.8	19.7	18.9	16.5	12.8	5.8	1.6	10.7
Fribourg-Posieux	634	2.4	4.7	8.5	12.6	17.1	20.6	23.5	22.7	19.7	14.3	7.5	3.4	13.1
Grächen	1550	1.3	2.6	4.8	8.6	13.2	17.3	20.5	19.4	16.3	11.5	5.1	1.8	10.2
Grono	382	5.5	7.6	11.8	15.3	19.3	23.1	26.0	25.0	21.7	16.4	10.0	6.7	15.7
Gstaad-Grund	1085	1.2	3.1	5.9	9.9	14.8	18.3	21.3	20.4	17.9	13.4	6.5	1.5	11.2
Haidenhaus	702	0.3	2.5	6.3	10.7	15.6	18.8	21.2	20.4	17.4	11.9	5.3	1.4	11.0
Hallau	432	1.8	4.6	9.0	13.4	18.2	21.4	23.9	23.1	20.1	14.0	6.9	2.6	13.3
Langnau-i.E.	755	2.2	4.4	8.0	12.0	16.9	20.3	23.1	22.4	19.5	14.3	7.3	2.9	12.8
Meiringen	595	1.8	4.4	8.4	13.0	17.7	20.4	22.6	21.6	18.8	14.0	7.3	2.3	12.7
Montreux-Clarens	405	4.5	6.2	9.6	13.9	18.2	21.8	24.9	23.9	20.5	15.2	9.3	5.5	14.5
Oeschberg-Koppigen	483	1.6	4.3	8.8	13.2	18.0	21.5	24.1	23.2	19.9	14.0	6.8	2.6	13.2
Rheinfelden	300	3.8	6.4	10.8	15.4	19.8	22.9	25.6	24.8	21.5	15.5	8.6	4.7	15.0
Ried (Lötschen)	1480	1.2	3.1	5.4	8.4	13.0	16.9	20.1	19.1	16.8	12.7	6.1	1.5	10.4
Segl Maria	1802	-2.7	-1.0	2.0	4.9	9.3	13.9	16.6	15.7	13.4	8.7	2.2	-2.0	6.8
Sta. Maria/Müstair	1390	-0.3	2.0	5.6	9.4	14.3	18.3	20.8	19.5	16.5	11.4	4.2	0.5	10.2

Langjährige Mittelwerte der Eistage (Tmax < 0°C)

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*		
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr	
Automatische Stationen																
Adelboden	1320	8.9	7.7	5.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	5.0	8.2	38.0	7.66	
Aigle	381	3.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	7.2	1.81	
Altdorf	449	6.5	3.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	5.9	17.4	1.61	
Basel-Binningen	316	6.3	3.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.9	15.8	1.61	
Bern Liebefeld	565	8.7	4.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	7.5	22.7	1.61	
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Buchs-Aarau	387	7.7	3.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.5	19.5	1.61	
Changins	430	4.9	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.7	11.3	1.65	
Chasseral	1599	14.0	15.0	14.4	6.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	8.1	11.8	72.2	1.81	
Chaux-de-Fonds La	1018	7.5	7.2	4.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.3	6.9	29.9	1.61	
Chur	555	5.1	2.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.8	13.5	1.61	
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Comprovasco	575	2.9	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	5.2	1.76	
Corvatsch	3315	30.3	28.1	30.4	28.9	21.3	10.5	2.6	3.0	6.0	16.8	26.3	30.1	234.3	8.79	
Davos	1590	15.9	11.7	8.8	4.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.5	15.0	64.2	1.61	
Disentis	1190	8.7	7.4	3.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.2	8.8	32.9	1.61	
Dôle La	1670	15.9	14.9	15.2	8.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.1	2.3	9.7	12.5	81.0	1.73	
Engelberg	1035	10.2	7.9	4.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	10.2	39.9	9.69	
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fahy	596	6.8	8.2	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	4.7	23.5	1.81	
Fey	737	7.8	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	6.6	19.5	1.61	
Frétaz La	1202	12.1	11.0	6.4	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	6.1	9.2	47.0	1.78	
Gd-St-Bernard	2472	27.0	25.0	26.0	20.7	7.6	2.1	0.3	0.3	2.0	6.8	19.2	24.7	161.7	10.64	
Genève-Cointrin	420	5.0	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.8	11.2	1.61	
Glarus	515	8.4	5.9	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	7.5	24.5	1.61	
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Grimmel-Hospiz	1980	21.8	19.9	17.2	11.3	3.0	0.9	0.3	0.2	1.0	3.6	11.1	17.2	107.5	6.71	
Gütsch ob Andermatt	2287	23.9	23.1	23.5	17.7	6.0	1.0	0.1	0.1	0.9	4.1	14.3	21.1	135.8	1.61	
Güttingen	440	8.7	4.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	8.0	24.0	1.61	
Hinterrhein	1611	20.3	15.7	10.2	3.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.6	16.6	75.8	1.68	
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Interlaken	580	8.0	4.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.5	21.6	1.61	
Jungfrauoch	3580	30.9	28.2	30.8	29.4	26.8	17.1	9.0	8.4	12.9	21.9	28.7	30.7	274.8	1.61	
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Locarno-Monti	366	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	1.61	
Lugano	273	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.61	
Luzern	456	7.8	4.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.0	21.3	1.61	
Magadino	197	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.0	1.61	
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Montana	1508	11.2	9.0	4.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.7	9.9	41.2	1.61	
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Napf	1406	13.7	12.3	9.5	5.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	7.5	10.5	59.9	1.78	
Neuchâtel	485	6.8	2.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.9	15.6	1.61	
Payerne	490	8.3	3.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.3	21.2	8.64	
Pilatus	2106	18.9	18.9	17.5	12.0	4.6	1.3	0.0	0.0	0.9	1.6	10.4	14.9	101.0	1.81	
Piotta	1007	8.0	3.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	7.4	22.2	1.70	
Plaffeien	1042	10.9	9.1	4.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.3	8.6	39.8	1.72	
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pully	461	4.9	2.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.1	12.2	1.61	
Reckenholz	443	9.3	5.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	5.7	23.1	8.78	
Robbia	1078	5.9	3.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.0	15.4	1.61	

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*		
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	20.8	14.3	7.6	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	8.0	18.9	72.0	1.61	
San Bernardino	1639	15.3	13.6	9.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	7.0	13.0	62.4	1.68	
Säntis	2490	26.8	24.7	25.6	20.0	10.7	4.1	1.9	1.3	3.1	6.5	17.4	23.2	165.3	1.61	
Schaffhausen	437	9.8	4.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.0	26.1	1.61	
Scuol	1298	16.6	8.4	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.5	14.4	47.3	9.71	
Sion	482	4.6	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.8	10.4	1.61	
St.Gallen	779	10.6	8.7	3.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	10.3	36.5	1.61	
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tänikon	536	8.6	5.5	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	7.6	25.5	1.71	
Ulrichen	1345	18.5	10.2	4.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.8	15.4	55.4	12.73	
Vaduz	460	7.3	4.1	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	6.0	19.8	1.71	
Visp	640	9.5	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	9.7	23.9	1.61	
Wädenswil	463	9.2	8.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	5.6	25.4	1.81	
Weissfluhjoch	2690	28.3	25.8	26.4	23.8	10.3	4.6	1.2	1.1	3.7	7.7	19.1	25.1	177.1	1.71	
Wynau	422	8.5	4.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	5.0	20.4	1.78	
Zermatt	1638	12.5	11.6	7.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.1	13.9	51.7	1.61	
Zürich-Kloten	436	9.2	4.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	8.2	24.5	1.61	
Zürich-MeteoSchweiz	556	9.6	4.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	8.6	26.1	1.61	
Konventionelle Stationen																
Andermatt	1442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arosa	1840	20.0	17.2	13.4	7.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	10.8	17.2	89.8	1.61	
Bad Ragaz	496	6.8	4.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	7.1	21.0	1.61	
Bernina Hospiz	2256	26.2	23.4	20.0	11.3	0.7	0.1	0.0	0.0	0.3	3.7	15.3	23.9	124.9	1.72	
Biel/Bienne	433	8.7	3.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	7.0	20.7	1.61	
Buffalora-Ofenpass	1970	21.1	16.3	10.9	4.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.0	18.4	82.7	6.76	
Château d'Oex	985	7.8	5.4	1.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	7.8	25.6	1.61	
Chaumont	1073	12.3	9.9	5.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.0	11.7	47.7	12.63	
Delémont	415	7.3	3.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	6.8	19.5	1.61	
Ebnat-Kappel	623	7.6	5.7	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.6	23.5	5.75	
Einsiedeln	910	9.7	9.0	4.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	10.2	38.4	12.68	
Elm	965	10.4	6.3	2.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.2	9.4	34.6	1.72	
Fribourg-Posieux	634	7.2	4.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	6.6	20.3	1.65	
Grächen	1550	9.7	7.4	3.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.3	9.6	36.1	8.67	
Grono	382	1.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.8	1.71	
Gstaad-Grund	1085	9.7	5.3	2.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	10.3	32.1	1.66	
Haidenhaus	702	13.5	10.7	2.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	10.3	41.5	10.77	
Hallau	432	8.9	4.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	6.4	22.7	7.75	
Langnau-i.E.	755	6.9	4.3	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.9	19.3	1.71	
Meiringen	595	8.7	4.3	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	9.2	24.7	1.61	
Montreux-Clarens	405	2.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	5.7	1.61	
Oeschberg-Koppigen	483	9.8	4.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	8.7	25.7	1.61	
Rheinfelden	300	4.6	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.4	9.1	1.71	
Ried (Lötschen)	1480	10.1	5.9	2.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.7	9.5	33.3	1.74	
Segl Maria	1802	22.6	15.4	8.9	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	9.2	17.7	76.9	8.77	
Sta. Maria/Müstair	1390	16.0	8.3	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	13.5	44.9	9.76	

* Beginn der Periode, für die der Mittelwert berechnet wurde. Ende der Periode ist immer der 12.1990.

Langjährige Mittelwerte der Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*		
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr	
Automatische Stationen																
Adelboden	1320	27.8	25.0	24.3	16.8	4.1	0.4	0.0	0.0	0.5	5.4	17.6	25.0	146.9	7.66	
Aigle	381	20.6	18.5	10.2	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	11.0	18.9	82.9	1.81	
Altdorf	449	25.5	19.8	14.8	4.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	10.8	22.3	98.6	1.61	
Basel-Binningen	316	18.8	14.5	9.4	2.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.1	16.5	71.0	1.61	
Bern Liebefeld	565	26.1	20.5	15.4	5.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	13.4	23.5	106.9	1.61	
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Buchs-Aarau	387	23.0	18.5	14.9	5.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	10.3	20.2	94.2	1.61	
Changins	430	19.2	14.3	8.8	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	6.2	15.6	66.3	1.65	
Chasseral	1599	27.7	24.4	25.7	19.8	8.5	2.2	0.0	0.0	1.4	7.0	18.9	24.3	159.9	1.81	
Chaux-de-Fonds La	1018	28.5	25.3	24.2	14.8	3.8	0.5	0.0	0.0	1.0	6.7	19.6	26.3	150.7	1.61	
Chur	555	24.9	19.7	13.0	4.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	13.8	24.0	102.7	1.61	
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Comprovasco	575	23.4	18.4	10.7	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	9.9	19.3	85.3	1.71	
Corvatsch	3315	31.0	28.3	31.0	30.0	30.4	25.0	14.1	14.1	19.3	28.3	29.8	31.0	312.3	8.79	
Davos	1590	30.9	28.1	29.6	23.5	10.3	2.6	0.5	0.6	4.2	14.9	27.5	30.5	203.2	1.61	
Disentis	1190	28.0	24.5	22.5	13.1	2.2	0.3	0.0	0.0	0.3	4.3	17.0	25.5	137.7	1.61	
Dôle La	1670	28.1	25.3	25.4	21.0	9.4	2.4	0.0	0.1	2.5	9.5	20.3	25.7	169.7	1.73	
Engelberg	1035	28.2	23.8	22.2	14.3	2.6	0.0	0.0	0.0	0.5	5.1	18.6	25.4	140.7	9.69	
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fahy	596	21.7	19.0	13.7	5.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	12.0	18.2	90.8	1.81	
Fey	737	22.8	16.9	11.8	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.7	19.3	83.8	1.61	
Frétaz La	1202	26.7	22.4	22.2	14.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	16.9	21.3	130.3	1.78	
Gd-St-Bernard	2472	31.0	28.2	30.9	29.2	22.9	11.8	5.1	4.6	8.7	18.0	28.3	30.4	249.1	1.61	
Genève-Cointrin	420	20.0	16.2	12.5	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	8.2	16.7	77.8	1.61	
Glarus	515	24.6	19.1	13.3	4.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	12.5	22.7	98.1	1.61	
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Grimmel-Hospiz	1980	31.0	28.3	29.8	26.4	13.5	5.8	0.9	0.9	4.8	11.3	23.6	29.8	206.1	1.71	
Gütsch ob Andermatt	2287	30.8	27.9	30.3	28.1	19.9	9.7	4.2	4.0	8.2	14.7	26.3	29.5	233.6	1.61	
Güttingen	440	22.6	18.4	12.5	3.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	9.1	19.7	86.8	1.61	
Hinterrhein	1611	31.0	28.2	29.8	24.7	10.8	3.4	0.6	1.0	5.2	18.1	27.3	30.3	210.4	1.68	
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Interlaken	580	27.0	21.6	16.0	5.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	14.8	24.3	112.2	1.61	
Jungfrauoch	3580	31.0	28.2	31.0	30.0	30.8	28.5	24.8	25.5	27.6	30.2	30.0	31.0	348.6	1.61	
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Locarno-Monti	366	12.9	7.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	10.3	35.4	1.61	
Lugano	273	13.4	7.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	10.5	34.9	1.61	
Luzern	456	22.5	17.5	11.9	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.9	19.5	83.1	1.61	
Magadino	197	26.1	19.5	10.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	13.4	24.8	98.7	1.61	
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Montana	1508	28.8	25.4	25.0	15.9	4.3	0.5	0.0	0.0	0.6	4.9	17.1	25.5	148.0	1.61	
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Napf	1406	26.7	22.9	23.4	17.9	5.8	0.7	0.0	0.0	0.2	4.7	17.2	21.8	141.3	1.78	
Neuchâtel	485	16.0	12.3	7.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	14.3	55.8	1.61	
Payerne	490	23.7	18.8	14.6	6.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	12.0	21.1	99.3	8.64	
Pilatus	2106	29.4	26.9	28.0	24.4	15.0	8.1	1.2	1.9	5.2	11.1	21.6	26.1	198.9	1.81	
Piotta	1007	27.7	23.5	18.3	5.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	2.4	15.9	25.5	119.5	1.61	
Plaffeien	1042	25.1	22.0	18.8	12.7	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	4.3	15.9	22.3	123.3	1.72	
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pully	461	14.3	10.3	5.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	12.4	47.2	1.61	
Reckenholz	443	24.1	19.8	14.0	3.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	13.4	19.2	96.8	8.78	
Robbia	1078	29.8	27.1	24.8	11.9	2.6	0.2	0.0	0.0	0.9	8.0	22.3	28.8	156.4	1.61	

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*		
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	31.0	28.2	30.8	28.1	19.8	8.7	5.4	5.5	14.9	26.2	29.7	30.9	259.2	1.61	
San Bernardino	1639	30.4	27.8	28.9	23.0	6.5	0.7	0.0	0.0	1.9	12.5	25.7	29.3	186.7	1.68	
Säntis	2490	30.9	28.1	30.5	28.4	22.7	13.4	7.8	7.2	11.3	17.0	26.8	30.3	254.4	1.61	
Schaffhausen	437	23.8	19.4	12.7	3.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	10.5	20.1	91.4	1.61	
Scuol	1298	30.8	27.8	27.3	18.7	4.5	0.4	0.0	0.1	1.8	11.3	26.6	30.4	179.7	1.71	
Sion	482	23.4	18.2	11.7	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	14.9	23.5	97.5	1.61	
St.Gallen	779	24.4	19.9	15.1	7.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	12.6	22.1	103.4	1.61	
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tänikon	536	24.9	20.8	16.9	9.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.4	3.4	15.1	21.9	113.8	1.71	
Ulrichen	1345	30.8	28.1	29.8	24.3	8.4	2.2	0.4	1.0	4.8	19.2	28.3	30.6	207.9	1.71	
Vaduz	460	22.4	18.2	10.0	3.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	12.3	19.5	88.6	1.71	
Visp	640	27.6	22.5	17.4	5.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	5.8	19.1	27.1	126.1	1.61	
Wädenswil	463	22.9	18.9	11.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.1	16.3	78.7	1.81	
Weissfluhjoch	2690	31.0	28.2	31.0	29.9	26.2	16.6	9.4	7.7	12.7	21.3	28.3	30.6	272.9	1.71	
Wynau	422	24.0	20.5	14.5	5.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	12.1	18.8	97.0	1.78	
Zermatt	1638	30.8	27.9	29.5	20.3	6.7	1.3	0.3	0.2	1.7	8.7	24.8	30.0	182.2	1.61	
Zürich-Kloten	436	23.7	19.5	14.8	5.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	12.1	20.8	98.2	1.61	
Zürich-MeteoSchweiz	556	22.1	17.3	11.8	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	8.9	19.1	83.4	1.61	
Konventionelle Stationen																
Andermatt	1442	29.8	26.5	25.6	18.5	4.9	0.5	0.0	0.0	1.4	9.9	23.7	28.1	168.9	1.71	
Arosa	1840	30.2	26.8	27.5	20.3	9.1	2.2	0.2	0.1	2.8	9.2	21.1	28.0	177.5	1.61	
Bad Ragaz	496	21.6	16.2	9.9	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	10.2	20.7	82.9	1.61	
Bernina Hospiz	2256	30.9	28.3	30.4	29.4	18.1	6.4	1.1	1.1	6.3	17.2	27.9	30.7	227.8	1.72	
Biel/Bienne	433	22.1	17.3	12.3	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.9	19.2	84.4	1.61	
Buffalora-Ofenpass	1970	31.0	28.2	30.7	29.0	21.0	8.3	4.1	4.3	12.0	25.3	29.5	30.9	254.3	1.61	
Château d'Oex	985	27.7	24.3	21.9	11.8	1.9	0.1	0.0	0.0	0.6	5.6	19.1	26.7	139.7	1.61	
Chaumont	1073	27.0	23.2	21.7	13.1	2.1	0.1	0.0	0.0	0.1	4.4	17.1	24.1	132.9	12.63	
Delémont	415	23.3	18.2	15.3	7.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.5	3.2	14.2	22.0	105.2	1.61	
Ebnat-Kappel	623	25.3	22.0	17.5	8.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	3.4	15.8	23.4	117.2	1.71	
Einsiedeln	910	27.9	23.8	21.4	10.9	1.1	0.1	0.0	0.0	0.2	3.9	16.9	26.0	132.2	1.61	
Elm	965	26.5	22.7	19.5	10.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.2	3.5	16.1	23.7	124.3	1.71	
Fribourg-Posieux	634	24.8	19.7	16.7	7.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	14.5	23.0	110.5	1.65	
Grächen	1550	30.7	27.2	27.0	18.3	4.7	0.9	0.0	0.0	0.8	6.1	20.4	28.5	164.6	8.67	
Grono	382	14.0	9.0	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	10.3	39.5	1.71	
Gstaad-Grund	1085	30.1	26.9	27.5	19.6	4.9	0.4	0.0	0.1	1.2	10.8	23.6	28.7	173.8	1.66	
Haidenhaus	702	26.3	22.6	16.7	8.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	14.9	22.8	115.9	1.71	
Hallau	432	24.7	20.6	14.6	4.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	12.4	22.2	101.2	1.61	
Langnau-i.E.	755	26.1	21.2	16.4	7.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	2.7	14.6	23.4	112.9	1.71	
Meiringen	595	24.4	18.9	13.3	3.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	11.2	22.2	94.3	1.61	
Montreux-Clarens	405	15.6	12.1	5.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	14.7	53.3	1.61	
Oeschberg-Koppigen	483	23.9	18.5	13.8	5.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	11.5	21.2	96.4	1.61	
Rheinfelden	300	18.2	14.1	9.9	3.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	7.2	16.1	69.3	1.61	
Ried (Lötschen)	1480	30.5	26.9	27.5	19.1	5.6	1.1	0.1	0.1	1.4	8.8	22.8	28.3	172.2	1.74	
Segl Maria	1802	31.0	28.2	30.4	27.3	12.8	2.7	0.4	0.4	5.1	17.6	28.5	30.7	215.1	1.71	
Sta. Maria/Müstair	1390	29.8	27.0	25.5	14.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.5	6.4	22.2	28.3	155.8	1.61	

* Beginn der Periode, für die der Mittelwert berechnet wurde. Ende der Periode ist immer der 12.1990.

Langjährige Mittelwerte der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*	
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr
Automatische Stationen															
Adelboden	1320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	2.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	4.2	7.66
Aigle	381	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	6.5	16.2	12.3	2.2	0.1	0.0	0.0	37.7	1.81
Altdorf	449	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	5.8	11.1	7.8	1.8	0.3	0.0	0.0	28.5	1.61
Basel-Binningen	316	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	7.9	13.8	11.8	4.5	0.4	0.0	0.0	41.6	1.61
Bern Liebefeld	565	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	5.8	12.8	10.0	2.6	0.1	0.0	0.0	32.6	1.61
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	0.0	0.0	0.0	0.4	2.9	8.1	14.4	12.1	4.0	0.1	0.0	0.0	42.0	1.61
Changins	430	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	6.7	14.6	11.7	2.7	0.1	0.0	0.0	36.8	1.65
Chasseral	1599	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.81
Chaux-de-Fonds La	1018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.6	2.7	0.6	0.0	0.0	0.0	8.1	1.61
Chur	555	0.0	0.0	0.0	0.3	3.2	9.0	14.1	10.9	4.2	0.7	0.0	0.0	42.4	1.61
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	0.0	0.0	0.1	0.0	1.1	8.1	17.0	12.6	1.9	0.1	0.0	0.0	40.9	1.76
Corvatsch	3315	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.79
Davos	1590	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.61
Disentis	1190	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	6.2	3.6	0.6	0.0	0.0	0.0	12.0	1.61
Dôle La	1670	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.73
Engelberg	1035	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	3.9	1.7	0.4	0.0	0.0	0.0	7.2	9.69
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.9	10.0	8.3	2.0	0.2	0.0	0.0	23.8	1.81
Fey	737	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	6.6	12.5	8.9	2.4	0.0	0.0	0.0	32.3	1.61
Frétaz La	1202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	1.7	1.78
Gd-St-Bernard	2472	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.64
Genève-Cointrin	420	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	8.9	16.8	14.0	5.2	0.2	0.0	0.0	47.2	1.61
Glarus	515	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	5.6	9.9	6.6	1.3	0.2	0.0	0.0	25.4	1.61
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimmel-Hospiz	1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.71
Gütsch ob Andermatt	2287	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Güttingen	440	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	6.3	11.8	8.7	1.8	0.0	0.0	0.0	30.6	1.61
Hinterrhein	1611	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.68
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	5.9	11.4	8.2	1.6	0.0	0.0	0.0	28.4	1.61
Jungfrauoch	3580	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9	10.6	20.7	16.8	3.9	0.1	0.0	0.0	54.2	1.61
Lugano	273	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	9.4	20.2	15.4	3.3	0.1	0.0	0.0	49.7	1.61
Luzern	456	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	7.0	12.9	9.7	2.4	0.1	0.0	0.0	34.2	1.61
Magadino	197	0.0	0.0	0.0	0.3	3.2	13.8	23.4	19.6	4.8	0.0	0.0	0.0	65.1	1.61
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.3	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	4.3	1.61
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	1.78
Neuchâtel	485	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	6.9	14.4	12.2	2.6	0.1	0.0	0.0	37.6	1.61
Payerne	490	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	6.5	13.8	11.5	3.0	0.1	0.0	0.0	36.4	8.64
Pilatus	2106	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.81
Piotta	1007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.0	9.4	5.1	0.7	0.0	0.0	0.0	18.3	1.70
Plaffeien	1042	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.5	1.6	0.2	0.0	0.0	0.0	4.7	1.72
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	6.4	14.0	10.5	1.7	0.0	0.0	0.0	33.5	1.61
Reckenholz	443	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	7.1	14.3	11.8	3.2	0.2	0.0	0.0	39.0	8.78
Robbia	1078	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	4.8	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	10.5	1.61

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*	
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.61
San Bernardino	1639	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.68
Säntis	2490	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Schaffhausen	437	0.0	0.0	0.0	0.2	2.5	7.3	12.9	10.0	3.1	0.1	0.0	0.0	36.1	1.61
Scuol	1298	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.5	9.5	8.7	2.2	0.0	0.0	0.0	23.2	9.71
Sion	482	0.0	0.0	0.0	0.3	4.3	11.3	18.3	14.2	4.5	0.2	0.0	0.0	53.1	1.61
St.Gallen	779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	5.6	3.6	0.8	0.0	0.0	0.0	12.4	1.61
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5.5	11.7	9.5	2.5	0.0	0.0	0.0	30.7	1.71
Ulrichen	1345	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	5.8	3.3	0.4	0.0	0.0	0.0	10.1	12.73
Vaduz	460	0.0	0.0	0.0	0.1	2.8	6.9	12.8	10.1	3.1	0.5	0.0	0.0	36.3	1.71
Visp	640	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3	10.9	19.0	16.1	5.6	0.3	0.0	0.0	55.4	1.61
Wädenswil	463	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	6.2	14.0	9.9	2.0	0.0	0.0	0.0	33.7	1.81
Weissfluhjoch	2690	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.71
Wynau	422	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	7.6	15.2	12.8	3.5	0.2	0.0	0.0	41.9	1.78
Zermatt	1638	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.6	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	4.4	1.61
Zürich-Kloten	436	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	7.5	12.8	9.7	2.8	0.1	0.0	0.0	35.1	1.61
Zürich-MeteoSchweiz	556	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	6.2	11.5	8.8	2.0	0.0	0.0	0.0	30.2	1.61
Konventionelle Stationen															
Andermatt	1442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arosa	1840	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.61
Bad Ragaz	496	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	6.8	11.7	8.7	2.6	0.4	0.0	0.0	32.3	1.61
Bernina Hospiz	2256	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.72
Biel/Bienne	433	0.0	0.0	0.0	0.2	2.5	9.0	16.3	13.6	4.4	0.2	0.0	0.0	46.2	1.61
Buffalora-Ofenpass	1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.76
Château d'Oex	985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.5	7.5	5.4	1.2	0.0	0.0	0.0	16.9	1.61
Chaumont	1073	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	5.1	12.63
Delémont	415	0.0	0.0	0.0	0.3	2.5	7.2	13.2	11.1	4.9	0.5	0.0	0.0	39.7	1.61
Ebnat-Kappel	623	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.8	11.6	8.4	2.5	0.3	0.0	0.0	29.9	5.75
Einsiedeln	910	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	3.6	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0	7.4	12.68
Elm	965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	3.9	2.6	0.4	0.1	0.0	0.0	9.3	1.72
Fribourg-Posieux	634	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	5.6	12.9	10.6	2.8	0.0	0.0	0.0	33.1	1.65
Grächen	1550	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.8	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	8.8	8.67
Grono	382	0.0	0.0	0.1	0.2	3.1	11.9	22.4	18.7	5.5	0.3	0.0	0.0	62.2	1.71
Gstaad-Grund	1085	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	8.1	5.4	0.8	0.1	0.0	0.0	16.8	1.66
Haidenhaus	702	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.8	8.2	5.5	0.8	0.0	0.0	0.0	18.0	10.77
Hallau	432	0.0	0.0	0.0	0.1	3.1	8.6	14.6	11.8	4.3	0.2	0.0	0.0	42.7	7.75
Langnau-i.E.	755	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	5.6	13.0	11.5	3.2	0.2	0.0	0.0	35.0	1.71
Meiringen	595	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	5.5	10.8	7.2	1.3	0.1	0.0	0.0	26.6	1.61
Montreux-Clarens	405	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	7.5	16.8	13.1	2.8	0.2	0.0	0.0	41.5	1.61
Oeschberg-Koppigen	483	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	7.9	14.1	11.1	3.9	0.1	0.0	0.0	39.1	1.61
Rheinfelden	300	0.0	0.0	0.3	0.6	5.7	10.5	18.0	16.0	6.4	0.3	0.0	0.0	57.8	1.71
Ried (Lötschen)	1480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.9	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	7.2	1.74
Segl Maria	1802	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	8.77
Sta. Maria/Müstair	1390	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.4	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	7.6	9.76

* Beginn der Periode, für die der Mittelwert berechnet wurde. Ende der Periode ist immer der 12.1990.

Langjährige Mittelwerte der Hitzetage (Tmax ≥ 30°C)

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*	
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr
Automatische Stationen															
Adelboden	1320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.66
Aigle	381	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6	1.81
Altdorf	449	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.61
Basel-Binningen	316	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	3.4	2.2	0.2	0.0	0.0	0.0	6.8	1.61
Bern Liebefeld	565	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.9	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.3	1.61
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.3	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	6.6	1.61
Changins	430	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.7	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	5.2	1.65
Chasseral	1599	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.81
Chaux-de-Fonds La	1018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.61
Chur	555	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	2.5	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	6.3	1.61
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.76
Corvatsch	3315	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.79
Davos	1590	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Disentis	1190	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.61
Dôle La	1670	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.73
Engelberg	1035	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	9.69
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.81
Fey	737	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.8	1.61
Frétaz La	1202	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.78
Gd-St-Bernard	2472	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.64
Genève-Cointrin	420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.6	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	9.4	1.61
Glarus	515	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.61
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimmel-Hospiz	1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.71
Gütsch ob Andermatt	2287	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Güttingen	440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.61
Hinterrhein	1611	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.68
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.61
Jungfrauoch	3580	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	3.4	1.61
Lugano	273	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2	1.61
Luzern	456	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	1.61
Magadino	197	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	3.6	1.61
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.61
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.78
Neuchâtel	485	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.7	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	4.9	1.61
Payerne	490	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.3	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	4.3	8.64
Pilatus	2106	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.81
Piotta	1007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.70
Plaffeien	1042	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.72
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.61
Reckenholz	443	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.8	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	5.3	8.78
Robbia	1078	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.61

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Daten ab*	
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Jahr
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
San Bernardino	1639	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.68
Säntis	2490	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Schaffhausen	437	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	1.61
Scuol	1298	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	9.71
Sion	482	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	4.5	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	8.9	1.61
St.Gallen	779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.61
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.71
Ulrichen	1345	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	12.73
Vaduz	460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.3	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	2.9	1.71
Visp	640	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	4.7	3.1	0.4	0.0	0.0	0.0	9.8	1.61
Wädenswil	463	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	1.81
Weissfluhjoch	2690	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.71
Wynau	422	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	5.3	1.78
Zermatt	1638	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.61
Zürich-Kloten	436	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.5	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	4.6	1.61
Zürich-MeteoSchweiz	556	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.61
Konventionelle Stationen															
Andermatt	1442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arosa	1840	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
Bad Ragaz	496	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.61
Bernina Hospiz	2256	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.72
Biel/Bienne	433	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.9	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0	7.6	1.61
Buffalora-Ofenpass	1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.76
Château d'Oex	985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.61
Chaumont	1073	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.63
Delémont	415	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	3.0	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	6.4	1.61
Ebnat-Kappel	623	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2	5.75
Einsiedeln	910	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	12.68
Elm	965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.72
Fribourg-Posieux	634	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.0	1.65
Grächen	1550	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	8.67
Grono	382	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	5.1	1.71
Gstaad-Grund	1085	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.66
Haidenhaus	702	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.77
Hallau	432	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	3.4	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	6.4	7.75
Langnau-i.E.	755	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	3.2	1.71
Meiringen	595	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.61
Montreux-Clarens	405	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.6	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	4.6	1.61
Oeschberg-Koppigen	483	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	5.2	1.61
Rheinfelden	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	6.0	4.4	0.4	0.0	0.0	0.0	12.6	1.71
Ried (Lötschen)	1480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.74
Segl Maria	1802	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.77
Sta. Maria/Müstair	1390	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.76

* Beginn der Periode, für die der Mittelwert berechnet wurde. Ende der Periode ist immer der 12.1990.

Normwerte 1961-1990 des Niederschlags

Station	Höhe m ü. M.	[mm]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen *														
Adelboden	1320	93	95	103	102	115	147	150	155	90	84	107	105	1346
Aigle	381	70	67	78	75	87	111	99	114	81	80	89	81	1032
Altdorf	449	68	66	72	86	99	127	129	135	90	75	80	72	1099
Basel-Binningen	316	51	49	51	64	84	87	79	87	62	51	59	54	778
Bern Liebefeld	565	66	58	70	84	108	121	104	113	84	73	81	67	1028
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	67	68	65	72	84	113	98	107	77	66	79	74	971
Changins	430	83	83	80	62	78	83	67	75	78	76	92	96	954
Chasseral	1599	105	111	96	71	91	111	98	99	79	75	102	117	1155
Chaux-de-Fonds La	1018	112	112	106	105	135	137	116	127	107	99	126	124	1406
Chur	555	52	51	47	51	75	91	96	103	77	51	65	58	814
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	63	64	74	122	150	126	121	145	138	121	113	54	1291
Corvatsch	3315	47	45	57	64	92	99	90	99	83	63	66	45	850
Davos	1590	74	64	65	60	99	130	143	146	98	63	72	70	1082
Disentis	1190	65	63	71	89	105	96	94	112	96	85	93	67	1036
Dôle La	1670	188	178	167	134	148	145	121	135	131	145	175	219	1886
Engelberg	1035	91	90	104	120	140	179	184	185	112	96	109	97	1510
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	74	69	76	86	111	105	87	101	82	76	89	81	1035
Fey	737	50	47	44	38	45	55	50	57	40	50	57	56	589
Frétaz La	1202	107	106	97	86	115	118	104	111	101	96	120	115	1274
Gd-St-Bernard	2472	223	222	252	244	209	156	118	130	110	191	241	241	2336
Genève-Cointrin	420	69	70	68	56	66	77	58	68	70	66	79	75	822
Glarus	515	86	87	91	104	127	164	175	177	112	89	101	102	1416
Gösgen KKW	380	66	66	63	71	87	108	94	98	71	60	73	74	930
Grimmel-Hospiz	1980	208	179	208	209	163	160	144	158	120	147	188	212	2094
Gütsch ob Andermatt	2287	132	129	139	151	120	116	105	125	94	105	131	134	1479
Güttingen	440	58	60	56	75	93	102	104	92	77	60	75	65	916
Hinterrhein	1611	48	45	63	132	194	157	150	166	169	159	134	53	1469
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	70	72	80	83	102	131	120	135	76	73	84	75	1100
Jungfrauoch	3580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	80	79	115	182	215	185	182	205	211	175	150	67	1845
Lugano	273	76	71	106	152	194	171	133	166	153	140	120	63	1545
Luzern	456	64	61	72	93	125	153	141	150	94	71	81	66	1171
Magadino	197	78	84	114	187	211	185	162	172	187	173	153	67	1772
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	108	103	80	59	65	80	74	80	51	70	93	120	982
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	112	128	119	136	170	213	170	202	129	102	128	128	1736
Neuchâtel	485	73	69	69	63	82	93	77	97	81	67	81	81	932
Payerne	490	57	53	60	62	84	92	83	93	70	64	69	59	846
Pilatus	2106	200	170	180	202	168	155	159	183	109	87	157	183	1953
Piotta	1007	76	83	96	132	161	121	114	141	139	146	133	70	1413
Plaffeien	1042	70	60	78	101	138	153	134	155	107	89	88	76	1249
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	83	73	81	84	101	115	91	111	100	93	97	88	1116
Reckenholz	443	65	65	64	78	94	111	100	114	82	64	78	72	986
Robbia	1078	59	41	58	81	114	101	105	106	94	93	100	57	1008

Station	Höhe m ü. M.	[mm]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	27	23	28	39	72	78	79	89	64	52	48	28	628
San Bernardino	1639	96	87	114	180	228	183	175	192	190	175	155	89	1864
Säntis	2490	234	196	200	223	199	250	270	288	206	174	212	248	2701
Schaffhausen	437	65	64	59	66	77	97	88	98	62	63	73	71	883
Scuol	1298	38	37	36	39	73	75	87	96	64	51	57	41	693
Sion	482	53	57	48	36	41	52	48	55	38	50	60	61	598
St.Gallen	779	65	64	73	110	134	152	152	155	115	74	86	71	1248
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	78	77	76	89	111	122	112	116	95	76	91	83	1124
Ulrichen	1345	97	92	101	98	104	90	67	99	67	103	115	103	1137
Vaduz	460	45	44	46	58	84	112	124	127	87	55	58	51	891
Visp	640	50	53	58	47	46	45	36	42	32	57	70	63	599
Wädenswil	463	91	85	93	108	129	151	148	157	108	86	101	97	1353
Weissfluhjoch	2690	100	99	94	84	125	161	171	173	112	73	101	104	1397
Wynau	422	76	72	70	69	95	108	94	104	79	76	84	87	1013
Zermatt	1638	43	46	49	50	61	56	47	60	41	55	55	49	611
Zürich-Kloten	436	59	60	60	68	84	101	92	106	73	61	74	65	901
Zürich-MeteoSchweiz	556	67	70	69	87	103	124	117	133	92	69	82	73	1086
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	110	106	121	135	128	119	108	128	109	120	126	113	1422
Arosa	1840	89	75	90	98	130	147	158	159	119	84	101	85	1335
Bad Ragaz	496	64	61	63	70	87	106	109	127	86	57	70	67	968
Bernina Hospiz	2256	108	96	129	161	178	144	146	157	145	157	180	108	1709
Biel/Bienne	433	109	100	90	75	98	108	92	121	86	88	115	121	1203
Buffalora-Ofenpass	1970	54	49	56	68	107	88	105	106	78	65	73	54	902
Château d'Oex	985	101	100	101	102	113	147	128	142	99	101	115	117	1366
Chaumont	1073	103	99	99	86	105	117	105	121	97	87	109	113	1240
Delémont	415	66	64	69	81	102	116	92	105	75	63	75	70	976
Ebnat-Kappel	623	141	137	142	151	162	197	191	195	140	110	141	143	1848
Einsiedeln	910	113	108	125	144	158	206	201	204	137	108	128	122	1753
Elm	965	108	102	115	124	132	152	160	171	122	96	121	121	1524
Fribourg-Posieux	634	68	63	75	91	124	128	113	129	93	78	88	70	1118
Grächen	1550	37	42	49	47	62	60	47	61	41	59	64	42	610
Grono	382	69	66	93	138	176	164	153	178	167	135	129	60	1527
Gstaad-Grund	1085	105	106	101	95	118	148	128	147	99	95	115	123	1379
Haidenhaus	702	59	61	60	82	101	117	106	111	80	67	76	67	986
Hallau	432	88	82	74	75	85	96	87	96	67	71	95	96	1012
Langnau-i.E.	755	88	87	92	112	151	169	147	152	99	86	100	91	1371
Meiringen	595	96	93	107	99	122	151	148	165	89	86	97	97	1351
Montreux-Clarens	405	90	86	104	109	119	157	130	158	117	104	114	91	1379
Oeschberg-Koppigen	483	77	69	73	79	106	121	94	117	82	74	85	80	1056
Rheinfelden	300	74	68	69	78	97	100	86	102	75	66	79	80	974
Ried (Lötschen)	1480	106	107	101	69	76	88	82	93	59	89	105	117	1091
Segl Maria	1802	50	42	60	79	105	105	109	121	93	82	85	49	978
Sta. Maria/Müstair	1390	41	34	46	61	89	84	99	105	78	61	68	40	805

* Die Normwerte beziehen sich auf das im Vergleich mit den konventionellen Messungen leicht tiefere Niveau der automatischen Messungen (vgl. Kapitel 4.2.3). Normwerte der konventionellen und der automatischen Stationen sind aus diesem Grund räumlich nicht vergleichbar.

Normwerte 1961-1990 der Tage mit Niederschlag > 0.9 mm

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	11.6	10.7	13.0	13.2	15.1	15.5	14.4	14.0	9.9	8.8	10.9	11.2	148.3
Aigle	381	10.4	8.9	10.7	10.5	12.1	11.8	10.0	11.4	8.3	7.9	10.2	10.1	122.3
Altdorf	449	10.0	9.3	11.0	12.1	13.1	14.4	13.1	13.2	9.6	8.3	9.5	10.1	133.7
Basel-Binningen	316	10.1	9.4	10.8	11.3	12.6	10.9	9.5	10.3	8.3	8.4	10.0	9.8	121.4
Bern Liebefeld	565	10.0	9.8	11.3	11.6	13.7	11.8	10.0	10.9	8.1	8.0	10.1	10.2	125.5
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	11.4	10.3	12.0	11.8	12.3	12.3	11.1	11.7	8.5	8.5	11.0	11.0	131.9
Changins	430	10.8	9.4	10.3	9.6	11.5	9.9	8.1	9.0	8.0	8.1	9.5	10.2	114.4
Chasseral	1599	12.1	10.5	12.2	11.3	14.4	13.1	9.6	10.7	9.5	9.7	11.0	12.3	136.4
Chaux-de-Fonds La	1018	13.9	12.0	13.9	13.8	15.5	13.9	10.8	12.2	10.0	10.3	12.0	12.8	151.1
Chur	555	7.9	7.0	8.2	8.5	10.7	11.2	10.4	11.6	8.3	6.2	7.5	8.2	105.7
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	6.6	6.9	7.5	9.3	11.8	10.4	8.8	10.5	7.6	7.6	8.3	6.2	101.5
Corvatsch	3315	7.3	7.5	8.7	10.4	13.7	12.5	11.6	12.1	7.7	7.7	8.9	7.8	115.9
Davos	1590	9.7	8.5	9.7	10.4	12.6	14.3	14.0	13.8	9.5	7.4	9.0	9.0	127.9
Disentis	1190	8.9	8.6	10.3	10.9	12.1	11.9	11.2	12.2	9.0	8.4	9.7	9.2	122.4
Dôle La	1670	13.2	12.0	13.5	12.8	15.1	12.7	11.0	11.8	10.3	10.2	12.0	12.9	147.5
Engelberg	1035	12.3	11.7	14.0	14.2	15.6	16.1	15.2	14.7	10.9	9.4	11.8	12.0	157.9
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	12.9	10.9	13.2	12.8	14.3	12.5	10.3	11.3	9.4	9.9	11.4	12.4	141.3
Fey	737	7.0	6.3	6.7	6.2	7.5	7.9	8.0	8.2	5.7	5.9	6.8	7.3	83.5
Frétaz La	1202	12.7	10.7	12.2	12.1	13.8	12.6	10.1	11.0	9.0	9.4	10.6	11.6	135.8
Gd-St-Bernard	2472	16.2	15.1	17.5	17.0	16.5	14.1	12.0	12.0	10.3	11.5	14.2	14.6	171.0
Genève-Cointrin	420	10.1	9.0	10.2	9.1	11.0	9.5	7.7	8.8	7.5	8.3	9.5	9.9	110.6
Glarus	515	11.7	10.3	12.3	13.0	14.5	15.1	15.1	14.7	10.9	8.9	10.9	10.8	148.2
Gösgen KKW	380	10.8	10.3	11.7	11.1	12.6	12.4	10.6	11.1	8.1	8.1	10.5	10.6	127.9
Grimsel-Hospiz	1980	13.8	13.1	15.9	14.7	15.7	15.4	14.4	14.8	11.0	10.5	12.5	13.6	165.4
Gütsch ob Andermatt	2287	12.7	12.0	14.3	14.7	14.6	14.3	13.1	13.8	10.1	9.6	12.0	12.6	153.8
Güttingen	440	11.0	9.8	10.7	11.2	13.0	11.9	11.5	11.5	8.5	8.2	10.2	10.7	128.2
Hinterrhein	1611	7.7	7.0	8.7	11.3	14.2	13.0	11.4	12.5	9.6	8.8	9.5	7.7	121.4
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	10.0	9.4	11.8	11.7	13.7	13.9	12.6	13.3	8.9	8.1	10.0	9.8	133.2
Jungfrauoch	3580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	6.2	6.6	7.4	9.7	12.8	10.5	9.4	9.8	8.0	8.5	8.2	5.7	102.8
Lugano	273	6.0	6.6	8.0	10.2	13.3	11.0	8.6	10.0	8.0	7.9	8.1	5.6	103.3
Luzern	456	10.6	10.2	11.9	12.8	14.1	14.2	12.6	13.1	9.1	8.6	10.3	10.6	138.1
Magadino	197	6.0	6.6	7.9	10.1	12.9	10.7	9.2	9.6	7.8	8.6	8.1	5.5	103.0
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	10.4	8.5	9.8	9.2	9.9	10.1	9.6	10.1	6.8	7.1	9.1	9.9	110.5
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	11.5	11.3	13.1	13.9	15.4	15.0	11.9	13.5	10.0	8.9	11.1	10.9	146.5
Neuchâtel	485	11.1	10.2	10.8	10.2	12.4	10.9	9.3	10.1	8.0	8.5	9.8	10.5	121.8
Payerne	490	9.5	9.0	10.3	9.7	12.3	11.1	9.2	10.1	7.9	8.4	9.5	9.5	116.5
Pilatus	2106	14.3	11.9	15.2	14.8	15.8	16.0	14.3	14.7	10.6	9.3	12.0	14.2	163.1
Piotta	1007	7.9	7.7	9.1	10.0	12.5	11.0	9.8	10.6	7.9	8.4	9.1	8.2	112.2
Plaffeien	1042	10.9	9.9	12.5	12.9	15.5	13.9	12.0	12.9	9.7	9.2	10.5	11.4	141.3
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	10.5	9.7	10.9	10.7	12.0	11.3	9.0	9.8	8.1	8.4	10.0	9.9	120.3
Reckenholz	443	9.8	8.8	10.4	11.3	11.5	11.4	10.8	11.4	8.3	7.7	9.9	9.7	121.0
Robbia	1078	5.8	6.0	6.8	8.7	11.7	10.9	10.2	10.5	7.8	7.4	7.6	5.9	99.3

Station	Höhe m ü. M.	[Tage]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	5.8	5.0	5.8	7.1	9.8	10.5	10.3	11.3	7.1	6.7	6.8	5.9	92.1
San Bernardino	1639	8.5	8.6	10.3	11.6	14.7	13.0	11.5	12.5	9.8	9.3	9.9	8.3	128.0
Säntis	2490	14.9	13.2	15.1	15.5	16.0	17.1	16.0	15.9	11.8	10.4	12.4	13.9	172.2
Schaffhausen	437	11.2	9.3	11.2	10.9	12.4	11.1	10.7	11.6	8.2	7.8	10.1	10.4	124.9
Scuol	1298	6.9	6.0	6.3	6.9	10.4	10.2	11.3	11.3	7.8	6.2	7.4	7.1	97.8
Sion	482	7.0	6.3	6.9	5.9	7.2	7.6	7.6	8.2	5.6	6.0	6.9	7.4	82.6
St.Gallen	779	11.8	10.2	12.4	13.4	14.3	14.3	13.4	13.5	9.8	8.6	11.0	11.3	144.0
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	11.6	10.3	11.7	12.0	13.4	12.6	11.4	12.3	8.8	8.6	10.8	11.0	134.5
Ulrichen	1345	10.4	9.2	10.2	9.5	11.5	10.0	9.5	11.2	7.9	8.7	9.5	9.8	117.4
Vaduz	460	8.4	7.5	9.2	10.9	12.7	13.4	13.2	13.4	9.4	7.3	8.6	8.5	122.5
Visp	640	6.7	6.4	6.9	5.1	7.0	6.6	6.8	7.6	5.3	6.0	7.2	7.3	78.9
Wädenswil	463	11.7	11.0	12.4	12.6	13.7	13.5	12.5	13.3	9.4	8.9	11.1	11.5	141.6
Weissfluhjoch	2690	11.4	9.6	12.1	12.6	15.0	16.1	15.5	14.9	10.3	8.7	10.0	10.4	146.6
Wynau	422	10.6	9.3	11.4	10.7	11.6	11.2	10.3	10.9	8.3	8.2	10.0	10.2	122.7
Zermatt	1638	6.6	6.3	7.7	6.7	10.0	8.6	8.9	9.9	6.9	6.7	7.0	6.7	92.0
Zürich-Kloten	436	10.4	9.1	10.6	11.4	12.1	11.9	10.9	11.4	8.3	7.7	10.0	10.0	123.8
Zürich-MeteoSchweiz	556	11.2	10.4	11.7	12.2	12.8	13.0	11.9	12.2	9.0	8.5	10.7	10.6	134.2
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	12.3	11.3	13.6	14.0	14.1	13.9	12.1	13.1	9.6	9.8	11.6	11.9	147.3
Arosa	1840	11.5	9.9	12.6	13.5	14.4	15.6	14.7	14.5	10.3	8.8	10.5	10.3	146.6
Bad Ragaz	496	9.3	8.7	9.6	11.0	12.3	13.1	12.7	13.0	9.3	7.4	9.4	8.9	124.7
Bernina Hospiz	2256	8.4	8.2	9.4	10.2	13.5	11.3	11.4	11.5	8.4	8.7	9.4	8.2	118.6
Biel/Bienne	433	12.2	10.5	11.6	11.2	12.7	11.5	9.8	10.7	8.3	9.1	10.7	11.7	130.0
Buffalora-Ofenpass	1970	9.5	8.3	9.3	10.4	12.7	11.4	11.0	11.4	8.0	7.5	9.2	8.9	117.6
Château d'Oex	985	11.6	10.7	12.3	12.1	14.4	13.8	11.8	12.6	9.1	8.5	10.6	11.6	139.1
Chaumont	1073	12.9	11.4	12.2	12.4	14.1	12.6	10.7	11.2	8.8	9.2	11.2	12.3	139.0
Delémont	415	11.4	10.8	12.3	12.5	14.1	12.4	10.3	11.7	8.8	9.1	11.2	11.3	135.9
Ebnat-Kappel	623	13.8	12.2	14.4	14.0	15.2	15.3	14.3	14.8	10.5	9.4	12.6	12.8	159.3
Einsiedeln	910	13.2	12.0	14.2	14.1	15.3	15.3	13.9	14.6	10.4	9.3	11.7	12.7	156.7
Elm	965	12.3	10.7	13.4	13.8	15.3	15.9	15.4	15.3	11.2	9.3	11.5	12.0	156.1
Fribourg-Posieux	634	10.3	10.6	11.5	11.5	14.4	12.3	10.6	10.9	8.4	8.5	10.4	10.1	129.5
Grächen	1550	6.7	6.7	7.3	6.5	9.1	9.0	7.9	8.9	6.3	6.3	7.3	7.0	89.0
Grono	382	6.2	6.4	7.3	9.3	12.9	10.9	9.6	10.1	7.8	7.8	8.2	5.8	102.3
Gstaad-Grund	1085	11.4	9.9	12.2	12.5	15.2	14.4	12.3	13.5	9.6	9.1	10.8	11.2	142.1
Haidenhaus	702	11.1	10.0	11.8	11.5	13.3	12.3	11.8	11.7	8.9	8.6	10.7	10.7	132.4
Hallau	432	12.1	10.4	11.2	11.0	12.4	11.3	10.3	11.0	8.5	8.4	10.4	11.4	128.4
Langnau-i.E.	755	12.6	11.2	13.0	13.8	15.3	14.4	12.3	12.8	8.6	8.7	11.4	11.4	145.5
Meiringen	595	11.0	10.4	12.2	11.6	14.1	14.8	13.7	14.3	9.6	8.8	10.7	10.7	141.9
Montreux-Clarens	405	11.6	10.6	12.4	11.9	13.8	13.1	10.3	12.0	9.5	8.9	11.0	11.3	136.4
Oeschberg-Koppigen	483	11.2	10.5	11.7	11.8	13.4	12.0	10.5	11.1	8.7	8.4	10.6	10.7	130.6
Rheinfelden	300	12.2	10.9	12.4	12.7	13.4	11.9	10.4	11.5	9.2	8.9	11.4	11.7	136.6
Ried (Lötschen)	1480	11.0	9.5	10.8	9.5	11.1	11.0	10.8	11.3	7.6	8.3	9.4	10.4	120.7
Segl Maria	1802	7.2	6.8	7.5	8.7	11.4	10.7	10.8	11.0	7.5	7.4	8.1	7.2	104.3
Sta. Maria/Müstair	1390	6.2	5.7	6.6	7.5	10.5	9.6	10.4	10.6	7.1	7.1	7.6	5.7	94.6

Normwerte 1961-1990 der absoluten Sonnenscheindauer

Station	Höhe m ü. M.	[h]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	77	89	119	126	147	156	189	171	154	129	83	76	1516
Aigle	381	74	90	132	153	164	186	229	203	176	145	86	74	1711
Altdorf	449	33	65	109	134	155	157	180	164	138	106	51	30	1323
Basel-Binningen	316	58	81	121	149	171	185	219	203	168	120	70	53	1599
Bern Liebefeld	565	57	86	127	150	174	198	233	209	172	119	65	49	1638
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Changins	430	51	80	136	170	186	214	257	222	185	115	63	45	1724
Chasseral	1599	98	116	119	139	145	157	197	180	164	163	109	99	1685
Chaux-de-Fonds La	1018	90	110	129	146	153	172	212	194	170	148	99	91	1715
Chur	555	83	106	139	146	172	176	204	187	169	148	94	78	1702
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	78	85	119	127	120	139	172	155	140	114	78	79	1407
Corvatsch	3315	123	150	182	172	176	182	224	200	212	197	135	126	2079
Davos	1590	93	112	140	137	152	156	186	179	173	156	104	92	1680
Disentis	1190	75	91	127	134	144	163	199	185	169	132	83	74	1576
Dôle La	1670	99	110	119	131	140	166	207	183	173	149	109	101	1687
Engelberg	1035	46	88	124	125	145	143	164	152	139	130	65	33	1355
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	56	83	113	144	168	185	222	200	162	120	73	56	1582
Fey	737	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frétaz La	1202	88	95	121	142	155	181	214	193	173	139	93	85	1679
Gd-St-Bernard	2472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genève-Cointrin	420	50	76	131	161	181	212	255	225	185	114	61	42	1694
Glarus	515	51	62	90	115	153	151	172	155	117	94	57	47	1265
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimmel-Hospiz	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütsch ob Andermatt	2287	109	119	140	131	145	168	214	195	182	157	114	113	1788
Güttingen	440	29	59	113	146	178	191	216	192	151	87	42	27	1430
Hinterrhein	1611	48	89	111	111	149	166	202	182	142	113	60	38	1412
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	55	68	117	145	172	181	213	189	156	111	67	50	1523
Jungfrauoch	3580	109	116	143	158	160	171	210	202	193	161	124	115	1862
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	128	132	177	189	187	218	251	233	198	166	120	127	2125
Lugano	273	119	123	165	176	181	215	250	230	189	152	109	118	2026
Luzern	456	35	62	112	127	150	155	188	174	141	95	51	31	1322
Magadino	197	131	132	175	185	184	218	254	231	196	164	121	126	2118
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	116	128	155	173	190	205	248	227	204	178	129	118	2071
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	95	102	123	117	135	142	187	171	156	151	96	88	1563
Neuchâtel	485	37	72	122	156	177	197	226	210	169	101	49	35	1549
Payerne	490	44	73	126	156	180	205	240	216	174	110	57	41	1623
Pilatus	2106	105	125	142	129	135	125	163	161	165	179	118	111	1659
Piotta	1007	27	96	152	165	149	171	206	192	176	136	53	9	1532
Plaffeien	1042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	57	88	141	172	191	212	245	221	182	126	74	54	1763
Reckenholz	443	33	63	109	136	167	182	215	191	150	90	47	28	1413
Robbia	1078	92	99	130	140	143	152	184	161	141	126	91	89	1547

Normwerte 1961-1990 des Luftdrucks auf Stationshöhe

Station	Höhe m ü. M.	[hPa]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	865.4	863.6	864.5	863.7	866.6	869.4	871.3	870.7	870.9	869.2	866.0	865.5	867.2
Aigle	381	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altdorf	449	965.5	963.5	963.4	961.5	963.0	964.8	965.9	965.5	966.6	966.3	964.8	965.3	964.7
Basel-Binningen	316	980.5	978.6	978.4	976.5	977.9	979.6	980.5	979.9	981.1	980.9	979.6	980.1	979.5
Bern Liebefeld	565	951.8	949.9	950.0	948.3	950.0	951.9	953.1	952.6	953.5	953.0	951.3	951.6	951.4
Beznau KKW	327	980.2	978.2	977.9	975.9	977.2	978.8	979.8	979.3	980.6	980.4	979.2	979.8	978.9
Buchs-Aarau	387	972.9	970.9	970.6	968.6	970.0	971.7	972.7	972.3	973.5	973.3	972.0	972.5	971.8
Changins	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chasseral	1599	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaux-de-Fonds La	1018	898.8	897.1	897.8	896.8	899.2	901.7	903.3	902.6	903.1	901.6	898.9	898.5	900.0
Chur	555	952.8	950.8	950.5	948.7	950.3	952.1	953.4	952.9	954.2	953.8	952.2	952.6	952.0
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	952.5	950.6	950.3	948.4	950.5	951.6	952.7	952.5	954.1	954.0	952.1	952.1	951.8
Corvatsch	3315	671.9	670.4	672.1	673.0	678.5	682.1	685.8	685.1	684.2	681.8	675.2	673.6	677.8
Davos	1590	837.4	835.8	836.5	836.1	839.2	842.0	844.0	843.5	843.6	841.9	838.3	837.5	839.7
Disentis	1190	881.9	880.3	880.7	879.8	882.4	884.6	886.2	885.8	886.4	885.3	882.4	881.9	883.1
Dôle La	1670	828.6	826.9	827.9	827.5	830.8	834.0	836.2	835.5	835.4	833.2	829.5	828.7	831.2
Engelberg	1035	898.6	897.0	897.5	896.5	898.8	901.2	902.8	902.3	902.8	901.5	898.9	898.6	899.7
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	947.1	945.3	945.6	944.2	945.9	948.0	949.3	948.6	949.5	948.6	946.7	946.9	947.1
Fey	737	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frétaz La	1202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gd-St-Bernard	2472	748.0	746.6	747.5	747.8	751.9	755.5	758.3	757.7	757.3	754.8	750.0	748.7	752.0
Genève-Cointrin	420	970.0	967.7	967.6	965.5	967.0	968.7	969.7	969.2	970.4	970.2	969.0	969.6	968.7
Glarus	515	962.8	960.8	960.6	958.8	960.3	962.2	963.4	962.9	964.0	963.6	962.0	962.5	962.0
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimsel-Hospiz	1980	798.1	796.5	797.5	797.6	801.2	804.3	806.6	806.0	805.9	803.8	799.6	798.4	801.3
Gütsch ob Andermatt	2287	766.2	764.7	765.7	766.1	770.1	773.5	776.0	775.5	775.2	772.8	768.2	766.7	770.1
Güttingen	440	966.7	964.9	964.6	962.9	964.4	966.1	967.1	966.7	967.8	967.6	966.0	966.3	965.9
Hinterrhein	1611	834.5	833.0	833.7	833.3	836.6	839.1	841.0	840.6	840.8	839.3	835.6	834.7	836.9
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	949.9	947.9	948.0	946.3	947.9	949.9	951.1	950.6	951.6	951.1	949.3	949.7	949.4
Jungfrauoch	3580	647.9	646.5	647.6	648.7	653.9	658.3	661.8	661.3	660.3	657.1	651.2	649.0	653.6
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	973.0	971.1	970.5	968.5	970.4	971.2	972.0	971.9	973.7	974.2	972.4	972.5	971.8
Lugano	273	985.1	983.1	982.4	980.2	981.9	982.7	983.4	983.2	985.2	985.8	984.2	984.4	983.5
Luzern	456	964.7	962.7	962.6	960.8	962.3	964.2	965.3	964.8	965.9	965.5	963.9	964.4	963.9
Magadino	197	995.3	993.2	992.4	990.0	991.6	992.2	992.8	992.8	994.8	995.6	994.2	994.6	993.3
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	846.1	844.4	845.1	844.4	847.5	850.2	852.3	851.7	851.9	850.4	847.0	846.2	848.1
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	856.0	854.4	855.3	854.8	857.7	860.6	862.4	861.8	862.0	860.1	856.8	856.2	858.2
Neuchâtel	485	960.8	958.7	958.7	956.8	958.4	960.3	961.3	960.9	962.0	961.6	960.1	960.5	960.0
Payerne	490	960.5	958.4	958.3	956.4	958.0	959.8	960.9	960.4	961.5	961.1	959.6	960.1	959.6
Pilatus	2106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piotta	1007	899.6	897.9	898.2	897.1	899.6	901.3	902.7	902.4	903.3	902.9	900.2	899.5	900.4
Plaffeien	1042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	964.0	962.0	962.0	959.9	961.6	963.4	964.5	964.0	965.1	964.7	963.2	963.8	963.2
Reckenholz	443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Robbia	1078	893.0	891.3	891.4	890.5	893.4	895.0	896.5	896.3	897.0	896.6	893.3	892.6	893.9

Normwerte 1961-1990 des Dampfdrucks

Station	Höhe m ü. M.	[hPa]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	3.5	3.7	4.3	5.6	7.8	10.1	11.8	11.7	9.8	7.3	4.8	3.8	7.0
Aigle	381	5.1	5.6	6.5	8.1	11.2	13.7	15.6	15.7	13.6	10.4	7.3	5.6	9.9
Altdorf	449	5.1	5.3	6.1	7.6	10.3	13.1	15.4	15.4	13.2	9.9	6.9	5.5	9.5
Basel-Binningen	316	5.5	5.8	6.7	8.1	10.8	13.4	15.1	15.1	13.3	10.5	7.3	5.9	9.8
Bern Liebefeld	565	4.9	5.3	6.2	7.7	10.3	12.7	14.3	14.3	12.6	9.7	6.7	5.3	9.2
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	5.3	5.7	6.6	8.1	10.8	13.3	15.0	14.7	12.9	10.2	7.2	5.8	9.6
Changins	430	5.4	5.6	6.4	7.8	10.3	12.8	14.3	14.2	12.8	10.2	7.2	5.8	9.4
Chasseral	1599	3.6	3.7	4.2	5.4	7.3	9.3	10.7	10.5	9.0	6.6	4.6	3.8	6.6
Chaux-de-Fonds La	1018	4.3	4.4	5.1	6.4	8.6	10.8	12.2	12.0	10.4	8.2	5.8	4.7	7.7
Chur	555	4.5	4.8	5.6	7.0	9.6	12.2	14.1	14.0	12.0	9.0	6.3	4.9	8.7
Cimetta	1672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comprovasco	575	4.3	4.6	5.2	6.8	9.6	12.3	14.2	14.3	12.4	9.4	6.3	4.7	8.7
Corvatsch	3315	1.4	1.4	1.7	2.3	3.4	4.4	5.1	5.1	4.2	2.9	1.9	1.4	2.9
Davos	1590	3.2	3.2	3.7	4.7	6.5	8.5	10.0	10.0	8.3	6.2	4.3	3.5	6.0
Disentis	1190	3.5	3.5	4.2	5.6	7.7	9.8	11.6	11.6	9.8	7.3	5.0	3.9	7.0
Dôle La	1670	3.5	3.6	4.2	5.2	7.3	9.4	10.7	10.6	9.0	6.7	4.6	3.7	6.5
Engelberg	1035	3.9	4.2	5.0	6.3	8.7	11.2	13.0	12.9	11.1	8.2	5.6	4.3	7.9
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	5.3	5.5	6.2	7.5	10.1	12.5	14.0	13.7	12.2	9.8	7.0	5.6	9.1
Fey	737	4.0	4.2	5.0	6.4	9.0	11.4	13.0	12.9	11.3	8.6	5.8	4.4	8.0
Frétaz La	1202	4.2	4.3	5.0	6.1	8.4	10.6	11.9	11.8	10.3	7.9	5.5	4.4	7.5
Gd-St-Bernard	2472	2.2	2.3	2.7	3.6	4.9	6.3	7.5	7.5	6.4	4.6	3.0	2.3	4.4
Genève-Cointrin	420	5.5	5.7	6.4	7.7	10.4	12.8	14.3	14.2	12.7	10.2	7.3	5.9	9.4
Glarus	515	4.7	5.0	5.9	7.3	10.1	12.9	14.8	14.7	12.7	9.5	6.6	5.1	9.1
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimsel-Hospiz	1980	2.7	2.7	3.2	4.1	5.7	7.5	8.9	8.8	7.4	5.3	3.6	2.7	5.2
Gütsch ob Andermatt	2287	2.4	2.5	2.9	3.8	5.3	7.0	8.3	8.3	6.8	4.8	3.2	2.5	4.8
Güttingen	440	5.3	5.6	6.5	8.0	10.7	13.3	15.1	15.3	13.3	10.2	7.1	5.7	9.7
Hinterrhein	1611	3.0	3.2	3.8	4.8	6.5	8.3	9.7	9.7	8.2	6.2	4.3	3.2	5.9
Hörnli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	4.6	4.8	5.7	7.3	10.1	12.8	14.8	14.7	12.6	9.5	6.7	5.2	9.1
Jungfrauoch	3580	1.3	1.3	1.4	1.8	2.8	3.5	4.1	4.0	3.4	2.4	1.7	1.3	2.4
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	4.9	5.1	5.9	7.6	10.7	13.6	15.8	15.8	13.8	10.5	7.0	5.2	9.7
Lugano	273	5.3	5.7	6.6	8.4	11.7	14.7	17.0	17.0	14.8	11.3	7.6	5.7	10.5
Luzern	456	5.2	5.5	6.4	8.0	10.8	13.5	15.4	15.4	13.4	10.2	7.1	5.6	9.7
Magadino	197	4.9	5.4	6.4	8.4	11.7	14.9	17.3	17.5	15.0	11.1	7.3	5.3	10.4
Moléson	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montana	1508	3.3	3.3	3.9	5.0	6.9	8.8	10.4	10.4	9.1	6.9	4.7	3.6	6.4
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	3.7	3.9	4.6	5.9	8.1	10.4	11.7	11.8	10.0	7.3	5.0	3.9	7.2
Neuchâtel	485	5.3	5.5	6.2	7.6	10.1	12.5	14.2	14.3	12.6	10.1	7.1	5.8	9.3
Payerne	490	5.2	5.6	6.4	7.8	10.5	12.9	14.6	14.5	12.9	10.2	7.1	5.7	9.5
Pilatus	2106	2.6	2.7	3.2	4.2	6.0	8.0	9.2	9.0	7.3	5.1	3.4	2.7	5.3
Piotta	1007	4.1	4.3	4.8	5.9	8.2	10.2	12.1	12.3	10.6	8.0	5.5	4.4	7.5
Plaffeien	1042	4.2	4.4	5.1	6.5	9.0	11.0	12.6	12.5	10.9	8.3	5.6	4.5	7.9
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	5.5	5.7	6.2	7.6	10.1	12.7	14.5	14.5	12.9	10.3	7.2	5.9	9.4
Reckenholz	443	5.3	5.5	6.5	7.9	10.4	13.0	14.6	14.6	12.7	9.9	7.0	5.6	9.4
Robbia	1078	3.3	3.7	4.3	5.7	8.2	10.4	12.2	12.3	10.4	7.6	5.0	3.6	7.2

Station	Höhe m ü. M.	[hPa]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Samedan	1705	2.6	2.7	3.4	4.4	6.1	7.5	8.7	8.8	7.4	5.6	3.8	2.8	5.3
San Bernardino	1639	3.0	3.1	3.6	4.6	6.3	8.1	9.8	10.0	8.4	6.3	4.4	3.3	5.9
Säntis	2490	2.3	2.2	2.7	3.6	5.1	6.6	7.6	7.4	6.0	4.4	3.1	2.4	4.5
Schaffhausen	437	5.2	5.5	6.5	7.8	10.4	12.8	14.4	14.3	12.5	9.9	7.0	5.6	9.3
Scuol	1298	3.3	3.4	4.0	5.1	7.0	8.9	10.3	10.4	8.9	6.8	4.7	3.6	6.4
Sion	482	4.2	4.5	5.4	7.0	9.9	12.4	14.3	14.5	12.7	9.6	6.4	4.7	8.8
St.Gallen	779	4.6	4.9	5.6	7.0	9.5	11.9	13.5	13.5	11.8	9.1	6.3	5.0	8.6
Stabio	353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tänikon	536	4.9	5.2	6.2	7.6	10.1	12.5	14.2	14.3	12.3	9.6	6.7	5.4	9.1
Ulrichen	1345	3.0	3.1	3.8	4.9	6.7	8.7	10.0	10.2	8.7	6.7	4.5	3.3	6.1
Vaduz	460	4.7	4.9	5.8	7.4	10.2	13.0	15.2	15.4	13.0	9.6	6.6	5.1	9.2
Visp	640	4.1	4.4	5.2	6.5	9.1	11.5	13.3	13.4	11.7	8.8	6.1	4.6	8.2
Wädenswil	463	5.0	5.4	6.2	7.7	10.4	13.0	14.8	14.9	13.0	10.1	7.0	5.5	9.4
Weissfluhjoch	2690	1.9	1.9	2.2	3.1	4.5	5.9	6.9	6.9	5.6	3.9	2.6	2.0	4.0
Wynau	422	5.3	5.6	6.5	7.9	10.6	13.2	14.8	14.8	12.9	10.0	7.0	5.6	9.5
Zermatt	1638	2.6	2.7	3.3	4.3	6.1	7.9	9.0	9.0	7.8	5.8	3.9	3.0	5.5
Zürich-Kloten	436	5.2	5.6	6.5	7.9	10.5	13.1	14.8	14.8	12.8	10.0	7.0	5.7	9.5
Zürich-MeteoSchweiz	556	5.1	5.4	6.3	7.6	10.2	12.7	14.4	14.5	12.8	10.1	7.0	5.6	9.3
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	3.5	3.7	4.3	5.3	7.1	9.2	10.8	10.6	9.0	6.8	4.7	3.7	6.6
Arosa	1840	3.3	3.3	3.8	4.7	6.5	8.4	9.8	9.8	8.1	5.9	4.2	3.4	5.9
Bad Ragaz	496	5.1	5.4	6.3	7.7	10.2	12.7	14.5	14.3	12.4	9.5	6.8	5.5	9.2
Bernina Hospiz	2256	2.4	2.4	2.9	3.8	5.3	6.6	8.0	8.3	7.0	5.2	3.4	2.5	4.8
Biel/Bienne	433	5.4	5.5	6.3	7.8	10.4	12.7	14.1	14.2	12.8	10.2	7.1	5.8	9.4
Buffalora-Ofenpass	1970	2.7	2.8	3.2	4.1	5.6	6.9	7.9	8.0	7.0	5.3	3.7	2.8	5.0
Château d'Oex	985	4.4	4.6	5.4	6.7	9.2	11.4	12.9	12.7	11.2	8.6	5.9	4.7	8.1
Chaumont	1073	4.7	4.9	5.6	6.6	9.0	11.2	12.6	12.7	11.3	8.8	6.1	4.9	8.2
Delémont	415	5.4	5.6	6.4	7.7	10.3	12.6	14.0	13.9	12.3	9.7	6.9	5.7	9.2
Ebnat-Kappel	623	5.2	5.4	6.4	7.9	10.4	13.0	14.8	14.5	12.4	9.6	6.9	5.5	9.3
Einsiedeln	910	4.3	4.5	5.4	6.7	9.2	11.4	13.1	12.9	11.3	8.7	6.1	4.7	8.2
Elm	965	3.9	4.1	5.0	6.3	8.6	11.1	13.1	13.0	11.0	8.1	5.5	4.3	7.8
Fribourg-Posieux	634	5.1	5.4	6.1	7.4	9.9	12.1	13.5	13.4	12.0	9.6	6.8	5.5	8.9
Grächen	1550	3.1	3.2	3.7	4.7	6.5	8.3	9.5	9.4	8.1	6.1	4.2	3.3	5.8
Grono	382	4.7	5.1	5.8	7.6	10.7	13.6	15.9	15.8	13.5	10.2	6.8	5.1	9.6
Gstaad-Grund	1085	4.2	4.3	4.9	6.0	8.3	10.5	11.9	12.0	10.4	7.9	5.7	4.4	7.5
Haidenhaus	702	4.8	5.0	5.8	7.1	9.4	11.5	13.0	13.3	11.7	9.2	6.5	5.2	8.5
Hallau	432	4.9	5.2	5.9	7.1	9.3	11.4	12.6	12.4	11.2	9.0	6.5	5.3	8.4
Langnau-i.E.	755	4.9	5.2	6.0	7.4	9.8	12.2	13.8	13.8	12.1	9.4	6.6	5.2	8.9
Meiringen	595	5.0	5.3	6.1	7.5	10.3	12.9	14.9	14.7	12.7	9.6	6.7	5.4	9.3
Montreux-Clarens	405	5.2	5.4	6.0	7.2	9.7	11.9	13.3	13.2	11.8	9.5	6.8	5.6	8.8
Oeschberg-Koppigen	483	5.4	5.7	6.8	8.2	10.8	13.3	14.9	14.8	13.2	10.3	7.2	5.8	9.7
Rheinfelden	300	5.7	6.0	6.9	8.2	10.8	13.2	14.8	14.9	13.3	10.6	7.6	6.1	9.8
Ried (Lötschen)	1480	3.1	3.2	3.8	4.9	6.9	8.9	10.2	10.3	9.0	6.9	4.6	3.5	6.3
Segl Maria	1802	2.9	3.0	3.6	4.8	6.6	8.4	9.7	9.7	8.2	6.1	4.2	3.2	5.9
Sta. Maria/Müstair	1390	3.4	3.6	4.3	5.4	7.5	9.4	11.0	11.4	9.7	7.3	4.8	3.6	6.8

Mittelwerte 1981-2000 der Windgeschwindigkeit

Station	Höhe m ü. M.	[m/s]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	1.4	1.5	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
Aigle	381	1.9	1.9	2.1	2.4	2.1	1.8	1.7	1.6	1.4	1.5	1.7	1.9	1.8
Altdorf	449	2.6	2.5	2.8	3.5	3.1	2.7	2.5	2.2	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7
Basel-Binningen	316	3.0	2.9	2.8	2.5	2.3	2.3	2.2	2.0	2.0	2.1	2.5	2.9	2.5
Bern Liebefeld	565	1.6	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	1.8	1.7	1.8	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.4	1.7	1.5
Changins	430	2.2	2.4	2.5	2.6	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.1	2.3	2.3
Chasseral	1599	11.0	10.5	9.6	8.5	7.5	7.8	7.5	7.1	8.0	8.7	9.9	11.1	8.9
Chaux-de-Fonds La	1018	2.7	2.7	2.7	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9	2.2	2.4	2.4	2.7	2.4
Chur	555	2.6	2.6	3.0	3.3	3.1	2.9	2.9	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.8
Cimetta	1672	2.7	2.4	2.8	3.0	2.7	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.7	2.6
Comprovasco	575	1.7	1.9	2.5	2.6	2.1	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.7	1.8	2.0
Corvatsch	3315	4.6	4.4	4.0	3.6	2.9	2.4	2.0	2.2	2.9	3.6	4.5	4.9	3.5
Davos	1590	1.7	1.8	2.3	2.7	2.7	2.9	3.0	2.8	2.7	2.4	2.1	1.8	2.4
Disentis	1190	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	1.1
Dôle La	1670	9.8	9.5	8.7	8.1	7.0	6.7	6.5	6.4	7.2	8.0	8.7	10.1	8.1
Engelberg	1035	1.0	1.0	1.2	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2
Evolène-Villaz	1825	1.2	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.2	1.4
Fahy	596	3.0	3.0	3.0	2.7	2.4	2.3	2.2	2.1	2.3	2.6	2.6	3.0	2.6
Fey	737	2.0	2.3	3.2	3.6	3.4	3.8	3.7	3.3	2.9	2.4	2.1	2.0	2.9
Frétaz La	1202	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.2
Gd-St-Bernard	2472	5.5	5.6	6.1	6.1	5.3	5.4	5.5	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6
Genève-Cointrin	420	2.2	2.4	2.5	2.6	2.1	2.1	2.0	1.8	1.9	1.9	2.1	2.4	2.2
Glarus	515	1.6	1.7	2.2	3.0	2.8	2.7	2.6	2.2	2.0	1.9	1.7	1.7	2.2
Gösgen KKW	380	2.1	1.9	1.9	1.8	1.5	1.4	1.3	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	1.6
Grimsel-Hospiz	1980	6.8	6.4	6.3	6.3	5.5	4.9	4.4	4.1	4.3	5.4	6.1	6.3	5.6
Gütsch ob Andermatt	2287	6.5	6.0	6.2	6.6	6.0	5.2	4.9	4.8	5.8	6.5	6.4	6.8	6.0
Güttingen	440	2.3	2.3	2.4	2.3	2.0	2.1	1.9	1.8	1.9	1.9	2.0	2.3	2.1
Hinterrhein	1611	2.9	3.0	3.2	3.5	3.2	2.8	2.8	2.7	2.9	3.2	3.0	3.1	3.0
Hörnli	1144	4.6	4.5	4.4	3.7	3.3	3.1	3.2	3.0	3.5	3.9	4.0	4.3	3.8
Interlaken	580	1.4	1.5	1.7	2.0	1.9	1.8	1.8	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5	1.6
Jungfraujoch	3580	8.3	7.8	8.1	8.0	7.0	6.8	6.7	6.2	7.0	7.8	8.1	8.1	7.5
Lägern	868	4.7	4.5	4.5	4.1	4.0	3.9	3.8	3.6	4.0	4.2	4.1	4.6	4.2
Leibstadt KKW	341	2.0	1.9	2.1	2.1	1.8	1.8	1.7	1.4	1.5	1.6	1.7	2.0	1.8
Locarno-Monti	366	1.1	1.3	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	1.2	1.1	1.4
Lugano	273	1.7	1.8	2.1	2.1	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.8	1.7	1.9
Luzern	456	1.4	1.4	1.6	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4
Magadino	197	1.7	1.8	2.0	2.1	1.8	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.6	1.7	1.8
Moléson	1972	6.8	6.9	6.2	5.4	4.7	4.6	4.4	4.2	4.7	5.2	6.0	7.2	5.5
Montana	1508	1.9	1.8	2.0	2.2	2.0	1.9	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9
Mühleberg KKW	483	1.3	1.3	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.3	1.2
Napf	1406	4.5	4.2	4.0	3.4	3.1	3.3	3.2	3.1	3.5	3.9	4.0	4.6	3.7
Neuchâtel	485	2.7	2.7	2.7	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.3	2.4	2.7	2.5
Payerne	490	2.2	2.3	2.4	2.3	2.0	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	2.3	2.0
Pilatus	2106	5.3	5.2	5.1	6.0	6.2	5.8	5.4	5.5	5.4	5.7	5.3	5.2	5.5
Piotta	1007	2.3	2.4	2.9	3.1	2.9	3.1	3.1	2.8	2.4	2.0	2.3	2.3	2.6
Plaffeien	1042	3.1	3.2	3.0	2.6	2.4	2.5	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	3.2	2.7
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8
Reckenholz	443	2.0	1.9	2.1	2.0	1.7	1.7	1.6	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	1.7
Robbia	1078	1.9	2.0	2.8	2.6	2.0	1.9	1.8	1.5	1.4	1.4	1.8	2.0	1.9

Station	Höhe m ü. M.	[m/s]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	1.8	2.0	2.0	1.9	1.6	1.8	1.7	1.4	1.4	1.3	1.8	2.0	1.7
Rünenberg	610	2.9	2.7	2.7	2.4	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	2.3
Samedan	1705	1.6	1.8	2.2	2.5	2.7	2.6	2.7	2.5	2.4	2.2	1.7	1.6	2.2
San Bernardino	1639	3.1	3.5	3.6	3.3	2.6	2.9	3.0	2.8	2.6	2.5	3.0	3.3	3.0
Säntis	2490	7.0	6.4	6.1	4.9	4.3	4.6	4.4	4.1	4.8	5.3	6.1	6.9	5.4
Schaffhausen	437	3.3	3.2	3.5	3.2	3.0	3.0	2.9	2.7	2.9	2.9	2.9	3.3	3.1
Scuol	1298	1.6	1.4	1.6	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.5
Sion	482	1.8	1.9	2.4	2.9	2.7	2.8	2.7	2.4	2.2	1.8	1.7	1.7	2.3
St.Gallen	779	2.0	2.0	2.3	2.3	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
Stabio	353	1.1	1.2	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2
Tänikon	536	1.9	1.9	2.0	1.9	1.7	1.7	1.6	1.4	1.4	1.5	1.6	2.0	1.7
Ulrichen	1345	1.0	1.2	1.9	2.1	2.2	2.3	2.3	2.0	1.7	1.3	1.1	1.0	1.7
Vaduz	460	2.4	2.4	2.6	2.8	2.4	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.4	2.3
Visp	640	2.5	2.7	3.7	4.3	3.7	3.5	3.3	2.9	2.8	2.5	2.6	2.3	3.1
Wädenswil	463	1.8	1.7	1.8	2.0	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.8	1.7
Weissfluhjoch	2690	5.3	5.0	5.4	5.0	3.7	3.5	3.2	2.9	3.7	4.2	5.3	5.8	4.4
Wynau	422	2.2	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	1.8
Zermatt	1638	1.2	1.3	1.7	2.1	2.3	2.3	2.2	2.0	1.9	1.6	1.3	1.2	1.8
Zürich-Kloten	436	2.5	2.4	2.6	2.5	2.3	2.2	2.1	1.8	1.9	2.0	2.1	2.5	2.2
Zürich-MeteoSchweiz	556	2.4	2.4	2.6	2.3	2.0	2.0	1.9	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.1

Mittelwerte 1981-2000 der Globalstrahlung

Station	Höhe m ü. M.	[W/m ²]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Automatische Stationen														
Adelboden	1320	55	88	134	172	195	203	209	183	142	93	59	44	131
Aigle	381	51	82	133	177	211	228	237	205	152	97	57	41	139
Altdorf	449	37	71	119	168	204	208	208	178	132	83	45	30	124
Basel-Binningen	316	40	69	111	157	196	221	226	195	138	82	47	31	126
Bern Liebefeld	565	44	75	122	163	201	222	232	201	144	84	48	34	131
Beznau KKW	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buchs-Aarau	387	33	60	106	152	191	210	217	184	127	70	36	25	118
Changins	430	42	75	130	175	214	239	247	211	154	90	49	35	138
Chasseral	1599	66	101	145	187	201	214	227	201	150	104	71	52	143
Chaux-de-Fonds La	1018	53	85	127	164	186	210	222	193	141	89	58	41	131
Chur	555	53	87	132	178	210	219	224	191	144	96	58	42	136
Cimetta	1672	74	113	164	186	203	246	258	224	158	106	74	59	155
Comprovasco	575	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corvatsch	3315	84	131	194	246	268	260	253	214	177	134	90	69	177
Davos	1590	67	107	160	206	225	230	232	201	158	111	72	53	152
Disentis	1190	60	98	151	183	205	224	231	198	151	99	63	47	143
Dôle La	1670	61	92	136	169	187	201	216	191	145	97	66	49	134
Engelberg	1035	43	85	130	170	200	200	200	173	132	89	51	31	125
Evolène-Villaz	1825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahy	596	40	70	109	152	187	215	224	193	135	81	48	31	124
Fey	737	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frétaz La	1202	54	85	127	163	189	210	223	193	138	86	56	42	130
Gd-St-Bernard	2472	55	113	179	219	238	243	241	209	153	106	65	39	155
Genève-Cointrin	420	40	73	132	178	217	244	251	215	156	90	47	34	140
Glarus	515	43	72	109	159	196	200	203	173	121	78	47	34	120
Gösgen KKW	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grimmel-Hospiz	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütsch ob Andermatt	2287	74	119	180	229	239	242	244	209	161	112	78	61	162
Güttingen	440	35	65	115	166	204	221	225	193	133	75	39	27	125
Hinterrhein	1611	57	104	159	200	215	223	230	196	140	91	58	42	143
Hörli	1144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interlaken	580	45	74	120	167	203	214	221	189	140	85	50	35	129
Jungfrauoch	3580	70	109	164	218	253	266	261	231	179	121	79	59	167
Lägern	868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leibstadt KKW	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locarno-Monti	366	60	92	143	169	197	234	244	212	148	92	60	47	142
Lugano	273	57	88	136	160	192	230	240	215	151	92	59	45	139
Luzern	456	37	65	112	152	185	198	208	182	129	77	42	29	118
Magadino	197	56	87	135	160	185	224	236	206	144	89	58	44	135
Moléson	1972	64	100	144	190	200	203	215	195	152	107	70	51	141
Montana	1508	68	105	157	200	233	249	257	222	171	114	72	55	159
Mühleberg KKW	483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Napf	1406	54	80	118	148	173	187	202	176	132	89	56	41	121
Neuchâtel	485	33	66	117	163	200	220	229	198	140	78	41	28	126
Payerne	490	40	71	124	168	208	231	238	205	145	82	45	33	132
Pilatus	2106	63	98	140	180	193	182	188	174	145	108	68	50	132
Piotta	1007	34	82	139	167	182	212	222	191	139	85	42	22	126
Plaffeien	1042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSI Würenlingen	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pully	461	43	76	131	177	218	243	249	213	154	92	52	36	140
Reckenholz	443	37	68	114	163	203	222	226	193	135	76	41	29	125
Robbia	1078	61	97	143	175	196	213	223	187	138	92	62	48	136

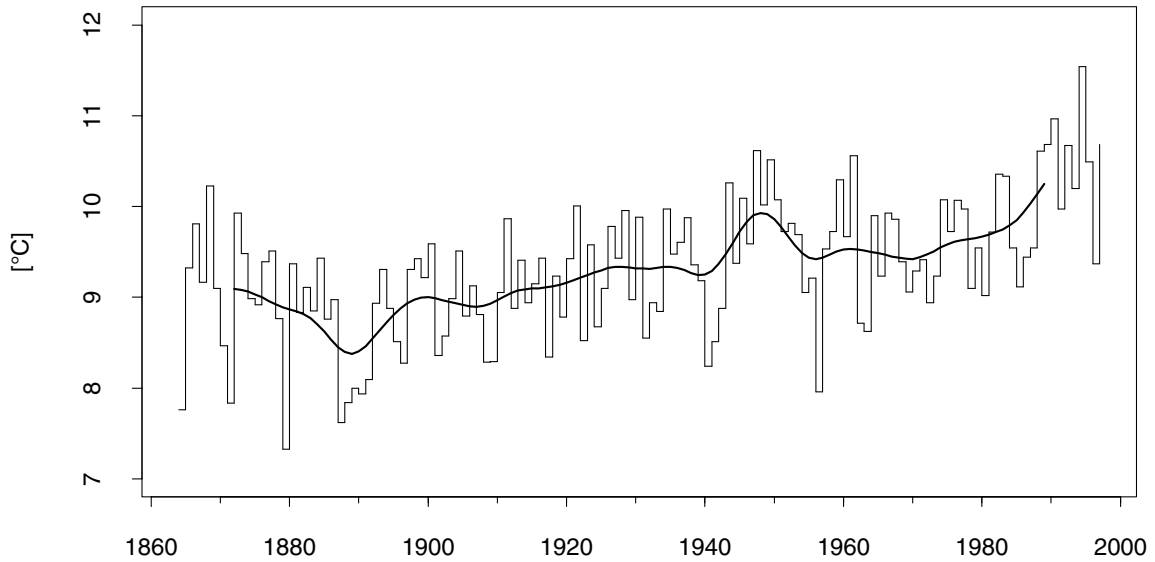
Station	Höhe m ü. M.	[W/m ²]												Jahr
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Robiei	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rünenberg	610	43	72	113	159	196	218	224	193	138	81	47	33	126
Samedan	1705	72	111	167	210	231	241	246	208	161	112	74	58	158
San Bernardino	1639	64	103	156	183	191	213	221	187	140	93	65	51	139
Säntis	2490	66	104	149	202	224	216	214	190	154	114	73	53	147
Schaffhausen	437	35	67	113	162	205	225	229	197	138	76	40	28	126
Scuol	1298	64	104	159	202	225	233	240	203	159	109	68	50	151
Sion	482	53	93	148	201	237	257	259	221	166	107	61	41	154
St.Gallen	779	42	70	113	157	193	206	215	185	129	78	45	33	122
Stabio	353	55	86	130	156	190	226	238	211	146	87	56	43	135
Tänikon	536	40	70	117	165	202	222	227	196	136	78	43	30	127
Ulrichen	1345	54	96	155	191	215	232	238	204	153	99	58	41	145
Vaduz	460	45	78	120	165	203	209	212	182	137	89	50	35	127
Visp	640	30	90	149	198	237	251	256	218	165	104	45	22	147
Wädenswil	463	39	70	118	166	201	216	222	192	135	79	43	30	126
Weissfluhjoch	2690	77	120	175	229	245	235	220	188	158	120	82	62	159
Wynau	422	35	66	114	160	201	222	229	195	137	75	39	27	125
Zermatt	1638	63	102	160	197	222	233	236	205	160	109	68	51	151
Zürich-Kloten	436	38	69	115	164	202	220	223	193	136	77	41	29	126
Zürich-MeteoSchweiz	556	38	68	114	160	198	215	221	193	136	79	43	30	125

Normwerte 1961-1990 der Bewölkung

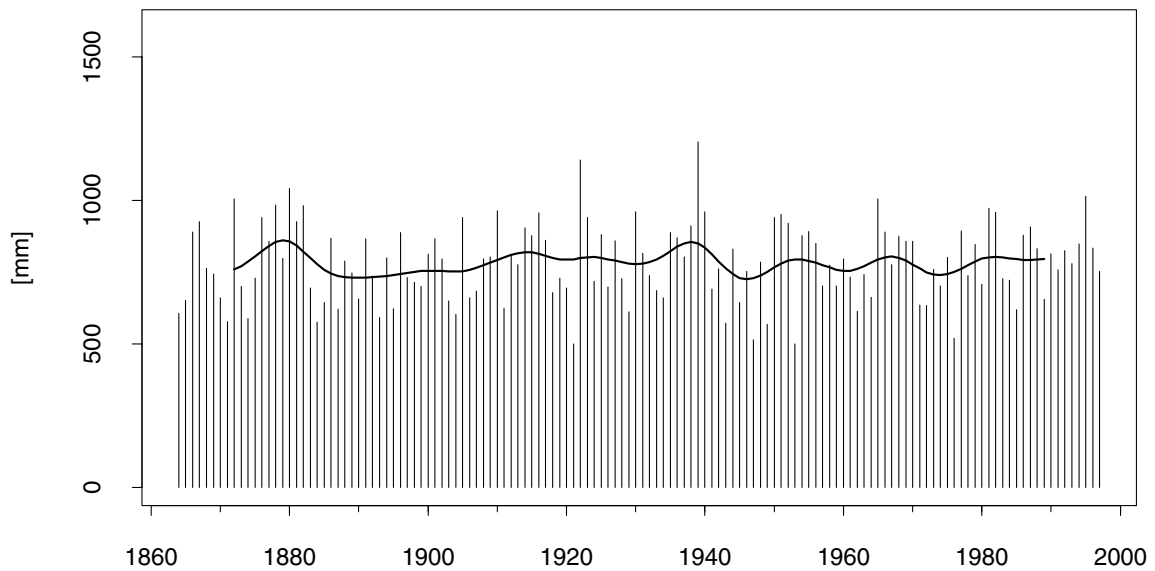
Station	Höhe m ü. M.	[%]												
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Konventionelle Stationen														
Andermatt	1442	54	57	62	66	65	61	55	56	51	49	55	52	57
Arosa	1840	66	66	75	79	80	80	71	70	65	61	66	63	70
Bad Ragaz	496	65	62	63	64	63	61	55	55	52	52	63	65	60
Bernina Hospiz	2256	41	42	48	52	58	54	45	46	41	39	44	38	46
Biel/Bienne	433	85	76	69	64	64	59	52	55	56	70	83	85	68
Buffalora-Ofenpass	1970	50	51	57	65	69	68	62	59	50	46	53	47	57
Château d'Oex	985	58	59	63	65	67	63	53	54	51	52	59	56	58
Chaumont	1073	65	66	67	67	67	61	53	55	52	56	64	63	61
Delémont	415	84	78	75	72	70	66	58	62	64	68	78	83	72
Ebnat-Kappel	623	72	72	75	75	72	70	64	66	64	66	73	73	70
Einsiedeln	910	69	68	68	70	70	67	59	60	58	60	68	68	66
Elm	965	57	59	65	71	70	70	64	63	58	55	59	55	62
Fribourg-Posieux	634	76	71	67	66	64	58	49	54	57	67	75	77	65
Grächen	1550	48	49	51	56	61	58	50	52	44	42	48	45	50
Grono	382	43	46	47	53	58	52	47	49	47	43	47	39	48
Gstaad-Grund	1085	53	54	59	62	64	60	51	52	48	48	53	50	55
Haidenhaus	702	82	74	71	71	69	68	61	63	62	70	80	84	71
Hallau	432	84	75	69	66	65	62	55	58	57	70	82	85	69
Langnau-i.E.	755	62	61	59	59	56	53	46	49	48	52	63	63	56
Meiringen	595	68	64	65	69	68	67	62	63	55	56	65	66	64
Montreux-Clarens	405	74	67	65	65	67	60	51	54	54	59	69	71	63
Oeschberg-Koppigen	483	83	76	71	69	67	63	55	59	60	70	80	82	70
Rheinfelden	300	80	75	71	71	67	61	52	56	61	70	78	81	69
Ried (Lötschen)	1480	44	43	46	47	49	46	40	43	38	36	42	41	43
Segl Maria	1802	46	48	52	58	61	58	52	54	50	45	49	44	51
Sta. Maria/Müstair	1390	50	51	56	61	66	65	58	57	50	46	52	48	55

Anhang B: Langjährige Temperatur- und Niederschlagsreihen

Station Basel

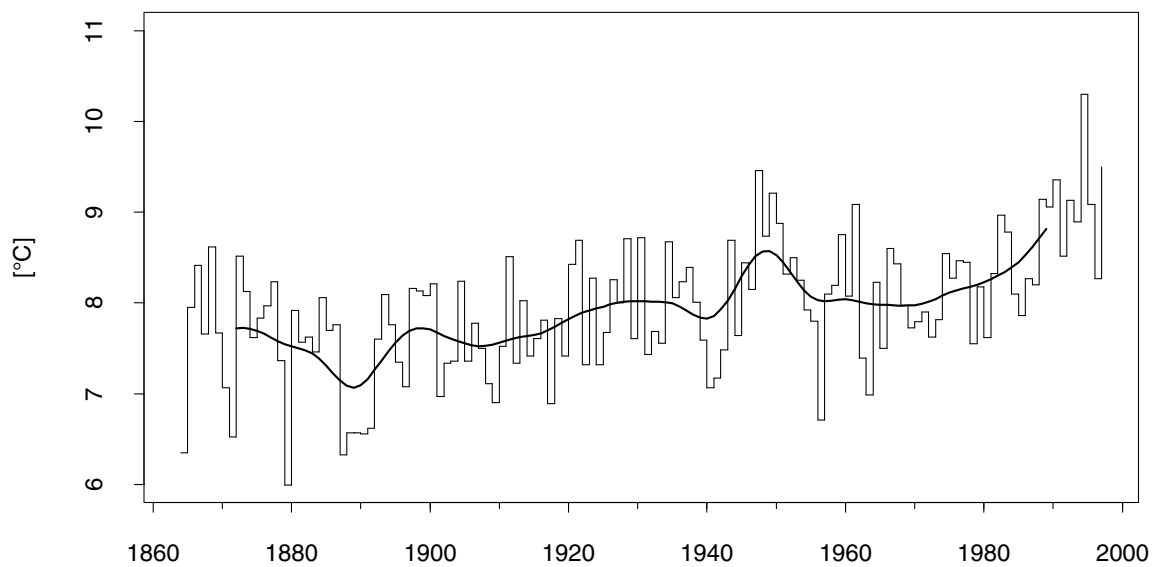


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

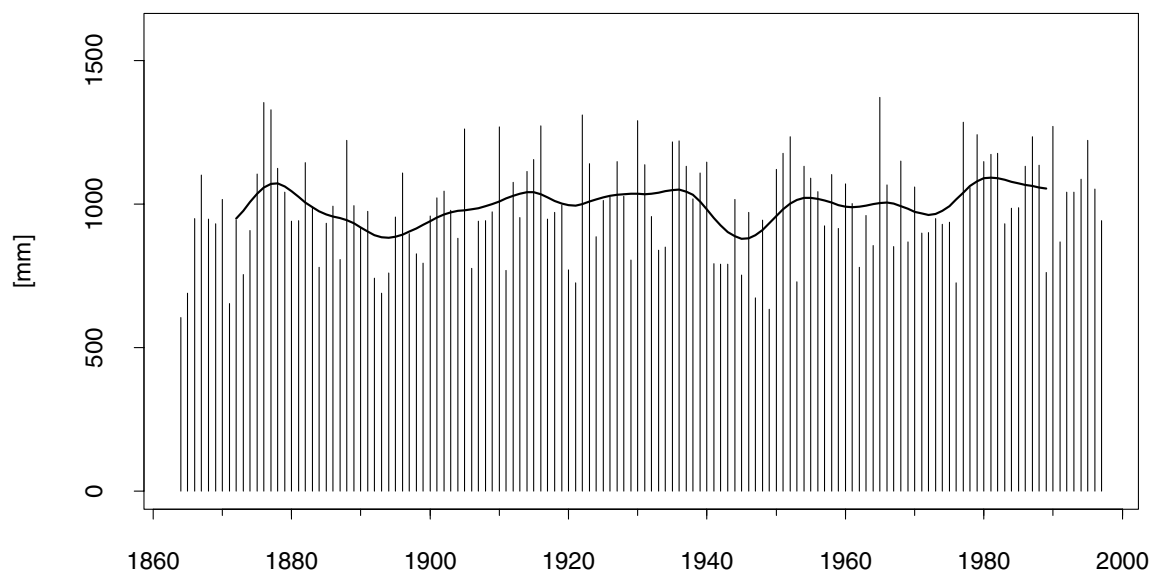


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Bern

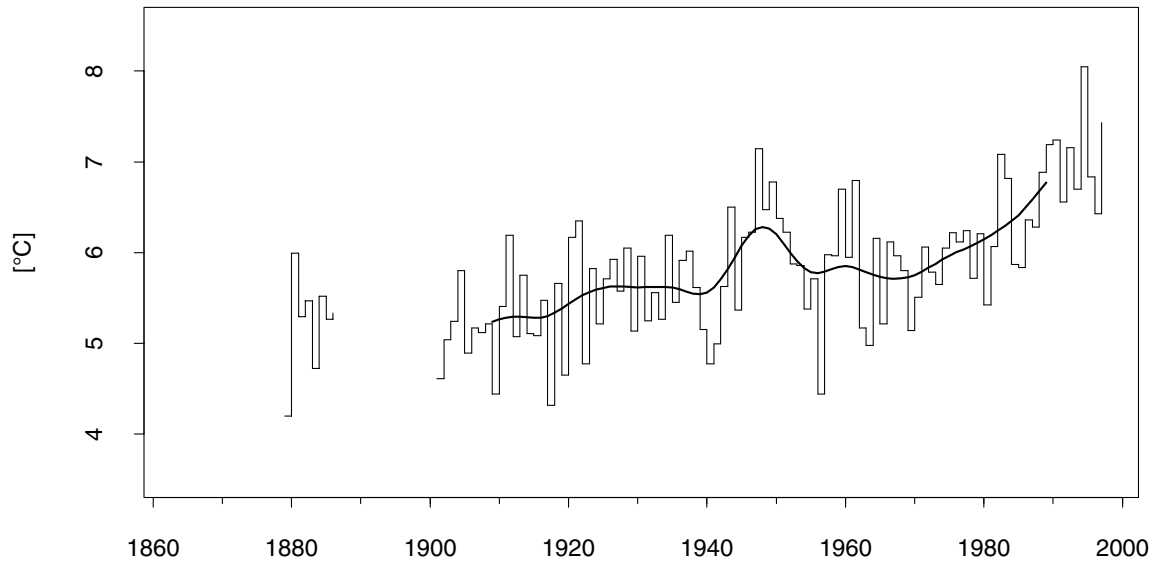


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

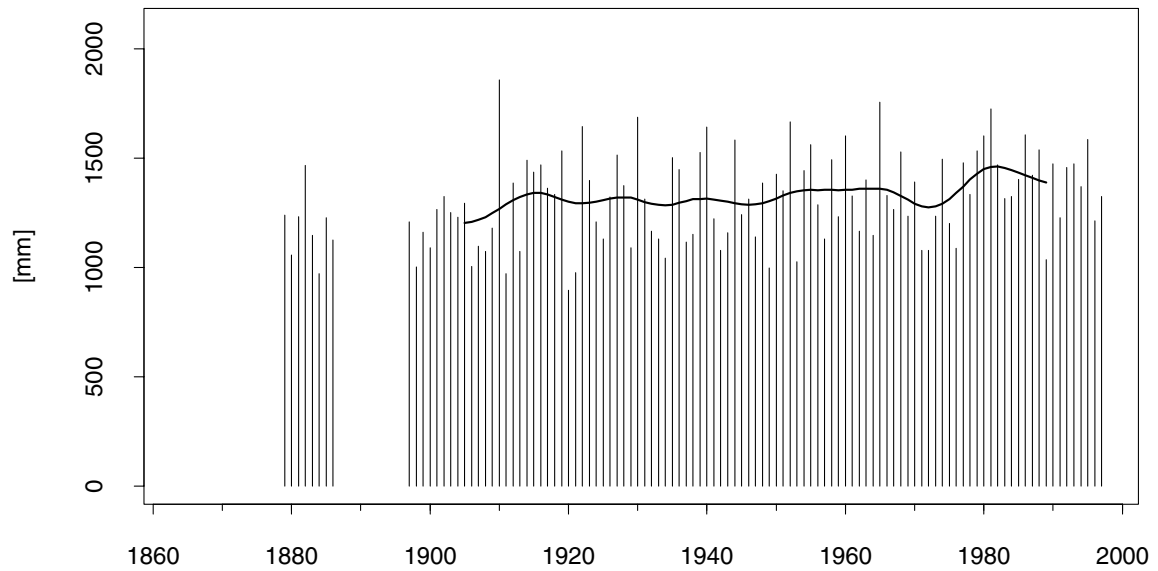


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Château-d'Oex

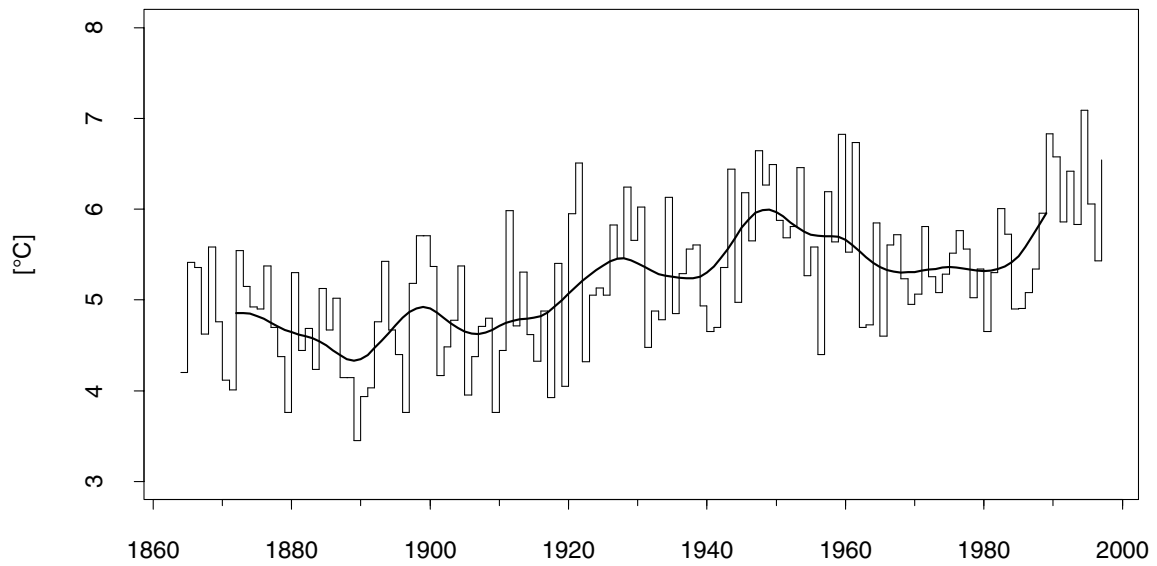


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

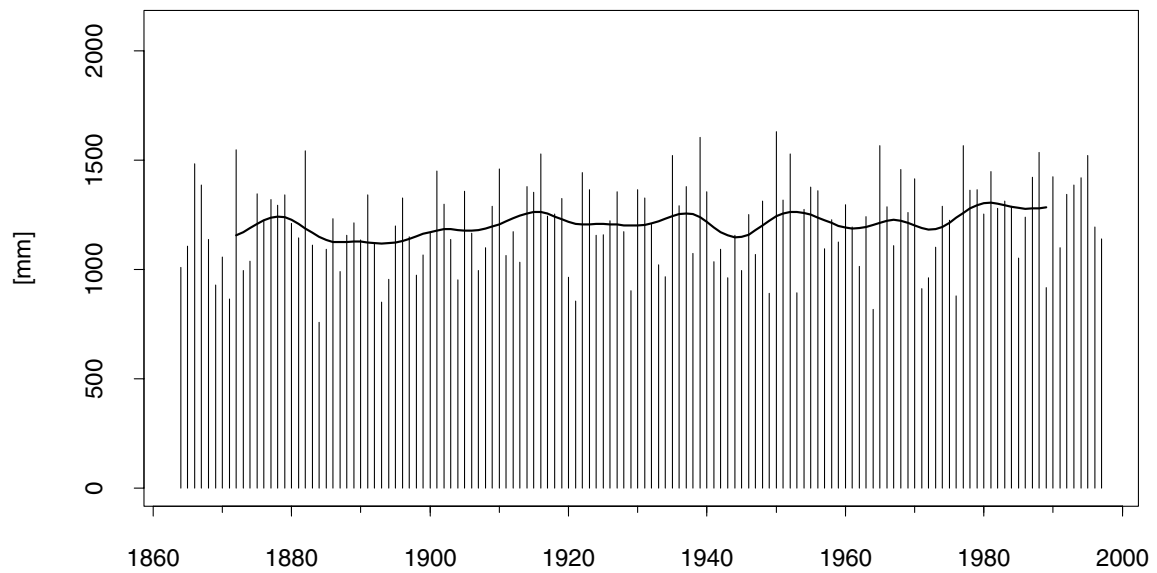


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Chaumont

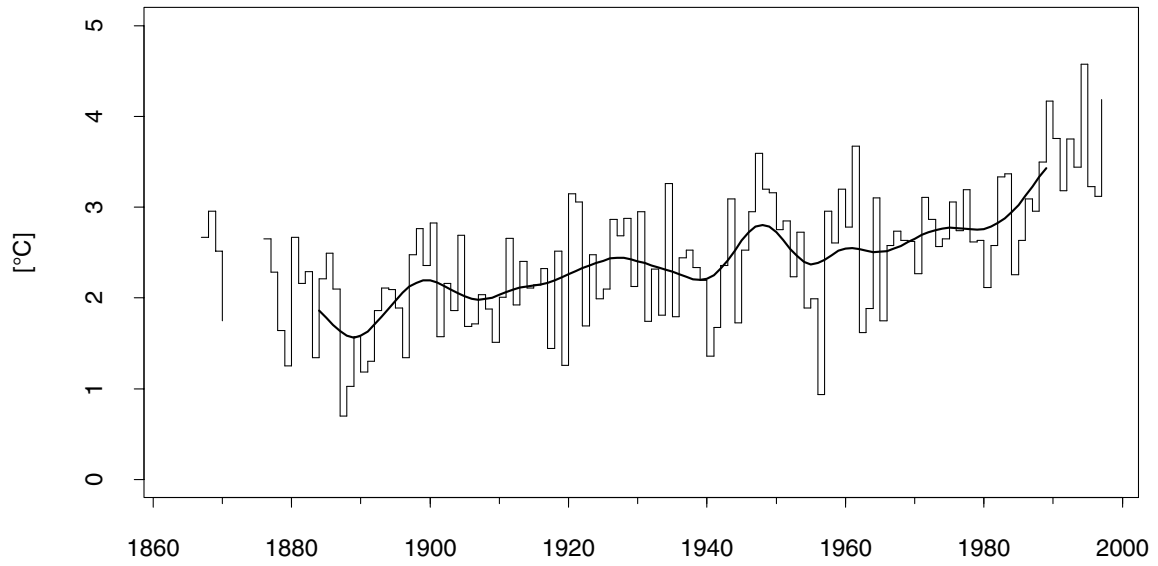


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

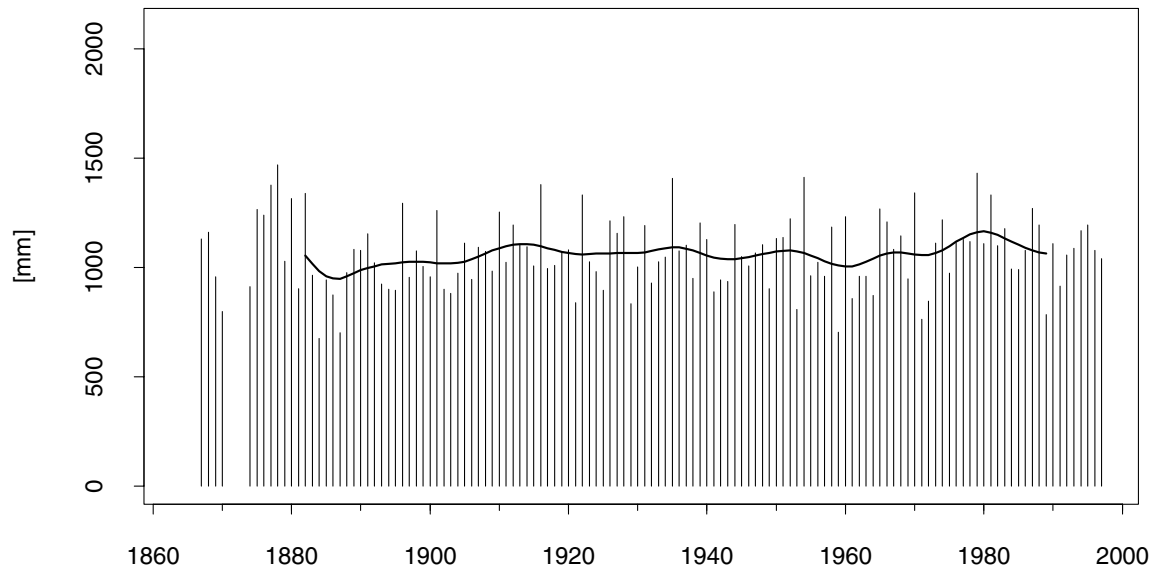


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Davos

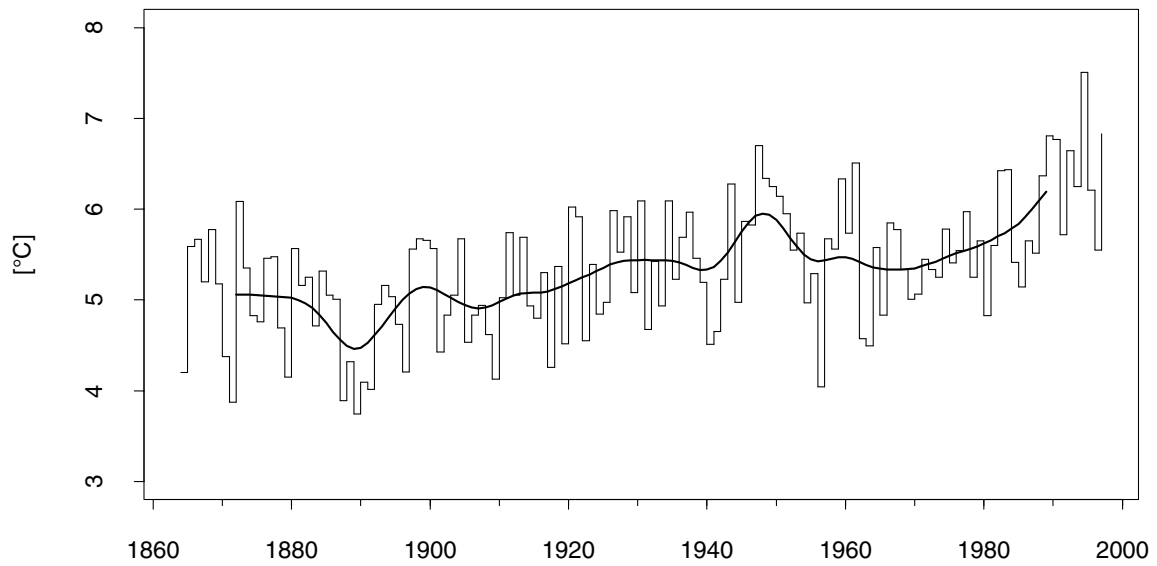


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

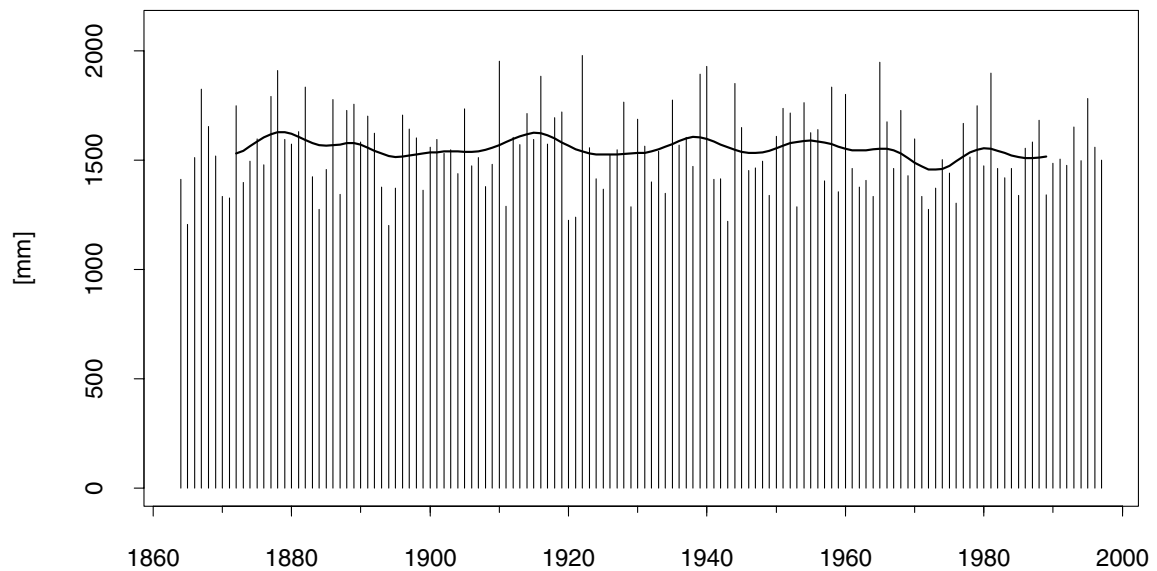


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Engelberg

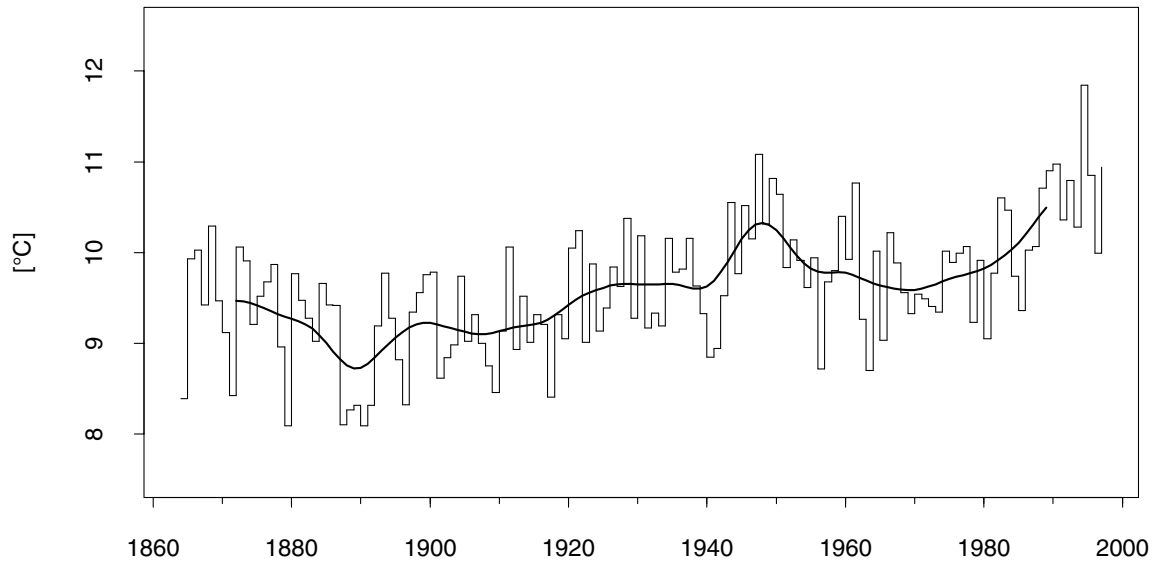


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

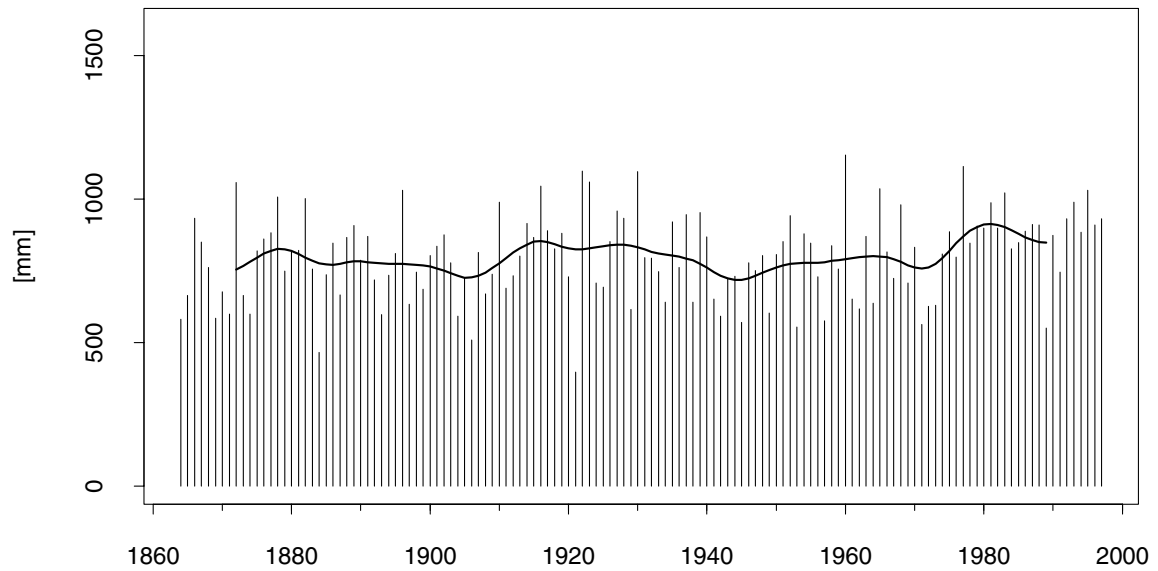


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Genève

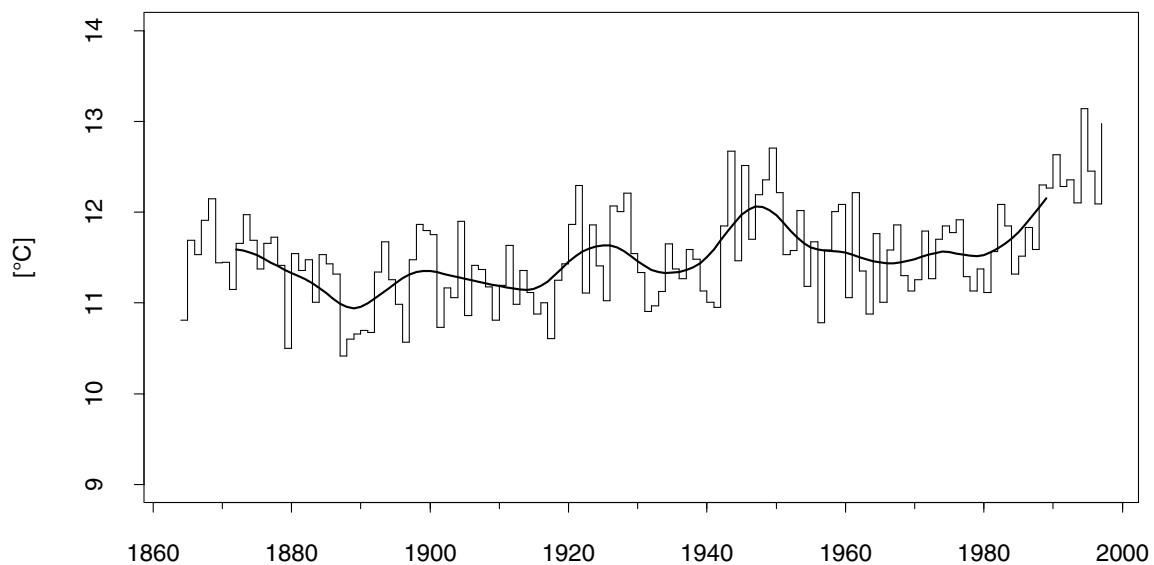


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

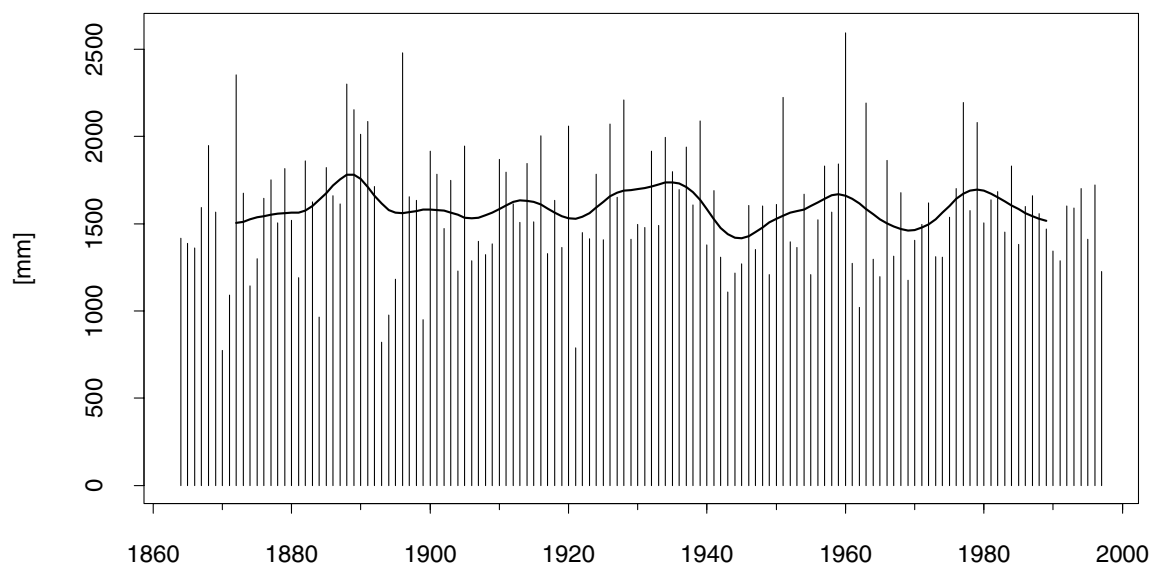


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Lugano

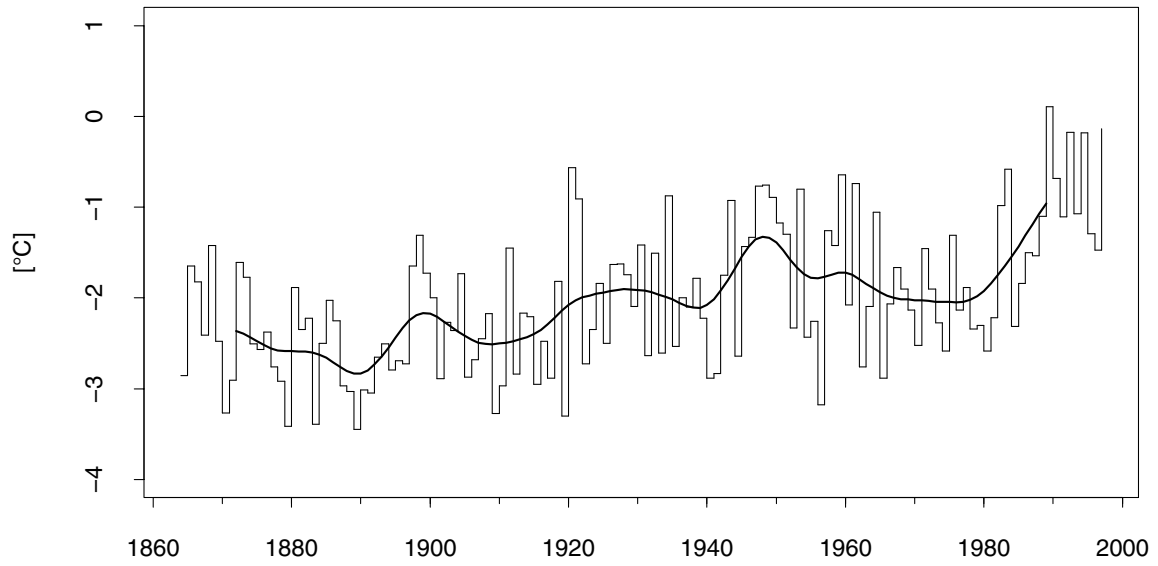


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

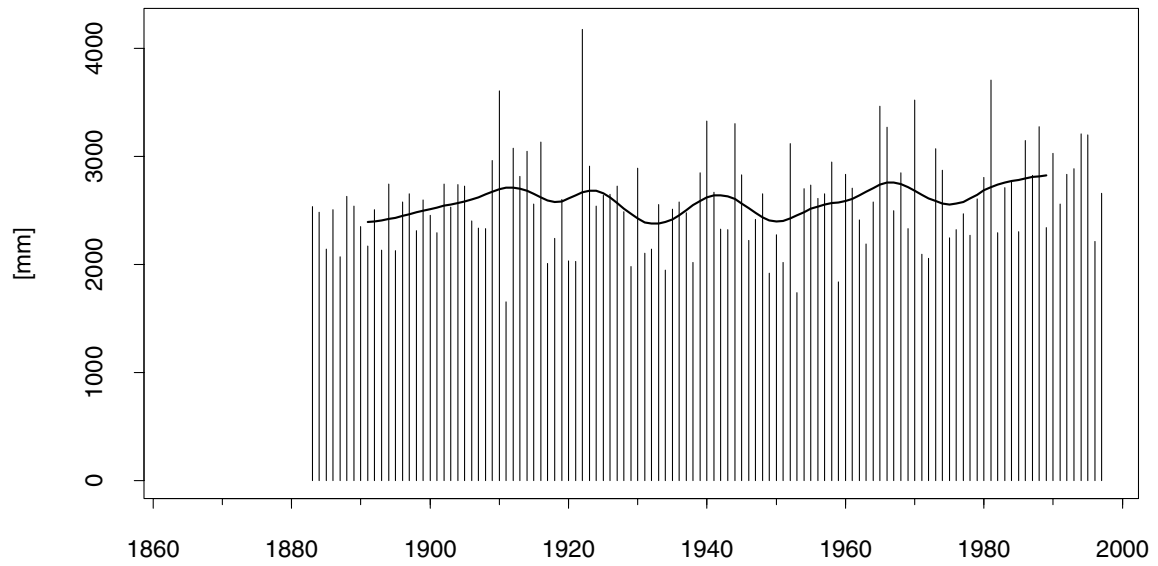


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Säntis

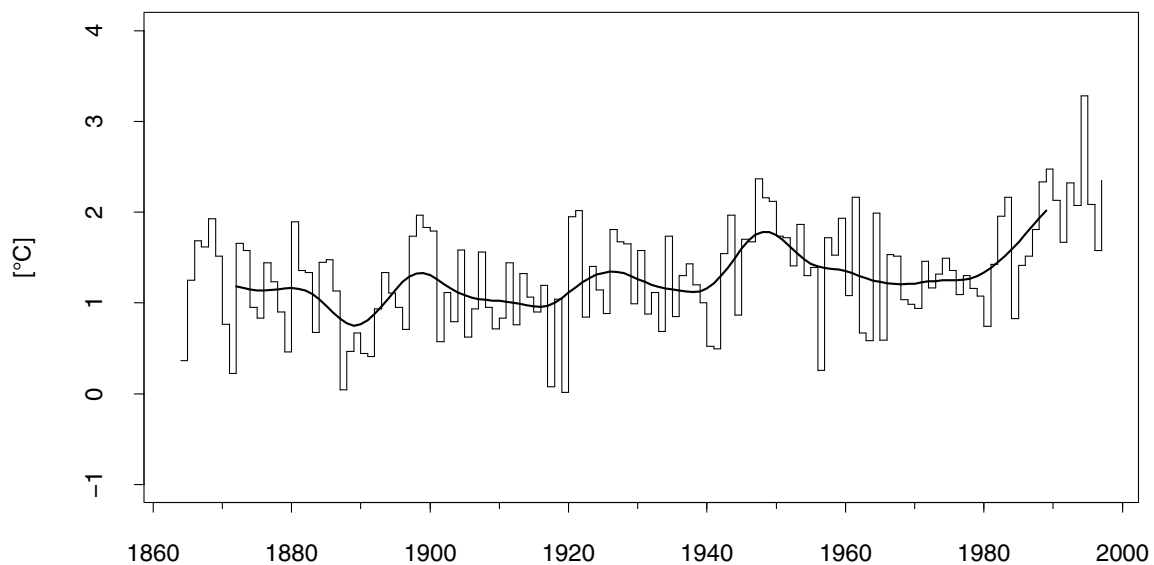


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

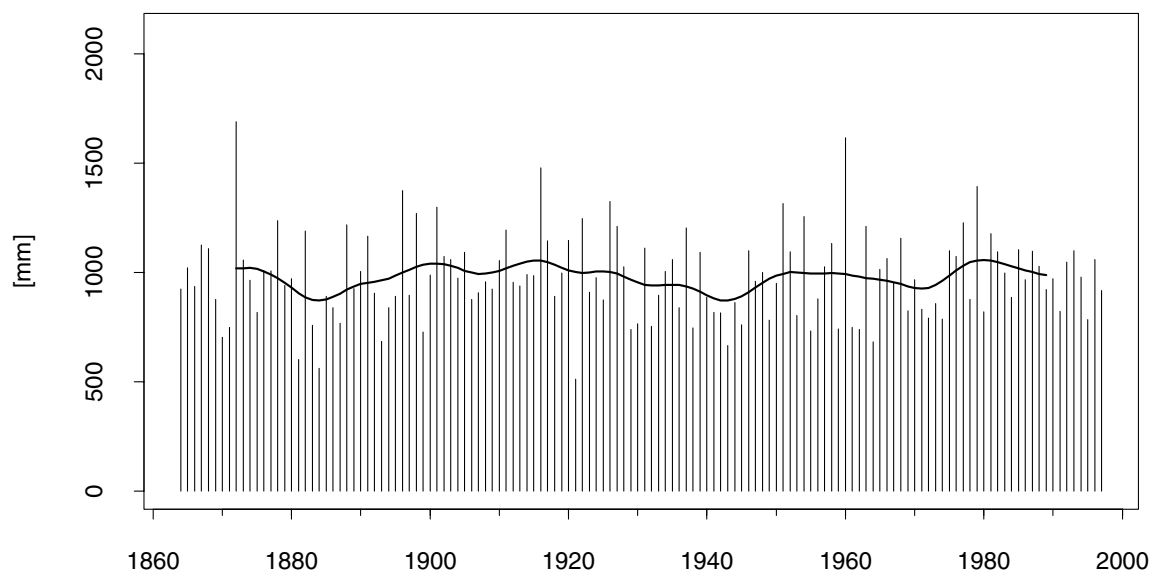


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

Station Segl/Sils-Maria

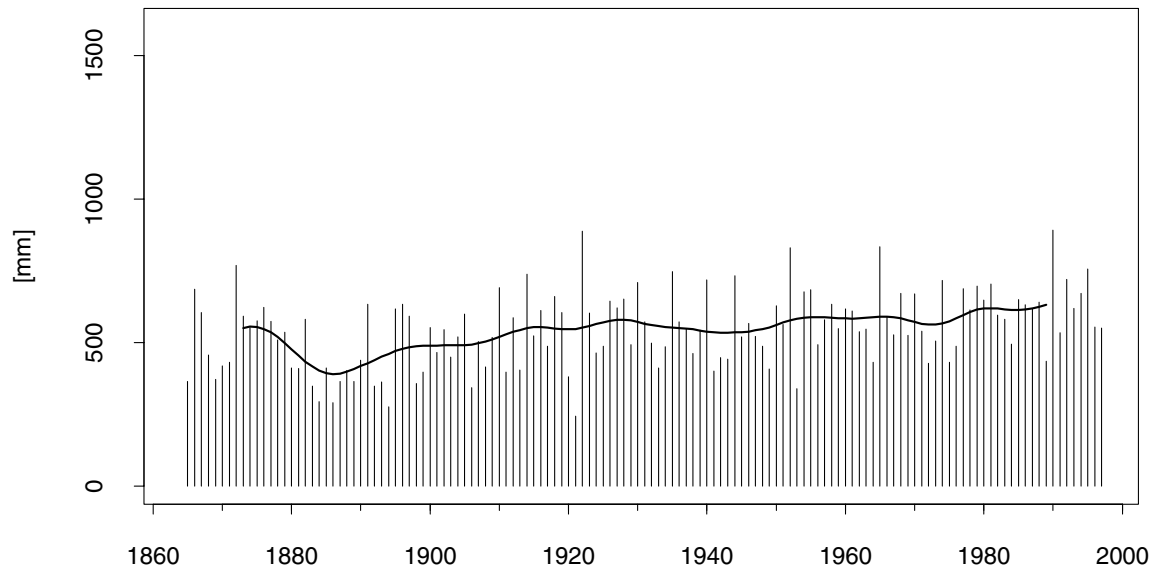
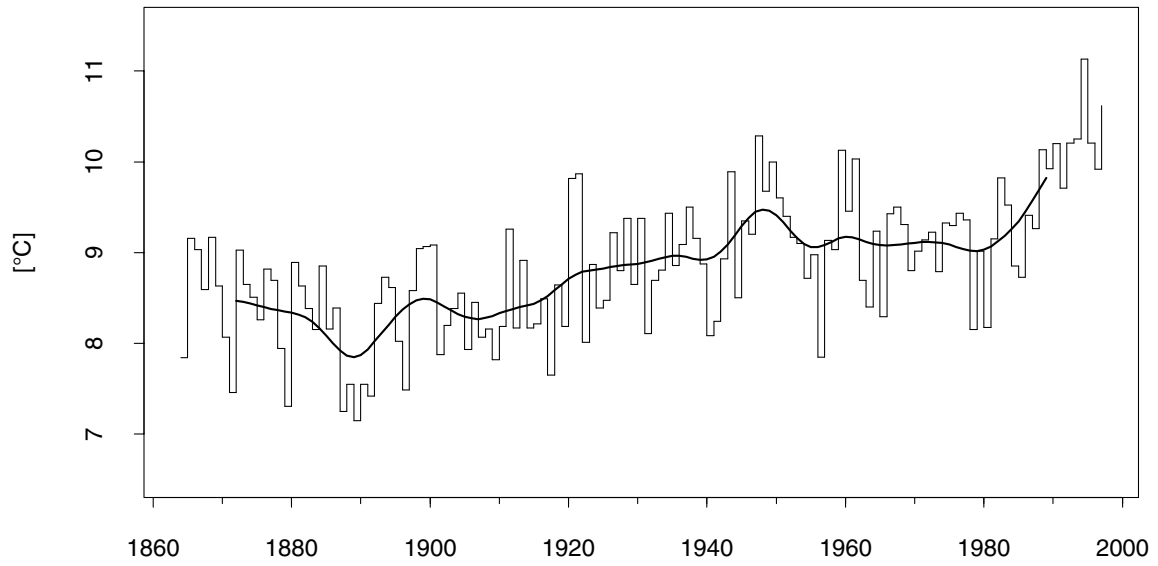


Jahresmittel der Temperatur 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

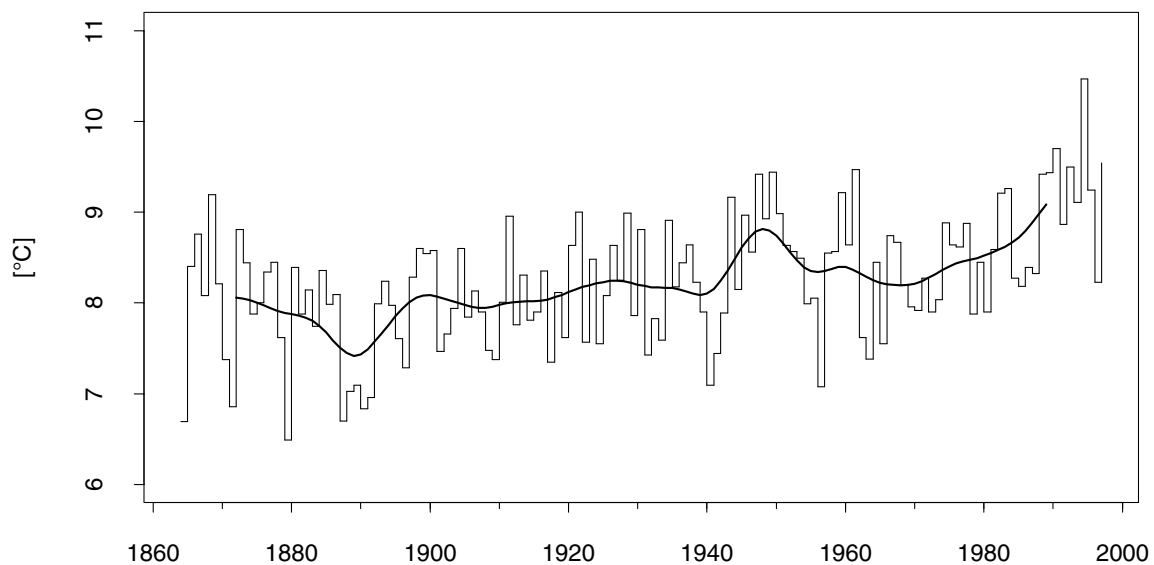


Jahressumme des Niederschlags 1864-1997 inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre

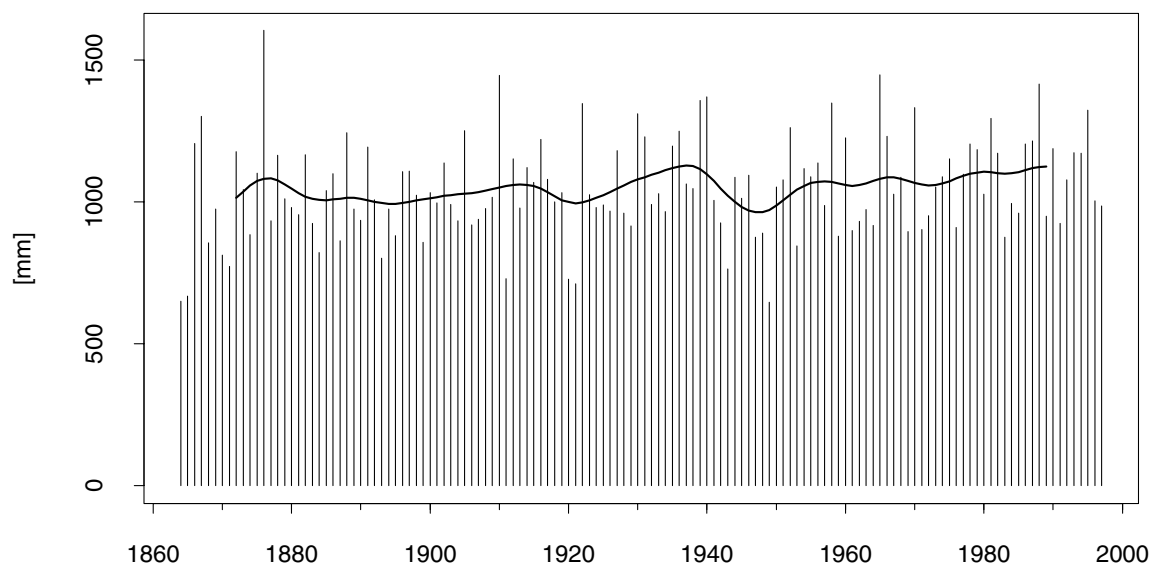
Station Sion



Station Zürich-MeteoSchweiz



Jahresmittel der Temperatur 1864-1997, inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre



Jahressumme des Niederschlags 1864-1997, inkl. Gauss-Tiefpass-Filter über 20 Jahre