



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

Arbeitsbericht MeteoSchweiz Nr. 212

Die Maximaltemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen

Ludwig Z'graggen



Arbeitsbericht MeteoSchweiz Nr. 212

ISSN: 1422-1381

Die Maximaltemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen

Ludwig Z'graggen

Bitte zitieren Sie diesen Arbeitsbericht folgendermassen
Z'graggen, L: 2006, Titel, *Arbeitsberichte der MeteoSchweiz*, **212**, 74 pp.

Herausgeber

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz, © 2006

MeteoSchweiz
Krähbühlstrasse 58
CH-8044 Zürich
T +41 44 256 91 11
www.meteoschweiz.ch

Weitere Standorte
CH-8058 Zürich-Flughafen
CH-6605 Locarno Monti
CH-1211 Genève 2
CH-1530 Payerne

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Verdankung	5
Einleitung	7

Teil I: Einfluss von Veränderungen in den Messbedingungen auf die täglichen Maximaltemperaturen in 6 langen Schweizer Messreihen unter besonderer Berücksichtigung von Strahlung und Wind

1	Homogenisierung von längeren Zeitreihen	10
1.1	Verfahren A.....	11
1.2	Verfahren B.....	15
2	Homogenisierung der einzelnen Stationen	19
2.1	Zürich.....	19
2.2	Basel.....	22
2.3	Bern.....	24
2.4	Genf.....	28
2.5	Locarno-Monti.....	30
2.6	Lugano.....	32
3	Verifikation und allgemeine Bemerkungen zu den obigen Korrekturverfahren	41
4	Auswirkungen der Homogenisierung auf die Sommer- und Hitzetage	44
5	Vergleich der homogenisierten Temperaturrekorde mit den Temperaturrekorden in der Datenbank von Meteo Schweiz	47

Teil II: Die Maximumtemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen

6	Synoptik während der Hitzewelle vom 3. bis 13. August 2003	50
7	Synoptik während der Hitzewelle vom 21. bis 31. Juli 1983	53
8	Hitzephasen im Juni 2003	55
9	Hitzephasen im Juli 2003	56
10	Der neue Schweizerische Hitzerekord vom 13. August 2003 in Grono	57
11	Nicht abnorme Höchsttemperaturen in Visp	59
12	Sommertage	60
12.1	Definition eines Sommertages.....	60
12.2	Durchschnittliche Verteilung der Sommertage in der Schweiz.....	60
12.3	Der Sommer 2003 im Vergleich zum Normaljahr.....	61
13	Hitzetage	63
13.1	Definition eines Hitzetages.....	63
13.2	Durchschnittliche Verteilung der Hitzetage in der Schweiz.....	63

13.3	Der Sommer 2003 im Vergleich zu einem Normaljahr und zu anderen Hitzesommern.....	64
14	Mittlere Monatsmaxima.....	66
15	Absolute Maxima.....	68
	Zusammenfassung.....	71
	Literaturverzeichnis.....	73

Verdankungen

Zuerst schulde ich Herrn M. Begert und Th. Schlegel meinen herzlichen Dank. Ohne ihre bereitwilligen Auskünfte wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Besonders wichtig waren dabei die homogenisierten monatsmittleren Datensätze, die mir von ihnen zur Verfügung gestellt wurden. Es stellte sich im Laufe der Arbeit heraus, dass ohne homogenisierte Datensätze ein Umrechnen auf Tageswerte mit Berücksichtigung der Strahlung und des Windes und eventuellen anderen Parametern gar nicht möglich ist. Ich kann es deshalb nur unterstützen, wenn auch für die Zeit vor 1959 die monatsmittleren Maxima noch genauer, das heisst mit den heutigen Methoden, homogenisiert werden. Dadurch wird ein Aufsplitten in die einzelnen Tage auch hier besser möglich, als dies in dieser Arbeit der Fall ist.

Ein weiteres Dankeschön gilt Herrn S. Bader. Bei allfälligen Problemen stiess ich bei ihm trotz seines ausgefüllten Arbeitspensums stets auf ein offenes Ohr. Dank seiner langjährigen grossen Erfahrung in der Klimatologie konnte er mir viele Ratschläge erteilen.

Auch Herr P. Zbinden und Herr F. Lumpert standen mir bei allfälligen Fragen mit Rat und Tat zur Seite, wodurch ihnen mein aufrichtiger Dank gebührt.

Im Weiteren möchte ich Herrn P. Albisser und R. Mühlebach meinen Dank aussprechen. Sie ermöglichten es mir, einen Bericht über den Sommer 2003 zu verfassen. Obwohl zurzeit der operationelle Prognosedienst viel Zeit in Anspruch nimmt, gaben sie mir weit über einen Monat Zeit, diesen Bericht zu schreiben.

Ich möchte es nicht unterlassen, meinen Mitmeteorologen und Beratern zu danken. Sie hatten immer grosses Verständnis, wenn zwischendurch einmal eine andere Arbeit etwas länger liegen blieb.

Einleitung

Der Sommer 2003 war in der Schweiz und auch in weiten Teilen von Mittel- und Südeuropa extrem heiss. Die Monate Juni, Juli und August brachten in der Schweiz eine positive Temperaturabweichung von 5 Grad, was die bisherigen Extremtemperaturen um etwa 2 Grad übertrifft (Schär et al., 2004; Luterbacher et al., 2004). Dies hatte einige grosse Auswirkungen auf die Umwelt in der Schweiz und in den umliegenden Ländern. So hatte beispielsweise in der Schweiz die Vegetation (Dobbertin et al., 2005) und dementsprechend die Landwirtschaft (Keller et al., 2004) stark durch die Hitze und Trockenheit zu leiden. Im Hochgebirge hatten Gletscher deutlich grössere Massenverluste zu verzeichnen als in normalen Sommern (BUWAL, BWG, MeteoSchweiz, 2004). Im Weiteren tauten auch vielerorts Flächen mit Permafrost auf (Gruber et al., 2004; Keusen, 2005). Die extreme Hitze hatte auch Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen. So starben aufgrund der hohen Temperaturen in der Schweiz zusätzlich rund 1000 Menschen. In Frankreich, welches von der Hitze besonders betroffen war, wird die Zahl der Toten allein zwischen dem 1. und 20. August auf 15000 geschätzt. Auch in Italien, Spanien, in den Niederlanden, Deutschland und England wurde von hitzebedingten Todesfällen berichtet (Grize et al., 2005). Gesamteuropäisch wird die Zahl der Toten als Folge der Hitzewelle auf 35000 geschätzt (United Nations Environment Programme (UNEP), 2004; Kovats et al., 2004). In der Schweiz war besonders in den Städten und Agglomerationen die Mortalitätsrate besonders hoch, weil hier zusätzlich auch die Nachttemperaturen sehr hoch waren (Thommen Dombois, 2005).

Der Hitzesommer 2003 in der Schweiz wurde in bezug auf Meteorologie und Klimatologie von verschiedenen Autoren beschrieben (Bader, 2004; Zbinden, 2003), wobei vorwiegend auf die Temperaturmittel und weniger auf die mittleren und absoluten Maxima eingegangen wurde.

Da in früheren Jahren die Temperaturen in einer Hütte gemessen wurden, lagen sie an wolkenarmen Tagen infolge der Beeinflussung der Strahlung und der Erwärmung der Hütte mehr oder weniger deutlich zu hoch. Es wird deshalb im ersten Teil dieser Arbeit versucht, die damaligen Messwerte zu korrigieren und auf den heutigen Stand der Messtechnik zu bringen. An der MeteoSchweiz wurden bereits im Projekt NORM90 (Begert et al., 2003) Datenreihen homogenisiert, mit statistischen Methoden *Homogenisierungsbeträge auf Monatsbasis* bestimmt und anschliessend statistisch auf Tagesstufe umgelegt. Die Motivation für die vorliegende Arbeit besteht in der Einordnung der im Sommer 2003 gemessenen Maximaltemperaturen einzelner Tage sowie der Sommer- und Hitzetage in den historischen Datenreihen. Dazu war es nötig die im Projekt NORM90 berechneten mittleren Homogenisierungsbeträge wetterlagenspezifisch auf die einzelnen Tage zu verteilen. Eine Methodik basierend auf Strahlungsbilanz und Windstärke wurde entwickelt und exemplarisch an 6 ausgewählten Stationen angewendet. Obwohl sich aus der Methodik absolute korrigierte Werte ergeben, die in diesem Bericht auch publiziert werden, sind diese Resultate als Grössenordnungen zu betrachten. Die Werte dieser Arbeit dienen hauptsächlich zu Auskunftszwecken bei zukünftig auftretenden Hitzewellen, um heutige Messwerte mit früheren Daten vergleichen zu können. Zurzeit werden nach wie vor die gemessenen und in der Datenbank von MeteoSchweiz abgespeicherten Originalwerte als offizielle Temperaturwerte und Rekorde verwendet. Ob in Zukunft homogenisierte Werte zur Beurteilung von Rekorden herangezogen werden, ist momentan noch offen.

Im Projekt NORM90 wurden die monatsmittleren Temperaturen an sämtlichen momentan im Betrieb stehenden Klimastationen zwischen 1959 und 1990 mit Hilfe von statistischen Methoden homogenisiert. Für die Zeit vor 1959 wurden in dieser Arbeit die Homogenisierungsbeträge bei einer Veränderung der Messtechnik oder bei Stationsverschiebungen hauptsächlich aus der Literatur entnommen und anschliessend

wiederum wetterlagenspezifisch auf die einzelnen Tage umgerechnet, wobei in dieser Zeit Änderungen deutlich seltener waren als nach 1960, was die Arbeit erleichterte. Zum Schluss wird auf die Auswirkung der in dieser Arbeit gemachten Homogenisierungen auf die Sommer- und Hitzetage sowie auf die offiziell geltenden Rekordwerte eingegangen. Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wird zunächst auf die Grosswetterlage der extremsten Hitzeperiode vom 1. bis 13. August 2003 näher eingegangen. Anschliessend wird die bisher extremste Hitzeperiode, nämlich diejenige vom 21. bis 31. Juli 1983 genauer untersucht. Dann wird auf die weniger lang andauernden Hitzeperioden vom Juni und Juli 2003 sowie auf den Temperaturrekord in Grono vom 11. August 2003 näher eingegangen. Weitere Schwerpunkte sind die Sommer- und Hitzetage an ausgewählten Stationen zwischen 1901 und 2003 sowie die mittleren und absoluten Maxima in der Schweiz, wobei die in dieser Arbeit homogenisierten Datenreihen besonders berücksichtigt werden.

Teil I

Einfluss von Veränderungen in den Messbedingungen auf die täglichen Maximaltemperaturen in 6 langen Schweizer Messreihen unter besonderer Berücksichtigung von Strahlung und Wind

1 Homogenisierung von längeren Zeitreihen der Maximaltemperatur

Die in dieser Arbeit betrachteten Werte sind ausschliesslich Tageshöchsttemperaturen. Auf die Mittelwerte und auf die Minima wird nicht näher eingegangen. Da die Tageshöchsttemperaturen in früheren Jahren infolge des ungenügenden Strahlungsschutzes oft zu hoch lagen, und andererseits auch an einigen Orten Stationsverschiebungen stattfanden, mussten die Tageshöchsttemperaturen homogenisiert werden.

Grössere Schwierigkeiten bereitete vor allem die Homogenisierung der früheren Messwerte. Die Lufttemperatur wird in der Schweiz heute zumeist mit ventilierten Thermometern gemessen. Dabei wird alle 10 Minuten während 30 Sekunden die Umgebungsluft des Messgerätes angesaugt und mit ca. 5 m/s dem Messinstrument zugeführt. Auf diese Weise können Verfälschungen der Lufttemperatur infolge Beeinflussung der Strahlung praktisch ausgeschlossen werden. Diese Messgeräte sind in der Schweiz seit ca. 1978 im Einsatz. In früheren Jahren wurden die Temperaturen in Englischen Hütten gemessen. Diese Holzhütten sind an einzelnen Stationen heute noch im Einsatz. Die Englischen Hütten liefern bezüglich den Extremtemperaturen recht gute Ergebnisse, der Einfluss der Strahlung wirkt sich nicht stark aus; die gemessenen Höchsttemperaturen sind an strahlungsreichen Tagen im Durchschnitt nur etwa 0.5 Grad zu hoch. Wenn allerdings eine solche Hütte verwittert oder stark verschmutzt ist, erhöht sich die Abweichung auf bis zu 1 Grad (Müller, 1984). In der Schweiz sind die Englischen Hütten ab den 50er Jahren im Einsatz, allerdings wurden an einigen Stationen noch bis 1970 in zwei anderen Wetterhüttentypen die Temperaturen gemessen. Dies ist zum einen das Zinkblechgehäuse, welches auf der schattigen Nordseite eines Hauses aufgestellt wurde und zum andern die Wild'sche Hütte.

Das Zinkblechgehäuse lieferte, wenn es an einem geeigneten Standort aufgestellt wurde, ziemlich genaue Extremwerte. Dieses Wetterhäuschen war allerdings recht empfindlich auf diffuse und langwellige Strahlung. So wurden an einzelnen Orten am Nachmittag im Mittel bis 1.5 Grad zu hohe Temperaturen gemessen, obwohl das Häuschen nie von direkter Sonnenstrahlung getroffen wurde. In diesem Fall hatte es aber in der Nähe reflektierende Gegenstände, zum Beispiel eine weisse Hauswand, welche die Sonnenstrahlung zum Teil zurückstrahlte. In anderen Fällen hatte es in der Umgebung eine stark überhitzte Bodenoberfläche, zum Beispiel Gleisareale oder geteerte Parkplätze. Diese Bodenoberfläche gab nun Energie in Form von langwelliger Strahlung ab und heizte daher das Zinkblechgehäuse ebenfalls auf. Daneben gab es aber auch Stationen, an denen die Nachmittagstemperaturen an schönen Tagen bis 1 Grad zu tief lagen. Dies trat dann auf, wenn der Aufstellungsort innerhalb grosser Gebäudekomplexe schlecht belüftet war. Es entwickelte sich in den grossen schattigen Flächen ein Lokalklima, das tagsüber bis zu 1 Grad kühler war als die weitere Umgebung.

Die bezüglich den Nachmittagstemperaturen eindeutig grössten Abweichungen gegenüber dem ventilierten Thermometer lieferten aber die Wild'schen Hütten. Dieser Hüttentyp war eine nach Norden und zur Bodenoberfläche offene Metallhütte. Die Tageshöchsttemperaturen lagen hier im Mittel um ca. 1.5 Grad zu hoch und an schönen, windstillen Tagen konnten bis 3 Grad zu hohe Temperaturen gemessen werden (Müller, 1984).

Da die Tageshöchsttemperaturen früher nur in einzelnen Städten gemessen wurden, fiel die Wahl der betrachteten Stationen auf **Zürich, Basel, Bern, Genf** sowie **Locarno-Monti** und **Lugano**. Der Beginn der betrachteten Zeitperiode wurde im Allgemeinen im Jahre 1901 angesetzt, weil die in frühen Jahren an einzelnen Stationen gemachten Beobachtungen wahrscheinlich noch grössere Korrekturen nötig gemacht hätten. Überdies wären die Beträge der Korrekturen nur sehr schwer zu bestimmen gewesen.

Es wird nun auf die Homogenisierung der Tageshöchsttemperaturen an den untersuchten Stationen näher eingegangen. Dabei werden zwei Verfahren unterschieden, welche im Folgenden beschrieben werden.

1.1 Verfahren A: Homogenisierung bei Veränderungen am gleichen Standort

a) Einfluss der Strahlung

Verantwortlich für die Überwärmung einer Hütte ist bekanntlich die Strahlung. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Überwärmung eines Gegenstandes proportional zur Strahlungsbilanz ansteigt. Die Strahlungsbilanz setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen:

$$N = G(1 - \alpha) + L \downarrow - L \uparrow. \quad (1)$$

N bezeichnet die Nettostrahlung, G die Globalstrahlung und α die Albedo. Mit $L \downarrow$ ist die langwellige Einstrahlung und mit $L \uparrow$ die langwellige Ausstrahlung gemeint.

Da aber die Strahlungsbilanz schwer zu berechnen ist, musste sie parametrisiert werden. Im Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass tagsüber die Globalstrahlung weitaus der grösste Strahlungsterm ist, und deshalb die Strahlungsbilanz im Wesentlichen von ihr dominiert wird (Z'graggen, 2001). Die Globalstrahlung hängt wiederum vom Bewölkungsgrad ab. Deshalb wurde zunächst für die Jahre 1981 bis 2003 für jeden Monat die mittlere Globalstrahlung in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad bestimmt. Als Station wurde Zürich gewählt. Aus Zeitgründen wurde die Globalstrahlung der anderen Stationen nicht berechnet. Für die Bestimmung der Überwärmung einer Hütte wurden folglich an jeder Station die Globalstrahlungswerte von Zürich verwendet.

Besonders bei stark wechselnden Bewölkungsverhältnissen kann angenommen werden, dass das Temperaturmaximum und vor allem das Ausmass der Überwärmung der Wetterhütte im Allgemeinen zur Zeit der maximalen Globalstrahlung am grössten ist. Demzufolge wurden nicht die Globalstrahlungswerte zur Zeit des Beobachtungstermins eines Tages für die Temperaturkorrektur in Betracht gezogen, sondern die maximalen Werte dieses Tages. Nun ist die Wild'sche Hütte strahlungsempfindlicher als die Englische Hütte. Im Weiteren reagiert die Englische Hütte relativ träge auf schnelle Änderungen. Deshalb wurde für den Fall der Wild'schen Hütte der Tageshöchstwert der Zehnminutenwerte als repräsentativ für die Globalstrahlungswerte angesehen, für die Englische Hütte der Einfachheit halber der maximale Stundenwert.

In der Periode von 1901-1970 wurden die Bewölkungsangaben in Zehntel statt in Achtel gemacht. In diesem Falle wurden die Globalstrahlungswerte von der Achtel-Skala auf die Zehntel-Skala linear interpoliert. In Abbildungen 1 und 2 sind die mittleren Tageshöchstwerte der Globalstrahlung in Abhängigkeit von der Bewölkung für den Fall der Wild'schen bzw. der Englischen Hütte für jeden Monat des Jahres dargestellt.

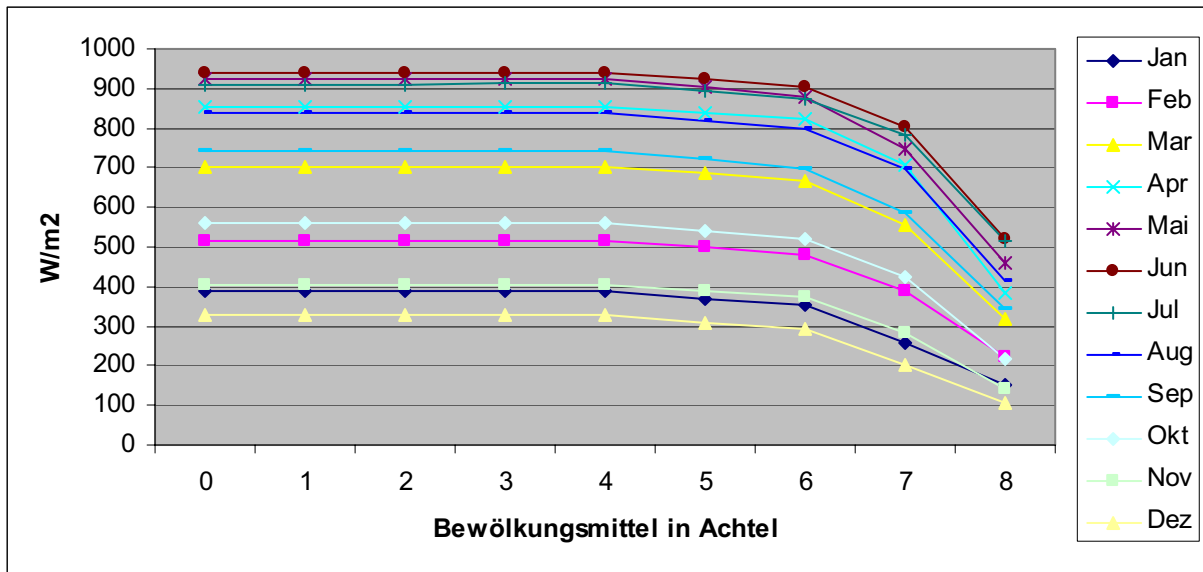


Abbildung 1: Mittlerer Tageshöchstwert der Globalstrahlung jedes Monats in Abhängigkeit von der Bewölkung für den Fall der Wild'schen Hütte basierend auf der Station Zürich.

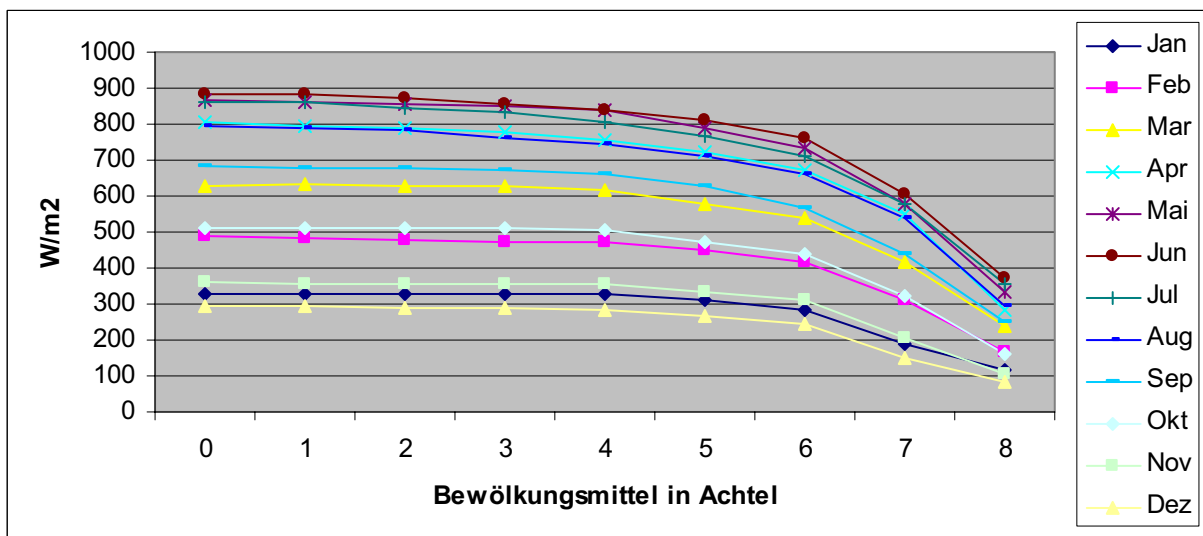


Abbildung 2: Mittlerer Tageshöchstwert der Globalstrahlung jedes Monats in Abhängigkeit von der Bewölkung für den Fall der Englischen Hütte basierend auf der Station Zürich.

Die Albedo einer Wetterhütte kann mit ca. 40 % angegeben werden. Die langwellige Einstrahlung beträgt bei heiteren Verhältnissen ca. 70 % der langwelligigen Ausstrahlung (eigene Berechnungen aus dem Strahlungstransfermodell Modtran, Ohmura A., mündl. Mitteilung). Die langwellige Strahlungsbilanz beträgt dabei ca. -100 W/m^2 . Bei bedeckten Verhältnissen, vor allem bei tiefhängenden Wolken hat sie ein Wert von ungefähr 0 W/m^2 . In den meisten Fällen sinkt mit der Zunahme des Bewölkungsgrades die Bewölkungsuntergrenze ab, vor allem zwischen stärker bewölktem und völlig bedecktem Himmel. Damit nimmt die langwellige Strahlungsbilanz vor allem bei stark bewölkten Verhältnissen rasch zu, während der Unterschied zwischen heiteren und leicht bewölkten Verhältnissen nicht so gross ist. Da es aus Zeitgründen nicht möglich war, die langwellige Strahlungsbilanz bei verschiedenen Bewölkungsverhältnissen zu berechnen, musste sie zwischen den gegebenen -100 W/m^2 bei heiteren Verhältnissen und 0 W/m^2 bei bedeckten und trüben Verhältnissen und gemäss der obigen Beschreibung abgeschätzt werden. Im Weiteren wurde angenommen, dass die

Abhängigkeit von der Bewölkung im Falle der langwelligen Strahlungsbilanz abgesehen vom Vorzeichen ähnlich ist wie bei der Globalstrahlung. Die jahreszeitliche Änderung der langwelligen Strahlungsbilanz ist gering und wurde deshalb vernachlässigt. Die geschätzte langwellige Strahlungsbilanz in Abhängigkeit von der Bewölkung zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Geschätzte Abhängigkeit der langwelligen Strahlungsbilanz von der Bewölkungsmenge.

Bewölkung in Zehntel	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Langwellige Strahlungsbilanz [W/m ²]	-100	-100	-100	-100	-100	-90	-50	-20	0

Nun konnte eine vereinfachte Strahlungsbilanz in Abhängigkeit von der Bewölkung berechnet werden. In Abbildungen 3 und 4 ist Strahlungsbilanz für den Fall der Wild'schen Hütte bzw. der Englischen Hütte dargestellt.

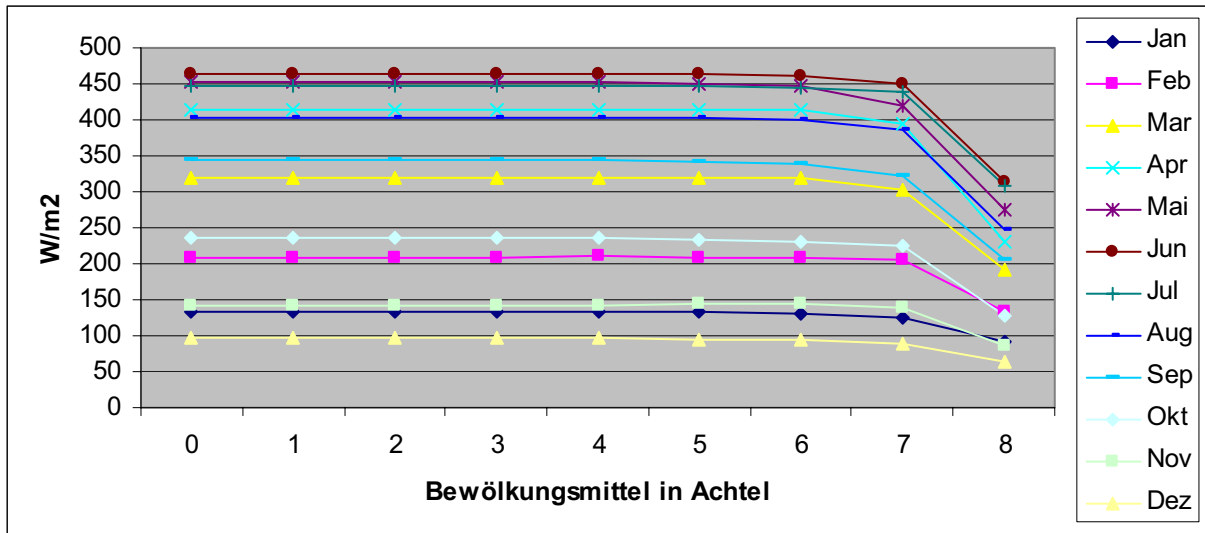


Abbildung 3: Strahlungsbilanz in Abhängigkeit von der Bewölkung für den Fall der Wild'schen Hütte.

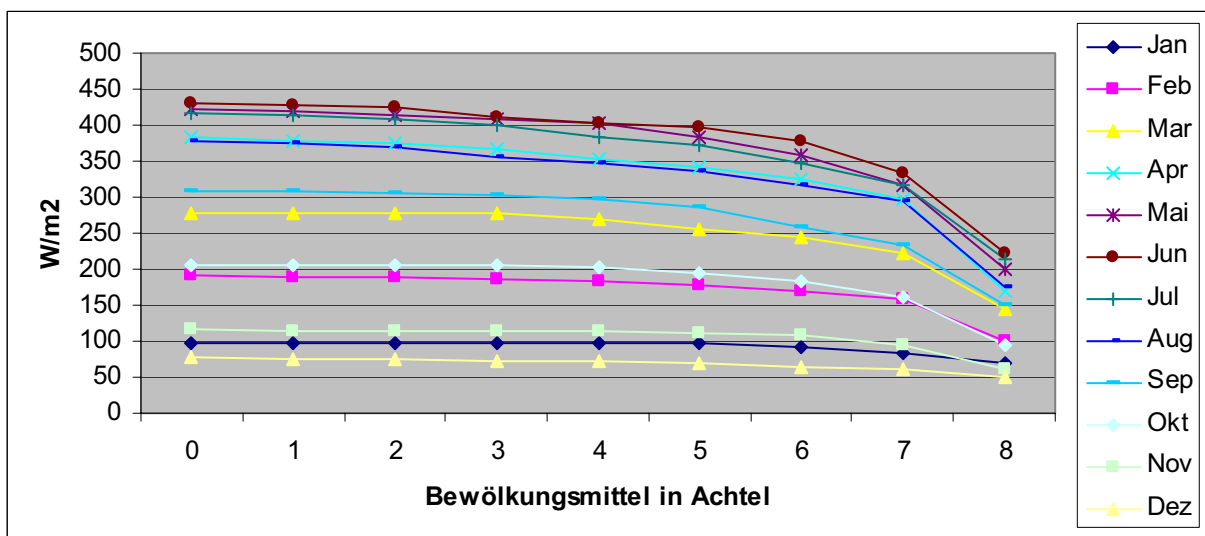


Abbildung 4: Strahlungsbilanz in Abhängigkeit von der Bewölkung für den Fall der Englischen Hütte.

b) Einfluss der Windstärke

Nun musste der Einfluss der Windstärke bestimmt werden. Bei Windstille wird die gesamte Nettostrahlung in die Erwärmung der Wetterhütte überführt. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit steigt der sensible Wärmefluss über einer erwärmten Oberfläche an. Bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten geht praktisch die gesamte Strahlungsbilanz über einer erwärmten, trockenen Oberfläche in sensiblen Wärmefluss über, womit praktisch keine Überwärmung der Wetterhütte mehr stattfinden kann, das heisst der sensible Wärmefluss nähert sich bei zunehmenden Windgeschwindigkeiten asymptotisch der Strahlungsbilanz. Gemäss eigenen Messungen in Gurtellen zwischen 1999 und 2003 sinkt die Überwärmung einer strahlungsempfindlichen Hütte bei starkem Wind auf 1/3 des Wertes bei windstillen Verhältnissen. Diese Windverhältnisse dürften etwa der Windstärke 4 bei der Wild'schen Windfahne entsprechen.

Die Abnahme der Erwärmung wurde aus den obigen Gründen mit einer Exponentialfunktion berechnet, wobei gefordert wurde, dass die Überwärmung bei Windstärke 4 noch 1/3 der Überwärmung bei Windstärke 0 beträgt. Als geeignete Funktion wurde dabei

$$\Delta T(v) = \Delta T(0) \cdot e^{-0.3 \cdot v} \quad (2)$$

gewählt. Dabei bedeutet ΔT die Überwärmung und v die Windgeschwindigkeitsangabe der Wild'schen Windfahne.

c) Überlagerung der Einflüsse von Strahlung und Wind

Der oben berechnete Einfluss des Windes wurde anschliessend mit dem Einfluss der Strahlungsbilanz multipliziert zu

$$\Delta T(Bew, v) = \Delta T(0,0) \cdot \frac{N(Bew, Mon)}{N(0, Mon)} \cdot e^{-0.3 \cdot v}, \quad (3)$$

womit für jeden Monat die Überwärmung für alle Bewölkungsverhältnisse und alle Windstärken bei einer gegebenen maximalen Überwärmung berechnet werden kann. Hier bedeutet $\Delta T(Bew, v)$ die Überwärmung der Hütte bei einem bestimmtem Bewölkungsgrad und einer bestimmten Windgeschwindigkeit, mit $\Delta T(0,0)$ ist die Überwärmung der Hütte bei heiteren und windstillen Verhältnissen, also die maximale Überwärmung, eines bestimmten Monats gemeint. $N(Bew, Mon)$ bedeutet die Nettostrahlung bei einer bestimmten Bewölkungsmenge und eines bestimmten Monats.

Abbildung 5 zeigt die berechnete Überwärmung einer Wild'schen Hütte für die verschiedenen Bewölkungsmittel und Windgeschwindigkeiten für den Monat Juni und für den Fall, dass die maximale Überwärmung, welche bei heiteren und windstillen Verhältnissen auftritt, für den Monat Juni 3.0 Grad beträgt.

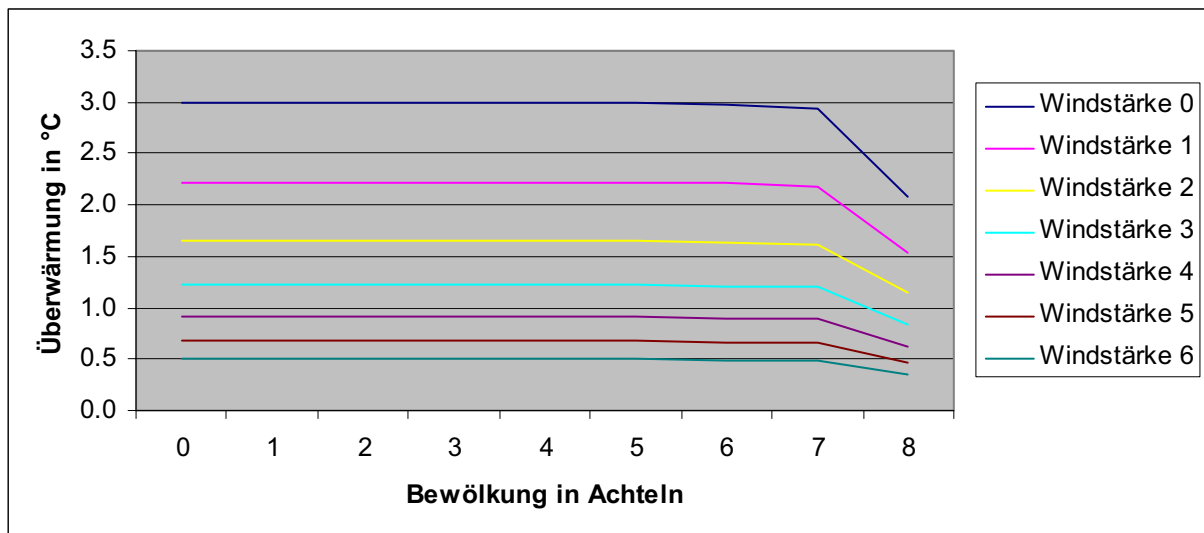


Abbildung 5: Berechnete Überwärmung einer Wild'schen Hütte für den Monat Juni in Abhängigkeit von der Bewölkung und der Windstärke, unter der Annahme, dass die Korrektur bei heiteren und windstillen Verhältnissen 3.0 Grad beträgt.

Ab 1971 wurden die Windgeschwindigkeiten in Knoten gemessen. Um die obige Formel berechnen zu können, wurde die Windgeschwindigkeit von Knoten in die Angaben der Wild'schen Windfahne umgerechnet. Dabei wurde angenommen, dass 20 kt der Windstärke 4 entsprechen (starker Wind) und der Zusammenhang zwischen den Angaben in Knoten und denjenigen der Wild'schen Windfahne ein linearer ist:

$$v_{Wild} = \frac{v_{kt}}{5}. \quad (4)$$

Hier bedeutet v_{Wild} die Windstärkeangabe der Wild'schen Windfahne und v_{kt} die gemessene Windstärke in Knoten. v_{Wild} wurde stets auf ganze Zahlen gerundet.

Nun musste die Überwärmung bei heiteren und windstillen Verhältnissen für jeden Monat bestimmt werden. Diese wurde in der Folge algorithmisch so gewählt, dass der monatsmittlere Homogenisierungsbetrag der betrachteten Zeitperiode der obigen Methode dem Homogenisierungsbetrag von NORM90 entspricht, was zu folgender Gleichung führt:

$$\frac{\sum_{d=1}^n \Delta T(0,0) \cdot \frac{N(Bew, Mon)}{N(0, Mon)} \cdot e^{-0.3 \cdot v}}{n} = \overline{\Delta K_{Norm90}}(Mon) \quad (5)$$

Mit n wird die Gesamte Anzahl Tage eines Monats in der zu homogenisierenden Periode bezeichnet. $\overline{\Delta K_{Norm90}}(Mon)$ bedeutet der monatsmittlere Homogenisierungsbetrag von NORM90. Dabei wurde immer in bezug auf die heutigen Verhältnisse homogenisiert. Dieses Verfahren wurde angewendet bei Hüttenwechseln am gleichen Standort, oder bei nur geringfügigen Standortsverschiebungen wie beispielsweise in Locarno-Monti oder Lugano.

1.2 Verfahren B: Homogenisierung bei Standortswechseln

Falls nun eine Station grössere Standortsverschiebungen aufweist, kann das obige Verfahren nicht angewendet werden. Denn hier kommen lokale Effekte wie Höhenlage, Einfluss einer

grösseren Siedlung oder eines Gewässers etc. ins Spiel, welche nicht mit einem Strahlungsbilanzmodell berücksichtigt werden können.

Grundlage waren auch hier die Homogenisierungsbeträge von NORM90, falls der Bruch nach 1959 stattfand, oder Homogenisierungsbeträge aus der Literatur (Schüepp, 1968; Bider, 1948) für den Fall vor 1959. Bei einigen Fällen musste der monatsmittlere Homogenisierungsbetrag mittels einer Referenzstation bestimmt werden, weil keine Angaben über die Temperaturänderung vorhanden waren. Die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge werden in diesem Kapitel als $\overline{\Delta K_{Lit}}$ bezeichnet, wenn der Homogenisierungsbetrag aus der Literatur stammt oder $\overline{\Delta K_{Ber}}$, wenn der Homogenisierungsbetrag in dieser Arbeit berechnet werden musste.

Nun wurde folgende Überlegung gemacht: Der Unterschied zwischen den monatsmittleren, bewölkungsabhängigen Temperaturdifferenzen zwischen der zu untersuchen Station und einer Referenzstation vor und nach dem Bruch entspricht aufsummiert über alle Tage wieder dem monatsmittleren Homogenisierungsbetrag.

Zunächst wurde für jeden Monat die mittlere Temperaturdifferenz zwischen der zu untersuchenden Station und der Referenzstation für die unterschiedlichen Bewölkungsgrade nach dem Bruch oder in der ANETZ-Periode berechnet:

$$\overline{\Delta T_d(Bew, Mon)_{nB}} = \frac{\sum_{t=1}^n T_{nB}(Bew) - TR_{nB}}{n}, \quad (6)$$

hier bedeutet $\overline{\Delta T_d(Bew, Mon)_{nB}}$ die mittlere Temperaturdifferenz zwischen der zu homogenisierenden Station und der Referenzstation bei einer bestimmten Bewölkungsmenge Bew und eines bestimmten Monats Mon nach dem Bruch. $T_{nB}(Bew)$ bezeichnet die Temperatur eines bestimmten Tages im Monat Mon bei einer gegebenen Bewölkungsmenge Bew nach dem Bruch in der Klimareihe der zu homogenisierenden Station, mit TR_{nB} ist die Temperatur der Referenzstation am gleichen Tag gemeint. Mit n ist die Anzahl Tage im Monat Mon mit der Bewölkungsmenge Bew in der Periode nach dem Bruch gemeint. Das gleiche Verfahren wird vor dem Bruch in der Klimareihe angewendet und führt zu

$$\overline{\Delta T_d(Bew, Mon)_{vB}} = \frac{\sum_{t=1}^n T_{vB}(Bew) - TR_{vB}}{n}. \quad (7)$$

Die Bedeutung der Parameter ist dieselbe wie in Gl(6). Daraus lässt sich die mittlere Änderung der Temperatur $\Delta K(Bew, Mon)$ bei der Bewölkungsmenge Bew und im Monat Mon an der zu homogenisierenden Station bei der Stationsverschiebung berechnen zu:

$$\Delta K(Bew, Mon) = \overline{\Delta T_d(Bew, Mon)_{nB}} - \overline{\Delta T_d(Bew, Mon)_{vB}}. \quad (8)$$

Für die Station Basel ist der Temperaturunterschied $\Delta K(Bew, Mon)$ zwischen dem Standort Binningen und dem Standort Bernoullianum in Abbildung 6 dargestellt.

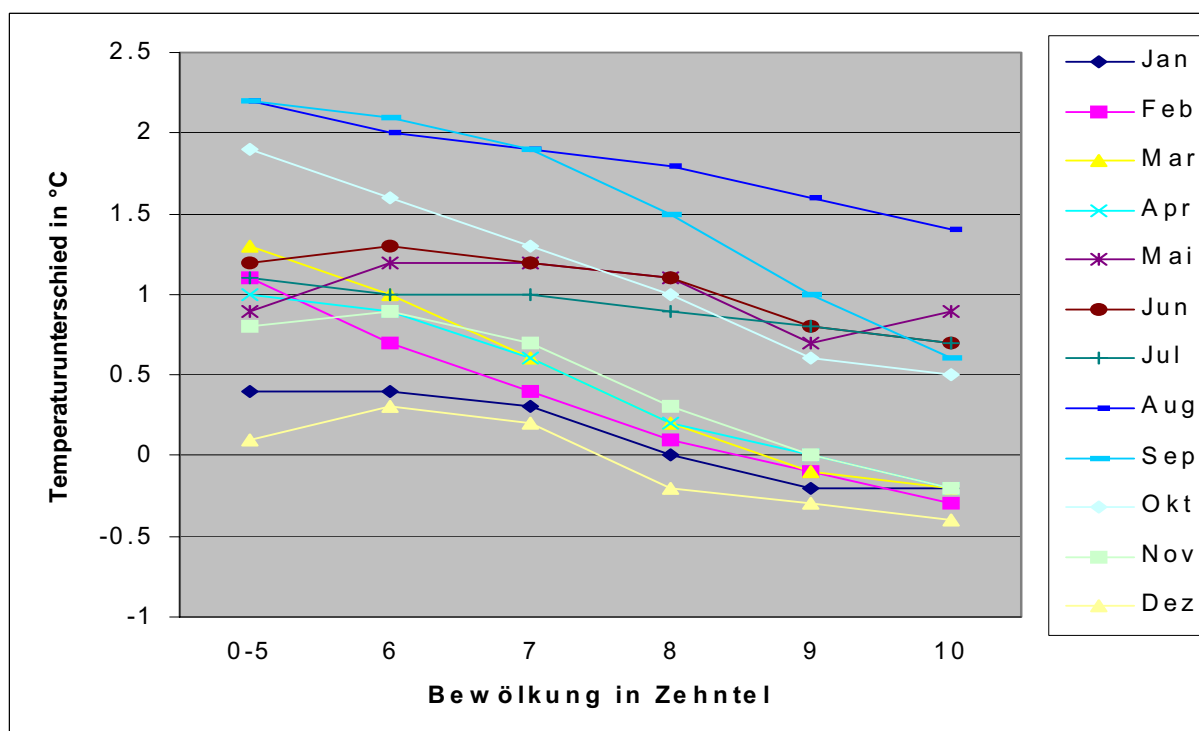


Abbildung 6: Temperaturunterschied $\Delta K(Bew, Mon)$ zwischen Basel-Binningen und Basel-Bernoullianum in Abhängigkeit von der Bewölkung ermittelt aus der homogenen Reihe von Zürich.

Heitere Verhältnisse (0-1/10) sowie starke Bewölkung oder völlige Bedeckung (9-10/10) treten sehr häufig auf. Diese Fälle treten gesamthaft in einigen Monaten 10 mal häufiger auf als alle übrigen Bewölkungsverhältnisse. Bei heiteren und stark bewölkten oder bedeckten Verhältnissen kann deshalb davon ausgegangen werden, dass $\Delta K(Bew, Mon)$ dem wirklichen Korrekturbetrag entspricht.

Hingegen ist bei mässig bewölktem Wetter, also bei Bewölkungsgraden von 5-8/10 Vorsicht geboten. Denn mässig bewölkte Verhältnisse können bei verschiedensten Wetterlagen auftreten. Die Temperaturunterschiede zwischen zwei Stationen sind natürlicherweise nicht bei jeder Wetterlage gleich. So kann beispielsweise Westwindwetter im Januar von gleichen Temperaturen in Genf und Basel ausgegangen werden, in vielen Fällen ist Basel sogar deutlich wärmer. Bei Bise ist es hingegen in Genf oftmals mehrere Grade wärmer als Basel. Da nun mässig bewölkte Verhältnisse wesentlich seltener auftreten als stark bewölkte oder heitere Verhältnisse, muss es nicht zwingend sein, dass in diesem Fall die unterschiedlichen Wetterlagen in der Zeitperiode vor der Stationsverschiebung gleich häufig auftreten wie danach. $\Delta K(Bew, Mon)$ kann deshalb in im Bereich von 5-8/10 recht stark schwanken.

$\Delta K(Bew, Mon)$ wurde deshalb für diesen Bewölkungsbereich geglättet, so dass der Verlauf von 0-10/10 kontinuierlich verläuft und keine grossen Sprünge aufweist.

Die mittlere Windstärke beträgt für Mittellandstationen gemäss NORM90 ca. 4 kt, dies entspricht gemäss Formel dem Wert von ca. 0.8 auf der Wild'schen Windfahne. Im Weiteren wurde aus Zeitgründen angenommen, dass die Windstärke bei allen Bewölkungsverhältnissen etwa gleich ist. Damit konnte nun gemäss der Gleichung 9 auf die Temperaturabweichung bei der Windstärke 0 geschlossen werden:

$$\Delta K(Bew, Mon, 0) = \frac{\Delta K(Bew, Mon)}{e^{-0.3 \cdot v}}, \quad (9)$$

wobei v den Wert 0.8 annimmt. Hier bedeutet $\Delta K(Bew, Mon, 0)$ die mittlere Änderung der Temperatur durch die Stationsverschiebung bei der Bewölkungsmenge Bew und im Monat Mon an der zu homogenisierenden Station bei der Windstärke 0. Gleichung 9 gilt, falls der Höhenunterschied vor und nach dem Stationswechsel unbedeutend ist.

Falls der Höhenunterschied bedeutend ist, das heisst mehr als 50 Meter, musste zunächst der höhenbedingte Unterschied korrigiert werden. Unter der Annahme, dass der lokale Höhengradient 0.6 Grad/100 Meter beträgt, wird Gleichung (9) zu

$$\Delta K(Bew, Mon, 0) = \frac{\Delta K(Bew, Mon) - (H_{neu} - H_{alt}) / 100 \cdot 0.6}{e^{-0.3 \cdot v}} \quad (10)$$

transformiert. H_{neu} bezeichnet die Höhenlage des neuen Standortes, H_{alt} die Höhenlage am alten Standort. Nun wurde analog dem Verfahren A die Abhängigkeit von der Bewölkung und vom Wind wie folgt berechnet:

$$\Delta K(Bew, Mon, v) = \Delta K(Bew, Mon, 0) \cdot e^{-0.3 \cdot v}. \quad (11)$$

Nun wurde für alle Tage t vor dem Bruch das $\Delta K(Bew, Mon, v)$ berechnet und das Monatsmittel bestimmt gemäss

$$\overline{\Delta K} = \frac{\sum_{t=1}^n \Delta K(Bew, Mon, v)}{n}. \quad (12)$$

Wenn sich das Klima zwischen der zu untersuchenden Station nicht stark ändert oder andere Einflüsse wie Beobachterwechsel, welche zum Beispiel Bewölkung und Wind anders schätzen, nicht stark ins Gewicht fallen, muss $\overline{\Delta K}$ dem $\overline{\Delta K}_{Lit}$ entsprechen.

Falls sich eine Restabweichung von $\overline{\Delta K}_{Lit}$ ergibt, wird an jedem Tag diese Restabweichung dazuaddiert, so das gilt:

$$\frac{\sum_{t=1}^n \Delta K(Bew, Mon, v)}{n} + \Delta R = \overline{\Delta K}_{Lit}, \quad (13)$$

falls der Höhenunterschied unbedeutend ist oder

$$\frac{\sum_{t=1}^n \Delta K(Bew, Mon, v)}{n} + (H_{Neu} - H_{alt}) / 100 \cdot 0.6 + \Delta R = \overline{\Delta K}_{Lit}, \quad (14)$$

falls der Höhenunterschied mehr als 50 Meter beträgt. Damit ist gewährleistet, dass die langjährigen, mittleren Monatsmaxima in dieser Arbeit mit denjenigen aus früheren Arbeiten übereinstimmen.

ΔR nimmt in der Regel nur kleine Beträge zwischen 0.0 und 0.3 Grad an. Dies ist durchaus im Bereich des Möglichen, können sich doch die Monatsmittel zwischen zwei Stationen in unterschiedlichen Klimaperioden um diesen Betrag unterscheiden, vor allem wenn die

Stationen relativ weit von einander entfernt liegen. Im Weiteren muss der Gradient nicht für jeden Monat 0.6 Grad pro 100 Meter sein. Auch die Windstärke, welche an der Wild'schen Windfahne bestimmt wird, muss nicht unbedingt überall die gleichen Auswirkungen haben. Es kann nämlich durchaus sein, dass die Windgeschwindigkeit an der Wetterhütte sich nicht proportional zu derjenigen an der Wild'schen Windfahne verhält. Kurz, man muss sich bewusst sein, dass ein "Hinunterbrechen" von monatsmittleren Homogenisierungsbeträgen auf Einzeltage immer nur eine Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse sein kann und nicht die tatsächlichen Werte wiedergibt. Hier muss allerdings auch gesagt sein, dass die Variabilität der Extremtemperaturen zwischen zwei sehr ähnlichen Stationslagen mindestens ebenso gross ist. Für Genf sind die Restbeträge in Einzelfällen allerdings grösser, nämlich bis zu 0.6 Grad. Auf diesen Umstand wird bei der Besprechung dieser Station noch näher eingegangen.

2 Homogenisierung der Maximaltemperaturen der einzelnen Stationen

Beginnend bei Zürich wird nun die Homogenisierung der Stationen näher behandelt.

2.1 Maximaltemperaturen in Zürich

Von 1901 bis zum 8. Aug. 1949 befand sich die Station beim Physikgebäude. Dann wurde die Station zum heutigen Standort an der Krähbühlstrasse gezügelt. An beiden Standorten war eine Wild'sche Hütte im Einsatz. Diese wurde am 1. Jan. 1971 durch eine Englische Hütte ersetzt. Am 1. Jan. 1978 wurde mit Beginn des ANETZ-Zeitalters die Englische Hütte durch das ventilierte Thermometer ersetzt. Die bei den Maximaltemperaturen in früheren Jahren festgestellten Brüche (Schüepp, 1968) werden im Folgenden beschrieben.

a) Zeitperiode vor der Verschiebung am 8. Aug. 1949 vom Physikgebäude an die Krähbühlstrasse

Da Basel zwischen 1930 und 1965 homogen war, wurden die Homogenisierungsbeträge ermittelt aus dem Vergleich von Zürich mit Basel gemäss den Gleichungen

$$\overline{\Delta T_{d1949-1965}}(Mon) = \overline{T_{Zürich1949-1965}}(Mon) - \overline{T_{Basel1949-1965}}(Mon) \quad (15)$$

$$\overline{\Delta T_{d1930-1949}}(Mon) = \overline{T_{Zürich1930-1949}}(Mon) - \overline{T_{Basel1930-1949}}(Mon) \quad (16)$$

$$\overline{\Delta K(Mon)}_{Ber} = \overline{\Delta T_{d1949-1965}}(Mon) - \overline{\Delta T_{d1930-1949}}(Mon). \quad (17)$$

Hier bedeutet $\overline{T_{Zürich1949-1965}}(Mon)$ und $\overline{T_{Basel1949-1965}}(Mon)$ die mittlere Maximaltemperatur eines Monats in Zürich bzw. in Basel in der Zeitperiode zwischen 1949 und 1965. $\overline{\Delta T_{d1949-1965}}(Mon)$ bedeutet die Differenz der mittleren Maximaltemperatur eines bestimmten Monats zwischen Zürich und Basel in der Zeitperiode 1949-1965. Die Bedeutung der Parameter in Gleichung 16 und 17 sind selbsterklärend.

Aus Gleichungen 15-17 ergibt sich, dass Zürich zwischen 1930 und 1949 deutlich wärmer war als zwischen 1949 und 1965, vgl. Tabelle 2.

Tabelle 2: Monatliche Homogenisierungsbeträge von der Station Zürich Physikgebäude in der Periode 1901 - 8. Aug. 1949 im Vergleich zum neuen Standort an der Krähbühlstrasse.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.4	-0.6	-0.9	-1.1	-1.0	-0.9	-1.0	-0.6	-0.7	-0.8	-0.4	-0.2

Da bei dieser Verschiebung auch eine Höhenänderung stattfand und allenfalls auch eine Änderung des Mikroklimas zu erwarten ist, wurden monatsmittleren Beträge aus Tabelle 2 gemäss dem Verfahren B **mit Berücksichtigung der Änderung der Höhenlage** auf die einzelnen Tage umgerechnet. Als Referenzstation diente wiederum Basel, wobei hier die gleichen Zeitperioden verwendet wurden wie bei den monatsmittleren Beträgen, nämlich 1930-1949 und 1949-1965. Die von der Bewölkung abhängigen Korrekturbeträge bei windstillen Verhältnissen zeigt Tabelle 3, die Temperaturänderung infolge der höheren Stationslage des neuen Standorts ist in Tabelle 4 enthalten.

Tabelle 3: Tägliche Homogenisierungsbeträge von Zürich Physikgebäude in Abhängigkeit von der Bewölkung bei windstillen Verhältnissen in der Periode 1901 - 8. Aug. 1949 im Vergleich zum neuen Standort an der Krähbühlstrasse.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
1	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
2	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
3	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
4	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
5	0.5	-0.3	-0.9	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.9
6	0.5	-0.3	-0.9	-0.6	-0.4	-0.5	-0.2	0.1	0.0	-0.2	0.3	0.9
7	0.5	-0.3	-0.9	-0.6	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	-0.1	-0.3	0.3	0.5
8	0.3	-0.3	-0.9	-0.6	-0.4	-0.5	-0.4	0.0	-0.1	-0.4	0.1	0.4
9	0.0	-0.1	-0.9	-0.7	-0.3	-0.5	-0.6	0.0	-0.1	-0.5	0.0	0.4
10	-0.3	-0.3	-1.1	-0.7	-0.1	-0.4	-0.7	0.0	-0.4	-0.7	0.0	0.3

Tabelle 4: Korrektur der Temperaturen infolge der höheren Lage an der Krähbühlstrasse.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

Die Restkorrektur $\Delta R(Mon)$ wird in Tabelle 5 aufgezeigt. Sie ist mit maximal 0.2 Grad klein.

Tabelle 5: Restkorrektur $\Delta R(Mon)$.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.0	0.1	0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0

b) Zeitperiode von 1901 bis zum Wechsel von der Wild'schen Hütte zur Englischen Hütte am 1. Jan. 1971 (Korrektur bis zum 8. Aug. 1949 bereits berücksichtigt)

Gegenüber der ANETZ-Periode wurden in der Wild'schen Hütte deutlich zu hohe Temperaturen gemessen, wie man in Tabelle 6 ersehen kann.

Tabelle 6: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901-1970 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-1.2	-1.6	-1.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.5	-1.7	-1.6	-1.0	-0.8

Die in Tabelle 6 enthaltenden monatsmittleren Beträge wurden mit dem Verfahren A auf die einzelnen Bewölkungs- und Windverhältnisse umgerechnet. Tabelle 7 zeigt die Korrekturbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung bei windstillen Verhältnissen.

Tabelle 7: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901-1970 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
1	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
2	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
3	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
4	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
5	-2.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.7	-1.9	-1.4
6	-2.0	-2.7	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.6	-1.9	-1.4
7	-2.0	-2.7	-2.8	-2.7	-2.4	-2.3	-2.1	-2.3	-2.6	-2.6	-1.9	-1.4
8	-1.9	-2.7	-2.7	-2.7	-2.3	-2.3	-2.1	-2.2	-2.5	-2.6	-1.9	-1.4
9	-1.8	-2.5	-2.5	-2.4	-2.1	-2.1	-1.9	-2.0	-2.2	-2.3	-1.7	-1.3
10	-1.4	-1.8	-1.7	-1.5	-1.5	-1.6	-1.4	-1.4	-1.5	-1.5	-1.1	-1.0

c) Zeitperiode zwischen dem Wechsel von der Wild'schen Hütte zur Englischen Hütte am 1. Jan. 1971 und der Einführung von ANETZ am 1. Jan. 1978

Auch in der Englischen Hütte wurden mit Ausnahme des Monats Juli zu hohe Temperaturen gemessen. Die von NORM90 stammenden monatsmittleren Abweichungen sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Monatliche Homogenisierungsbeträge von NORM90 in der Periode 1971-1977 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3

Diese Beträge wurden gemäss Verfahren A auf die einzelnen Tage umgerechnet. Die Abhängigkeit der Temperaturabweichung von der Bewölkung ist in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1971-1977 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.5	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5
1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5
2	-0.5	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5
3	-0.5	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4
4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4
5	-0.5	-0.3	-0.5	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4
6	-0.5	-0.3	-0.5	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4
7	-0.4	-0.3	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4
8	-0.4	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3

2.2 Maximaltemperaturen in Basel

Die Station befand sich bis zunächst im Bernoullianum. Die Temperaturablesungen wurden in einer Wild'schen Hütte durchgeführt. Ab dem 1. Jan. 1929 wurden die Beobachtungen in Binningen durchgeführt. Am 1. Jan. 1966 wurde die Wild'sche Hütte durch eine Englische Hütte ersetzt. Am 1. Jan. 1978 schliesslich wurde bei der Einführung des ANETZ von der Englischen Hütte auf das ventilierte Thermometer gewechselt.

a) Zeitperiode vor der Translokation vom Bernoullianum nach Binningen am 1. Jan. 1929

Nach der Verschiebung nach Binningen wurden höhere Temperaturen gemessen (Bider, 1949). Grund dafür ist wahrscheinlich, dass im Bernoullianum die Wild'sche Hütte lange im Schatten stand. Die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge sind in Tabelle 10 enthalten.

Tabelle 10: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901-1929 im Bernoullianum im Vergleich zur Periode von 1929-1940 in Basel Binningen (Bider, 1948).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.0	0.5	0.8	0.7	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6	0.9	0.2	-0.1

Mittels des Verfahrens **B ohne Höhenkorrektur** wurden die monatsmittleren Beträge auf die einzelnen Tage umgerechnet. Als Referenzstation diente Zürich. Die beiden betrachteten Zeitintervalle waren 1901-1928 und 1929-1949. Die Zeitperiode wurde so gewählt, obwohl 1930 in Zürich möglicherweise eine Inhomogenität auftrat. Die Korrekturwerte bei windstillen Verhältnisse sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die monatlichen Restbeträge sind mit maximal 0.4 Grad nicht sehr hoch, wie Tabelle 12 zeigt. Die Differenzen zwischen den Monatsmittel von zwei Stationen, wie Zürich und Basel, können in unterschiedlichen Zeitperioden durchaus 0.4 Grad auseinanderliegen. Auch ist, wie bereits erwähnt, nicht gesichert, ob 1930 in Zürich ein Bruch in der Reihe der Temperaturmaxima stattfand.

Tabelle 11: Tägliche Homogenisierungsbeträge von Basel Bernoullianum in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901-1928 im Vergleich zur Periode 1929-1940 in Basel-Binningen.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
1	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
2	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
3	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
4	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
5	0.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.6	1.5	3.0	3.0	2.6	1.1	0.1
6	0.5	0.9	1.4	1.2	1.6	1.8	1.4	2.7	2.8	2.2	1.2	0.4
7	0.4	0.5	0.8	0.8	1.6	1.6	1.4	2.6	2.6	1.8	0.9	0.3
8	0.0	0.1	0.3	0.3	1.5	1.5	1.2	2.4	2.0	1.4	0.4	-0.3
9	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.9	1.1	1.1	2.2	1.4	0.8	0.0	-0.4
10	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	1.2	0.9	0.9	1.9	0.8	0.7	-0.3	-0.5

Tabelle 12: Monatlicher Restbetrag $\Delta R(Mon)$.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.0	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	-0.2	0.0	-0.3	-0.1	0.1

b) Zeitperiode von 1901 bis zum Wechsel von der Wild'schen Hütte zur Englischen Hütte am 1. Jan. 1966 (Die Korrektur vom 1. Jan. 1929 wurde bereits berücksichtigt)

In der Wild'schen Hütte wurden gemäss NORM90 deutlich zu hohe Temperaturen gemessen. Die monatsmittleren Temperaturabweichungen sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901-1966 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.6	-1.0	-1.2	-1.3	-1.3	-1.5	-1.5	-1.6	-1.5	-1.0	-0.5	-0.3

Mit Hilfe des Verfahrens A konnte für jeden Tag die Temperaturkorrektur bestimmt werden. Tabelle 14 zeigt die Korrekturwerte bei windstillen Verhältnissen.

Tabelle 14: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901-1966 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
1	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
2	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
3	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
4	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
5	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
6	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
7	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.2	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
8	-1.0	-1.3	-1.8	-1.9	-1.8	-2.1	-2.2	-2.0	-2.0	-1.3	-0.7	-0.5
9	-0.9	-1.2	-1.6	-1.7	-1.6	-2.0	-2.1	-1.8	-1.8	-1.2	-0.6	-0.4
10	-0.7	-0.8	-1.1	-1.1	-1.1	-1.5	-1.5	-1.2	-1.2	-0.7	-0.4	-0.3

c) Zeitperiode zwischen dem Wechsel von der Wild'schen Hütte zur Englischen Hütte am 1. Jan. 1966 und der Einführung des ANETZ am 1. Jan. 1978

Auch in der Englische Hütte wurden laut NORM90 in Basel immer noch zu hohe Temperaturen ermittelt. Die monatsmittleren Temperaturabweichungen gegenüber der ANETZ-Periode sind in Tabelle 15 enthalten.

Tabelle 15: Monatliche Homogenisierungsbeträge von NORM90 in der Periode 1966-1977 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1

Diese Werte konnten mit dem Verfahren A auf die einzelnen Tage umgerechnet werden. Die Ergebnisse für windstille Verhältnisse zeigen Tabelle 16 (vor 1971, 10er Skala der Bewölkung) und Tabelle 17 (ab 1971, 8er Skala der Bewölkung).

Tabelle 16: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1966-1970 (10er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.5	-0.1
1	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.5	-0.1
2	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.4	-0.1
3	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.4	-0.1
4	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-1.1	-0.9	-0.4	-0.1
5	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-1.0	-0.9	-0.4	-0.1
6	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-1.0	-0.9	-0.4	-0.1
7	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.9	-0.8	-0.4	-0.1
8	-0.1	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.9	-0.8	-0.4	-0.1
9	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-0.3	-0.1
10	-0.1	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1

Tabelle 17: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1971-1977 (8er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.5	-0.1
1	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.5	-0.1
2	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.4	-0.1
3	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-1.1	-0.9	-0.4	-0.1
4	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-1.0	-0.9	-0.4	-0.1
5	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-1.0	-0.9	-0.4	-0.1
6	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.9	-0.8	-0.4	-0.1
7	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1
8	-0.1	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1

2.3 Maximaltemperaturen in Bern

Die Station Bern war während des vergangenen Jahrhunderts mehreren Wechseln unterworfen. Bis im September 1958 befand sich die Station in einer Wild'schen Hütte. Die Wild'sche Hütte war allerdings unter grossen Bäumen platziert. Zwischen ca. 1930 und 1955 wurden ausserdem im Winterhalbjahr die Messungen in einem Zinkblechgehäuse gemacht. Im September 1958 musste die Station provisorisch verlegt werden, wobei gleichzeitig ein Wechsel von der Wild'schen zur Englischen Hütte stattfand. Die Station wurde am 29. Dez. 1961 an den alten Standort zurückverlegt, wobei dadurch die Station 4 Meter tiefer und 60 Meter südlicher zu liegen kam als am provisorischen Standort. Am 1. Okt. 1970 wurde die Station erneut geringfügig verschoben. Am 1. Jan. 1978 wurde die Station nach Bern-Liebefeld verlegt und die Englische Hütte im Zuge der Einführung des ANETZ durch das ventilierte Thermometer ersetzt. Da vor 1958 keine Homogenisierungsbeträge bezüglich der Temperaturmaxima zur Verfügung standen, wurde durch Zeitreihenplots versucht, allfällige Brüche zu ermitteln. Als Referenzstation diente dabei Basel. Anscheinend hat bei den Wintertemperaturen der Wechsel von der Wild'schen Hütte zur Hausaufstellung anfangs der 30er-Jahre keine grosse Inhomogenität bewirkt. Demgegenüber wurde ca. Ende 1919 eine deutliche Änderung der mittleren Monatsmaxima festgestellt. Dieser Bruch ist auch noch in den Jahresmitteln der Temperaturmaxima deutlich zu sehen, wie Abbildung 7 zeigt.

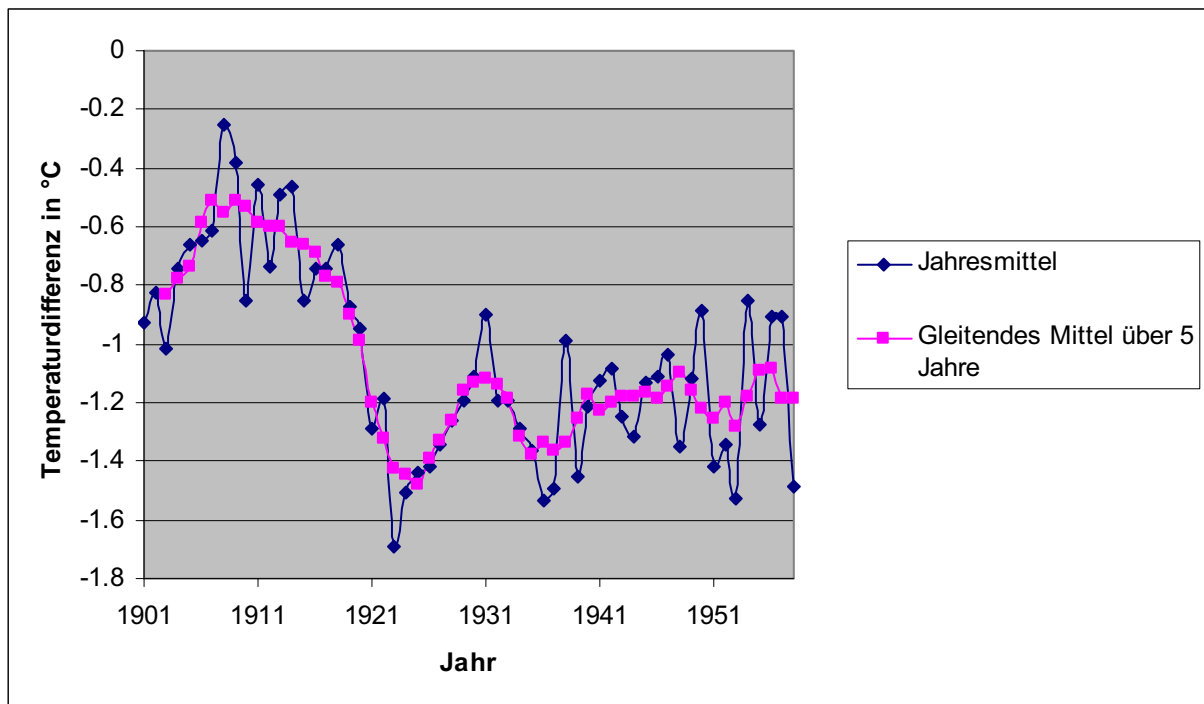


Abbildung 7: Jahresmittel und daraus gebildetes gleitendes Mittel über 5 Jahre der Temperaturdifferenz zwischen der Originalreihe Bern und der homogenen Reihe Basel in der Periode 1901-1958.

Die für die Station Bern sich in den Temperaturmaxima auswirkenden Veränderungen werden nun eingehend beschrieben.

a) Zeitperiode vor dem Bruch der Messreihe ca. Ende 1919

Die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge in Bern zwischen 1901 und Ende 1919 in bezug auf die Periode zwischen 1959 und 1990 wurde mit der homogenisierten Referenzstation Basel gemäss

$$\overline{\Delta T_{d1959-1990}(Mon)} = \overline{T_{Bern1959-1990}(Mon)} - \overline{T_{Basel1959-1990}(Mon)} \quad (18)$$

$$\overline{\Delta T_{d1901-1919}(Mon)} = \overline{T_{Bern1901-1919}(Mon)} - \overline{T_{Basel1901-1919}(Mon)} \quad (19)$$

$$\overline{\Delta K(Mon)}_{Ber} = \overline{\Delta T_{d1959-1990}(Mon)} - \overline{\Delta T_{d1901-1919}(Mon)} \quad (20)$$

bestimmt. Die Bedeutung der Parameter in Gleichungen 18-20 ist analog zu denjenigen in Gleichungen 15-17.

Bis Ende 1919 wurden in Bern gemäss einem Vergleich mit der homogenisierten Referenzreihe von Basel zu hohe Temperaturen gegenüber der von NORM90 homogenisierten Reihen zwischen 1959 und 1990 festgestellt, vgl. Tabelle 18.

Tabelle 18: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901-1919 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990 (Eigene Berechnungen mit Hilfe der Referenzreihe Basel).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.4	-0.6	-0.8	-1.2	-0.5	-0.3	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-0.6	-0.1

Diese Werte wurden mit dem Verfahren B **ohne Höhenkorrektur** auf die einzelnen Tage umgerechnet. Referenzstation war wiederum Basel, die betrachteten Zeitperioden waren wie bei den monatsmittleren Homogenisierungsbeträgen 1901-1919 und 1959-1990. Die erhaltenen Korrekturbeträge bei windstillen Verhältnisse zeigt Tabelle 19, der monatliche Restbetrag ist in Tabelle 20 enthalten.

Tabelle 19: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901-1919 im Vergleich zur Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.5	-0.4	-1.4	-2.3	-0.9	-0.1	0.4	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
1	-0.5	-0.4	-1.4	-2.3	-0.9	-0.1	0.3	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
2	-0.5	-0.4	-1.4	-2.3	-0.9	-0.1	0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
3	-0.5	-0.4	-1.4	-2.3	-0.9	-0.1	0.1	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
4	-0.5	-0.5	-1.4	-2.3	-0.9	-0.2	-0.0	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
5	-0.5	-0.6	-1.4	-2.3	-0.9	-0.3	-0.1	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
6	-0.4	-0.7	-1.4	-2.3	-0.9	-0.4	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.5
7	-0.3	-0.8	-1.4	-2.2	-0.7	-0.5	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-0.9	-0.3
8	-0.3	-0.9	-1.2	-2.2	-0.5	-0.5	-0.2	-0.2	-0.6	-0.8	-0.9	-0.2
9	-0.3	-0.9	-1.1	-1.6	-0.1	-0.6	-0.2	0.1	-0.4	-0.8	-0.8	-0.1
10	-0.3	-0.9	-0.4	-0.4	0.5	-0.7	-0.2	0.4	-0.3	-0.7	-0.4	0.1

Tabelle 20: Restbetrag $\Delta R(Mon)$.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1

b) Zeitperiode nach dem Bruch der Messreihe ca. Ende 1919 und der Einführung der Englischen Hütte im Jahre 1958

Die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge in Bern zwischen 1920 und Ende 1958 in bezug auf die Periode zwischen 1959 und 1990 wurde mit der homogenisierten Referenzstation Basel gemäss

$$\overline{\Delta T_{d1959-1990}}(Mon) = \overline{T_{Bern1959-1990}}(Mon) - \overline{T_{Basel1959-1990}}(Mon) \quad (21)$$

$$\overline{\Delta T_{d1920-1958}}(Mon) = \overline{T_{Bern1920-1958}}(Mon) - \overline{T_{Basel1920-1958}}(Mon) \quad (22)$$

$$\overline{\Delta K(Mon)}_{Ber} = \overline{\Delta T_{d1959-1990}}(Mon) - \overline{\Delta T_{d1920-1958}}(Mon) \quad (23)$$

bestimmt. Die Bedeutung der Parameter in Gleichungen 21-23 ist analog zu denjenigen in Gleichungen 15-17.

Die Station Bern mass im Vergleich zur Referenzstation zwischen 1920 und 1958 anscheinend im Winter wärmere und im Sommer kältere Temperaturen als die homogenisierte Periode zwischen 1959 und 1990, wie Tabelle 21 zeigt.

Tabelle 21: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1920 - September 1958 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990 (Eigene Berechnungen mit Hilfe der Referenzreihe Basel).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.1	-0.2	-0.4	-0.7	0.1	0.3	0.6	0.6	0.5	0.2	0.1	-0.1

Wie bereits vor 1919 wurde auch hier das Verfahren B angewendet, um die monatsmittleren auf Korrekturwerte die täglichen Korrekturwerte umzurechnen. Referenzstation war Basel, die betrachteten Zeitperioden waren wie bei den monatsmittleren Homogenisierungsbeträgen 1920-1958 und 1959-1990. Die täglichen Korrekturwerte bei Windstille sind in Tabelle 22 aufgezeigt, der monatliche Restbetrag zeigt Tabelle 23.

Tabelle 22: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1920 - September 1958 im Vergleich zur Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.4	-0.1	-0.4	-1.2	-0.5	-0.1	0.5	0.7	0.4	0.2	0.7	0.4
1	0.4	-0.1	-0.4	-1.2	-0.5	-0.1	0.5	0.7	0.4	0.2	0.7	0.4
2	0.4	-0.1	-0.4	-1.2	-0.5	-0.1	0.5	0.7	0.4	0.2	0.7	0.4
3	0.4	-0.1	-0.4	-1.2	-0.5	-0.1	0.5	0.7	0.4	0.2	0.7	0.4
4	0.4	-0.1	-0.4	-1.0	-0.1	-0.1	0.5	0.7	0.4	0.2	0.5	0.3
5	0.4	-0.1	-0.4	-0.9	0.1	0.0	0.5	0.7	0.4	0.2	0.1	0.3
6	0.4	-0.1	-0.3	-0.8	0.4	0.3	0.5	0.8	0.4	0.2	0.0	-0.1
7	0.4	-0.2	-0.1	-0.8	0.4	0.3	0.5	0.8	0.4	0.1	0.0	-0.3
8	0.4	-0.2	-0.1	-0.7	0.5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.0	0.0	-0.3
9	-0.1	-0.2	-0.2	-0.5	0.5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.0	0.0	-0.3
10	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	0.1	0.0	-0.3	-0.5

Tabelle 23: Monatlicher Restbetrag $\Delta R(Mon)$.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1

c) Zeitperiode zwischen der Einführung der Englischen Hütte im September 1958 und der Einführung des ANETZ am 1. Jan. 1978

Die am 1. Okt. 1970 erfolgte Verschiebung der Englischen Hütte brachte in jedem Monat eine Temperaturänderung von -0.2 Grad. Diese wurde in der vorliegenden Arbeit an jedem Tag angebracht, da es infolge des fehlenden Jahresgang scheint, dass der Korrekturbetrag nicht von der Strahlung abhängig ist (Falsche Eichung des Thermometers?).

Gemäss NORM90 mass die Englische Hütte zwischen September 1958 und Ende 1977 im Vergleich zur homogenisierten ANETZ-Periode ab 1978 zu hohe Temperaturen. Tabelle 24 zeigt die monatsmittleren Korrekturbeträge, die Korrektur vom 1. Okt. 1970 ist inbegriffen.

Tabelle 24: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode September 1958-1977 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.2

Diese Korrekturbeträge wurden nach Verfahren A auf die einzelnen Tage umgerechnet. In Tabelle 25 (bis 1970, 10er Skala der Bewölkung) und Tabelle 26 (ab 1971, 8er Skala der Bewölkung) sind die Korrekturwerte in Abhängigkeit von der Bewölkung bei Windstille aufgelistet.

Tabelle 25: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode September 1958-1970 (10er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur homogenisierten ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.3
1	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.3
2	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.3
3	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.3
4	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.3
5	0.2	-0.2	-0.3	-0.7	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.2
6	0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.2
7	0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.2
8	0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.2	0.2
9	0.2	-0.2	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.2	0.2
10	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.2

Tabelle 26: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1971-1977 (8er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur homogenisierten ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.2	0.2	0.3	0.7	1.0	0.8	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3
1	0.2	0.2	0.3	0.7	1.0	0.8	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3
2	0.2	0.2	0.3	0.7	1.0	0.8	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3
3	0.2	0.2	0.3	0.7	0.9	0.8	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3
4	0.2	0.2	0.3	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
5	0.2	0.2	0.3	0.6	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
6	0.2	0.2	0.3	0.6	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2
7	0.2	0.2	0.3	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2
8	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2

d) Zeitperiode ab der Einführung des ANETZ am 1. Jan. 1978

Gemäss NORM90 musste zwischen dem 1. Jan. 1978 und dem 31. Dez. 1980 an jedem Tag ein Korrekturbetrag von -0.3 Grad angebracht werden.

2.4 Maximaltemperaturen in Genf

Die alte Station Genf befand sich bis 1966 in der Innenstadt beim Observatoire, wo sie 1966 aufgehoben wurde. Im Jahr 1959 wurde in Genf-Cointrin eine Klimastation eingerichtet, wobei hier die Temperaturen in einer Englischen Hütte gemessen wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde bis Ende Januar 1962 die Reihe von Genf-Observatoire benutzt, weil bis zu diesem Datum nur diese Station vollständige Angaben der Bewölkung verfügte. Ab Februar 1962 diente Genf-Cointrin als Station, weil ab diesem Datum nur noch diese Station vollständige Bewölkungsangaben aufwies. Der monatsmittlere Temperaturunterschied zwischen Genf-Cointrin und Genf-Observatoire konnte anhand der Parallelmessungen zwischen 1959 und 1966 bestimmt werden.

Um vor 1962 allfällige Brüche zu entdecken, wurde die Reihe Genf-Observatoire Hilfe der homogenisierten Referenzreihe Basel verglichen. Die Differenzen zwischen beiden Stationen können stark schwanken. Wenn die einzelnen Monate betrachtet werden, ergab sich keine eindeutige Inhomogenität zwischen 1901 und 1962.

Die Station Genf-Cointrin wurde im Ende August 1962 geringfügig verschoben. Am 1. Jan. 1980 wurde das ventilierte Thermometer eingeführt.

a) Zeitperiode zwischen 1901 und 1. Feb. 1962

Dank der recht langen Zeitperiode von 1959 bis 1966 konnten durch die Parallelmessungen die langjährigen monatsmittleren Temperaturunterschiede zwischen Genf-Observatoire und Genf-Cointrin relativ genau bestimmt werden. Diese Temperaturunterschiede sind in Tabelle 27 aufgeführt. Damit zeigte sich, dass die Höchsttemperaturen im Observatoire meist höher lagen. Nur im September und Oktober waren sie im Observatoire etwas tiefer. Dabei muss noch angemerkt werden, dass die Station Genf-Cointrin Ende August 1962 eine kleine Verschiebung durchmachte, welche jedoch eine bedeutende Inhomogenität mit sich brachte, wie in Tabelle 30 zu sehen ist.

Tabelle 27: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901 - Januar 1962 in Genf-Observatoire im Vergleich zu Genf-Cointrin in der von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990. (Eigene Berechnungen aus den Parallelmessungen 1959-1966).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.6	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	0.2	0.1	-0.4	-0.6

Die Werte der Tabelle 27 wurden anschliessend mit dem Verfahren B **ohne Höhenkorrektur** auf die einzelnen Tage umgerechnet. Als Referenzstation wurde Basel gewählt. Die beiden Zeitperioden waren 1901 - 31. Jan. 1962 und 1. Feb. 1962 - 1990. Die Ergebnisse für windstille Situationen zeigt Tabelle 28.

Tabelle 28: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Genf-Observatoire Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901 - Januar 1962 im Vergleich zu Genf-Cointrin in der Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.7	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.1	-0.1	-0.8
1	-0.7	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.1	-0.1	-0.8
2	-0.7	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.1	-0.1	-0.8
3	-0.7	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.1	-0.1	-0.8
4	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.4	-0.8
5	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.8
6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.8	-0.8
7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8
8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8
9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.5	-0.7	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9
10	-0.8	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1	-0.9	-1.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.1

Da zwischen Genf und der Referenzreihe Basel aufgrund der grossen räumlichen Distanz die Klimaunterschiede nicht in jeder Zeitperiode genau gleich gross sind und die Periode 1959-1966 für klimatologische Zwecke relativ kurz ist, erklären sich die zum Teil grossen $\Delta R(Mon)$, welche sich beispielsweise für den Oktober ergeben, vgl. Tabelle 29.

Tabelle 29: Monatlicher Restbetrag $\Delta R(Mon)$.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.0	-0.1	-0.3	0.4	0.6	0.3	0.1

b) Zeitperiode zwischen 1. Feb. 1962 und September 1962

Ende August 1962 wurde die Englische Hütte geringfügig verschoben, was laut NORM90 jedoch eine recht bedeutende Inhomogenität mit sich brachte, vgl. Tabelle 30. Da aber in dieser Arbeit nur die Monate Februar 1962 bis August 1962 zu korrigieren waren, wurde aufgrund der Kürze der Periode an jedem Tag der monatsmittlere Homogenisierungsbetrag angebracht.

Tabelle 30: Monatsmittlere Homogenisierungsbeträge der Periode vom 1. Feb. 1962 bis Ende August 1962 gemäss Angaben von NORM90.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.3	-0.9	-0.8	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.2

c) Zeitperiode zwischen Oktober 1962 und Dezember 1980

Offenbar wurden zwischen 1962 und Ende 1980 an zwei Orten Beobachtungen durchgeführt. Auf jeden Fall stimmen die Monatsmittelwerte in der Klimadatenbank nicht immer mit denjenigen Werten von NORM90 überein. Da allerdings, wie Tabelle 31 zeigt, auch hier die Korrekturbeträge klein sind, wurden sie an jedem Tag eines bestimmten Monats zu den Werten der Datenbank dazuaddiert.

Tabelle 31: Unterschied zwischen den Monatsmittelwerten in der Datenbank und den Monatsmittelwerten von NORM90 in der Periode 1962-1980.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1962	0.0	0.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.2
1963	0.2	0.0	-0.2	0.1	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.2	0.0
1964	-0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.2
1965	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.2
1966	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
1967	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1
1968	0.0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.3
1969	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.1
1970	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
1973	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1
1975	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1976	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
1979	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	-0.4	-0.3	-0.4	0.0	-0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.4

Der Wechsel von der Englischen Hütte zum ventilierten Thermometer brachte nach NORM90 keine Änderungen in bezug auf die Tageshöchsttemperaturen.

2.5 Maximaltemperaturen in Locarno-Monti

Die Temperaturmessungen in Locarno-Monti wurden 1935 begonnen. Dabei war anscheinend von Anfang an eine Englische Hütte im Einsatz. Im April 1958 wurde die Station geringfügig verschoben. Am 1. Jan. 1978 wurde die Englische Hütte durch das ventilierte Thermometer ersetzt.

a) Zeitperiode zwischen 1936 und April 1958

Da über den Bruch im April 1958 keine Homogenisierungsbeträge bekannt waren, mussten sie bestimmt werden. Dabei wurde auf der Alpensüdseite eine Referenzstation gesucht, welche homogen war. In der Zeitperiode zwischen 1901 und 1970 gab es auf der Alpensüdseite nur zwei Stationen, die praktisch keine Stationsverschiebung durchmachten, nämlich Bellinzona und Comprovasco im Bleniotal. Als Referenzstation wurde in der Folge Comprovasco gewählt, weil die Station Bellinzona am Nachmittag laut Stationsinspektion ungenügend gegen Strahlung geschützt war. Im Weiteren ist zu sagen, dass in Comprovasco keine Maximaltemperaturen gemessen wurden. Die Terminwerte von 13.30 Uhr verhalten sich allerdings sehr ähnlich wie die Tageshöchsttemperaturen. Deshalb konnten die Terminwerte von 13.30 Uhr gut zur Homogenisierung der Temperaturmaxima von Locarno-Monti beigezogen werden.

Mit Hilfe der Referenzreihe Comprovasco konnten die Homogenisierungsbeträge in Locarno-Monti beim Bruch im April 1958 bestimmt werden. Anschliessend konnten die Homogenisierungsbeträge beim Wechsel von der Englischen Hütte zum ventilierten Thermometer dazuaddiert werden. Dadurch ergaben sich die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge der Periode 1936 - April 1958 im Vergleich zu den ANETZ-Verhältnissen. Diese Beträge sind in Tabelle 32 aufgeführt.

Tabelle 32: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1936 - April 1958 im Vergleich zur ANETZ-Periode (eigene Berechnungen mit Referenzstation Comprovasco und Angaben von NORM90 beim Bruch am 1. Jan. 1978).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.6	0.3	0.4	0.4	0.1	-0.3	-0.1	0.4	0.7	0.5	0.6	0.2

Die täglichen Homogenisierungsbeträge wurden mit dem Verfahren A bestimmt. Dies führte zu den in Tabelle 33 enthaltenen Homogenisierungsbeträgen bei windstillen Verhältnissen.

Tabelle 33: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1936 - April 1958 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.4	1.0	0.9	0.3
1	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.4	1.0	0.9	0.3
2	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.4	1.0	0.9	0.3
3	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.3	1.0	0.9	0.3
4	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.3	1.0	0.9	0.3
5	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.6	1.3	0.9	0.9	0.3
6	0.9	0.4	0.7	0.8	0.3	-0.5	-0.1	0.5	1.3	0.9	0.9	0.3
7	0.9	0.4	0.6	0.8	0.3	-0.4	-0.1	0.5	1.2	0.9	0.9	0.3
8	0.8	0.3	0.6	0.7	0.2	-0.4	-0.1	0.5	1.1	0.8	0.8	0.3
9	0.7	0.3	0.5	0.6	0.2	-0.4	-0.1	0.4	1.0	0.7	0.7	0.2
10	0.6	0.2	0.4	0.4	0.1	-0.3	-0.0	0.3	0.7	0.4	0.5	0.2

b) Zeitperiode zwischen April 1958 und 1. Jan. 1978

Die von NORM90 beim Wechsel von der englischen Hütte zum ventilierten Thermometer angebrachten Korrekturen sind in Tabelle 34 aufgeführt.

Tabelle 34: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode ab April 1958-1977 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4

Diese Beträge wurden gemäss Verfahren A in die täglichen Beträge umgerechnet. Die Ergebnisse zeigen Tabelle 35 (bis 1970, 10er Skala der Bewölkung) und Tabelle 36 (8er Skala der Bewölkung).

Tabelle 35: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode April 1958-1970 (10er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
1	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4
6	-0.3	-0.5	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4
7	-0.3	-0.4	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4
8	-0.3	-0.4	-0.4	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4
9	-0.2	-0.4	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.3	-0.4
10	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3

Tabelle 36: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1971-1977 (8er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
1	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5
4	-0.3	-0.5	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4
5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4
6	-0.3	-0.4	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4
7	-0.3	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4
8	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3

2.6 Maximaltemperaturen in Lugano

Die Station befand sich bis 18. Jan. 1905 beim alten Lyceo. Seither befindet sie sich in der Nähe des neuen Lyceo in einem Park am Luganersee. Bis zum Stationswechsel am 18. Januar 1905 wurde eine Metallhütte verwendet, welche allerdings von Holz eingekleidet war. Von 1905 an war bis Ende 1960 eine Wild'sche Hütte im Einsatz, wobei 1939 eine Verschiebung um wenige Meter stattfand. Ab 1961 wurden die Werte in einer Englischen Hütte ermittelt, welche am 19. Mai 1972 um einige Meter verschoben wurde. Am 1. Jan. 1978 wurde das ventilerte Thermometer eingeführt.

Ab 1960 waren die monatsmittleren Homogenisierungsbeträge durch die Arbeiten von NORM90 bekannt. In der Periode von 1901 bis 1960 mussten sie in dieser Arbeit bestimmt werden. Als Referenzstation diente Locarno-Monti. Da Locarno-Monti allerdings erst seit 1935 misst, wurden die Monatsmittel von Locarno-Monti mit Hilfe der Reihe von

Comprovasco auf die Zeitperiode 1901-1935 extrapoliert. Comprovasco wies allerdings im Jahr 1922 eine geringfügige Änderung auf. Dieser Bruch wurde mit Hilfe von Bellinzona homogenisiert, welches zwischen 1907 und 1970 ebenfalls homogen war. Die Korrekturen in Comprovasco im Jahr 1922 sind in Tabelle 37 aufgelistet.

Tabelle 37: Monatsmittlere Homogenisierungsbeträge in Comprovasco in der Periode 1901-1922 auf die nachfolgende Periode 1923-1970. (Eigene Berechnungen mit Hilfe der Referenzstation Bellinzona).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.2

Die monatsmittlere Tageshöchsttemperatur eines bestimmten Monats und Jahres in der Zeitperiode 1901-1935 wurde gemäss

$$\overline{\Delta T_d(Mon)}_{1936-1970} = \overline{T_{Locarno1936-1970}(Mon)} - \overline{T_{13.30Uhr}_{Comprovasco1936-1970}(Mon)} \quad (24)$$

und

$$\overline{T_{Locarno}(Mon, Jahr)} = \overline{T_{13.30Uhr}_{Comprovasco}(Mon, Jahr)} + \overline{\Delta T_d(Mon)}_{1936-1970} \quad (25)$$

bestimmt. Hier bedeutet $\overline{T_{Locarno1936-1970}(Mon)}$ das Monatsmittel der Tageshöchsttemperatur in der Zeitperiode 1936-1970 in Locarno, $\overline{T_{13.30Uhr}_{Comprovasco1936-1970}(Mon)}$ das Monatsmittel der Lufttemperatur am Messtermin um 13.30 Uhr in der Zeitperiode 1936-1970 in Comprovasco. $\overline{T_{Locarno}(Mon, Jahr)}$ bezeichnet die mittlere Tageshöchsttemperatur eines bestimmten Monats und Jahres in Locarno und $\overline{T_{13.30Uhr}_{Comprovasco}(Mon, Jahr)}$ das Monatsmittel der Temperatur am Messtermin 13.30 Uhr des gleichen Monats und Jahres in Comprovasco.

Um anschliessend allfällige Brüche in Lugano aufzudecken, wurde eine Zeitreihe der Differenz zwischen Lugano und Locarno-Monti erstellt, siehe Abbildung 8. Dabei zeigte sich, dass in der Reihe von Lugano verschiedene Brüche stattfanden. Ein erster scheint Ende 1920 aufzutreten, wobei der Grund unbekannt ist. Eine nächste Inhomogenität tritt zwischen 1927 und 1930 auf. Der Grund hierfür dürfte in einem Hühnerstall liegen, der gemäss Stationsinspektion im Jahre 1930 direkt an die Wild'sche Hütte angebaut war. Er wurde später entfernt. Es ist allerdings aus der Stationsgeschichte nicht ersichtlich, zu welchem Zeitpunkt dieser Hühnerstall erreicht wurde. Nach dem obigen Plot scheint dies 1927 der Fall zu sein. 1939 schliesslich wurde die Wild'sche Hütte um einige Meter verschoben, was sich aber offensichtlich nicht durch eine grössere Inhomogenität äussert. Demgegenüber werden auf das Jahr 1941 bauliche Änderungen in der Umgebung der Station vorgenommen, was wiederum zu einem Bruch in der Reihe führt. Schliesslich scheint sich zwischen 1953 und 1960 ein Trend zu höheren Temperaturen in Lugano abzuzeichnen. Dies könnte durch die zunehmende Verschmutzung der Wild'schen Hütte erklärt werden. Gemäss Stationsinspektion von 1954 war nämlich die Hütte ziemlich verschmutzt.

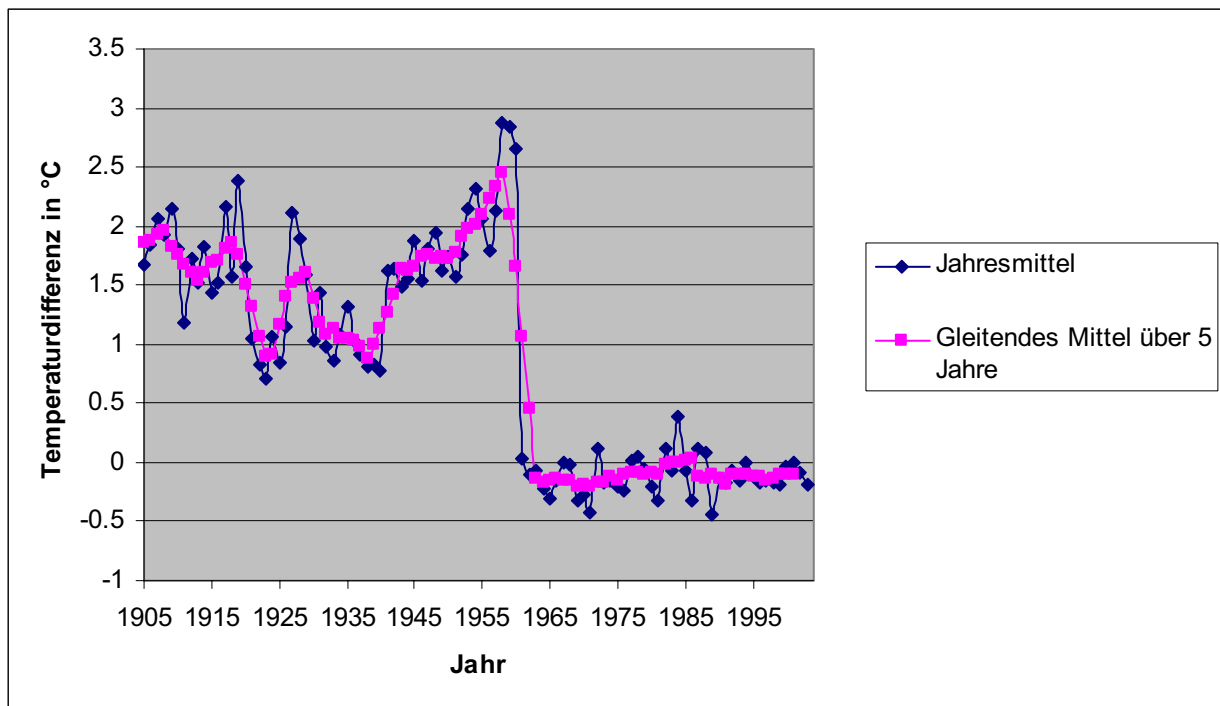


Abbildung 8: Jahresmittel und daraus gebildetes gleitendes Mittel über 5 Jahre der Temperaturdifferenz zwischen Lugano (ab 1961 homogenisiert) und der homogenen Reihe Locarno-Monti in der Periode 1905-2003.

Der monatsmittlere Temperaturunterschied zwischen Locarno-Monti und Lugano in der Periode 1959-1990 ist in Tabelle 38 enthalten.

Tabelle 38: Monatsmittlerer Temperaturunterschied zwischen Locarno-Monti und Lugano in der Periode 1959-1990 gemäss NORM90.

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0.0	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	-0.3	-0.3	0.1

Mit Hilfe den von NORM90 erarbeiteten monatsmittleren Unterschieden zwischen Locarno-Monti und Lugano in der Periode 1959-1990 (vgl. Tabelle 38) und der von 1936-2003 auf 1901-2003 extrapolierten Reihe von Locarno-Monti, wurde nun eine homogene Reihe der monatsmittleren Temperaturen von Lugano in der Periode 1901-1959 erstellt gemäss:

$$\overline{\Delta T_d(Mon)}_{Norm90} = \overline{T_{Locarno1959-1990}(Mon)} - \overline{T_{Lugano1959-1990}(Mon)} \quad (26)$$

$$T_{Lugano}(Mon, Jahr) = T_{Locarno}(Mon, Jahr) - \overline{\Delta T_d(Mon)}_{Norm90} \quad (27)$$

wobei mit $\overline{T_{Locarno1959-1990}(Mon)}$ und $\overline{T_{Lugano1959-1990}(Mon)}$ die mittlere Temperatur eines bestimmten Monats von Locarno bzw. Lugano in der Periode 1959-1990 bezeichnet. $\overline{\Delta T_d(Mon)}_{Norm90}$ bezeichnet den mittleren Temperaturunterschied eines Monats zwischen Locarno-Monti und Lugano der Zeitperiode zwischen 1959 und 1990. Mit $T_{Locarno}(Mon, Jahr)$ bzw. $T_{Lugano}(Mon, Jahr)$ wird die monatsmittlere Tageshöchsttemperatur eines bestimmten Monats und Jahres in der Periode zwischen 1901 und 1958 in Locarno-Monti bzw. Lugano bezeichnet.

Diese berechneten Temperaturen dienen als Referenz für Lugano. Daraus liess sich der monatsmittlere Homogenisierungsbetrag $\overline{\Delta K(Mon)}$ in den einzelnen Zeitperioden berechnen:

$$\overline{\Delta K(Mon)} = \overline{T_{Lugano_orig}(Mon)} - \overline{T_{Lugano_hom}(Mon)}, \quad (28)$$

wobei mit $\overline{T_{Lugano_orig}(mon)}$ bzw. $\overline{T_{Lugano_hom}(mon)}$ die Monatsmittelwerte der Originalbeobachtungen bzw. der gemäss dem obigen Verfahren homogenisierten Monatsmittelwerte gemeint sind.

a) Zeitperiode von 1901 bis 18. Jan. 1905

Die Homogenisierungsbeträge $\overline{\Delta K(Mon)}$ in der Zeitperiode zwischen 1901 und dem 18. Jan. 1905 sind in Tabelle 39 aufgelistet.

Tabelle 39: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1901 - 18. Jan. 1905 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.8	-0.1	-1.4	-1.5	-2.2	-2.0	-2.5	-2.1	-1.5	-0.2	0.5	0.2

Mit dem Verfahren A erhält man die in Tabelle 40 enthaltenen Werte.

Tabelle 40: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1901 - 18. Jan. 1905 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewöl- kung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
1	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
2	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
3	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
4	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
5	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
6	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
7	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.1	-2.6	-3.3	-2.9	-2.0	-0.2	0.7	0.2
8	0.9	-0.1	-2.0	-2.2	-3.0	-2.6	-3.3	-2.8	-2.0	-0.2	0.7	0.2
9	0.8	-0.1	-1.8	-1.9	-2.7	-2.4	-3.1	-2.6	-1.8	-0.2	0.6	0.2
10	0.6	-0.0	-1.2	-1.2	-1.9	-1.8	-2.3	-1.8	-1.2	-0.1	0.4	0.2

Die in den Abschnitten b)-f) angebrachten Korrekturen wurden nach dem gleichen Verfahren erarbeitet wie im Abschnitt a). Sie sind in Tabellen 41-50 enthalten und werden deshalb nicht weiter erläutert.

b) Zeitperiode zwischen dem 18. Jan. 1905 und 1920

Die monatlichen Homogenisierungsbeträge in der Zeitperiode vom 18. Jan. 1905 - 1920 sind in Tabelle 41 enthalten.

Tabelle 41: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode vom 18. Jan. 1905 - 1920 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.2	-1.0	-1.9	-2.0	-2.4	-3.0	-3.2	-3.0	-2.8	-1.6	-0.4	-1.0

Durch Anwendung von Verfahren A ergeben sich für windstille Verhältnisse die in Tabelle 42 aufgeführten Werte.

Tabelle 42: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 18. Jan. 1905-1920 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
1	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
2	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
3	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
4	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
5	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.9	-2.5	-0.5	-1.2
6	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.1	-4.3	-4.1	-3.8	-2.5	-0.5	-1.2
7	-0.2	-1.3	-2.8	-2.8	-3.4	-4.0	-4.3	-4.1	-3.8	-2.5	-0.5	-1.2
8	-0.2	-1.3	-2.7	-2.8	-3.3	-4.0	-4.3	-4.1	-3.7	-2.4	-0.5	-1.2
9	-0.2	-1.2	-2.5	-2.5	-2.9	-3.7	-4.0	-3.7	-3.3	-2.2	-0.5	-1.1
10	-0.1	-0.8	-1.7	-1.6	-2.1	-2.7	-3.0	-2.5	-2.3	-1.4	-0.3	-0.8

c) Zeitperiode zwischen 1921 und 1926

Die monatlichen Homogenisierungsbeträge in der Zeitperiode von 1921-1926 sind in Tabelle 43 aufgeführt.

Tabelle 43: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1921-1926 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.7	0.1	-1.1	-0.9	-1.7	-1.9	-2.4	-1.9	-2.1	-0.6	0.0	-0.5

Die in Tabelle 44 enthaltenen Werte berechnen sich gemäss dem Verfahren A.

Tabelle 44: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1921-1926 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
1	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
2	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
3	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
4	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
5	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
6	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
7	0.7	0.1	-1.5	-1.3	-2.4	-2.7	-3.2	-2.6	-2.8	-0.9	0.0	-0.6
8	0.6	0.1	-1.5	-1.3	-2.3	-2.7	-3.2	-2.6	-2.7	-0.9	0.0	-0.6
9	0.6	0.1	-1.3	-1.1	-2.1	-2.5	-3.0	-2.4	-2.4	-0.8	0.0	-0.5
10	0.5	0.0	-0.9	-0.7	-1.5	-1.8	-2.2	-1.6	-1.7	-0.5	0.0	-0.4

d) Zeitperiode zwischen 1927 und 1930

Die monatlichen Homogenisierungsbeträge in der Zeitperiode zwischen 1927 und 1930 zeigt Tabelle 45. Offensichtlich wirkte der angebaute Hühnerstall im allgemeinen als Wärmequelle, da die Homogenisierungsbeträge grösser sind als in den Perioden unmittelbar davor oder danach.

Tabelle 45: Monatliche Homogenisierungsbeträge 1927-1930 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.2	-0.6	-1.3	-2.1	-3.1	-2.6	-3.1	-3.2	-2.6	-0.9	-0.2	-1.1

Mit Hilfe des Verfahrens A ergeben sich die täglichen Homogenisierungsbeträge in Tabelle 46.

Tabelle 46: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1927-1930 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.7	-1.4	-0.3	-1.4
1	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
2	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
3	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
4	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
5	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
6	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
7	-0.3	-0.7	-2.0	-3.2	-4.5	-3.5	-4.3	-4.4	-3.6	-1.4	-0.3	-1.4
8	-0.3	-0.7	-1.9	-3.2	-4.4	-3.5	-4.3	-4.3	-3.5	-1.4	-0.3	-1.3
9	-0.3	-0.7	-1.7	-2.8	-3.9	-3.2	-4.0	-3.9	-3.2	-1.2	-0.3	-1.2
10	-0.2	-0.5	-1.2	-1.8	-2.8	-2.4	-3.0	-2.7	-2.2	-0.8	-0.2	-0.9

e) Zeitperiode zwischen 1931 und 1940

Die zwischen 1931 und 1940 berechneten monatlichen Homogenisierungsbeträge sind in Tabelle 47 ersichtlich.

Tabelle 47: Monatliche Homogenisierungsbeträge 1931-1940 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.4	-0.1	-1.1	-1.3	-1.6	-2.0	-2.3	-2.3	-2.2	-0.6	0.1	-0.2

Die täglichen Homogenisierungsbeträge in Tabelle 48 ergeben sich durch Anwenden des Verfahrens A.

Tabelle 48: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1931-1940 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
1	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
2	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
3	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
4	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
5	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
6	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
7	0.5	-0.1	-1.8	-2.1	-2.5	-2.8	-3.2	-3.3	-3.2	-0.9	0.1	-0.2
8	0.5	-0.1	-1.8	-2.0	-2.4	-2.8	-3.2	-3.2	-3.1	-0.9	0.1	-0.2
9	0.4	-0.1	-1.6	-1.8	-2.2	-2.6	-3.0	-2.9	-2.8	-0.8	0.1	-0.2
10	0.3	-0.0	-1.1	-1.2	-1.5	-1.9	-2.2	-2.0	-1.9	-0.5	0.0	-0.1

f) Zeitperiode zwischen 1941 und 1952

In der Periode 1941-1952 ergeben sich die in Tabelle 49 enthalten monatlichen Homogenisierungsbeträge, welche mit Hilfe des Verfahrens A in die täglichen Homogenisierungsbeträge umgerechnet werden, vgl. Tabelle 50.

Tabelle 49: Monatliche Homogenisierungsbeträge 1941-1952 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.9	-1.9	-2.2	-2.2	-2.0	-2.1	-2.3	-2.2	-1.7	-1.2	-0.9	-1.5

Tabelle 50: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1941-1952 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
1	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
2	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
3	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
4	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
5	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
6	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
7	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.4	-1.7	-1.2	-2.1
8	-1.3	-2.8	-3.3	-3.4	-3.0	-3.0	-3.0	-3.2	-2.4	-1.7	-1.2	-2.0
9	-1.2	-2.6	-3.0	-3.1	-2.7	-2.8	-2.8	-2.9	-2.1	-1.5	-1.1	-1.9
10	-0.9	-1.8	-2.0	-1.9	-1.9	-2.1	-2.1	-2.0	-1.5	-1.0	-0.7	-1.4

g) Zeitperiode zwischen 1953 und 1960

Wie bereits angetönt, zeichnet sich in den Jahren von ca. 1953 bis 1960 in Lugano höchstwahrscheinlich ein Trend zu höheren Tageshöchsttemperaturen ab, vgl. Abbildung 8. Der Trend scheint aber nicht linear zu verlaufen. Vielmehr sieht es danach aus, dass in den Jahren 1953-1957 die Temperatur langsam zunimmt. Auf das Jahr 1958 steigt die Temperatur stärker an, während später der Anstieg nicht mehr bedeutend ist. Es wurde deshalb entschieden, zwei Perioden zu unterscheiden, nämlich 1953-1957 und 1958-1960. Für diese

zwei Perioden wurde anschliessend gleich verfahren wie bei den anderen Inhomogenitäten von Lugano, d.h. ein allfälliger Trend in den Jahren zwischen 1953 und 1957 sowie 1958 und 1960 blieb unberücksichtigt. Es kann deshalb möglich sein, dass anfangs der Perioden 1953-1956 und 1958-60 etwas zu viel, am Ende derselben Perioden eher etwas zu wenig korrigiert wurde. Tabellen 51 und 53 zeigen die angebrachten Korrekturen in diesen zwei Zeitperioden, welche mit Hilfe des Verfahrens A in die täglichen Homogenisierungsbeträge umgerechnet wurden, vgl. Tabellen 52 und 54.

Tabelle 51: Monatliche Homogenisierungsbeträge 1953-1957 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.8	-1.7	-2.2	-2.1	-2.7	-3.0	-3.0	-3.4	-2.8	-2.1	-1.1	-1.4

Tabelle 52: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1953-1957 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
1	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
2	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
3	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
4	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
5	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
6	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.5	-1.8	-1.2	-2.1
7	-1.3	-2.9	-3.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.1	-3.3	-2.4	-1.7	-1.2	-2.1
8	-1.3	-2.8	-3.3	-3.4	-3.0	-3.0	-3.0	-3.2	-2.4	-1.7	-1.2	-2.0
9	-1.2	-2.6	-3.0	-3.1	-2.7	-2.8	-2.8	-2.9	-2.1	-1.5	-1.1	-1.9
10	-0.9	-1.8	-2.0	-1.9	-1.9	-2.1	-2.1	-2.0	-1.5	-1.0	-0.7	-1.4

Tabelle 53: Monatliche Homogenisierungsbeträge am Ende der Periode 1958-1960 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-1.2	-2.0	-2.7	-3.4	-3.8	-4.1	-4.1	-3.8	-3.1	-2.4	-1.7	-1.1

Tabelle 54: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1958-1960 im Vergleich zur von NORM90 homogenisierten Periode 1959-1990.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-1.8	-2.7	-4.5	-5.4	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
1	-1.8	-2.7	-4.5	-5.5	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
2	-1.8	-2.7	-4.5	-5.5	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
3	-1.8	-2.7	-4.5	-5.4	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
4	-1.8	-2.7	-4.5	-5.4	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
5	-1.8	-2.7	-4.5	-5.5	-5.8	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
6	-1.8	-2.7	-4.5	-5.4	-5.7	-6.1	-5.8	-5.3	-4.8	-4.1	-2.7	-1.9
7	-1.8	-2.7	-4.5	-5.5	-5.7	-6.0	-5.8	-5.2	-4.7	-4.0	-2.7	-1.9
8	-1.8	-2.7	-4.4	-5.4	-5.5	-6.0	-5.7	-5.2	-4.6	-4.0	-2.7	-1.9
9	-1.6	-2.5	-4.0	-4.8	-4.9	-5.5	-5.4	-4.7	-4.2	-3.6	-2.4	-1.7
10	-1.2	-1.8	-2.7	-3.0	-3.5	-4.1	-4.0	-3.2	-2.9	-2.2	-1.6	-1.3

Die Korrekturwerte in Tabelle 54 scheinen auf den ersten Blick sehr hoch zu sein. Ein Vergleich mit Locarno-Monti zeigte jedoch alleine im Juni und Juli 1960 in 3 Fällen eine um

7 Grad höhere Temperatur in Lugano, und dies obwohl in Lugano nicht einmal Windstille herrschte.

h) Zeitperiode vom 1. Jan. 1961 bis 19. Mai 1972

In dieser Zeitperiode waren gemäss NORM90 trotz des Einsatzes der Englischen Hütte die monatsmittleren Temperaturen gegenüber der ANETZ-Periode immer noch deutlich zu hoch, wie Tabelle 55 zeigt.

Tabelle 55: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 1961 - 19. Mai 1972 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.8	-2.0	-1.8	-1.4	-0.9	-0.5

Diese Beträge wurden wiederum mit dem Verfahren A auf die einzelnen Tage umgerechnet. Tabelle 56 (vor 1971, 10er Skala der Bewölkung) und Tabelle 57 (ab 1971, 8er Skala der Bewölkung) zeigen die für windstille Verhältnisse erhaltenen Werte.

Tabelle 56: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1961-1970 (10er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.8	-1.2	-1.9	-2.7	-2.9	-2.9	-2.9	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
1	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.9	-2.9	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
2	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.9	-2.9	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
3	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.8	-2.8	-3.0	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
4	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.8	-2.8	-3.0	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
5	-0.8	-1.2	-1.8	-2.5	-2.8	-2.7	-2.7	-2.9	-2.9	-2.2	-1.6	-0.7
6	-0.7	-1.1	-1.7	-2.4	-2.7	-2.7	-2.6	-2.8	-2.8	-2.2	-1.6	-0.6
7	-0.7	-1.1	-1.7	-2.3	-2.6	-2.6	-2.5	-2.7	-2.6	-2.1	-1.5	-0.6
8	-0.7	-1.0	-1.6	-2.2	-2.4	-2.4	-2.3	-2.6	-2.4	-1.9	-1.4	-0.6
9	-0.6	-0.9	-1.4	-1.9	-2.0	-2.1	-2.1	-2.3	-2.1	-1.7	-1.2	-0.5
10	-0.5	-0.6	-1.0	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.1	-0.9	-0.5

Tabelle 57: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 1971-19. Mai 1972 (8er Skala der Bewölkung) im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	-0.8	-1.2	-1.9	-2.7	-2.9	-2.9	-2.9	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
1	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.9	-2.9	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
2	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.9	-2.9	-2.8	-3.1	-3.0	-2.3	-1.6	-0.7
3	-0.8	-1.2	-1.9	-2.6	-2.8	-2.8	-2.8	-3.0	-2.9	-2.3	-1.6	-0.7
4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.5	-2.8	-2.7	-2.7	-2.9	-2.9	-2.2	-1.6	-0.7
5	-0.7	-1.1	-1.7	-2.4	-2.7	-2.7	-2.6	-2.8	-2.8	-2.2	-1.5	-0.6
6	-0.7	-1.1	-1.6	-2.3	-2.5	-2.5	-2.4	-2.6	-2.5	-2.0	-1.5	-0.6
7	-0.6	-1.0	-1.5	-2.1	-2.2	-2.2	-2.2	-2.5	-2.3	-1.8	-1.3	-0.6
8	-0.5	-0.6	-1.0	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.1	-0.9	-0.5

i) Zeitperiode zwischen dem 19. Mai 1972 und 1. Jan. 1978

Am 19. Mai wurde die Englische Hütte an einen anderen Standort verschoben, dies hatte etwas kühlere Temperaturen zur Folge. Sie waren jedoch im Vergleich zur ANETZ-Periode mit Ausnahme der Wintermonate immer noch zu warm, wie man in Tabelle 58 ersehen kann.

Tabelle 58: Monatliche Homogenisierungsbeträge in der Periode 19. Mai 1972 - 1. Jan. 1978 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	0.3	0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.5	-0.2	-0.1	0.2

Durch das Verfahren A werden die in Tabelle 59 enthaltenen Werte berechnet.

Tabelle 59: Tägliche Homogenisierungsbeträge in Abhängigkeit von der Bewölkung im Fall von windstillen Verhältnissen in der Periode 19. Mai 1972 - 1977 im Vergleich zur ANETZ-Periode.

Bewölkung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.8	-0.7	-0.9	-1.0	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
1	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.8	-0.7	-0.9	-1.0	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
2	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.8	-0.7	-0.9	-0.9	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
3	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.8	-0.7	-0.8	-0.9	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
4	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.7	-0.6	-0.8	-0.9	-0.7	-0.3	-0.1	0.2
6	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.6	-0.3	-0.1	0.2
7	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.5	-0.7	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.2
8	0.3	0.1	-0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.0	0.1

3 Verifikation und allgemeine Bemerkungen zu den obigen Korrekturverfahren

An den einzelnen Stationen Zürich, Basel, Bern, Genf, Locarno und Lugano existieren bezüglich der Lufttemperatur zum Teil Parallelmessungen zwischen Wild'scher Hütte und Englischer Hütte sowie zwischen Englischer Hütte und dem ventilierten Thermometer. Allerdings sind diese nicht digital verfügbar. Eine Verifikation des im Kapitel 1.1 beschriebenen Verfahrens A ist deshalb im Moment nicht direkt möglich. Demzufolge mussten Stationen mit Englischer Hütte untersucht werden, bei welchen sich in der nahen Umgebung eine Station mit ventiliertem Thermometer befindet. Im Weiteren muss auch die Stationslage der beiden Stationen ähnlich sein, damit sich bezüglich der Maximaltemperaturen keine grossen Differenzen ergeben. Die Wahl fiel dabei auf die Stationspaare Fribourg (Englische Hütte) - Bern (ventiliertes Thermometer) während der Zeitperiode 1978-1995 und Turtmann (Englische Hütte) - Sion (ventiliertes Thermometer) in der Zeitperiode 1978-1982. Um die Werte direkt vergleichen zu können, mussten die Temperaturwerte auf die gleiche Höhenlage reduziert werden. Als Höhengradient wurde $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ gewählt. Dies entspricht etwa dem vertikalen Temperaturgradient in der freien Atmosphäre (Zraggen, 1994). Anschliessend wurden für alle Tage der Monate Mai-September mit Bewölkungsmengen 0/8 bzw. 8/8 die Temperaturdifferenz bestimmt. Die Resultate sind in Tabelle 60 enthalten.

Tabelle 60: Temperaturdifferenz in °C zwischen zwei nahegelegenen Stationen mit unterschiedlicher Temperaturmessung, reduziert auf die gleiche Höhenlage bei heiteren, bedeckten sowie allen Fällen.

Stationspaar	Zeitperiode	heiter (0/8)	bedeckt (8/8)	alle Fälle
Fribourg (Englische Hütte) - Bern (ventiliertes Thermometer)	1981-1995	+0.8	+0.6	+0.7
Turtmann (Englische Hütte) - Sion (ventiliertes Thermometer)	1978-1982	+1.6	+1.1	+1.4

Wenn die erhaltenen Werte in Tabelle 60 mit der Strahlungsbilanz einer Englischen Hütte verglichen werden, ergibt sich in etwa der gleiche Quotient. Das mittlere Verhältnis der Strahlungsbilanz bei heiteren und bedeckten Verhältnissen beträgt 1.6, das mittlere Verhältnis der Temperaturabweichung der Station mit der englischen Hütte gegenüber der Station mit dem ventilierten Thermometer zwischen heiteren und bedeckten Verhältnissen ca. 1.4. Damit kann gesagt werden, dass die Überwärmung bei einer gegebenen Windgeschwindigkeit in einer Englischen Hütte im Wesentlichen durch die Strahlungsbilanz bestimmt wird.

Um den Einfluss des Windes abzuschätzen, wurden unabhängig von der Bewölkung alle windschwachen Tage (0-2 Knoten) und alle Tage mit mässigem Wind (8-12 Knoten) gesondert betrachtet und daraus die Differenz beim jeweiligen Stationspaar gebildet, vgl. Tabelle 61.

Tabelle 61: Temperaturdifferenz in °C zwischen zwei nahegelegenen Stationen mit unterschiedlicher Temperaturmessung, reduziert auf die gleiche Höhenlage an Tagen mit mässigem Wind, an windschwachen Tagen sowie an allen Tagen.

Stationspaar	Zeitperiode	mässiger Wind (8-12 kt)	Wind- schwach (0-2 kt)	alle Fälle
Fribourg (Englische Hütte) - Bern (ventiliertes Thermometer)	1981-1995	+0.5	+0.8	+0.7
Turtmann (Englische Hütte) - Sion (ventiliertes Thermometer)	1978-1982	+1.0	+1.6	+1.4

Auch hier kann gesagt werden, dass die Überwärmung der Englischen Hütte mit zunehmender Windgeschwindigkeit abnimmt. Nach der im Kapitel 1.1.b hergeleiteten Beziehung zwischen der Überwärmung einer Hütte und der Windgeschwindigkeit müsste bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 10 kt (oder ca. Windstärke 2 auf der Wild'schen Windfahne) die Überwärmung bei einer gegebenen Bewölkungsmenge gegenüber Windstillen Verhältnissen auf den Wert $e^{-(2 \cdot 0.3)} = 0.54$ abgesunken sein. Das aus den beiden Stationspaaren ermittelte Verhältnis ist mit 0.62 nur geringfügig verschieden vom berechneten Wert.

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch bei eigenen Untersuchungen in Göschenen. Hier wurden vor zwei Jahren zwei englische Hütten aufgestellt. Während aber die eine Hütte voll der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, befindet sich die andere Hütte im Hausschatten. Eine starke Verfälschung der Temperatur im Hausschatten ist nicht zu erwarten, da der Standort sehr windig ist. Ausserdem stimmen die an mehreren Tagen mit einem Psychrometer bestimmten Temperaturen sehr genau mit denjenigen der Englischen Hütte im Hausschatten überein. Die daraus bestimmte Überwärmung der Englischen Hütte beträgt in den Monaten vom April bis September ca. 0.4 Grad. An schönen Tagen konnte ein mittlerer Unterschied von 0.7 Grad ermittelt werden. Auch der Zusammenhang mit der Belüftung ist klar ersichtlich. So konnte am 29. Oktober 2005 bei schönem Wetter und schwachem Südwind eine Überwärmung von ca. 2 Grad festgestellt werden. Am nächsten Tage betrug die

Überwärmung bei deutlich stärkerem Südwind nur noch etwas mehr als 1 Grad. Hier muss gesagt werden, dass im speziellen Fall von Göschenen auch die Windrichtung eine Rolle spielt. Infolge des sehr engen, schluchtartigen Tales kommen hier nur Süd- und Nordwinde vor. Bei einer Unterteilung der Fälle mit schönem Wetter zeigte sich klar, dass die Tage mit Südwinden eine deutlich grössere Überwärmung brachten als Tage mit Nordwind. Insbesondere scheint dies im Winterhalbjahr der Fall zu sein. Der Grund dürfte darin liegen, dass bei Südwind die Luft zuerst über die erwärmten Jalousien der Südfassade der Englischen Hütte strömt, bevor sie das Thermometer erreicht. Bei Nordwind hingegen streicht die Luft zuerst hauptsächlich über die beschatteten Jalousien der Nordfassade, welche weniger aufgeheizt sind. Bei den meisten Stationen dieser Arbeit wehen die Winde aber mehrheitlich aus West- bis Südwest sowie aus Ost- bis Nordost, so dass sich eine Aufteilung in verschiedene Windrichtungen nicht aufdrängte.

Die Verhältnisse in einer Wild'schen Hütte konnten nicht auf die oben beschriebene Weise verifiziert werden, weil keine Wild'sche Hütte mehr im Einsatz ist. Die Verhältnisse dürften ähnlich wie bei der Englischen Hütte liegen, allerdings sind die absoluten Korrekturbeträge meist deutlich grösser. Immerhin kann aus den Abbildungen 9 und 10 ersehen werden, dass die oben beschriebenen Korrekturen auch bei einzelnen Temperaturwerten in der Wild'schen Hütte sinnvoll sind. Bei den Datensätzen der Originalbeobachtungen zeigen nämlich auch klimatisch ähnlich gelegene Orte wie zum Beispiel Zürich, Bern und Basel bezüglich der Jahresmaxima zwischen den einzelnen Klimaperioden recht verschiedene Verläufe, vgl. Abbildung 9. So war Basel zwischen 1931-60 sehr warm, weil sich die Wild'sche Hütte damals in Binningen voll an der Sonne befand, während zwischen 1901 und 1928 die Wild'sche Hütte im Bernoullianum längere Zeit im Hausschatten stand, wo sich die Luft offensichtlich nicht so stark erwärmte. Dies wirkte sich bei den Jahresmaxima stark aus. Ähnliches kann zwischen Bern und Zürich festgestellt werden. Die Wild'sche Hütte war in Zürich immer stark der Sonne ausgesetzt, währenddem sie sich in Bern im Baumschatten befand. Bern war 1901-30 bezüglich der Jahresmaxima bei den Daten aus den Originalbeobachtungen ca. 2.7 Grad kälter als Zürich. Zwischen 1981-2003, als an beiden Orten das ventilierte Thermometer im Einsatz war, betrug der Unterschied nur noch 0.1 Grad. Demgegenüber verlaufen die mittleren Jahreshöchstwerte der Stationen Zürich, Basel, Bern, Genf und Lugano der einzelnen Klimaperioden 1901-30, 1931-60, 1961-90 und 1981-2003 nach der Homogenisierung praktisch parallel, vgl. Abbildung 10. Dies ist umso erstaunlicher, weil sich das Mittel lediglich aus 30, in der Periode 1981-2003 aus sogar nur 22 Werten zusammensetzt, welche zusätzlich noch den höchsten Temperaturwert eines Jahres darstellen. Insbesondere ist dies bei Bern, Zürich und Basel der Fall. In Zürich und Bern sind die Werte nach der Homogenisierung auch in den Perioden 1901-30 und 1931-60 praktisch identisch.

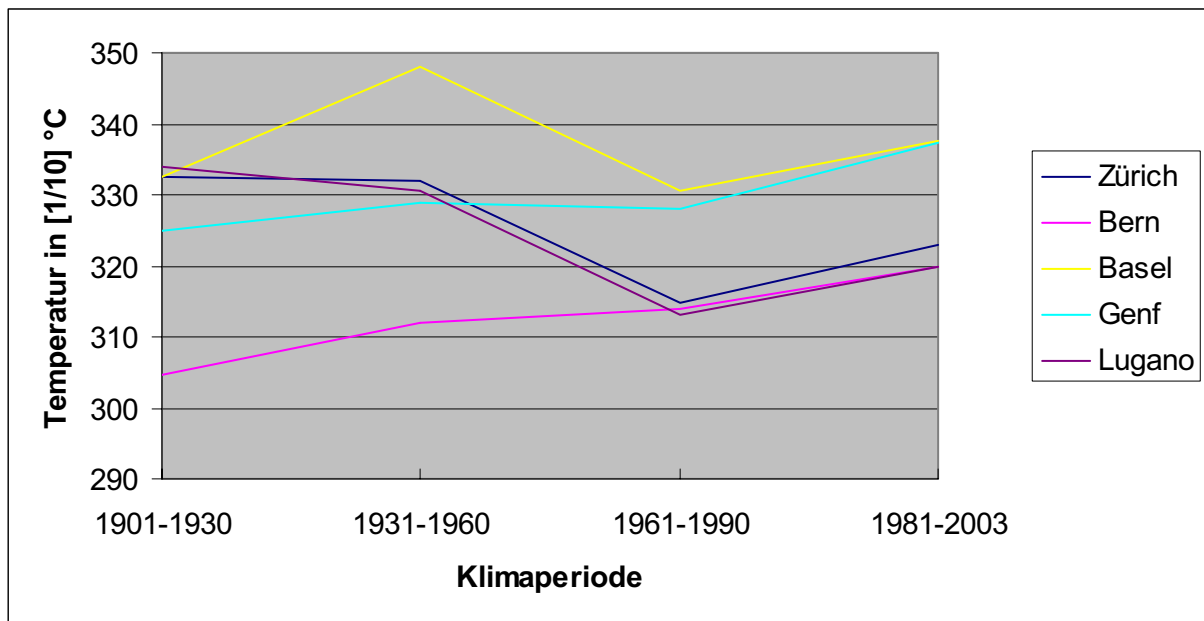


Abbildung 9: Mittlere Jahreshöchstwerte der Lufttemperatur aus den Originaldaten der Zeitperioden 1901-30, 1931-60, 1961-90 an den Stationen Zürich, Bern, Basel, Genf und Lugano.

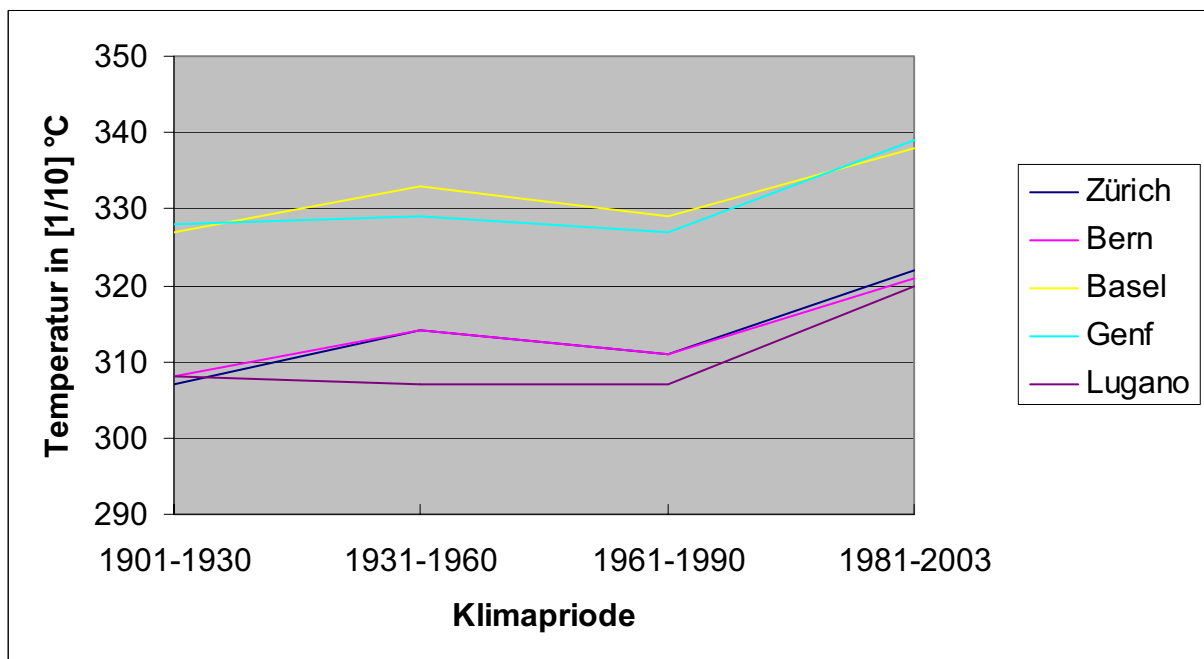


Abbildung 10: Mittlere Jahreshöchstwerte der homogenisierten Lufttemperatur der Zeitperioden 1901-30, 1931-60, 1961-90 an den Stationen Zürich, Bern, Basel, Genf und Lugano.

4 Auswirkungen der Homogenisierung der Tagesmaxima der Lufttemperatur auf die Sommer- und Hitzetage

Vor allem an den Stationen, wo Wild'sche Hütten im Einsatz waren, ergibt sich durch die Homogenisierung eine deutliche Reduktion der Sommertage. Im Weiteren zeigen die Sommertage die Stationen nördlich der Alpen alle einen ähnlichen Verlauf. So weisen die

korrigierten Sommertage alle ein Maximum in der Periode zwischen 1931 und 1960 auf, wobei die Abweichungen gegenüber 1901 bis 1930 sowie 1961 bis 1990 nicht sehr gross sind. Ähnliches gibt es zu den Hitzetagen zu bemerken. Im Vergleich zu den Originalbeobachtungen weisen die homogenisierten Datenreihen besonders bei den Stationen Zürich, Basel und Lugano (Wild'sche Hütte) deutlich weniger Sommer- und Hitzetage auf. Die grossen Unterschiede zwischen homogenisierten Werte und den Originaldaten werden in den Tabellen 62-65 deutlich aufgezeigt. Hier ist auch ersichtlich, dass die in dieser Arbeit errechnete Anzahl Sommertage mit Abweichungen von maximal nur 1 Tag mit den Angaben von NORM90 praktisch übereinstimmt.

Tabelle 62: Anzahl der Sommertage von Zürich, Basel, Bern, Genf und Lugano basierend auf vorläufig homogenisierten Maximumtemperaturen zwischen 1901-1930, 1931-1960 sowie 1961-1990 und die von NORM90 berechneten Sommertage in der Periode 1961-1990.

Station	1901-1930	1931-1960	1961-1990	1961-90 NORM90
Zürich	29.5	32.1	29.6	30.2
Basel	39.7	44.4	41.3	41.6
Bern	29.9	33.9	31.7	32.6
Genf	43.2	45.5	46.9	47.2
Lugano	53.0	57.0	48.6	49.7

Tabelle 63: Anzahl der Sommertage von Locarno-Monti und Lugano basierend auf vorläufig homogenisierten Maximumtemperaturen zwischen 1935-1960 sowie 1961-1990 und die von NORM90 berechneten Sommertage in der Periode 1961-1990.

Station	1935-1960	1961-1990	1961-90 NORM90
Locarno-Monti	57.7	53.9	54.2
Lugano	55.9	48.6	49.7

Tabelle 64: Anzahl der Sommertage von Zürich, Basel, Bern, Genf und Lugano basierend auf unkorrigierten Maximumtemperaturen zwischen 1901-1930, 1931-1960 sowie 1961-1990.

Station	1901-1930	1931-1960	1961-1990
Zürich	54.3	54.5	35.5
Basel	40.7	62.1	46.6
Bern	30.0	30.6	34.5
Genf	43.6	46.7	47.1
Lugano	94.3	95.8	60.3

Tabelle 65: Anzahl der Sommertage von Locarno-Monti und Lugano basierend auf unkorrigierten Maximumtemperaturen zwischen 1935-1960 sowie 1961-1990.

Station	1935-1960	1961-1990
Locarno-Monti	55.5	56.7
Lugano	95.5	60.3

Durch den grossen Messfehler in Wild'schen Hütten werden sogar regionalklimatologische Aussagen zum Teil verunmöglicht. So hat zum Beispiel Zürich (Wild'sche Hütte) zwischen 1931 und 1960 gleich viele Sommertage wie Locarno (meist Englische Hütte), was anhand der scharfen klimatischen Unterschiede zwischen der Alpennord- und -südseite unrealistisch ist. Mit heutigen Messmethoden hat die Alpensüdseite in den Niederungen bei 400 Metern Meereshöhe ca. 20 Sommertage mehr aufzuweisen als das Schweizerische Mittelland. Demgegenüber weist die Station Lugano (Wild'sche Hütte) zwischen 1936 und 1960 fast das

doppelte an Sommertagen gegenüber Locarno-Monti auf, obwohl diese Station am See liegt. Diese Beispiele liessen sich beliebig erweitern. Alles in allem zeigt sich, dass die Ergebnisse in den Wild'schen Hütten in Zürich, Basel und Lugano nur bedingt mit anderen Stationen vergleichbar sind.

Bei der Anzahl Hitzetage ergibt sich ein sehr ähnliches Bild wie bei den Sommertagen, wie man den Tabellen 66-69 entnehmen kann. Auch hier fällt auf, dass bei den homogenisierten Temperaturreihen die Anzahl der Hitzetage zwischen den einzelnen Klimaperioden 1901-1930, 1931-1960 sowie 1961-1990 praktisch gleich bleiben. In Zürich, Basel und Bern weist wiederum die Periode 1931-1960 etwas mehr Hitzetage auf als die anderen zwei Perioden. Im Weiteren kann auch gesagt werden, dass die in dieser Arbeit errechnete Anzahl Hitzetage mit den Angaben von NORM90 fast identisch ist.

Tabelle 66: Anzahl der Hitzetage von Zürich, Basel, Bern, Genf und Lugano basierend auf vorläufig homogenisierten Maximumtemperaturen zwischen 1901-1930, 1931-1960 sowie 1961-1990 und die von NORM90 berechneten Hitzetage in der Periode 1961-1990.

Station	1901-1930	1931-1960	1961-1990	1961-90 NORM90
Zürich	2.9	4.2	2.6	2.6
Basel	7.7	9.0	6.6	6.8
Bern	3.7	4.5	3.0	3.3
Genf	7.7	7.7	9.2	9.4
Lugano	2.9	3.4	2.1	2.2

Tabelle 67: Anzahl der Hitzetage von Locarno-Monti und Lugano basierend auf vorläufig homogenisierten Maximumtemperaturen zwischen 1935-1960 sowie 1961-1990 und die von NORM90 berechneten Hitzetage in der Periode 1961-1990.

Station	1935-1960	1961-1990	1961-90 NORM90
Locarno-Monti	4.6	3.4	3.4
Lugano	3.0	2.1	2.2

Tabelle 68: Anzahl der Hitzetage von Zürich, Basel, Bern, Genf und Lugano basierend auf unkorrigierten Maximumtemperaturen zwischen 1901-1930, 1931-1960 sowie 1961-1990.

Station	1901-1930	1931-1960	1961-1990
Zürich	11.3	11.8	4.5
Basel	8.3	16.4	8.8
Bern	3.2	3.7	4.1
Genf	7.7	7.8	9.3
Lugano	22.4	20.5	5.3

Tabelle 69: Anzahl der Hitzetage von Locarno-Monti und Lugano basierend auf unkorrigierten Maximumtemperaturen zwischen 1935-1960 sowie 1961-1990.

Station	1935-1960	1961-1990
Locarno-Monti	4.1	3.8
Lugano	20.8	5.7

Wenn man die unkorrigierten Hitzetage betrachtet, so ist die Anzahl der Hitzetage von Ort zu Ort innerhalb einer ähnlichen Klimaregion sehr verschieden. Locarno-Monti hat in der Periode 1935-1960 etwa 4 Hitzetage pro Jahr aufzuweisen, während Lugano (Wild'sche Hütte) ca. 21 Hitzetage registriert. Anhand von diesen grossen Unterschieden ist auch bei den Hitzetagen bei unkorrigierten Werten kein regionaler Vergleich möglich, weil die Werte,

welche in einer Wild'schen Hütte gemessen werden, ein falsches Bild über die tatsächlichen Verhältnisse in bezug auf Hitzetage machen.

Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass die in dieser Arbeit angeführten Korrekturen auch in diesem hohen Ausmass gerechtfertigt sind und dass sich mit Hilfe dieser Korrekturen ein wesentlich besseres Bild der Sommer- und Hitzetage sowie auch der Extremwerte ergibt.

5 Vergleich der homogenisierten Temperaturrekorde mit den Temperaturrekorden in der Datenbank von Meteoschweiz

Weil die Temperaturhöchstwerte insbesondere in den Wild'schen Hütten infolge ungenügenden Strahlungsschutzes deutlich zu hoch waren, erfahren die früheren Temperaturhöchstwerte einen Abzug von bis zu 3 Grad. Dies ist an den Stationen Zürich, Basel und Lugano der Fall. In der Messreihe 1901 bis 2003 galt in Basel immer der Rekordwert von 39.0 Grad vom 2. Juli 1952. Mit den homogenisierten Werten gilt dies nicht mehr. Nach dem heutigen Messverfahren würde man am 2. Juli 1952 ein Temperaturwert von ca. 37.3 Grad erhalten. Damit ist nach heutigem Messverfahren in Basel der Rekord mit einem Höchstwert von 38.6 Grad im August 2003 aufgestellt worden, gefolgt von 38.4 Grad im Juli 1983 und im Juli 1921.

Sehr ähnlich sind die Verhältnisse in Zürich. Der in der Datenbank und in der Literatur angegebene Höchstwert von 29. Juli 1947 beträgt 37.7 Grad. Mit der heutigen Messtechnik und am heutigen Standort würde an diesem Tag ca. 35.8 Grad gemessen worden sein. Auch hier zeigt sich, dass dieser Wert in der letzten Zeit einmal erreicht und einmal gebrochen wurde, nämlich am 31. Juli 1983 mit 35.8 Grad und am 13. August 2003 mit 36.0 Grad.

Anders sieht die Situation in Bern aus. Hier war zwar bis 1957 im Sommerhalbjahr auch eine Wild'sche Hütte im Einsatz. Allerdings stand sie im Schatten von grossen Bäumen. Dies bewirkte, dass keine Erhöhung der Lufttemperatur durch die Strahlung entstand. Die Temperaturmessung wäre damit an sich sehr gut gewesen. Die grossen Bäume bewirkten aber ein zu kühles Mikroklima, so dass gegenüber dem heutigen repräsentativeren Standort die früheren Rekordwerte sogar erhöht werden mussten. Aber trotzdem sticht auch hier das Jahr 2003 heraus. Der in der Datenbank gültige Wert von 35.4 Grad aus dem Jahre 1947 würde am heutigen Standort ein Wert von ca. 35.9 Grad ergeben. Dies ist aber immer noch mehr als ein Grad tiefer als der Wert von 37.0 Grad am 13. August 2003.

In Genf wurden bis zur Stationsverschiebung eher zu kühle Temperaturen gemessen, weil sich das Thermometergehäuse beim Observatoire an einer schattigen Nordwand befand. Nach den homogenisierten Werten ergibt sich ein Rekord von 38.5 Grad, gemessen im Juli 1921. Dies würde bedeuten, dass nach heutiger Messtechnik der Hitzerekord bis zum August 2003 von Genf und Basel mit Temperaturen von über 38 Grad gehalten worden wäre.

In Lugano galt bis anhin der 23. Juli 1945 als der heisseste Tag. Damals wurden in der Wild'schen Hütte 38.0 Grad gemessen. Mit der heutigen Messtechnik und am heutigen Standort wäre damals etwa 35.7 Grad gemessen worden. Sehr gross war die Korrektur vor allem zwischen 1953 und 1960, als gemäss Stationsinspektionen die Wild'sche Hütte stark verschmutzt war. So wurde im Juli 1957 ein Wert von 37.0 Grad gemessen, nach dem Stand der heutigen Messtechnik hätte dies ein Wert von ca. 33.6 Grad ergeben. Dass die gemessenen 37.0 Grad tatsächlich ungefähr 3 bis 4 Grad zu hoch waren, wird aus den Daten von Locarno-Monti ersichtlich. Der homogenisierte Wert beträgt hier 33.7 Grad, der Originalwert ist mit 33.2 Grad sogar noch etwas tiefer.

Der nach den homogenisierten Daten gültige Hitzerekord datiert aus dem Juli 1983, als mit Nordföhn 37.1 Grad registriert wurden.

Tabelle 70 zeigt auf, dass die meisten Rekorde bei den vorläufig homogenisierten Werten mit Ausnahme von Genf auf die Jahre 2003 oder 1983 fallen, während bei unkorrigierten Werten auf der Alpennordseite die Jahre 1952, 1947 und 1921 besonders hervorstechen.

In der nun folgenden Darstellung der Resultate wird auf die Werte in der Datenbank **nicht mehr** eingegangen, es werden nur die in dieser Arbeit homogenisierten Werte betrachtet. Die alten Rekordwerte von Basel aus dem Jahre 1952 mit 39.0 Grad, von Zürich aus dem Jahre 1947 mit 37.7 Grad oder von Lugano aus dem Jahre 1945 mit 38.0 Grad und auch alle anderen Höchstwerte in der Datenbank werden in den folgenden Beschreibungen nicht mehr berücksichtigt.

Tabelle 70: Vergleich der absoluten Rekorde der Maximaltemperatur zwischen den unkorrigierten Werten und den vorläufig homogenisierten Werten.

Station	Maximaltemperatur unkorrigiert		Maximaltemperatur vorläufig homogenisiert	
	Wert	Datum	Wert	Datum
Zürich	37.7	29.07.1947	36.0	13.08.2003
	37.2	28.07.1921	35.8	31.07.1983
	37.1	30.07.1947	35.8	29.07.1947
Basel	39.0	02.07.1952	38.6	13.08.2003
	38.7	29.07.1947	38.4	31.07.1983
	38.7	21.08.1943	38.4	28.07.1921
Bern	37.0	13.08.2003	37.0	13.08.2003
	35.6	09.08.2003	35.9	29.07.1947
	35.4	29.07.1947	35.6	09.08.2003
Genf	38.3	28.07.1921	38.5	28.07.1921
	37.8	20.07.2003	37.8	20.07.2003
	37.6	13.08.2003	37.6	13.08.2003
Locarno-Monti	37.9	11.08.2003	37.9	11.08.2003
	37.3	29.07.1983	37.3	29.07.1983
	36.0	23.07.1945	36.0	23.07.1945
Lugano	38.0	23.07.1945	37.1	21.07.1983
	37.1	21.07.1983	36.7	29.07.1983
	37.0	06.07.1957	35.9	11.08.2003

Da die Messung der Tagshöchsttemperaturen durch verschiedenen Parameter verfälscht werden können, die später nicht mehr genau zu eruieren sind, sind auch die einzelnen Höchstwerte nicht als exakt zu betrachten. Die berechneten, einzelnen Tageshöchstwerte können an einem einzelnen Tag durchaus 1 Grad zu hoch oder zu tief liegen. Hier muss allerdings auch gesagt werden, dass die Variabilität der Tageshöchsttemperatur ebenso gross ist. Das heisst, dass in geringer Entfernung von einigen Metern vom Messort unter ähnlichen Bedingungen die Tageshöchstwerte 1 Grad höher oder tiefer liegen können. Über die ganze Zeitreihe betrachtet ist aber die Homogenisierung der einzelnen Tageshöchstwerte dennoch sinnvoll, da bei den Hitze- und Sommertagen die homogenisierten Daten ein weit besseres Bild der tatsächlichen Verhältnisse ergeben und auf diese Weise regionale Vergleiche möglich sind. Auch bei den Rekordwerten ist der Nutzen der Homogenisierung offensichtlich, da ja besonders diese Werte in den unhomogenisierten Datenreihen bis zu 3 Grad, in Lugano sogar mehr als 3 Grad zu hoch liegen können.

Teil II

Die Maximumtemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen

6 Synoptik während der Hitzewelle zwischen dem 1. und 13. August 2003

Am 1. August stiess in der Höhe von Spanien her sehr warme Luft nach Mitteleuropa vor. Der damit verbundene Höhenrücken bedeckte ab dem 2. August die Iberische Halbinsel, Frankreich, Mitteleuropa, die Alpenländer sowie Italien. Die Achse dieses Hochdruckrückens lag zunächst knapp westlich der Schweiz, so dass in der Höhe schwache nordwestliche Winde wehten. Knapp östlich des Höhenrückens herrschte wie üblich die stärkste Subsidenz, so dass der Luftdruck nordöstlich der Schweiz zunächst höher war als weiter westlich. Im Weiteren war die Land-Meerverteilung für die Bodendruckverteilung von entscheidender Bedeutung, wie Abbildung 11 zeigt. Durch die erwähnte Subsidenz östlich des Höhenrückens und die kühle Meeresoberfläche begann sich in der Folge über der Nord- und Ostsee ein Bodenhoch auszubilden. Dadurch stellte sich in den unteren Luftschichten eine nordöstliche Bodenströmung ein. Damit strömte von der Nord- oder Ostsee zunächst noch nicht extrem heisse Luft nach Mitteleuropa. Da hier die Böden extrem ausgetrocknet waren, wurde diese Luft bis zum Alpenraum tagsüber stark aufgeheizt, so dass trotz der zeitweise leichten Bise die Temperaturen auch nördlich der Alpen auf sehr hohe Werte anstiegen und die eigentlich vorhandene Advektion von kühlerer Luft kompensiert wurde. Dies umso mehr, als die Winde über dem Alpenraum sowohl in der Höhe und am Boden schwach waren und sich die Schweiz quasi am Westrand der geschilderten Windsituation befand. Bereits über Frankreich, wo man sich innerhalb oder knapp westlich des Höhenrückens befand, war es in der Höhe praktisch windstill oder es wehten in der Höhe bereits südliche oder südwestliche Winde. In solchen Situationen stellen sich in Bodennähe erfahrungsgemäss die höchsten Lufttemperaturen ein. Dies war auch diesmal der Fall, stiegen die Temperaturen in Frankreich in diesen Tagen doch zum Teil über 40 Grad, während es in den tiefsten Lagen der Alpennordseite, so zum Beispiel in Basel, für 37 Grad reichte. In Abbildung 11 ist die beschriebene Wetterlage zwischen dem 8. und 11. August 2003 skizziert.

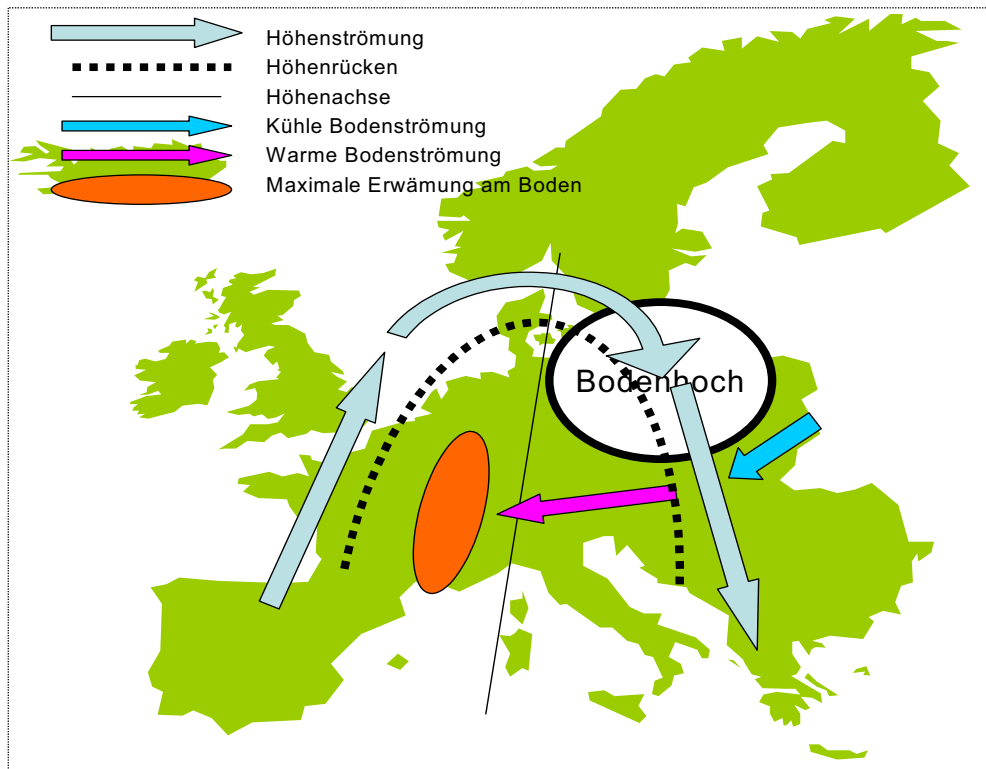


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Wetterlage vom 8. bis 11. August

Besonderer Erwähnung bedarf der 11. August. Wie bereits angetönt, wehten bis zu diesem Zeitpunkt in der Höhe schwache nordwestliche Winde. An diesem Tag verstärkten sie sich vorübergehend und bewirkten südlich der Alpen etwas Nordföhn, welcher zum Teil bis in die tiefen Talsohlen vorstossen konnte. Dadurch kam es in den Tessiner und Südbündner Tälern zu extrem hohen Temperaturen. In Comprovasco im Bleniotal stieg das Thermometer auf 37.5 Grad und in Locarno-Monti kam es mit 37.9 Grad, obwohl der Nordföhn die Station nicht ganz erreichte, zu einem neuen Hitzerekord. Am heissesten war es allerdings mit 41.5 Grad im südbündnerischen Grono, wo an diesem Tag ein neuer Schweizerischer Hitzerekord verzeichnet wurde, vgl. Abbildung 12 und Tabelle 71.

Auf den 13. August gelangte die Schweiz allmählich hinter die Hochdruckachse und die Winde drehten allmählich auf West. Dadurch wurde es in den untersten Luftschichten nochmals etwas wärmer und die Temperaturen erreichten in den Niederungen der Alpennordseite vielerorts neue Höchstwerte. Wenn man die homogenisierten Temperaturmaxima in Betracht zieht, war dies sogar weit verbreitet der Fall. In Basel kletterte das Thermometer auf 38.6 Grad, damit wurde der alte Höchstwert von 38.4 vom 31. Juli 1983 und vom Juli 1921 knapp überboten. Dieser Wert stellt für die Alpennordseite somit einen neuen Höchstwert dar. In Höhen oberhalb von 1000 Metern wurden demgegenüber mit etwa 32 Grad keine neuen Höchstwerte verzeichnet. Im Juli 1983 gab es auf 1000 Metern verbreitet 33 Grad, in Chateau d'Oex wurde sogar 35.0 Grad verzeichnet. In höheren Lagen wurden im August 2003 an einigen Orten die alten Rekorde vom Juli 1983 sogar deutlich verfehlt, so auf dem Pilatus, wo es im August 2003 mit 22 mehr als 5 Grad kälter als am 31. Juli 1983. Neue Höchstwerte gab es demgegenüber am 13. August 2003 in Höhenlagen um 1000 Metern im Nordtessin. So wurde in Piotta in der oberen Leventina 34.0 Grad gemessen, während es im

am 23. Juli 1983 mit 32.8 Grad etwas weniger heiss war. In Tabelle 71 sind die Tageshöchsttemperaturen vom 3. bis 13. August 2003 an ausgewählten Stationen aufgeführt.

Tabelle 71: Tageshöchsttemperaturen an ausgewählten Stationen während der Hitzeperiode vom 3. bis 13. August 2003.

			3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.8	12.8	13.8
Jura und Jura-nordfuss	Basel	316	34.4	35.6	36.6	35.7	36.8	37.0	36.7	36.9	35.8	36.7	38.6
	Fahy	596	32.8	34.0	34.7	34.5	35.2	34.4	36.1	35.2	34.6	35.3	35.9
	La Chaux-de. F.	1018	28.4	29.9	30.1	30.2	31.2	29.9	31.1	30.6	30.4	31.6	32.5
	La Fretaz	1202	25.5	26.8	27.9	28.1	28.4	27.3	28.5	27.8	29.0	28.4	29.8
	La Dole	1670	23.1	24.4	25.5	26.4	26.6	26.2	26.6	27.6	27.8	27.9	27.9
Mittelland	Zürich	556	31.5	32.8	34.2	33.7	34.4	34.0	34.1	34.4	34.3	34.4	36.0
	Zürich Kloten	436	32.8	33.8	35.3	34.2	35.2	35.3	35.8	36.1	35.4	35.5	37.1
	Tänikon	536	31.4	32.6	33.7	32.6	33.5	34.1	34.3	34.8	33.8	33.9	35.6
	Schaffhausen	437	33.5	34.8	35.4	34.3	35.1	35.5	34.4	35.9	34.8	34.8	37.6
	Güttingen	440	31.6	33.0	34.2	32.6	33.1	33.9	32.7	34.9	33.3	33.4	34.8
	Haidenhaus	702	30.3	31.4	32.4	32.0	31.6	32.3	32.1	33.1	32.0	32.4	33.9
	St.Gallen	779	28.7	29.3	30.8	29.6	29.5	30.4	30.8	31.3	29.7	30.3	33.2
	Buchs Aarau	387	33.9	36.0	36.6	35.7	36.3	36.7	36.4	37.0	35.6	36.6	37.0
	Luzern	456	31.8	33.5	34.1	34.0	34.9	34.6	33.8	34.8	35.2	34.6	35.8
	Bern	565	32.2	33.9	35.1	35.0	35.0	34.7	35.6	35.2	35.1	35.0	37.0
	Fribourg	634	32.4	34.0	34.5	34.9	35.2	35.4	35.2	35.5	35.4	35.5	36.3
Alpenordhang	Bad Ragaz	496	32.3	33.4	34.2	34.0	34.7	34.8	35.0	35.2	35.0	34.1	36.8
	Glarus	515	30.0	32.0	32.5	33.0	33.6	33.8	32.9	34.1	33.6	33.9	35.6
	Altdorf	449	30.6	31.7	32.3	33.1	34.5	34.5	33.8	34.7	35.2	34.5	36.5
	Interlaken	580	31.4	33.0	33.6	33.7	33.4	32.8	34.0	34.8	34.7	34.7	36.5
	Elm	965	27.8	28.7	30.3	29.4	30.0	30.4	30.3	30.8	30.3	30.8	32.6
	Engelberg	1035	27.9	29.0	30.0	29.5	30.2	29.9	29.6	30.8	30.5	30.8	32.4
	Gstaad	1085	29.0	30.7	30.0	30.3	30.6	30.3	30.4	30.8	31.2	31.7	32.0
	Chateau d'Oex	985	29.2	30.7	31.4	31.5	32.4	31.4	31.5	32.4	32.1	32.7	33.4
	Adelboden	1320	25.9	27.7	27.6	27.7	28.0	28.0	27.9	28.4	28.5	28.3	29.4
Genferseegebiet	Genf	420	35.0	35.9	36.5	36.6	36.5	36.0	36.8	37.0	37.4	37.2	37.6
	Pully	461	32.0	34.1	35.0	35.3	36.9	35.4	36.7	35.2	36.0	37.1	35.6
	Montreux	405	31.3	33.2	34.4	35.2	35.7	32.2	35.0	34.1	36.7	33.7	33.2
Wallis	Sion	482	33.9	35.1	37.2	34.3	37.0	35.0	36.0	36.0	36.4	35.8	37.2
	Visp	640	33.7	35.3	33.1	33.5	35.4	35.3	34.4	34.7	34.3	34.6	34.5
	Montana	1508	27.9	29.1	29.0	28.0	29.8	28.4	29.0	29.5	28.5	30.0	29.2
	Ulrichen	1345	28.8	29.8	30.2	29.5	29.4	28.6	29.2	29.6	29.2	30.1	30.5
	Zermatt	1638	26.9	28.5	27.5	28.1	29.3	27.8	28.2	27.9	29.7	28.4	30.1
Nord- und Mittelbünden	Arosa	1840	24.2	24.9	25.3	24.4	24.4	24.8	24.0	25.0	25.0	25.5	26.2
	Davos	1590	25.4	26.6	26.8	25.6	25.2	26.0	25.6	26.8	25.8	26.1	27.3
	Disentis	1190	29.2	30.5	30.6	30.1	29.8	30.6	28.9	30.4	31.3	31.8	32.6
	Chur	555	32.6	33.4	34.6	34.8	35.1	35.3	35.4	35.8	34.9	35.2	37.1
Engadin	Samedan	1705	26.2	27.0	27.6	26.7	26.2	26.8	26.5	27.4	27.7	27.1	27.7
	Schuls	1298	31.6	33.1	32.3	31.2	31.6	30.5	30.3	31.4	31.8	31.6	32.5
Gipfellagen	Napf	1406	25.0	25.9	26.7	27.1	26.6	26.7	27.0	27.3	27.2	27.1	29.7
	Pilatus	2106	19.2	19.7	20.2	20.1	20.3	20.7	20.8	20.9	21.1	21.3	22.3
	Grimsel	1980	20.2	21.7	21.1	22.2	23.1	21.7	21.4	22.0	21.5	22.6	25.4
	Gütsch	2287	19.1	21.1	21.0	21.7	21.1	21.7	20.8	21.4	22.4	22.8	22.8
	Säntis	2490	15.6	17.6	18.5	14.9	15.6	16.2	15.5	17.6	16.2	16.5	19.0
	Weissfluhjoch	2690	15.5	16.6	16.8	17.6	18.6	17.9	18.4	19.1	15.5	17.1	17.1
	Corvatsch	3315	11.8	12.7	11.9	10.8	9.7	10.0	11.3	11.4	12.1	12.4	13.0
	Jungfrauojoch	3580	9.7	11.7	9.0	8.2	9.7	8.0	7.9	6.8	6.2	10.2	7.4
Alpensüdseite	San Bernardino	1639	24.4	25.1	26.2	27.1	26.4	25.8	26.1	27.3	26.8	27.6	27.6
	Cimetta	1672	21.3	22.5	23.0	24.6	24.2	22.5	24.9	24.0	26.2	24.3	24.1
	Piotta	1007	29.2	29.6	30.6	32.5	32.2	30.9	31.6	32.5	32.4	33.4	34.0
	Comprovasco	575	32.5	33.5	34.9	36.6	36.5	33.8	36.1	35.9	37.5	36.5	35.6
	Grono	382	34.1	35.7	37.0	37.1	37.4	35.1	38.5	37.4	41.5	37.0	37.1
	Loc. Monti	366	32.4	33.6	34.3	34.9	34.3	32.9	34.3	35.0	37.9	35.2	35.3
	Magadino	197	32.5	33.7	33.4	34.4	34.2	32.6	34.0	34.9	36.1	34.7	34.9
	Lugano	273	31.8	33.2	33.8	34.2	32.7	32.0	34.3	34.3	35.9	34.1	34.3

7 Synoptik während der Hitzewelle zwischen dem 21. und 31. Juli 1983

Da der Juli 1983 bis zum Jahre 2003 zumindest auf der Alpennordseite der heisseste Monat war und gegen Ende Monat eine extreme Hitzewelle brachte, soll hier näher auf ihn eingegangen werden.

Am 21. Juli erstreckte sich in grosser Höhe ein Hoch vom Atlantik bis zu den Britischen Inseln. Ein zweiter, noch kräftigerer Hochdruckrücken bedeckte das westliche Mittelmeer. Dazwischen befand sich über der westlichen Iberischen Halbinsel ein Höhentief. Der Alpenraum war dem Höhenhoch über dem westlichen Mittelmeer angeschlossen und lag zunächst knapp östlich dessen Achse innerhalb westlicher bis nordwestlicher Höhenwinde. Im Bodendruckfeld erstreckte sich, bedingt auch durch die relativ kühlen Meeresoberflächen, vom Atlantik her ein recht kräftiges Hoch über die Britischen Inseln bis zur Nordsee. Dadurch stellten sich in den unteren Luftschichten vorübergehend nördliche Winde ein, welche den Alpenkamm zu überqueren vermochten und auf der Alpensüdseite etwas Nordföhn auslösten. Durch die klare Sicht und die diabatische Erwärmung kletterte das Thermometer im Mittel- und Südtessin auf 36 bis 37 Grad, während es nördlich der Alpen infolge der stabilen Schichtung des erwähnten Bodenhochs nur gerade für etwa 27 Grad reichte, vgl. Tabelle 72. Auf den 22. Juli verband sich das Höhentief über Spanien mit der Zone von tiefem Luftdruck nördlich der Polarfront. Es bildete sich damit ein Höhentrog aus, welcher sich vom Atlantik knapp westlich der Britischen Inseln bis zur Westküste von Spanien erstreckte. An der Ostseite dieses Höhentrogas stiess in der Höhe aus Süden sehr warme nach Norden vor. Dadurch verstärkte sich der Höhenrücken über dem westlichen Mittelmeer und dehnte sich weiter nach Norden aus. Im Bodendruckfeld wurde das recht kräftige Hoch über den Britischen Inseln abgebaut, so dass die nördlichen Bodenwinde auf den 22. Juli zu Ende gingen. Die Achse des Höhenrückens wanderte am 23. Juli allmählich nach Osten, die Schweiz gelangte mehr und mehr auf die Rückseite in den Bereich von südwestlichen Winden, welche die Temperatur auch nördlich der Alpen wieder deutlich über die 30 Grad-Marke stiegen liessen. Am 24. Juli wanderte auf der Ostseite des Höhentrogas ein Teiltrog nach Nordosten. Dadurch bildete sich eine eigentliche Gewitterstörung, welche in der Nacht auf den 25. Juli in der Schweiz verbreitet für kräftige Gewitter sorgte. Dahinter verstärkte sich der Höhenrücken wieder, wobei die Schweiz knapp westlich der Achse lag. Damit gelangte vom 26. bis zum 28. Juli sehr heisse Saharaluft in die Schweiz. Die Temperaturen stiegen im Mittelland verbreitet auf 33 bis 35 Grad, in Basel wurde 35.8 Grad und in Schaffhausen sogar 36.6 Grad verzeichnet. Sehr heiss wurde es in einigen Alpentälern. So stieg am 26. Juli das Thermometer in Visp auf 35.6 Grad und in Chur wurde am 28. Juli mit leichter Föhnunterstützung 37.5 Grad erreicht. So heiss war es in Chur zuvor noch nie und diese extreme Temperatur wurde auch bis und mit 2003 nicht mehr erreicht. Auch in den Bergen war es aussergewöhnlich warm. So zeigte das Thermometer am 27. Juli auf dem Säntis eine Höchsttemperatur von 20.8 Grad, was ein neuer Höchstwert an dieser Station bedeutete und welcher auch heute noch gilt. Fast unglaublich hoch waren die Nachttemperaturen in einigen nördlichen Alpentälern. Bedingt durch die südlichen Höhenwinde und durch den nächtlichen Bergwind verstärkt, konnte sich in der Nacht jeweils vorübergehend der Föhn bis in die Täler durchsetzen. Im Urner Reusstal wurden jeweils um 1 Uhr morgens Werte von knapp 30 Grad gemessen. Diese Werte wurden während der grossen Hitzeperiode vom 1. bis 13. August 2003 in diesen Gebieten bei weitem nicht erreicht, lagen doch die nächtlichen Temperaturen durchwegs 6 bis 10 Grad tiefer. Auf den 28. Juli begann sich der Höhentrog westlich Spanien noch einmal abzuspalten und vom Atlantik her weitete sich ein Höhenrücken wiederum zu den Britischen Inseln aus. Dadurch bildete sich über den Britischen Inseln und der Nordsee erneut ein Bodenhoch. Dieses Bodenhoch steuerte etwas kühlere Luft nach Mitteleuropa. Diese Luftmassen erreichten am Nachmittag die Nordschweiz. So wurden am 28. Juli in Basel nur noch 33 Grad verzeichnet, während es in den nördlichen Alpentälern nochmals extrem

heiss war. Am 29. Juli herrschte dann eine sehr ähnliche Wetterlage wie am 21. Juli. Durch das Bodenhoch über der Nordsee herrschten wiederum nördliche Bodenwinde vor, welche den Alpenkamm erneut zu überqueren vermochten. Darum kam auf der Alpensüdseite wieder der Nordföhn auf. Der an den Vortagen im Tessin herrschende starke Dunst, welcher die Sonneneinstrahlung stark dämpfte und die Temperaturen in den Niederungen jeweils nur auf 31 bis 32 Grad ansteigen liess, wurde nach Süden abgedrängt. Durch die volle Sonneneinstrahlung und die diabatische Erwärmung des Nordwindes gab es wie bereits am 21. Juli sehr hohe Tagesmaxima. Am heissesten war es in Locarno-Monti mit 37.3 Grad, aber auch in Lugano und Locarno-Magadino war es 37 Grad heiss. Am 30. Juli begann sich das für kurze Zeit abgeschlossene Höhentief über der Iberischen Halbinsel wieder in die allgemeine Westwindzirkulation einzugliedern, womit erneut ein Höhentrog über dem nahen Atlantik entstand. Auf dessen Vorderseite gelangte in der Höhe aus Süden wiederum sehr warme Luft nach Mitteleuropa und verstärkte dort den Höhenrücken noch einmal. Die Erwärmung, die dadurch am 30. Juli stattfand, war ausserordentlich. Die Nullgradgrenze stieg in den Bereich von 5000 Metern. Auf den 31. Juli kam die Schweiz allmählich auf die Rückseite des Höhenrückens zu liegen, in der Höhe kamen langsam südliche Winde auf. Durch diese Kombination gab es mit Ausnahme der Alpensüdseite, wo der aus der Poebene zurückgekehrte Dunst die Sonneneinstrahlung stark dämpfte, extrem hohe Nachmittagstemperaturen. Dies gilt vor allem auch für mittlere und höhere Berglagen. Auf dem Gütsch ob Andermatt auf 2282 m. ü. M. zeigte das Thermometer 25.1 Grad an, auf dem frei gelegenen Pilatus gab es sogar 27.3 Grad. Extrem heiss war es auch in den Voralpen und im Jura. So gab es auf dem Napf mit 30.4 Grad den bisher einzigen Hitzetag, auf dem 1670 hoch gelegenen La Dole wurde mit 29.0 Grad die Hitzemarke um nur ein Grad verpasst. Im Weiteren kletterte die Quecksilbersäule in La Chaux-de-Fonds auf 33.6 Grad. Äusserst extrem war die Hitze auch in den höher gelegenen Alpentälern, wie in Tabelle 72 ersichtlich ist. In Zermatt gab es 31.9 Grad, in Disentis 32.9 Grad, im Saanenland auf rund 1000 Metern wurden sogar zwischen 34 und 35 Grad verzeichnet. Alle diese Werte waren damals neue Rekordwerte. An diesen Stationen brachte auch der heisse Sommer 2003 keine neuen Rekordtemperaturen. Durch das Näherrücken des Höhentrogos verstärkten sich am Abend und in der Nacht auf den 1. August die Südwinde. In einigen nördlichen Alpentälern setzte der Föhn ein. Damit wurden, wie bereits in der Periode vom 26. bis 28. Juli aussergewöhnliche Nachttemperaturen gemessen. In Altdorf wurde nach Mitternacht mit 31.7 Grad die Hitzemarke deutlich überschritten. Am 1. August erfasste auf der Vorderseite des erwähnten Höhentrogos eine Kaltfront die Schweiz, welche heftige Gewitter und eine markante Abkühlung bewirkte. Die aussergewöhnliche Hitzeperiode war damit beendet.

Tabelle 72: Tageshöchsttemperaturen an ausgewählten Stationen während der Hitzeperiode vom 21. bis 31. Juli 1983.

	Station	Höhe.	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7
Jura und Jura-nordfuss	Basel	316	26.1	31.5	33.1	28.4	32.4	35.8	35.8	32.9	28.0	32.0	38.4
	Fahy	596	24.7	31.3	31.2	26.7	28.8	35.4	34.3	32.9	29.3	30.9	35.7
	La Chaux-de. F.	1018	27.7	32.8	28.9	24.4	28.9	33.0	32.1	29.8	25.9	28.9	33.6
	La Fretaz	1202	22.5	25.3	27.3	25.6	21.5	24.0	27.3	27.7	25.7	25.6	28.2
	La Dole	1670	23.1	25.5	23.1	21.0	23.8	26.5	26.5	25.4	24.2	25.7	29.0
Mittelland	Zürich	556	26.6	31.4	32.1	26.6	30.5	33.9	35.3	33.0	29.4	31.1	35.8
	Zürich Kloten	436	26.4	31.0	32.2	27.3	30.2	34.8	35.4	33.6	29.6	31.2	36.1
	Tänikon	536	25.7	30.5	32.5	27.6	30.8	35.4	36.1	33.2	29.4	31.2	35.4
	Schaffhausen	437	27.5	31.4	33.4	27.9	31.2	35.0	36.6	35.3	29.8	31.9	35.7
	Güttingen	440	25.3	30.8	32.2	26.1	31.0	33.3	35.0	33.3	28.3	31.2	33.3
	St.Gallen	779	22.8	27.6	29.2	24.8	27.7	32.6	31.9	30.0	25.3	27.4	31.2
	Bern	565	28.8	32.6	32.3	27.4	31.2	34.7	33.9	33.0	31.3	31.7	34.9
	Fribourg	634	30.0	34.6	32.9	28.3	31.5	35.2	34.1	34.2	32.1	32.3	35.6
Alpenordhang	Altdorf	449	27.5	29.6	33.1	25.2	29.2	33.6	32.9	31.7	29.9	30.9	33.8
	Interlaken	580	30.1	31.9	32.2	26.0	31.2	34.1	34.7	33.4	31.9	32.3	35.8
	Elm	965	24.7	28.0	29.1	24.0	27.0	30.5	30.2	29.0	26.0	28.0	32.7
	Engelberg	1035	24.7	28.6	30.5	22.2	26.9	31.0	31.3	29.6	26.9	28.3	32.7
	Gstaad	1085	29.7	32.1	31.3	24.9	29.4	31.9	31.4	30.9	28.7	30.6	34.4
	Chateau d'Oex	985	28.9	33.1	30.1	26.4	31.0	33.4	33.6	31.4	29.4	29.9	35.1
	Adelboden	1320	25.3	29.2	27.2	21.0	27.3	28.4	29.2	28.7	25.3	27.0	32.2
Genferseegebiet	Genf	420	32.1	33.9	32.9	32.3	31.4	35.0	35.3	34.6	34.3	33.1	35.1
	Pully	461	30.5	30.9	31.5	29.4	30.8	34.8	35.2	33.0	33.1	31.3	32.5
	Montreux	405	31.1	30.2	34.3	28.5	32.0	34.0	33.5	32.8	34.1	32.3	33.2
Wallis	Sion	482	31.2	32.4	34.4	27.8	31.8	34.9	36.6	36.5	34.4	32.5	34.4
	Visp	640	32.1	33.3	33.0	30.1	33.9	35.5	34.0	33.7	33.0	34.6	36.1
	Montana	1508	26.8	29.0	27.3	23.5	26.8	29.9	29.2	28.2	25.7	28.8	30.6
	Ulrichen	1345	26.0	30.1	28.8	24.4	28.1	31.6	30.4	29.9	26.6	30.0	32.2
	Zermatt	1639	28.5	29.5	28.4	24.3	27.8	30.6	29.3	30.8	28.0	30.3	31.9
Nord- und Mittelbünden	Arosa	1840	20.3	24.7	22.8	18.4	22.2	25.8	26.5	26.5	20.0	23.2	25.9
	Davos	1590	20.7	26.3	24.7	21.3	24.0	27.6	29.0	28.5	21.0	25.6	28.4
	Disentis	1190	28.2	32.2	28.5	23.0	28.8	32.8	32.2	31.9	26.7	29.4	32.9
	Chur	555	26.2	30.9	32.0	29.0	31.0	35.6	35.5	37.5	29.5	30.5	35.7
Engadin	Samedan	1705	24.1	27.6	27.8	21.0	24.7	28.5	28.1	28.1	24.4	28.7	27.7
	Schuls	1298	26.7	31.0	30.5	22.5	28.1	31.8	32.2	32.4	26.7	30.2	32.6
Gipfellagen	Napf	1406	21.4	28.1	24.8	21.5	25.2	29.1	26.7	26.5	23.5	24.3	30.4
	Pilatus	2106	19.7	23.1	20.1	14.3	19.6	23.4	23.1	23.3	17.2	20.8	27.3
	Grimsel	1980	21.5	24.0	22.8	18.4	23.0	23.5	25.5	25.5	20.0	25.5	23.5
	Gütsch	2287	18.0	23.0	19.4	13.7	20.3	24.6	22.0	22.2	17.4	20.9	25.1
	Säntis	2490	11.8	16.5	16.2	11.8	16.1	19.6	20.8	20.1	12.0	15.9	20.5
	Weissfluhjoch	2690	14.7	18.8	19.8	13.1	15.5	19.7	22.8	21.6	11.3	16.8	18.8
	Corvatsch	3315	8.4	10.8	11.5	7.8	9.9	12.9	12.5	13.0	9.0	12.4	13.1
	Jungfrau-joch	3580	5.7	6.8	7.0	3.3	6.8	9.0	7.7	9.4	6.1	8.5	9.8
Alpen Südseite	San Bernardino	1639	24.4	25.7	25.2	19.8	23.5	26.4	27.9	26.4	23.9	25.7	24.5
	Cimetta	1672	25.4	22.9	22.9	19.5	21.7	24.3	23.8	23.6	23.8	22.0	21.3
	Piotta	1007	31.5	29.8	32.8	22.6	29.3	30.5	31.8	31.3	29.9	31.6	30.1
	Grono	382	36.0	30.0	32.0	29.2	31.5	33.6	34.0	33.0	36.5	32.7	32.0
	Loc. Monti	366	35.5	28.8	31.4	28.1	30.2	32.5	32.2	31.6	37.3	32.3	31.5
	Magadino	197	35.5	30.5	31.4	28.4	30.3	31.4	31.3	31.2	37.2	31.4	30.9
	Lugano	273	37.1	28.8	31.1	27.7	29.5	31.1	31.6	32.0	36.7	31.7	31.2

8 Hitzephasen im Juni 2003

Schon im Juni 2003 wurden einige ausserordentliche Hitzephasen beobachtet (Bader, 2004). Da die Hitzephasen nördlich und südlich der Alpen oft nicht zum gleichen Zeitpunkt stattfinden, werden sie gesondert behandelt. Zuerst wird auf die ausgeprägtesten Hitzephasen der Alpenordseite näher eingegangen. Hier waren 3 Tage besonders heiss, nämlich der 14., der 23. und der 30. Juni.

Am 14. Juni lag die Schweiz an der Nordwestflanke eines ausgeprägten Höhenhochs über dem Mittelmeerraum. Durch die damit verbundenen südwestlichen Winde gelangten vorerst sehr warme und trockene Luftmassen in den Alpenraum. Die höchsten Temperaturen erreichten auf der Alpenordseite 32 bis 34 Grad.

Speziell zu erwähnen ist der 23. Juni. An diesem Tag lag ein Höhenrücken über Südeuropa. Er erstreckte sich bis zu den Alpen. Seine Achse verlief knapp östlich der Schweiz. Damit herrschten im Alpenraum südwestliche Winde vor, welche sehr warme Luft gegen die Alpennordseite führten. Die uneingeschränkte Sonneneinstrahlung vermochte die Atmosphäre derart zu erwärmen, dass der Südwestwind bis in Bodennähe durchgreifen konnte. Damit konnten in den Niederungen für den Juni sehr hohe Temperaturen verzeichnet werden. Im Mittelland und am Juranordfuss gab es 34 bis 36 Grad. Ebenfalls sehr heiss wurde es in Chur. Hier wehte der Föhn, was die Temperatur auf 35.9 Grad steigen liess. Etwas weniger heiss war es auf der Alpensüdseite. Hier war es zum Teil bewölkt. Somit erreichten die Temperaturen nicht ganz die Höchstwerte der Alpennordseite. Immerhin gab es allerdings in Locarno-Monti 32.7 Grad.

Am 30. Juni lag die Schweiz auf der Rückseite eines Höhenrückens in einer Südwestströmung. Damit wurden einmal mehr sehr warme Luftmassen in den Alpenraum geführt. Zudem setzte in den nördlichen Alpentälern der Föhn ein. In Altdorf wurden 33.8 Grad verzeichnet und in Glarus gab es sogar 35.0 Grad. Heisser war es in Glarus bis zu diesem Tag einzig am 11. Juli 1984, als ebenfalls mit Föhn 35.6 Grad gemessen wurden.

Auf der Alpensüdseite war es vom 10. bis 16. Juni aussergewöhnlich warm. Obwohl bis zum 13. Juni meist südwestliche Höhenwinde wehten, welche für das Tessin in der Regel keine Höchstwerte bringen, waren die Tagesmaxima bemerkenswert. In Locarno-Monti konnte zum Beispiel am 12. Juni 35.1 Grad gemessen werden, was sonst nur bei Nordföhn erreicht wird. Grund für dieses aussergewöhnliche Verhalten der Temperatur war höchstwahrscheinlich die ausgeprägte Trockenheit. Die ganze Sonneneinstrahlung wurde, weil praktisch nichts mehr zum Verdunsten da war, in fühlbare Wärme umgewandelt. Damit konnte die Temperatur für diese Wetterlage auf aussergewöhnliche Werte steigen. Besonders ausgeprägt war dies im mittleren Tessin der Fall. Im Südtessin, wo es zuvor mehr Niederschläge gab, erreichten die Temperaturen nicht derart hohe Werte. So wurden am 12. Juni in Stabio mit 33.1 Grad 2 Grad tiefere Werte als in Locarno-Monti registriert. In Normalfall erreicht Stabio im Sommer ähnliche Temperaturen wie Locarno-Monti.

9 Hitzephasen im Juli 2003

Vom 11. bis 15. Juli lag die Schweiz im Bereiche von bis in grosse Höhe sich erstreckenden trockenen Warmluftmassen, was sich in einem ausgeprägten Höhenrücken äusserte. Dieser Höhenrücken erstreckte sich ausgehend vom Mittelmeer über die Alpen bis nach Mitteleuropa und erreichte zeitweise sogar Skandinavien.

Bis am 13. Juli lag die Schweiz noch auf der Vorderseite der Achse des Höhenrückens. Das Bodenhoch über der Nordsee steuerte mit einer Bisenströmung zuerst noch nicht extrem warme Luft zur Alpennordseite. So wurden in Zürich MeteoSchweiz beispielsweise am 13. Juli nur 28 Grad gemessen. Wesentlich wärmer war es an diesem Tag mit 33.0 Grad in Genf. Sehr hohe Temperaturen gab es aber damals vor allem im Nordtessin. In Piotta auf 1000 Metern wurde mit Nordföhn 31.8 Grad verzeichnet, in Comprovasco auf 575 Metern waren es sogar 34.7 Grad. Am 14. Juli verlagerte sich das Bodenhoch etwas nach Osten und führte aus Osten bis Südosten feuchtere Luft zur Alpensüdseite. Im Mittel- und Südtessin stieg das Thermometer ohne Sonne nur noch auf 25 Grad an. Nördlich der Alpen hingegen wurde es bei windstillen Verhältnissen wärmer als am Vortag. Den Höchstwert verzeichnete Genf mit 33.7 Grad, aber auch in Sion gab es 33.5 Grad. Im östlichen Mittelland, wo die Bise die Temperaturen noch etwas dämpfte, reichte es an den meisten Orten nicht für einen Hitzetag. Am 15. Juli war dann das Hoch nach Osten abgezogen, und auf der Vorderseite eines flachen Bodentiefs drehten die Winde allmählich auf Südwest. Damit gelangte einmal mehr sehr warme Luft zu den Alpen. Im Schweizerischen Mittelland und im Wallis wurden verbreitet 32

bis 34 Grad erreicht. Am heissesten war es wiederum in Genf, wo das Quecksilber bei 35.3 Grad stehen blieb. Auf der Alpensüdseite war es deutlich weniger warm, weil die am Vortag eingeflossene feuchte Luft nur teilweise ausgeräumt wurde. Hier wurde die Hitzemarke von 30 Grad nicht erreicht.

Am 16. Juli verstärkten sich auf der Rückseite des nach Osten abziehenden Höhenrückens in der Höhe die südlichen bis südwestlichen Winde. Auf der Vorderseite einer Kaltfront setzte sich in den nördlichen Alpentälern der Föhn durch. In Altdorf wurde dabei mit 35.3 Grad ein sehr hoher Wert verzeichnet. Bis zu diesem Datum war es in Altdorf nur 1971 wärmer, als mit Föhn 35.6 Grad gemessen wurden. Die Temperaturhöchstwerte von Altdorf vor 1951 sind praktisch unbrauchbar (Schüepp, 1968), weil das Extremthermometer am späten Nachmittag von der Sonne beschienen wurde.

Am 19. Juli verlagerte sich ein weiterer Höhenrücken über die Alpen nach Osten. Mit voller Sonneneinstrahlung gab es in der Westschweiz, im Wallis und auf der Alpensüdseite bereits bis 33 Grad. In Genf wurden sogar 35.4 Grad gemessen. Am 20. Juli gelangte die Schweiz wie schon mehrmals in diesem Sommer in südwestliche Höhenwinde, welche aber auch in den Niederungen sehr heisse Luft zur Alpennordseite brachten. Am heissesten war es in Genf, wo mit 37.8 Grad der bisherige Höchstwert aus dem Jahre 1921 von 38.5 Grad nur knapp verfehlt wurde. Aber auch in Basel, Buchs-Aarau und Chur wurden über 36 Grad verzeichnet. Wie bei solchen Lagen typisch, war es im Tessin weniger heiss. Hier lagen die Höchstwerte bei etwa 32 Grad.

10 Der Temperaturrekord in Grono am 11. August 2003

Am 11. August verstärkten sich die nördlichen Höhenwinde vorübergehend. Dadurch stellte sich am Alpensüdhang etwas Nordföhn ein. Die Temperatur konnte sich daher beim Abstieg in die Täler um 1 Grad pro 100 Meter erwärmen. In San Bernardino auf 1638 m. ü. M. zeigte das Thermometer an diesem Tag ein Maximum von 26.8 Grad. Bei einer adiabatischen Erwärmung von 1 Grad pro 100 Meter würde man in Grono auf 380 m. ü. M. eine Temperatur von 39.4 Grad erwarten. Geht man davon aus, dass infolge der starken Sonneneinstrahlung sich die Luft beim Abstieg vom Alpenkamm in ein Alpentälchen noch zusätzlich etwas erwärmen kann, wären Temperaturen von 40 Grad oder knapp darüber im Bereiche des Möglichen. Dies wird auch von den Messungen in den Nachbartälern bestätigt. In Comprovasco im Bleniotal auf 575 m. ü. M. zeigte das Thermometer einen Höchstwert von 37.5 Grad an. Aufgrund der oben beschriebenen Überlegungen würde sich die Luft beim Abstieg um 200 Meter auch um etwas mehr als 2 Grad erwärmen, womit sich für 380 m. ü. M. ebenfalls ein Temperaturwert von ca. 40 Grad ergeben würde. Die tatsächlich gemessene Temperatur betrug in Grono 41.5 Grad. Dieser Wert ist aufgrund der geschilderten physikalischen Überlegungen wahrscheinlich ca. 1.5 Grad zu hoch für diese Gegend. Der Grund liegt vor allem am speziellen Messort dieser Station. Unmittelbar oberhalb der Station befindet sich nämlich ein Waldrand, welcher die Zirkulation stark behindert. Es ist deshalb zu erwarten, dass sich die Luft an der Station stärker aufheizen kann als in der Umgebung. Falsch geeichtes Thermometer oder grosse Verfälschung durch Strahlungseinflüsse kommen kaum in Frage, weil zum einen das Thermometer bei der Prüfung einwandfrei funktionierte. Zum andern wurde die Temperatur in einer Englischen Hütte gemessen, die erfahrungsgemäss nur etwa 0.5 bis 1 Grad zu hohe Maxima liefert.

Dass der Messort zu hohe Temperaturen für ein grösseres Gebiet liefert, geht aus den sehr hohen mittleren Maxima dieser Station hervor. So betrug das mittlere Maximum des Monats August in Comprovasco 30.7 Grad. Mit einem Temperaturgradient von 0.7 Grad pro 100 Meter ergäbe dies für Grono einen Wert von 32.1 Grad. In Locarno-Monti, welches gleichhoch wie Grono liegt, lag das mittlere Maximum des Monats August 2003 bei 31.4

Grad. Wenn im weiteren berücksichtigt wird, dass die Tageshöchsttemperaturen im Monatsmittel alpenwärts auf gleicher Höhenlage eher zunehmen, so müsste der Wert von Grono etwa zwischen demjenigen von Locarno-Monti und dem auf die Höhe von 380 m. ü. M. reduzierten Wert von Comprovasco liegen, das heisst bei ca. 31.8 Grad. Das mittlere Maximum im August 2003 lag aber bei 32.8 Grad, was 1 Grad über dem errechneten Wert liegt. Wird ferner berücksichtigt, dass an bewölkten Tagen die Abweichungen weniger gross sind als an einem klaren Strahlungstag, so ist der oben geschätzte Wert von ca. 40 Grad als realistisch anzusehen. Dennoch stellen diese **40 Grad** eindeutig **einen neuen schweizerischen Hitzerekord** dar, wurden doch die bisherigen Höchstwerte von Genf mit 38.5 vom Jahre 1921 und sowie die beiden Höchstwerte von Basel vom Juli 1983 und vom Juli 1921 mit 38.4 Grad deutlich überboten. Ausserordentlich war der 11. August nicht nur in bezug auf den Schweizerischen Hitzerekord, sondern vor allem für die tieferen Lagen der Alpensüdseite. Wenn man zum Beispiel Comprovasco näher betrachtet, so ist ersichtlich, dass von 1901 bis in die 70 er Jahre, als die Station vorübergehend aufgehoben wurde, der höchste Terminwert um 13.30 Uhr bei 33.8 Grad lag und aus dem Jahr 1911 stammt. Die überlieferten 35.9 Grad vom 27. Juli 1911 sind wahrscheinlich fehlerhaft, weil an diesem Tag die Klimastationen in der näheren Umgebung deutlich tiefere Werte lieferten. So wurden in Faido nur 30.5 Grad gemessen und selbst in Grono, welches rund 200 Meter tiefer liegt, wurden mit 32.6 Grad deutlich tiefere Werte verzeichnet. Am 11. August 2003 wurden in Comprovasco um 13.30 Uhr aber 36.6 Grad verzeichnet, was der bisherige Höchstwert um fast 3 Grad übertrifft. Auch in Grono wurden um 13.30 Uhr 35 Grad bis anhin kaum überschritten. Am 11. August 2003 betrug aber der Terminwert um 13.30 Uhr 40.0 Grad. Bei Berücksichtigung der zu heissen Stationslage könnte 38.5 Grad als repräsentativ angeschaut werden. Dies ist aber immer noch mehr als 3 Grad höher als der bisherige Höchstwert. Somit ist ersichtlich, dass in Höhenlagen unterhalb von 600 Metern in den südlichen Alpentälern der 11. August **mit Abstand** der bisher **heisseste Tag** war. Aber auch in den Gebieten, wo der Nordföhn nicht hinreichte, war es sehr heiss. In Lugano beispielsweise kletterte das Thermometer auf 35.9 Grad. Ohne Nordföhneinfluss wurden an dieser Station bisher 34 Grad kaum überschritten. Die bisherigen Höchsttemperaturen von Lugano, welche 35.0 Grad überschritten, wurden nämlich immer mit Nordföhn gemessen. Auch in Locarno-Monti war es extrem heiss. Obwohl auch hier der Nordföhn nicht ganz hinreichte, wurde mit 37.9 Grad für diese Station ein neuer Hitzerekord verzeichnet. Auch für Locarno- Monti gilt, dass bis ins Jahre 2002 35.0 Grad nur bei Nordföhn überschritten wurde. Die geschilderten Temperaturen an den untersuchten Stationen zeigen, dass der 11. August 2003 in tieferen Lagen der Alpensüdseite äusserst extrem war. Die extremen Temperaturverhältnisse am 11. Aug. 2003 in den Niederungen der Alpensüdseite zeigt auch Abbildung 12.

Da die Temperatur infolge des Nordföhns mit der Höhe relativ rasch abnahm, wurden am 11. August 2003 in alpenkammnahen Lagen der Alpensüdseite nicht überall neue Höchstwerte gemessen. In Piotta beispielsweise kletterte das Thermometer auf 32.4 Grad, vgl. Abbildung 12. Der damals noch gültige Höchstwert von 32.8 Grad vom 23. Juli 1983 wurde damit knapp verfehlt. Bereits am 12. August 2003 wurde allerdings hier mit 33.4 Grad ein neuer Rekord aufgestellt, der aber am 13. August mit 34.0 Grad noch überboten wurde. Auch für die auf 1078 m. ü. M. hoch gelegene Station Robbia brachte der 11. August keinen neuen Temperaturekord. Hier gab es am 11. August 32.9 Grad, damit wurde der bisherige Höchstwert von 33.3 Grad vom 27. Juli 1983 nicht ganz erreicht.

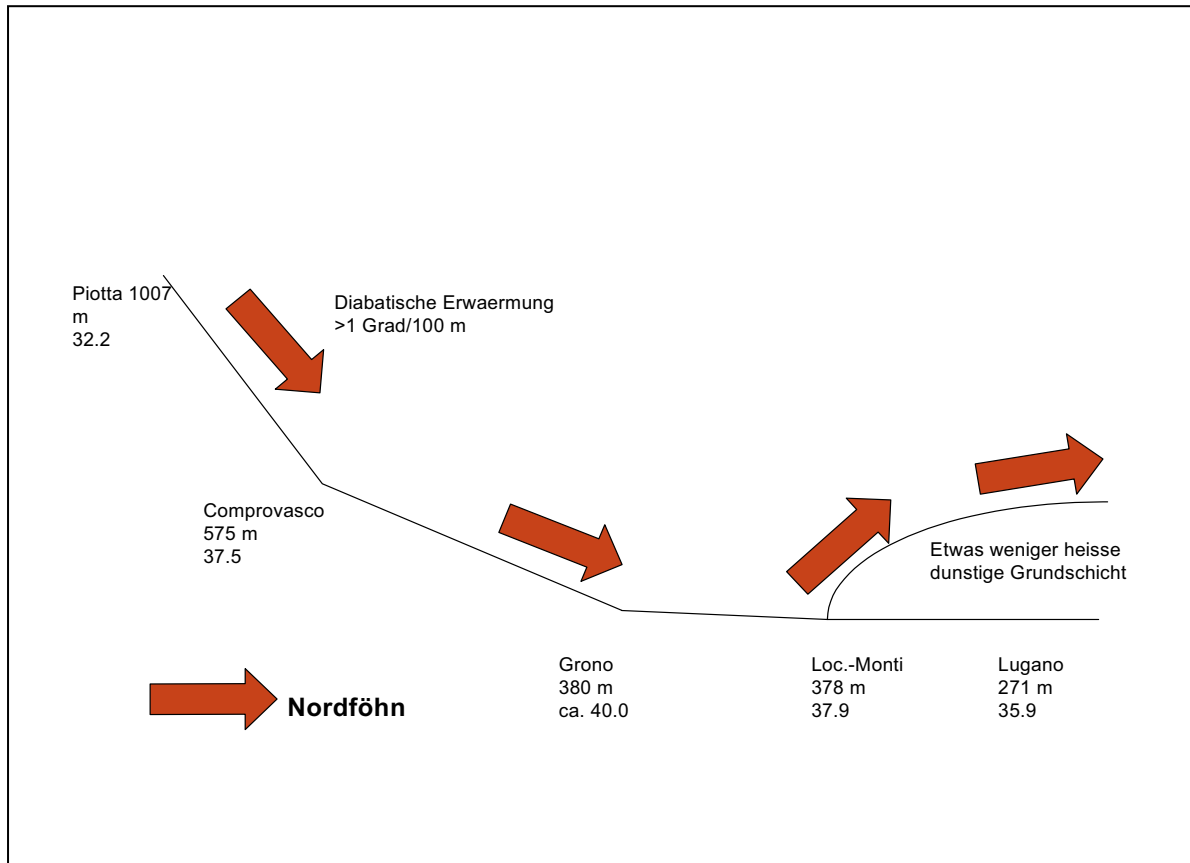


Abbildung 12: Profil der gemessenen bzw. im Fall von Grono vorläufig homogenisierten Temperaturmaxima auf der Alpensüdseite am 11. Aug. 2003.

11 Nicht abnorme Höchsttemperaturen in Visp

Während der Hitzeperiode im August erreichten die Temperaturmaxima in Visp mit Werten um 35 Grad nicht abnorm hohe Werte. Dies ist bemerkenswert, gilt doch das Wallis im Allgemeinen und Visp im Besonderen als heisse Gegend, wo auf die Höhe bezogen für die Schweiz Höchstwerte verzeichnet werden. Hier muss gesagt werden, dass es in der genannten Hitzewelle im Wallis mehr Quellwolken gab als anderswo. Diese verdeckten die Sonne zeitweise. Dennoch wurden in Sion immerhin 37.2 Grad verzeichnet, was mit den Werten im Mittelland vergleichbar ist. In Fey auf 737 m. ü. M. Höhe wurden 36.1 Grad gemessen, was für diese Höhe wahrscheinlich die höchste Schweizerische Temperatur darstellt. Nördlich der Alpen lagen die absolut höchsten Temperaturen auf 700 m. ü. M. bei etwa 34 Grad, was doch zwei Grad tiefer ist als im Wallis. Ausgehend von diesen Temperaturen hätte man in Visp 36 oder 37 Grad erwarten müssen. Der Grund für die tieferen Temperaturen lag höchstwahrscheinlich in der intensiven Bewässerung der nächsten Umgebung (Volken D., mündliche Mitteilung). Wenn nun der Talwind über die vom Wasser gekühlten Flächen strömt, erfahren die bodennächsten Schichten eine Temperaturenniedrigung. Dies äussert sich offenbar in tieferen Tagesmaxima als in der näheren Umgebung. Die Höchstwerte von Visp wären ohne diesen Effekt höchstwahrscheinlich 1 bis 2 Grad höher.

12 Sommertage

Alle Angaben über die Anzahl der Sommertage in den früheren Messreihen vor Einführung ANETZ basieren auf den **vorläufig homogenisierten** Maximumtemperaturen. Der Originaldatensatz wird **nicht** in Betracht gezogen.

12.1 Definition eines Sommertages

Von einem Sommertag spricht man in der Meteorologie, wenn das Temperaturmaximum 25.0 Grad erreicht oder überschreitet.

12.2 Durchschnittliche Verteilung der Sommertage in der Schweiz

Entsprechend der unterschiedlichen Höhenlage variiert die Anzahl Sommertage in der Schweiz sehr stark. Sie ist aber nicht nur von der Höhe abhängig, sondern auch von der klimatischen Region. Am meisten Sommertage werden durchschnittlich im Mittel- und Südtessin verzeichnet. In der Klimaperiode 1961-1990 ermittelte man in Locarno-Magadino 65.1 Sommertage. Auch Stabio auf 353 m. ü. M. liegt in einem ähnlichen Bereich. Ebenfalls viele Sommertage hat es im Wallis, wo Visp auf 640 m. ü. M. 54, und Sion auf 482 m. ü. M. auf 53.1 Tage kommt. Auch Genf hat mit 47.7 noch eine recht hohe Anzahl an Sommertagen. Das tief gelegene Basel erreicht 41.6 Sommertage, es hat somit eine deutlich geringere Zahl als das Tessin auf vergleichbarer Höhe. Mittellandstationen in durchschnittlich 500 m. ü. M. kommen noch auf eine Anzahl von 35 Tagen. Höhenwärts sinkt diese Zahl rasch ab. Auf dem ca. 700 m. ü. M. gelegenen Haidenhaus überschreitet das Thermometer in einem durchschnittlichen Sommer nur noch an 18 Tagen die 25 Grad-Marke. Auf 1000 Metern werden im Jura und am östlichen Alpennordhang noch 7 bis 8 Sommertage erreicht. In 1600 Metern Höhe treten im genannten Gebiet im Durchschnitt keine Sommertage mehr auf. Dass die Anzahl Sommertage, wie bereits erwähnt, auch stark von der klimatischen Region abhängig ist, zeigt der Vergleich zwischen dem tagsüber stark bewindeten und von der kühlen Alpennordseite geprägten Urner Reusstal einerseits und der auf der warmen Alpensüdseite und zusätzlich noch von der Beckenlage beeinflussten Klima der oberen und mittleren Leventina andererseits. Die nun folgenden Angaben zu den zwei genannten Gebieten beruhen auf eigenen, langjährigen Beobachtungen und Auswertungen sowie Auszählungen der Originalbeobachtungen der dortigen Klimastationen. Während in Gurtellen im Reusstal auf 742 m. ü. M. im Durchschnitt das Quecksilber an ca. 16 Tagen 25 Grad überschreitet, sind es im auf 759 m. ü. M. gelegenen Faido im Tessintal ca. 35 Tage. Noch auf dem 1007 m. ü. M. hoch gelegenen Piotta in der oberen Leventina wird mit 18 Tagen eine höhere Anzahl Sommertage ermittelt als in Gurtellen. Nicht weniger markant ist der Unterschied zwischen Göschenen und Airolo. In Göschenen (1107 m. ü. M.) klettert das Thermometer nur gerade an 4 Tagen auf über 25 Grad, in Airolo (1143 m. ü. M.) sind es immerhin 11 Tage. Aus diesen Zahlen kann abgelesen werden, dass bis in mittlere Berglagen eine gegebene Anzahl Sommertage auf der Alpensüdseite in 200-300 Meter grösserer Höhe gefunden wird als am kühlen östlichen Alpennordhang. Eine noch höhere Anzahl von Sommertagen in bezug auf die Höhenlage als im nördlichen Tessin wird im Wallis und im Unterengadin erreicht. In Reckingen (1332 m. ü. M.) im Goms ist im Durchschnitt an ca. 10 Tagen mit über 25 Grad zu rechnen. In den Vispertälern dürfte die Anzahl noch etwas grösser sein. Extreme Verhältnisse werden im Unterengadin ausgemacht. Im 1298 Meter hoch gelegenen Schuls wird an über 23 Tagen die 25 Grad-Marke überschritten. Hier muss allerdings gesagt werden, dass sich die Station in der Nähe von Gleisarealen befindet, welche die Lufttemperaturen zusätzlich erhöhen dürften. Ein Überblick über die durchschnittliche Anzahl Sommertage an ausgewählten Stationen zeigt Tabelle 73.

Tabelle 73: Mittlere Anzahl der Sommertage. Quelle: Schlussbericht des Projekts NORM90.

Station	Höhe m. ü. M.	Sommer- tage	Station	Höhe m. ü. M.	Sommer- tage
Alpenordseite			Alpenordseite Fortsetzung		
Jungfrauoch	3580	0.0	Genf-Cointrin	420	47.2
Säntis	2490	0.0	Delemont	415	39.7
Gütsch	2287	0.0	Montreux-Clarens	405	41.5
Pilatus	2106	0.1	Buchs-Aarau	387	42.0
Grimsel	1980	0.0	Aigle	381	37.7
La Dole	1670	0.3	Basel	317	41.6
Chasseral	1599	0.6			
Napf	1406	1.0			
Adelboden	1320	4.2	Graubünden		
La Fretaz	1202	1.7	Weissfluhjoch	2690	0.0
Gstaad-Grund	1085	16.8	Arosa	1840	0.1
Chaumont	1073	5.1	Hinterrhein	1611	0.7
Engelberg	1035	7.2	Davos	1590	1.4
La Chaux-de-Fonds	1018	8.1	Disentis	1190	12.0
Chateau d'Oex	985	16.9	Chur	555	42.4
Elm	965	9.3			
Einsiedeln	910	7.4			
St. Gallen	779	12.4	Engadin		
Langnau i. E.	755	35.0	Corvatsch	3315	0.0
Haidenhaus	702	18.0	Segl Maria	1802	0.5
Fribourg-Posieux	634	33.1	Samedan	1705	1.3
Ebnat-Kappel	623	29.9	Scuol	1298	23.2
Fahy	596	23.8			
Interlaken	580	28.4			
Bern-Liebefeld	565	32.6	Wallis		
Zürich MeteoSchweiz	556	30.2	Zermatt	1638	4.4
Tänikon	536	30.7	Montana	1508	4.3
Bad Ragaz	496	32.3	Ried Lötschen	1480	7.2
Payerne	490	36.4	Ulrichen	1345	10.1
Neuchatel	485	37.6	Visp	640	55.4
Oeschberg-Koppigen	483	39.1	Sion	482	53.1
Wädenswil	463	33.7			
Pully	461	33.5			
Vaduz	460	36.3	Alpensüdseite		
Luzern	456	34.2	San Bernardino	1639	0.3
Altdorf	449	28.5	St. Maria	1390	7.6
Reckenholz	443	39.0	Robbia	1078	10.5
Güttingen	440	30.6	Piotta	1007	18.3
Schaffhausen	437	36.1	Comprovasco	575	40.9
Zürich-Kloten	436	35.1	Grono	382	62.2
Biel	433	46.2	Locarno-Monti	366	54.2
Hallau	432	42.7	Lugano	273	49.7
Wynau	422	41.9	Magadino	197	65.1

12.3 Der Sommer 2003 im Vergleich zum Normaljahr

Die durchschnittlichen Sommertage wurden in den Niederungen beidseits der Alpen überaus deutlich überschritten. In tieferen Lagen des Mittel- und Südtessin kletterte das Thermometer an über **110** Tagen auf die Sommermarke. Auch in tieferen Lagen des Mittellandes, am Juranordfuss sowie im Wallis wurden ungefähr an 100 Tagen 25 Grad und mehr gemessen. Dies ist in der Schweiz seit 1901 noch **nie** erreicht worden. Im Weiteren gab es beispielsweise im Sommer 2003 in Zürich 85 Sommertage. Damit wurde der bisherige Extremwert von 1911 mit 60 Tagen sowie 1947 mit 59 Tagen deutlich gebrochen. Im Durchschnitt gibt es in Zürich nur an ca. 29 Tagen 25 Grad und mehr. In Basel gab es im heissen Sommer 1947 an 85 Tagen 25 Grad und mehr. Dieser Wert wurde im Jahre 2003 mit 98 Tagen deutlich überboten. Ähnliche Verhältnisse können auch in Genf festgestellt werden. Im Jahre 2003 kletterte das Thermometer an ebenfalls 98 Tagen über die Sommermarke von 25 Grad. Der bisherige Rekord mit 84 Tagen datiert vom Jahre 1947. Extrem war der Sommer 2003 auch im Tessin. In Lugano gab es an 111 Tagen mehr als 25 Grad. Auch hier wurde der bisherige Rekord überboten. Die bisherige grösste Anzahl an Sommertagen wurde mit 93 im Jahr 1945 erzielt.

Für die Niederungen beidseits der Alpen kann gesagt werden, dass die Anzahl der Sommertage auch an den wärmsten Regionen, wie in den Niederungen der Alpensüdseite, der Schweiz doppelt so hoch war wie üblich. Extrem waren die Verhältnisse in mittleren Höhenlagen. In Elm wurden beispielsweise 51 Sommertage verzeichnet, der Durchschnitt liegt bei 9 Tagen. In Piotta in der Leventina kletterte das Thermometer an 61 Tagen auf über 25 Grad, dies ist mehr als im langjährigen Durchschnitt in Lugano (49 Tage). Die Anzahl Sommertage in ausgewählten Klimastationen im Jahre 2003 sind in Tabelle 74 enthalten.

Tabelle 74: Anzahl der Sommertage im Jahre 2003.

Station	Höhe m. ü. M.	Sommer- tage	Station	Höhe m. ü. M.	Sommer- tage
Alpenordseite			Alpenordseite Fortsetzung		
Jungfrauoch	3580	0	Genf-Cointrin	420	96
Säntis	2490	0	Delemont	415	95
Gütsch	2287	0	Montreux-Clarens	405	80
Pilatus	2106	0	Buchs-Aarau	387	94
Grimsel	1980	1	Aigle	381	80
La Dole	1670	10	Basel	317	98
Chasseral	1599	2			
Napf	1406	18			
Adelboden	1320	26	Graubünden		
La Fretaz	1202	19	Weissfluhjoch	2690	0
Gstaad-Grund	1085	53	Arosa	1840	6
Chaumont	1073	34	Hinterrhein	1611	12
Engelberg	1035	43	Davos	1590	16
La Chaux-de-Fonds	1018	42	Disentis	1190	57
Chateau d'Oex	985	63	Chur	555	93
Elm	965	51			
Einsiedeln	910	41			
St. Gallen	779	52	Engadin		
Langnau i. E.	755	75	Corvatsch	3315	0
Haidenhaus	702	68	Segl Maria	1802	6
Fribourg-Posieux	634	84	Samedan	1705	18
Ebnat-Kappel	623	88	Scuol	1298	73
Fahy	596	74			
Interlaken	580	80			
Bern-Liebefeld	565	84	Wallis		
Zürich MeteoSchweiz	556	85	Zermatt	1638	25
Tänikon	536	87	Montana	1508	33
Bad Ragaz	496	93	Ried Lötschen	1535	30
Payerne	490	85	Ulrichen	1345	46
Neuchatel	485	83	Visp	640	96
Oeschberg-Koppigen	483	86	Sion	482	97
Wädenswil	463	84			
Pully	461	81			
Vaduz	460	91	Alpensüdseite		
Luzern	456	88	San Bernardino	1639	10
Altdorf	449	88	St. Maria	1390	33
Reckenholz	443	91	Robbia	1078	58
Güttingen	440	84	Piotta	1007	61
Schaffhausen	437	88	Comprovasco	575	87
Zürich-Kloten	436	91	Grono	382	115
Biel	433	93	Locarno-Monti	366	109
Hallau	432	91	Lugano	273	111
Wynau	422	90	Magadino	197	110

13 Hitzetage

Alle Angaben über die Anzahl der Hitzetage in den früheren Messreihen vor Einführung ANETZ basieren auf den **vorläufig homogenisierten** Maximumtemperaturen. Der Originaldatensatz wird **nicht** in Betracht gezogen.

13.1 Definition eines Hitzetages

Von einem Hitzetag wird in der Meteorologie gesprochen, wenn das Temperaturmaximum auf über 30.0 Grad ansteigt.

13.2 Durchschnittliche Verteilung der Hitzetage in der Schweiz

Wie bereits bei den Sommertagen ist auch die Anzahl der Hitzetage in der Schweiz sehr unterschiedlich. Am meisten Hitzetage gibt es im Wallis, wo in Visp 9.8 Tage und in Sion 8.9 Tage verzeichnet werden. Ebenfalls viele Hitzetage hat es mit 9.4 Tagen in Genf, sowie in einem etwas kleineren Mass auch in Basel mit 6.8 Tagen. Die im Vergleich zu den Sommertagen nicht extrem hohe Anzahl von Hitzetagen in Locarno-Monti, Lugano und Magadino wirken auf den ersten Blick etwas überraschend. Es muss hier aber gesagt werden, dass alle diese Stationen in der Nähe von einem grösseren See liegen, welcher bei extremen Temperaturen etwas abkühlend wirken dürfte. Dies ist besonders bei Lugano und Magadino der Fall. Im Weiteren wirken auch die sich bei schönen Tagen einstellenden Talwinde der Überhitzung entgegen. Markant ist auch die Abnahme der Hitzetage mit zunehmender Höhenlage. Auf 1000 m. ü. M. werden meistens an weniger als 0.5 Tagen 30 Grad und mehr verzeichnet. Ausnahmen sind besonders das Wallis sowie die Täler von Graubünden und das Gebiet um Saanen-Gstaad, wo sich durch den abgeschlossenen Talkessel die Luft jeweils stark erhitzt. Die geringste Anzahl wird auch hier, trotz gelegentlicher Föhnlagen, am zentralen und östlichen Alpennordhang registriert. Ein Überblick über die durchschnittliche Anzahl Hitzetage gibt Tabelle 75.

Tabelle 75: Mittlere Anzahl der Hitzetage. Quelle: Schlussbericht des Projekts NORM90.

Station	Höhe m. ü. M.	Hitze- tage	Station	Höhe m. ü. M.	Hitze- tage
Alpenordseite			Alpenordseite Fortsetzung		
Jungfrauoch	3580	0.0	Genf-Cointrin	420	9.4
Säntis	2490	0.0	Delemont	415	6.4
Gütsch	2287	0.0	Montreux-Clarens	405	4.6
Pilatus	2106	0.0	Buchs-Aarau	387	6.6
Grimsel	1980	0.0	Aigle	381	2.6
La Dole	1670	0.0	Basel	317	6.8
Chasseral	1599	0.0			
Napf	1406	0.0			
Adelboden	1320	0.0	Graubünden		
La Fretaz	1202	0.0	Weissfluhjoch	2690	0.0
Gstaad-Grund	1085	0.4	Arosa	1840	0.0
Chaumont	1073	0.0	Hinterrhein	1611	0.0
Engelberg	1035	0.3	Davos	1590	0.0
La Chaux-de-Fonds	1018	0.3	Disentis	1190	0.2
Chateau d'Oex	985	0.5	Chur	555	6.3
Elm	965	0.4			
Einsiedeln	910	0.3			
St. Gallen	779	0.3	Engadin		
Langnau i. E.	755	3.2	Corvatsch	3315	0.0
Haidenhaus	702	0.9	Segl Maria	1802	0.0
Fribourg-Posieux	634	3.0	Samedan	1705	0.0
Ebnat-Kappel	623	2.2	Scuol	1298	1.2
Fahy	596	2.4			
Interlaken	580	1.8			
Bern-Liebefeld	565	3.3	Wallis		
Zürich MeteoSchweiz	556	2.6	Zermatt	1638	0.2
Tänikon	536	2.6	Montana	1508	0.1
Bad Ragaz	496	2.6	Ried Lötschen	1480	0.3
Payerne	490	4.3	Ulrichen	1345	0.3
Neuchatel	485	4.9	Visp	640	9.8
Oeschberg-Koppigen	483	5.2	Sion	482	8.9
Wädenswil	463	3.4			
Pully	461	3.1			
Vaduz	460	2.9	Alpensüdseite		
Luzern	456	3.5	San Bernardino	1639	0.0
Altdorf	449	1.7	St. Maria	1390	0.2
Reckenholz	443	5.3	Robbia	1078	0.2
Güttingen	440	2.5	Piotta	1007	0.6
Schaffhausen	437	4.5	Comprovasco	575	2.1
Zürich-Kloten	436	4.6	Grono	382	5.1
Biel	433	7.6	Locarno-Monti	366	3.4
Hallau	432	6.4	Lugano	273	2.2
Wynau	422	5.3	Magadino	197	3.6

13.3 Der Sommer 2003 im Vergleich zu einem Normaljahr und zu anderen Hitzesommern

Die durchschnittliche Anzahl der Hitzetage wurde überall, wo solche Tage überhaupt vorkommen, deutlich überschritten. In den Niederungen wurden im Jahre 2003 etwa gleich viele Hitzetage registriert wie in einem Normaljahr Sommertage. Auch in mittleren Berglagen von 1000-1300 Metern Höhe wurden im Jahr 2003 immer noch fast so viele Hitzetage gezählt wie in einem Durchschnittsjahr Sommertage. Dementsprechend extrem war die Anzahl der Hitzetage in diesen Höhenlagen. So gab es in La Chaux-de-Fonds 9 und im 1298 m. ü. M. gelegenen Scuol sogar 19 Hitzetage. Oberhalb von 1300 bis 1600 Metern wurden auf der Alpenordseite demgegenüber im Jahre 2003 keine Hitzetage registriert. Dies war im Juli 1983 anders. Damals kletterte das Thermometer beispielsweise auf dem Napf und Adelboden einmal auf über 30 Grad, in Adelboden mit 32.2 Grad sogar deutlich darüber. Auch in Wallis gab es im heissen Juli 1983 in höheren Lagen mehr Hitzetage, stieg doch das Thermometer im Juli 1983 in Ulrichen 5 mal über die Hitzemarke, während dies im Jahre 2003 nur an 3 Tagen vorkam. Auch in Zermatt gab es 1983 4 Hitzetage, im Jahre 2003 nur einen Hitzetag.

Wenn die langjährigen Mittelwerte in Betracht gezogen werden, so gab es bei den Hitzetagen überall neue Rekorde. In Zürich gab es im Sommer 2003 27 Hitzetage. Damit wurde der bisherige Rekord von 21 Tagen aus dem Jahre 1947 bei weitem übertroffen. In Basel wurden 2003 41 Hitzetage gezählt, während der bisherige Rekord bei 38 Tagen Basel aus dem Sommer 1947 stammt. Auch die bisherigen Rekorde von Bern und Genf wurden gebrochen. Im Sommer 1947 kletterte das Thermometer in Bern an 27 und in Genf an 32 Tagen über die 30 Grad-Marke. Im Jahre 2003 gab es in Bern 32 und in Genf sogar 51 Hitzetage. Weitaus am meisten Hitzetage mass man im Vergleich zu früheren Jahren in Lugano. So wurde das bisherige Maximum von 18 Tagen aus dem Jahre 1994 mit 47 Tagen im vergangenen Jahr um fast 30 Tage überboten. Auch in Locarno-Monti, wo man zwar erst seit 1935 misst, fiel der neue Rekord überaus deutlich aus. Der bisherige Rekord, welcher mit 26 Tagen im Jahr 1991 erzielt wurde, wurde im Jahr 2003 mit 56 Tagen um mehr als das Doppelte übertroffen. Tabelle 76 zeigt die extremen Verhältnisse in bezug auf Hitzetage klar auf.

Tabelle 76: Anzahl der Hitzetage im Jahre 2003.

Station	Höhe m. ü. M.	Hitzetage	Station	Höhe m. ü. M.	Hitzetage
Alpenordseite			Alpenordseite Fortsetzung		
Jungfrauojoch	3580	0	Genf-Cointrin	420	51
Säntis	2490	0	Delemont	415	38
Gütsch	2287	0	Montreux-Clarens	405	36
Pilatus	2106	0	Buchs-Aarau	387	45
Grimsel	1980	0	Aigle	381	23
La Dole	1670	0	Basel	317	41
Chasseral	1599	0			
Napf	1406	0			
Adelboden	1320	0	Graubünden		
La Fretaz	1202	0	Weissfluhjoch	2690	0
Gstaad-Grund	1085	13	Arosa	1840	0
Chaumont	1073	5	Hinterrhein	1611	0
Engelberg	1035	6	Davos	1590	0
La Chaux-de-Fonds	1018	9	Disentis	1190	13
Chateau d'Oex	985	17	Chur	555	36
Elm	965	10			
Einsiedeln	910	5			
St. Gallen	779	10	Engadin		
Langnau i. E.	755	17	Corvatsch	3315	
Haidenhaus	702	16	Segl Maria	1802	0
Fribourg-Posieux	634	33	Samedan	1705	0
Ebnat-Kappel	623	25	Scuol	1298	19
Fahy	596	19			
Interlaken	580	25			
Bern-Liebefeld	565	32	Wallis		
Zürich MeteoSchweiz	556	27	Zermatt	1638	1
Tänikon	536	24	Montana	1508	1
Bad Ragaz	496	35	Ried Lötschen	1535	0
Payerne	490	38	Ulrichen	1345	3
Neuchatel	485	34	Visp	640	47
Oeschberg-Koppigen	483	35	Sion	482	43
Wädenswil	463	23			
Pully	461	33			
Vaduz	460	30	Alpensüdseite		
Luzern	456	26	San Bernardino	1639	0
Altdorf	449	36	St. Maria	1390	0
Reckenholz	443	31	Robbia	1078	9
Güttingen	440	21	Piotta	1007	13
Schaffhausen	437	31	Comprovasco	575	45
Zürich-Kloten	436	35	Grono	382	68
Biel	433	44	Locarno-Monti	366	56
Hallau	432	35	Lugano	273	47
Wynau	422	38	Magadino	197	59

14 Mittlere Monatsmaxima

Alle Angaben über die mittleren Monatsmaxima in den früheren Messreihen vor Einführung ANETZ basieren auf den **vorläufig homogenisierten** Maximumtemperaturen. Der Originaldatensatz wird **nicht** in Betracht gezogen.

Der Sommer 2003 brachte auch extreme mittlere Monatsmaxima. So stieg das mittlere Tagesmaximum in Basel im Juni auf 30.5 Grad, im August wurden sogar 31.2 Grad erzielt. Dies sind an dieser Station **mit Abstand** die höchsten mittleren Monatsmaxima. Das bisherige Monatsmaximum datiert vom heissen Juli 1983, damals wurden immerhin auch noch 29.5 Grad erreicht. An allen übrigen Monaten seit 1901 blieb das mittlere Maximum unter 29.0 Grad. Sehr heiss wurde es noch im Juli 1921 mit 28.5 Grad, während im heissen Sommer 1947 der Juli mit 27.5 Grad und der August mit 28.1 Grad nicht an die höchsten Monatswerte herankamen. Auch auf der Alpensüdseite waren die Monate Juni und August bezüglich den mittleren Monatsmaxima ausserordentlich. So verzeichnete Lugano im Juni 2003 ein mittleres Tagesmaximum von 29.9 Grad. Der bisherige Rekord lag bei 29.4 Grad im Juli 1945, gefolgt von 29.3 Grad im Juli 1928. Der August 2003 brachte auch in Lugano nochmals einen neuen

Rekord. Mit einer durchschnittlichen Höchsttemperatur von 30.9 Grad wurde der Rekord vom Juni 2003 um 1 Grad übertroffen. Mittlere Monatsmaxima von 29 Grad und mehr wurden in Lugano ferner erreicht im Juli 1983 mit 29.1 und im Juli 1994 mit 29.0 Grad. Das gleiche Bild ergibt sich für die Station Locarno-Monti, welche allerdings erst seit 1935 in Betrieb ist. Der bisherige Höchstwert wurde im Juli 1945 mit 29.8 Grad erreicht, gefolgt vom Juli 1994 mit 29.6 und Juli 1983 mit 29.3 Grad. Der Monat Juni 2003 übertraf diese Monate mit 31.0 Grad deutlich. Noch heisser war es auch hier im August 2003 mit 31.4 Grad. In Tabellen 77-78 sind an ausgewählten Stationen die frappanten Unterschiede zwischen dem Sommer 2003 und einem Normaljahr deutlich erkennbar.

Tabelle 77: Mittleres Maximum in den Monaten Juni, Juli und August in der Periode 1961-1990. Quelle: Schlussbericht des Projekts NORM90.

Station	Höhe m. ü. M.	Jun	Jul	Aug	Station	Höhe m. ü. M.	Jun	Jul	Aug
Alpenordseite					Alpenordseite Fortsetzung				
Jungfraujoch	3580	-0.8	1.7	1.6	Genf-Cointrin	420	22.2	25.3	24.4
Säntis	2490	5.3	7.9	7.9	Delemont	415	21.3	24.0	23.3
Gütsch	2287	7.8	11.6	11.6	Montreux-Clarens	405	21.8	24.9	23.9
Pilatus	2106	8.5	11.3	10.8	Buchs-Aarau	387	21.6	24.2	23.4
Grimsel	1980	9.9	12.8	12.5	Aigle	381	21.1	24.0	23.0
La Dole	1670	12.1	15.2	14.6	Basel	317	21.7	24.2	23.5
Chasseral	1599	11.3	14.0	13.3					
Napf	1406	13.6	16.4	15.7					
Adelboden	1320	16.1	18.6	17.9	Graubünden				
La Fretaz	1202	14.8	17.4	17.0	Weissfluhjoch	2690	5.0	8.7	8.9
Gstaad-Grund	1085	18.3	21.3	20.4	Arosa	1840	11.6	14.7	14.0
Chaumont	1073	16.2	19.1	18.4	Hinterrhein	1611	14.2	17.2	16.4
Engelberg	1035	17.3	19.5	18.6	Davos	1590	14.3	16.9	16.3
La Chaux-de-Fonds	1018	16.9	19.7	19.1	Disentis	1190	17.6	20.4	19.4
Chateau d'Oex	985	18.7	21.5	20.7	Chur	555	21.8	23.8	23.0
Elm	965	17.8	19.7	18.9					
Einsiedeln	910	17.1	19.6	18.7					
St. Gallen	779	18.0	20.5	19.7	Engadin				
Langnau i. E.	755	20.3	23.1	22.4	Corvatsch	3315	1.3	4.1	4.1
Haidenhaus	702	18.8	21.2	20.4	Segl Maria	1802	13.9	16.6	15.7
Fribourg-Posieux	634	20.6	23.5	22.7	Samedan	1705	15.5	18.4	17.7
Ebnat-Kappel	623	20.1	22.7	21.8	Scuol	1298	19.1	21.9	21.1
Fahy	596	19.2	21.8	21.2					
Interlaken	580	20.4	23.0	22.0					
Bern-Liebefeld	565	20.6	23.5	22.7	Wallis				
Zürich MeteoSchweiz	556	20.5	23.0	22.0	Zermatt	1638	15.6	18.9	17.9
Tänikon	536	20.4	22.9	22.1	Montana	1508	16.3	19.4	18.7
Bad Ragaz	496	20.8	22.9	22.1	Ried Lötschen	1480	16.9	20.1	19.1
Payerne	490	21.1	24.4	23.3	Ulrichen	1345	17.0	20.4	19.6
Neuchatel	485	21.3	24.3	23.6	Visp	640	22.9	25.5	24.6
Oeschberg-Koppigen	483	21.5	24.1	23.2	Sion	482	23.4	25.7	24.3
Wädenswil	463	20.6	23.0	22.0					
Pully	461	21.1	24.2	23.1					
Vaduz	460	20.9	23.0	22.3	Alpensüdseite				
Luzern	456	21.0	23.5	22.6	San Bernardino	1639	13.7	16.7	15.9
Altdorf	449	20.7	22.8	22.0	St. Maria	1390	18.3	20.8	19.5
Reckenholz	443	21.1	23.7	22.9	Robbia	1078	19.1	21.7	20.8
Güttingen	440	20.9	23.2	22.3	Piotta	1007	19.5	22.2	21.1
Schaffhausen	437	21.1	23.6	22.8	Comprovasco	575	22.0	24.4	23.5
Zürich-Kloten	436	21.2	23.6	22.7	Grono	382	23.1	26.0	25.5
Biel	433	22.0	24.8	24.0	Locarno-Monti	366	23.1	25.9	24.9
Hallau	432	21.4	23.9	23.1	Lugano	273	22.9	25.8	24.7
Wynau	422	21.4	23.9	23.1	Magadino	197	23.9	26.5	25.4

Tabelle 78: Mittleres Maximum in den Monaten Juni, Juli und August im Jahre 2003.

Station	Höhe m. ü. M.	Jun	Jul	Aug	Station	Höhe m. ü. M.	Jun	Jul	Aug
Alpenordseite					Alpenordseite Fortsetzung				
Jungfrauojoch	3580	5.9	4.0	6.0	Genf-Cointrin	420	31.2	29.2	31.2
Säntis	2490	12.4	10.3	13.0	Delemont	415	29.6	26.9	31.1
Gütsch	2287	16.6	14.2	17.5	Montreux-Clarens	405	28.7	27.8	29.9
Pilatus	2106	15.5	13.1	16.5	Buchs-Aarau	387	30.8	27.4	31.1
Grimsel	1980	17.7	14.5	17.9	Aigle	381	28.1	26.8	28.8
La Dole	1670	20.0	17.7	21.3	Basel	317	30.0	27.5	31.2
Chasseral	1599	18.8	16.4	19.6					
Napf	1406	21.8	19.0	22.4					
Adelboden	1320	23.5	20.9	23.7	Graubünden				
La Fretaz	1202	22.8	20.3	23.3	Weissfluhjoch	2690	12.2	11.1	13.9
Gstaad-Grund	1085	25.7	23.3	25.8	Arosa	1840	20.3	17.8	21.2
Chaumont	1073	24.5	21.5	24.7	Hinterrhein	1611	21.9	19.4	22.5
Engelberg	1035	25.3	21.7	25.6	Davos	1590	21.5	19.4	22.2
La Chaux-de-Fonds	1018	24.9	22.1	25.9	Disentis	1190	26.5	23.4	26.1
Chateau d'Oex	985	26.7	24.2	27.1	Chur	555	30.1	26.9	30.0
Elm	965	25.0	22.2	25.5					
Einsiedeln	910	25.2	21.9	25.3					
St. Gallen	779	25.8	22.9	26.1	Engadin				
Langnau i. E.	755	27.3	24.5	27.8	Corvatsch	3315	7.1	6.8	8.6
Haidenhaus	702	26.7	23.6	27.1	Segl Maria	1802	20.0	18.9	21.2
Fribourg-Posieux	634	28.9	26.3	30.0	Samedan	1705	21.8	20.9	23.6
Ebnat-Kappel	623	28.4	25.2	28.5	Scuol	1298	26.6	24.5	27.7
Fahy	596	26.9	25.2	29.4					
Interlaken	580	28.2	25.8	28.9					
Bern-Liebefeld	565	28.6	26.2	30.0	Wallis				
Zürich MeteoSchweiz	556	28.9	25.3	29.2	Zermatt	1638	23.0	21.5	23.8
Tänikon	536	28.2	25.3	28.7	Montana	1508	24.1	22.5	24.2
Bad Ragaz	496	29.1	26.1	29.4	Blatten Lötschen	1535	23.3	21.8	23.6
Payerne	490	29.7	26.9	30.3	Ulrichen	1345	24.8	22.9	25.5
Neuchatel	485	29.6	27.2	29.6	Visp	640	30.2	28.5	29.7
Oeschberg-Koppigen	483	29.4	26.5	30.0	Sion	482	30.7	29.0	30.4
Wädenswil	463	28.7	25.3	28.9					
Pully	461	28.4	27.2	30.0					
Vaduz	460	28.9	26.2	29.0	Alpensüdseite				
Luzern	456	28.9	26.0	29.6	San Bernardino	1639	21.0	19.3	22.4
Altdorf	449	28.5	25.7	29.3	St. Maria	1390	24.4	22.5	24.7
Reckenholz	443	29.5	26.2	29.8	Robbia	1078	26.0	24.3	27.7
Güttingen	440	28.5	25.3	28.6	Piotta	1007	26.3	25.2	27.3
Schaffhausen	437	29.2	26.4	29.8	Comprovasco	575	29.7	28.4	30.7
Zürich-Kloten	436	30.0	26.5	30.0	Grono	382	32.1	30.5	32.9
Biel	433	30.0	27.5	31.2	Locarno-Monti	366	31.0	29.6	31.4
Hallau	432	29.7	26.9	30.6	Lugano	273	29.9	28.7	30.9
Wynau	422	30.0	26.9	30.3	Magadino	197	30.7	29.6	31.1

15 Absolute Maxima

Alle Angaben über die absoluten Maxima in den früheren Messreihen vor Einführung ANETZ basieren auf den **vorläufig homogenisierten** Maximumtemperaturen. Der Originaldatensatz wird **nicht** in Betracht gezogen.

Wie bereits im Kapitel 5 angesprochen, brachte das Jahr 2003 vielerorts neue Rekorde. Extrem heiss war auf der Alpenordseite der 13. August 2003. Er brachte in Basel mit 38.6 Grad einen neuen Höchstwert für die Gebiete nördlich der Alpen. In Zürich mit 36.0 Grad und in Bern mit 37.0 Grad wurden ebenfalls neue Höchstwerte gemessen. Aber auch an nicht homogenisierten Stationen wurden neue Rekorde erzielt. In Altdorf, wo zuverlässige Messungen der Höchsttemperaturen erst ab 1951 existieren, lag der bisherige Rekordwert im Jahre 1971 bei 35.6 Grad. Dieser Wert wurde bei Föhn erzielt. Der neue Höchstwert liegt mit 36.5 Grad fast ein Grad höher und wurde ohne Föhneinfluss erreicht. Dies unterstreicht ein weiteres Mal den äusserst extremen 13. August 2003 in den Niederungen der Alpenordseite. Schwierig sind die Vergleiche in grösseren Höhenlagen, weil dort die Extremthermometer vielerorts erst seit 30 bis 40 Jahren existieren. Hier wird aber ersichtlich, dass an den meisten

Orten die Höchstwerte nicht erreicht wurden. Die meisten Rekorde stammen in diesen Regionen aus dem Juli 1983.

Wie bereits zum Teil im Kapitel 7 erwähnt, war es insbesondere im Berner Oberland im Juli 1983 in Höhenlagen ab 1000 Metern deutlich heisser. Die Höchstwerte betragen in Chateau d'Oex 35.0, in Gstaad-Grund 34.0 und in Adelboden 32.2 Grad, selbst in Mürren auf 1638 m. ü. M. gab es damals mit 30.4 Grad noch einen Hitzetag. Im Jahr 2003 wurden in Chateau d'Oex mit 33.4, in Gstaad-Grund mit 32.0 sowie in Adelboden mit 29.4 Grad die bisherigen Höchstwerte klar verfehlt.

Auch in der Zentral- und Ostschweiz gab es in diesen Höhenlagen im Allgemeinen keine neuen Höchstwerte. Im Juli 1983 wurden in Elm und Engelberg 32.7, auf dem Napf 30.4, auf dem Pilatus 27.3, auf dem Gütsch ob Andermatt 25.1 und auf dem Säntis 20.8 Grad gemessen. Im Sommer 2003 wurden mit 32.6 Grad in Elm und mit 32.4 Grad die Höchstwerte zwar nur knapp verfehlt. Bereits auf dem Napf war es mit 29.7 Grad im Jahre 2003 um fast 1 Grad weniger heiss und auf dem Gütsch ob Andermatt wurde mit 22.8 der Rekord von 1983 um mehr als 2 Grad verpasst. Auch auf dem Säntis war es 1983 fast 2 Grad wärmer. Noch krasser war es auf dem Pilatus. Hier wurde es im Jahr 2003 nur 22.3 Grad warm, damit war es 5 Grad weniger warm als im Juli 1983.

Das Gleiche kann im Wallis und in Nord- und Mittelbünden festgestellt werden. Während in Sion mit 37.2 Grad im Jahr 2003 ein neuer Höchstwert erreicht wurde, war es an fast allen übrigen Stationen 1983 heisser. In höheren Wallis wurden 1983 folgende Höchstwerte gemessen: Ulrichen 32.2, Montana 30.6, Zermatt 31.9 und Grächen 31.5 Grad. Für das Jahr 2003 ergaben sich für Ulrichen 30.5, Montana 30.0, Zermatt 30.1 und Grächen 29.5 Grad. In Nord- und Mittelbünden konnten 1983 ebenfalls extrem Werte festgestellt werden, welche im Sommer 2003 nicht erreicht wurden. In Chur wurden damals 37.5, in Disentis 32.9, in Davos 29.0, in Arosa 26.5 und auf dem Weissfluhjoch 22.8 Grad verzeichnet. Auch in dieser Region war die Abweichung auf einer Gipfelstation am höchsten. Auf dem Weissfluhjoch lag im Jahre 2003 die absolute Höchsttemperatur mit 19.6 mehr als 3 Grad tiefer als 1983. Für die übrigen Stationen wurden im Sommer 2003 folgende Höchstwerte gemessen: Chur 37.1, Disentis 32.6, Davos 27.3, Hinterrhein 27.2 sowie Arosa 26.2 Grad.

Auch im Münstertal und im Puschlav wurden die bisherigen Höchstwerte vom Juli 1983 nicht erreicht. In Sta. Maria wurden 1983 30.6 und in Robbia 33.3 Grad erreicht. Im Sommer 2003 waren es in Sta. Maria 29.7 und in Robbia 32.9 Grad. Demgegenüber war es im August 2003 in Scuol mit 33.1 Grad etwas heisser als 1983. In früheren Jahren, so zum Beispiel 1957, sind hier Terminwerte von fast 34 Grad gemessen worden. Diese Werte sind aber sehr zweifelhaft, weil das Zinkblechgehäuse offensichtlich ungenügend gegen Strahlung geschützt war.

Im Tessin und Misox wurden im Jahre 2003 vielerorts neue Höchstwerte gemessen. Dies gilt insbesondere für Grono, wo wie im Kapitel 2.5 erwähnt, mit 41.5 Grad ein neuer Schweizerischer Hitzerekord aufgestellt wurde. Auch Locarno-Monti überbot mit 37.9 Grad den bisherigen Höchstwert von 37.3 Grad aus dem Jahre 1983. In höheren Lagen ist eine Aussage schwieriger zu treffen, weil dort die Stationen nur seit etwa 30-40 Jahren im Betrieb sind. In Piotta in der oberen Leventina dürfte im August 2003 mit 34.0 Grad aber dennoch ein neuer Hitzerekord für diese Region erreicht worden sein. Der bisherige Höchstwert von 32.8 Grad stammt aus dem Jahre 1983. Wenn man mit dem nahe gelegenen Airolo vergleicht, so bleibt dieser Rekord bestehen. In Airolo auf 1143 m. ü. M. wurde der höchste Terminwert mit 30.6 Grad im Jahre 1905 erzielt. Dies ergibt bei einem weiteren Anstieg von 1 Grad bis zum Temperaturmaximum um ca. 15 Uhr und reduziert auf die Höhenlage von Piotta einen Wert von ca. 32.6 Grad, was immerhin auch noch extrem für diese Höhenlage ist. In San Bernardino schliesslich wurde im August 2003 mit 27.6 Grad der Höchstwert vom 28. Juli 1983 mit 27.9 Grad knapp nicht erreicht. Die in der Datenbank und in den Annalen publizierten 31.0 Grad vom 27. Juli 1983 sind fehlerhaft und auf einen Ausfall der Ventilation zurückzuführen.

Zusammenfassung

Der Sommer 2003 war bezüglich der beobachteten Lufttemperatur äusserst extrem. Um das wirkliche Ausmass dieses heissen Sommers bestimmen zu können, war es nötig, die Temperaturwerte aus früheren Jahren zu homogenisieren. Dies vor allem darum, weil besonders bei den Tageshöchsttemperaturen mit dem früheren Messverfahren speziell an sonnigen und heissen Tagen zu hohe Werte gemessen wurden. Das von MeteoSchweiz bis jetzt standardmässig verwendete Homogenisierungsverfahren, das im Projekt NORM90 erarbeitet wurde, beruht auf mittleren Tageshöchstwerten und nicht Extremwerten, die aufgrund von Strahlungs- und Windeinflüssen unterschiedlich und stationspezifisch reagieren können. Im ersten Teil dieser Arbeit mit dem Titel **„Einfluss von Veränderungen in den Messbedingungen auf die täglichen Maximaltemperaturen in 6 langen Schweizer Messreihen unter besonderer Berücksichtigung von Strahlung und Wind“** wurde diesem Umstand Rechnung getragen. Es zeigte sich, dass die Korrekturen besonders an Strahlungstagen ein bedeutendes Ausmass annehmen können. Dies ist besonders in den Wild'schen Hütten der Fall. Hier konnten an schönen Tagen bis zu 3 Grad zu hohe Werte gemessen werden. Dadurch ergäbe sich ein falsches Bild der früheren Sommertemperaturen, besonders was die Hitzerekorde und die Anzahl Sommer- und Hitzetage anbelangt. Mit den unhomogenisierten Werten würde zum Beispiel für Basel immer noch der Wert vom 2. Juli 1952 mit 39.0 Grad gelten. Mit dem heutigen Messverfahren wären hier an diesem Tag ca. 37.3 Grad gemessen worden, womit es damals also deutlich weniger heiss war als am 13. August 2003 mit 38.6 Grad. Bei der Anzahl Sommer- und Hitzetage zeigte es sich, dass wiederum bei der Wild'schen Hütte viel zu hohe Werte verzeichnet wurden und so überregionale Vergleiche nicht möglich waren. In Lugano wurden im Durchschnitt in der Wild'schen Hütte 40! Sommertage mehr gezählt als mit den heutigen Messmethoden. Auch in Basel- und Zürich wurden ca. 15 Sommertage mehr gezählt. Dies ist im Anbetracht, dass zum Beispiel in Zürich im Durchschnitt etwa 30 Sommertage gezählt werden, ausserordentlich viel.

Mit den homogenisierten Temperaturdatensätzen wurde ersichtlich, dass der Sommer 2003 mit Abstand der heisseste Sommer seit Messbeginn war. Dieser Sachverhalt wurde im 2. Teil dieser Arbeit mit dem Titel **„Die Maximumtemperaturen im Hitzesommer 2003 und Vergleich zu früheren Extremtemperaturen“** aufgezeigt. Ausserordentlich waren besonders die mittleren Monatsmaxima in den Niederungen beidseits der Alpen. Die Monate Juni und August waren besonders heiss, während der Juli zwar auch sehr warm war, aber keinen neuen Rekord brachte. Die mittleren Maxima überschritten sowohl im Juni wie im August an einigen Stationen beidseits der Alpen die 30 Grad-Marke. In Basel betrug das mittlere Maximum im Juni 30.0, im August sogar 31.2 Grad. An dieser Station wurde zuvor noch in keinem Monat 30.0 Grad überschritten. Das bisher höchste mittlere Maximum datiert vom heissen Juli 1983 mit 29.5 Grad. Im Sommer 1947, der als Jahrhundertsommer galt, lagen die mittleren Maxima der homogenisierten Daten im Juli und August bei ungefähr 28 Grad. Auch auf der Alpensüdseite übertraf der Sommer 2003 alle bisherigen Rekorde deutlich. In Lugano kletterte das Thermometer am Nachmittag im Durchschnitt im Juni auf 29.9 und im August auf 30.9 Grad. Der bisher heisseste Juni im Jahre 1945 brachte es bloss auf ca. 26.6 Grad. Im August lag der bisherige Rekord im Jahre 1991 bei 28.6 Grad. Auch bei der Anzahl der Sommertage und Hitzetage schwingt der Sommer 2003 weit oben heraus. Im Normalfall werden in den tiefsten Lagen des Mittellandes und im Juranordfuss ca. 40 Sommertage verzeichnet. Im Jahr 2003 waren es über 90 solche Tage. Damit wurden die bisherigen Rekordwerte um 10 bis 20 Tage überboten. Im Mittel- und Südtessin, wo man im Durchschnitt etwa an 55 Tagen mehr als 25 Grad erwarten kann, gab es im Sommer 2003 110 Sommertage. Die Sommer 1945 hielt mit knapp 100 Sommertagen der bisherige Rekord. Auch auf 1000 Metern Höhe war die Anzahl der Sommertage extrem hoch. In Elm am

östlichen Alpennordhang werden im langjährigen Mittel nur an 9 Tagen über 25 Grad erreicht, im Jahre 2003 war dies 55 Mal der Fall. In Piotta in der oberen Leventina, wo im Schnitt mit 18 Sommertagen gerechnet werden darf, waren es 61 Tage.

Auch bei den Hitzetagen zeichnet sich der Sommer 2003 als der extremste Sommer aus. Im langjährigen Mittel werden im östlichen Mittelland und in den tiefen Lagen der Alpensüdseite ca. 3 Hitzetage verzeichnet. Im Jahre 2003 wurden im östlichen Mittelland ca. 30, in den Niederungen der Alpensüdseite ca. 50 solche Tage registriert. Die höchste Anzahl von Hitzetagen betrug im östlichen Mittelland und im Mittel- und Südtessin bisher ca. 20 Tage. Neben den sehr hohen durchschnittlichen Höchsttemperaturen wurden aber an einigen Stationen auch die bisherigen Hitzerekorde gebrochen. In Zürich, wo das bisherige Maximum im Juli 1983 mit 35.8 Grad und im Juli 1947 mit dem homogenisierten Wert von ebenfalls ca. 35.8 Grad gemessen wurde, hatte es im August 2003 36.0 Grad. Auch in Basel war es mit 38.6 Grad 0.2 Grad heisser als bei den bisherigen Höchstwert vom Juli 1983 und Juli 1921 (homogenisierter Wert). In Bern wurde das bisherige Maximum von 35.9 Grad im Jahre 1947 mit 37.0 Grad im August 2003 deutlich überboten. Im Weiteren gab es einen neuen gesamtschweizerischen Hitzerekord. Mit 41.5 Grad wurde am 11. August unter **Nordföhneinfluss** im südbündnerischen Grono die damals gültigen (homogenisierten) Rekordwerte von Genf mit 38.5 Grad aus dem Jahre 1921 und 38.4 Grad in Basel von 1983 überaus deutlich gebrochen. Dies gilt auch dann, wenn berücksichtigt wird, dass die Station Grono infolge der speziellen Lage ca. 1.5 Grad höhere Temperaturen als in der näheren Umgebung gemessen werden. Demgegenüber wurden in höheren Lagen praktisch keine neuen Hitzerekorde verzeichnet. Dies gilt vor allem für mittlere und höhere Berglagen am Alpennordhang. Hier war es zumeist im Juli 1983 noch wärmer, was zu einem Teil auf die damals herrschende **Föhntendenz** zurückzuführen war.

Es scheint nach bisherigem Kenntnisstand generell so zu sein, dass bei absoluten Hitzerekorden in den Alpentälern und am Alpenrand in vielen Fällen der Föhn mitwirkt. Dies gilt sowohl nördlich wie südlich der Alpen. In den föhnfreien Gebieten werden Hitzerekorde meistens durch die Kombination von Zufuhr von sehr warmen Luftmassen und hoher Sonneneinstrahlung erzielt.

Literaturverzeichnis

Annalen der MeteoSchweiz. Jahrgänge 1901-2003.

Bader S., 2004: Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003. Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, Nr. 200, 25 S.

Begert M., Seiz G., Schlegel T., Musa M., Baudraz G. und Moesch M., 2003: Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. Veröffentlichungen von MeteoSchweiz, Nr. 67, 170 S.

Bider M., 1948: Vom Basler Klima. In: Wirtschaft und Verwaltung, 4. Heft, Okt./Dez. 1948.

BUWAL, BWG, MeteoSchweiz, 2004: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 174 S.

Dobbertin M., Rigling A., und Graf Pannatier E., 2005: Der Einfluss von Trockenheit, i. spez. des Hitzesommers 2003, auf die grossflächigen Abstrebeprozesse in den Walliser Waldföhrenwäldern. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler C. und Braun-Fahrländer C., 2005: Heat wave and mortality in Switzerland. Swiss Med Wkly 2005; 135: 200-2005.

Gruber S., Hoelzle M. und Haeberli W., 2004: Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. Geophysical Research Letters, Vol. 31. L13504.

Keller F. und Fuhrer J., 2004: Die Landwirtschaft und der Hitzesommer 2003. AGRARForschung 11(9): 403-410.

Keusen, H. R., 2005: Felstemperaturen und Felsstürze im Hochgebirge. Geotest AG, Bern.

Luterbacher J., Dietrich D., Xoplaki E., Grosjean M. und Wanner H., 2004: European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500, Science, 303, 1499-1503.

Müller G., 1984: Vergleich der Temperaturen verschiedener Wetterhütten an einigen Stationen des ANETZ. Arbeitsberichte der MeteoSchweiz Nr. 119, 36 S.

Schär C., Vidale P. L., Lüthi D., Frei C., Haeberli C., Liniger M. A. und Appenzeller C., 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature, 427: 332-336.

Schüepp M., 1968: Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Klimatologie, Teil C, Lufttemperatur 5-8. Teil. 153 S.

Thommen Dombois O., 2005: Direkte und indirekte Auswirkungen der Klimaänderung auf die Gesundheit. Insitut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Basel.

Zbinden P., 2003: Extreme Hitzeperiode vom 4.-13. August. Interner Bericht MeteoSchweiz.

Z'graggen L., 1994: Temperaturverhältnisse nördlich und südlich des Alpenkammes in Abhängigkeit von der Nettostrahlung. Diplomarbeit am Geographischen Institut der ETH Zürich. 108 S.

Z'graggen L., 2001: Strahlungsbilanz der Schweiz. Dissertation ETH Zürich. 192 S.

Arbeitsberichte der MeteoSchweiz

- 210** Buss S, Jäger E and Schmutz C: 2005: Evaluation of turbulence forecasts with the aLMo, 58pp, CHF 70.–
- 209** Schmutz C, Schmuki D, Duding O, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Sion LSGS, 77pp, CHF 25.–
- 208** Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Grenchen LSZG, 73pp, CHF 24.–
- 207** Moesch M, Zelenka A: 2004, Globalstrahlungsmessungen 1981-2000 im ANETZ, 83pp, CHF 26.–
- 206** Schmutz C, Schmuki D, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information St.Gallen LSZR, 78pp, CHF 25.–
- 205** Schmutz C, Schmuki D, Ambrosetti P, Gaia M, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Lugano LSZA, 81pp, CHF 26.–
- 204** Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Bern LSZB, 80pp, CHF 25.–
- 203** Duding O, Schmuki D, Schmutz C, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Geneva LSGG, 104pp, CHF 31.–
- 202** Bader S: 2004, Tropische Wirbelstürme – Hurricanes – Typhoons – Cyclones, 40pp, 16 Fr.
- 201** Schmutz C, Schmuki D, Rohling S: 2004, Aeronautical Climatological Information Zurich LSZH, 110pp, 34 Fr.
- 200** Bader S: 2004, Die extreme Sommerhitze im aussergewöhnlichen Witterungsjahr 2003, 25pp, 14 Fr.
- 199** Frei T, Dössegger R, Galli G, Ruffieux D: 2002, Konzept Messsysteme 2010 von MeteoSchweiz, 100pp, 32 Fr.
- 198** Kaufmann P: 2002, Swiss Model Simulations for Extreme Rainfall Events on the South Side of the Alps, 40pp, 20 Fr.
- 197** WRC Davos (Ed): 2001, IPC - IX, 25.9. - 13.10.2000, Davos, Switzerland, 100pp, 32 Fr.
- 196** Hächler P et al.: 1999, Der Föhnfall vom April 1993, 139pp, 40 Fr.
- 195** Urfer Ch, Vogt R, 1999, Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1964-1998, 43pp, 40 Fr.
- 194** Courvoisier HW: 1998, Statistik der 24-stündigen Starkniederschläge in der Schweiz 1901-1996, 20pp, 11 Fr.
- 193** Defila C, Vonderach G: 1998, Todesfälle und Wetterlagen in Schaffhausen, 72pp, 25 Fr.
- 192** Maurer H: 1997, Frostprognose in der Schweiz: neue Methode mit automatischen Stationen, 38pp, 16 Fr.
- 191** Schönbächler M: 1996, Objektive Kontrolle der Textprognose SMA OPKO, 31pp, 14 Fr.
- 190** Brändli J: 1996, Statistische Auswertungen von täglichen und monatlichen Verdunstungswerten an 22 Standorten der Schweiz, 52pp, 19 Fr.
- 189** Schneiter D: 1994, SMI contribution to ETEX project in 1994, 24 Fr.
- 188** Fröhlich C: 1996, Internationaler Pyrheliometervergleich Comparison IPC VIII 25 September - 13 October 1995 Results and Symposium, 35 Fr.

Veröffentlichungen der MeteoSchweiz

- 73 Scherrer SC: 2006, Interannual climate variability in the European and Alpine region, 132pp, 86 Fr.
- 72 Mathis H: 2005, Impact of Realistic Greenhouse Gas Forcing on Seasonal Forecast Performance, 80pp, 75 Fr.
- 71 Leuenberger D: 2005, High-Resolution Radar Rainfall Assimilation: Exploratory Studies with Latent Heat Nudging, 103pp, 81 Fr.
- 70 Müller G und Viatte P: 2005, The Swiss Contribution to the Global Atmosphere Watch Programme – Achievements of the First Decade and Future Prospects, 112pp, 83 Fr.
- 69 Müller WA: 2004, Analysis and Prediction of the European Winter Climate, 115pp, 34Fr.
- 68 Bader S: 2004, Das Schweizer Klima im Trend: Temperatur- und Niederschlagsentwicklung seit 1864, 48pp, 18 Fr.
- 67 Begert M, Seiz G, Schlegel T, Musa M, Baudraz G und Moesch M: 2003, Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990, Schlussbericht des Projektes NORM90, 170pp, 40 Fr.
- 66 Schär Christoph, Binder Peter, Richner Hans (Eds.): 2003, International Conference on Alpine Meteorology and MAP Meeting 2003, Extended Abstracts volumes A and B, 580pp, 100 Fr.
- 65 Stübi R: 2002, SONDEX / OZEX campaigns of dual ozone sondes flights: Report on the data analysis, 78pp, 27 Fr.
- 64 Bolliger M: 2002, On the characteristics of heavy precipitation systems observed by Meteosat-6 during the MAP-SOP, 116pp, 36 Fr.
- 63 Favaro G, Jeannet P, Stübi R: 2002, Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone sounding, 99pp, 33 Fr.
- 62 Bettems JM: 2001, EUCOS impact study using the limited-area non-hydrostatic NWP model in operational use at MeteoSwiss, 17pp, 12 Fr.
- 61 Richner H, et al.: 1999, Grundlagen aerologischer Messungen speziell mittels der Schweizer Sonde SRS 400, 140pp, 42 Fr.
- 60 Gisler O: 1999, Zu r Methodik einer Beschreibung der Entwicklung des linearen Trends der Lufttemperatur über der Schweiz im Zeitabschnitt von 1864 bis 1990, 125pp, 36 Fr.
- 59 Bettems J-M: 1999, The impact of hypothetical wind profiler networks on numerical weather prediction in the Alpine region, 65pp, 25 Fr.
- 58 Baudenbacher, M: 1997, Homogenisierung langer Klimareihen, dargelegt am Beispiel der Lufttemperatur, 181pp, 50 Fr.
- 57 Bosshard, W: 1996, Homogenisierung klimatologischer Zeitreihen, dargelegt am Beispiel der relativen Sonnenscheindauer, 136pp, 38 Fr.
- 56 Schraff, C: 1996, Data Assimilation and Mesoscale Weather Prediction: A Study with a Forecast Model for the Alpine Region, 138pp, 38 Fr.
- 55 Wolfensberger, H: 1994, Chronik der Totalisatoren, Handbuch zu den Niederschlags-Totalisatoren, 390pp, 78 Fr.