

Zeitliche Repräsentativitätsanalyse 50jähriger Klimadatenätze im Hinblick auf die Beschreibung der Variabilität von Extremwerten

**Zentralanstalt für Meteorologie
und Geodynamik**



Projektmitarbeiter und Autoren des Berichts:

**Ingeborg Auer, Reinhard Böhm,
Eva Korus, Wolfgang Schöner**

Wien, November 2003

Teilprojekt von StartClim
"Startprojekt Klimaschutz: Erste Analysen extremer Wetterereignisse
und ihrer Auswirkungen in Österreich"

Projektleitung: Institut für Meteorologie und Physik
der Universität für Bodenkultur Wien
Türkenschanzstr. 18, 1180 Wien
URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
2-1 Erhebung und Digitalisierung von monatlichen Extremwerten bzw. Werten, die in Hinblick auf Extreme ausgewertet werden können.....	5
2-1.1 Erhebung und Digitalisierung	5
2-1.2 Ergänzungsmethoden.....	5
2-1.3 Plausibilitätskontrolle und Korrektur	6
2-2 Vergleich 50jähriger oder kürzerer Häufigkeitsverteilungen einzelner Stationen mit Häufigkeitsverteilungen über die maximale Reihenlänge (aus Monatsdaten).-----	10
2-2.1 Absolutes monatliches Temperaturmaximum.....	10
2-2.2 Absolutes Temperaturminimum	12
2-2.3 Zahl der Frosttage (Zahl der Tage mit einer Minimumtemperatur unter 0°C) -	14
2-2.4 Zahl der Eistage (Zahl der Tage mit einer Maximumtemperatur unter 0°C)----	16
2-2.5 Zahl der Sommertage (Tage mit einer Maximumtemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$)	17
2-2.6 Zahl der heißen Tage (Tage mit einer Maximumtemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$)	18
2-2.7 Niederschlagssummen	20
2-2.8 Extreme Tagesniederschlagssumme (Größte Niederschlagssumme innerhalb von 24 Stunden, Messzeitraum 7-7 Uhr)	24
2-2.9 Zahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm	27
2-3 Einfluss von Inhomogenitäten Datenreihen beginnend 1951	30
2-3.1 Monatsmittel der Lufttemperatur:	30
2-3.2 Mittleres tägliches Maximum der Lufttemperatur:	32
2-3.3 Mittleres tägliches Minimum der Lufttemperatur:	35
2-3.4 Niederschlag:	36
2-4 Berechnung und Vergleich relativer Häufigkeiten von Tagesdaten der Periode 1951-2000 und Vergleichsperioden für die meteorologischen Größen Temperaturmaximum, Temperaturminimum und Niederschlagssumme.....	39
2-4.1 Tägliches Maximum der Lufttemperatur.....	39
2-4.2 Tägliches Minimum der Lufttemperatur:.....	40
2-4.3 Tägliche Niederschlagssummen	42
2-5 Schlussfolgerungen	45
Literaturverzeichnis.....	48
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	49

Kurzfassung

Für einzelne meteorologische Elemente und deren statistische Maße sind 50 Jahre oder auch kürzere Reihen als ausreichend zu bezeichnen, für die Mehrzahl der Elemente werden jedoch zumindest 100 Jahre benötigt. Speziell für die 2. Hälfte des 20. Jh. gilt aber, dass die Stichprobe ab 1951 geeignet ist, Tagsmaximum und –Minimum der Temperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$ und die tägliche Niederschlagssumme mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ für die Schranken P1, P50 und P99 zu beschreiben. Will man die Genauigkeit erhöhen, so muss auch die Reihenlänge erweitert werden. Größere Probleme bereitet die Erfassung monatlicher Extreme wie etwa P10 des absoluten Temperaturmaximums oder auch der Häufigkeit von Frost-, Eis-, Sommer- und Heißen Tagen. Ebenso ist auch der Jahresgang des Niederschlags nicht innerhalb einer 10%-Abweichung von Monatssummen beschreibbar. Ein weiteres Problem stellen die Inhomogenitäten in den Reihen dar. Sie können bei der Analyse der Klimavariabilität zu Trendverfälschungen (Abminderung oder Verstärkung) bis hin zu Trendumkehrungen führen. Zusätzlich treten Probleme beim klimatologischen Mittelwert und durch Verschiebungen innerhalb der Häufigkeitsverteilungen auf.

Im Rahmen von StartClim 2 wurden klare Forschungsdefizite sichtbar:

- Entwicklung von Methoden zur Inhomogenitätsbereinigung von Tagesdatensätzen.
- Verdichtung der im Rahmen von StartClim1 qualitätsgeprüften Datensätze von Niederschlag und Schnee.
- Verdichtung des Datensatzes täglicher langer Reihen (zumindest 100 Jahre) für das Element Niederschlag.
- Langzeitreihen des Elementes Schnee.
- Die bisher innerhalb von StartClim nicht berücksichtigten wichtigen Komplexe wie Luftfeuchtigkeit, Strahlung / Bewölkung, Luftdruck und Wind.

Abstract

Time series of 50 years or shorter ones are sufficient to describe single meteorological elements and their statistical measures, but for most parameters time at least 100 years are needed. But regarding especially the 2nd half of the 20th century, this sample (starting 1951) can be seen as suitable to describe the daily maximum and minimum of the air temperature within an accuracy of $\pm 1^\circ\text{C}$ and the daily precipitation sum within an accuracy of $\pm 10\%$ for P1, P50 and P99. If a higher degree of accuracy is aimed, the length of the time series has to be extended. The acquisition of monthly extremes e.g. P10 of the absolute temperature maximum or the frequency of frost-, ice-, summer- and hot days poses bigger problems. The same applies for the intraannual variation of precipitation, that cannot be described within a deviation of 10% of the monthly precipitation sum. Another problem is given by the inhomogeneities of the time series. Concerning the analysis of climate variability, those inhomogeneities could falsify the trend (diminution or intensification) or could even lead to a trend reversal. Additionally, problems concerning the climatic average value and displacements within the frequency distribution can arise.

In the task within the context of StartClim2 clear deficits in research became apparent:

- Development of methods to adjust inhomogeneities of daily data sets.
- Densification of the data sets (precipitation and snow) that already passed a quality inspection within the framework of StartClim1.
- Densification of the data set of long-term series on a daily basis (at least 100 years) for the precipitation complex.
- Long-term series of the snow complex.
- The important complexes as humidity, radiance / cloudiness, air pressure and wind that were not considered in the context of StartClim.

2-1 Erhebung und Digitalisierung von monatlichen Extremwerten bzw. Werten, die in Hinblick auf Extreme ausgewertet werden können

2-1.1 Erhebung und Digitalisierung

Für den Erhalt statistisch auswertbarer, mindestens hundertjähriger Zeitreihen wurden zunächst Extremwerte und Werte, die in Hinblick auf Extreme auswertbar sind, auf Monatsbasis auf Grundlage unterschiedlicher Datenquellen erhoben. Zur Verfügung standen an erster Stelle die Jahrbücher der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und des Hydrographischen Zentralbüros sowie andere Publikationen beider Institutionen. Des Weiteren wurden auch unpublizierte Datenzusammenstellungen des Klimadatenarchivs – z.B. Klimaauszüge oder Listen mit Frosttagen – herangezogen. Die Erhebung der Reihen erfolgte mit Ausnahme der langjährigen Stationen mit Tagesdaten vor dem Jahr 1948, Monatsdaten nach 1948 lagen bereits in digitaler Form vor.

Diese neu erhobenen Datensätze waren - mit wenigen Ausnahmen - nicht vollständig, sondern von Datenlücken unterschiedlichen Ausmaßes (bis zu 10% der Gesamtreihe) durchsetzt. Um lückenlose Zeitreihen zu erhalten, wurden die im folgenden kurz dargestellten Ergänzungsmethoden verwendet.

2-1.2 Ergänzungsmethoden

Die verschiedenen Möglichkeiten fehlende Werte einer Zeitreihe zu ersetzen, kamen in Abhängigkeit vom betreffenden Parameter und der Verfügbarkeit an Zusatzinformation zum Einsatz. Als wichtigste Methode ist die Ergänzung mit Hilfe von Referenzstationen zu nennen, bei der lückenhafte Perioden mittels Differenz- bzw. Quotientenbildung der langjährigen Mittel benachbarter Stationen vervollständigt werden. Hierbei wurde die Differenzmethode zur Berechnung der Temperaturextreme herangezogen, mittels der Quotientenmethode hingegen wurden vornehmlich fehlende Frost-, Eis-, Sommer-, Tropen- und Niederschlagstage ermittelt. Beispielsweise konnten mit der vollständigen Reihe von Wien Hohe Warte aufgrund der räumlichen Nähe und vergleichbaren Höhenlage Datenlücken der Station Krems an der Donau geschlossen werden. Vergleichsweise weniger zufriedenstellende Ergebnisse erbrachte die Referenzmethode hinsichtlich der Ergänzung der extremen Tagesniederschlagssummen (7-7 Uhr). Aufgrund dessen wurde zur Komplettierung der Niederschlagsreihen verstärkt auf das wesentlich dichtere Datenmaterial von HZB-Stationen zurückgegriffen: Fehlwerte wurden, soweit wie möglich, durch Niederschlagswerte unmittelbar benachbarter Messstationen direkt ersetzt.

Die meist mit Hilfe von Referenzstationen gewonnenen Werte wurden mit Informationen aus Jahrbüchern der ZAMG und des HZB verifiziert, sofern für die betreffenden Perioden und Parameter Daten vorlagen. Des Weiteren konnten zum Schließen von Lücken Klimaauszüge (nicht publizierte Archivdaten) in begrenztem Umfang herangezogen werden.

In den meisten Fällen ergab sich eine Kombination der Ergänzungsmethoden.

Als besondere Problematik der Zeitreihenergänzung sind zwei Aspekte herauszustellen:

a.) Die vorab skizzierten Methoden sind nicht einheitlich auf die verschiedenen Stationen, Parameter und Perioden anwendbar. Begründet ist dies im wesentlichen in der räumlichen Repräsentativität der Klimatelemente und in der unterschiedlichen Verfügbarkeit und Qualität der zusätzlich benötigten Daten: der inhaltliche Aufbau früherer Jahrbücher der ZAMG und des HZB ist im Vergleich zu neueren Jahrgängen weniger kontinuierlich. Beispielsweise finden sich Angaben zur Anzahl von Frost- und Eistagen zwar in älteren Ausgaben der Jahrbücher des HZB, nicht aber während der Kriegsjahre. Das Element Sommertage wurde später als etwa das Element Frosttage in die monatlichen statistischen Auswertungen aufgenommen.

b.) Die großen, oft mehrere Jahre umfassenden Datenlücken während des 2. Weltkrieges an einem Großteil der ausgewählten Stationen kennzeichnen auch die meisten in Frage kommenden Referenzstationen.

c.) Für einige Stationen wie z.B. Admont waren zu wenig Zusatzinformationen vorhanden, um fehlende Werte zu ersetzen um eine zumindest hundertjährige Reihe zu erhalten. Die verbliebenen, vervollständigten Extremwertdatensätze wurden in einem nächsten Schritt hinsichtlich ihrer Plausibilität geprüft und eventuell auftretende Fehler korrigiert.

2-1.3 Plausibilitätskontrolle und Korrektur

Der eigentlichen Plausibilitätskontrolle vorangestellt wurde die Verknüpfung der neu erhobenen und ergänzten Monatsreihen mit den im Rahmen des Projektes StartClim.1 durchgeführten Korrekturen: Aus den korrigierten Tagesdaten des Zeitraums 1948 bis 2002 wurden Monatsextreme der Temperatur (Maximum und Minimum), die monatliche Anzahl an Frost-, Eis-, Sommer-, heißen- und Niederschlagstage mit einer Mindestmenge von 1 Liter/m² (entspricht einer Summe von mindestens 1mm) sowie monatliche Maxima der 24stündigen Niederschlagssumme (7 bis 7 Uhr) berechnet, mit den vorhandenen Monatswerten verglichen und entsprechend berichtigt. Im Anschluss folgte die Gegenüberstellung der einzelnen Parameter, um die Datensätze auf nicht plausible Werte zu überprüfen. Durchgeführt wurde hierzu ein Vergleich der Temperaturextreme mit den Frost-, Eis-, Sommer- und heißen Tagen sowie ein Abgleich der Niederschlagsmaxima mit der Anzahl an Niederschlagstagen und den monatlichen Niederschlagssummen. Fehler, wie z.B. das Vorhandensein eines Frosttages im Monat bei einem gleichzeitigen absoluten Temperaturminimum über dem Gefrierpunkt, wurden gemäß der Temperaturwerte korrigiert

Die unterschiedliche Anzahl an digitalisierten, ergänzten und korrigierten Werten pro Zeitreihe ist in Tabelle 2-1 anhand dreier Beispielsparameter dargestellt.

Tab. 2-1: Anzahl digitalisierter, ergänzter und korrigierter Monatswerte je vollständiger Zeitreihe für drei Parameter

	Temperaturmaximum				Frosttage					Niederschlagsmaximum			
	Monatswerte gesamt	digitalisierte Monatswerte	ergänzte Monatswerte	korrigierte Monatswerte	Monatswerte gesamt	digitalisierte Monatswerte	ergänzte Monatswerte	korrigierte Monatswerte	Monatswerte gesamt	digitalisierte Monatswerte	ergänzte Monatswerte	korrigierte Monatswerte	
BGA	1788	1128	177	8					1440	780	51	22	
BGL	1488	791	73	8					1488	828	70	48	
BIL	1764	1053	62	9					1668	1008	46	30	
BRE	1548	845	43	42					1608	948	43	2	
BRU	1524	783	85	4									
FRE	1512	808	44	3									
GRA	1572	0	6	0	1308	0	10	2	1308	0	7	4	
INN	1512	0	86	0	1308	0	33	0	1536	0	1	4	
KLA	1908	1244	4	2	1536	888	6	35	1668	1008	1	21	
KRE	2028	0	27	1	1524	0	0	1	1668	0	0	0	
KRM	1632	681	298	11									
SAL	1548	0	261	22	1548	0	167	3	1548	0	316	0	
SEK	1344	621	116	3					1344	684	130	29	
SON	1392	0	0	3	1392	0	1	0					
WIE	2004	0	1	2	1572	0	1	0	1800	0	229	7	
ZEL	1476	814	10	5									
ZWE	1440	724	61	5					1440	780	48	43	

Die Abkürzungen der Stationsnamen sind gültig für die Tabellen 2-1 und 2-2 und bezeichnen folgende Stationen: BGA: Badgastein, BGL: Bad Gleichenberg, BIL: Bad Ischl, BRE: Bregenz, BRU: Bruck an der Mur, FRE: Freistadt, GRA: Graz Universität, INN: Innsbruck Universität, KLA: Klagenfurt, KRE: Kremsmünster, KRM: Krems an der Donau, SAL: Salzburg, SEK: Seckau, SON: Sonnblick, WIE: Wien-Hohe Warte, ZEL: Zell am See und ZWE: Stift Zwettl.

Nach Abschluss der Digitalisierung, Ergänzung, Plausibilitätskontrolle und Korrektur stehen nun für folgende Stationen vollständige Datenreihen für statistische Auswertungen zur Verfügung (siehe Abbildung 2-1 und 2-2 sowie Tabelle 2-2).

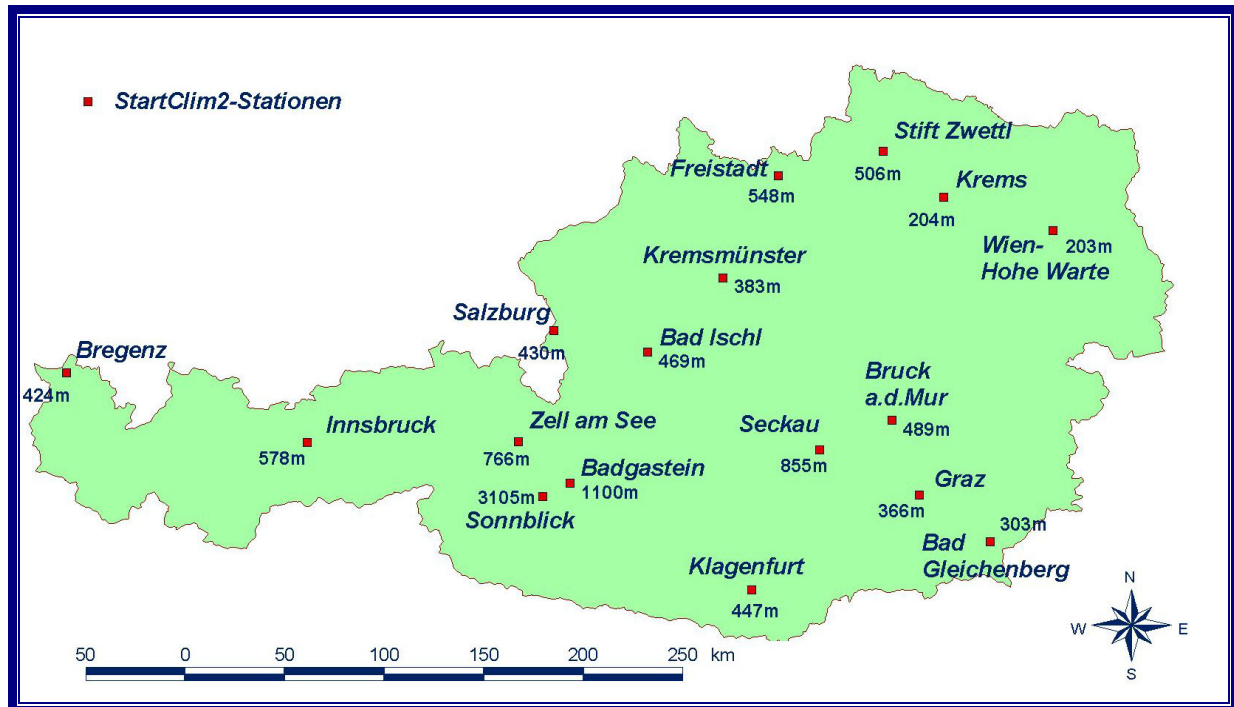


Abb. 2-1: Stationskarte der StartClim2-Stationen mit vollständigen Zeitreihen

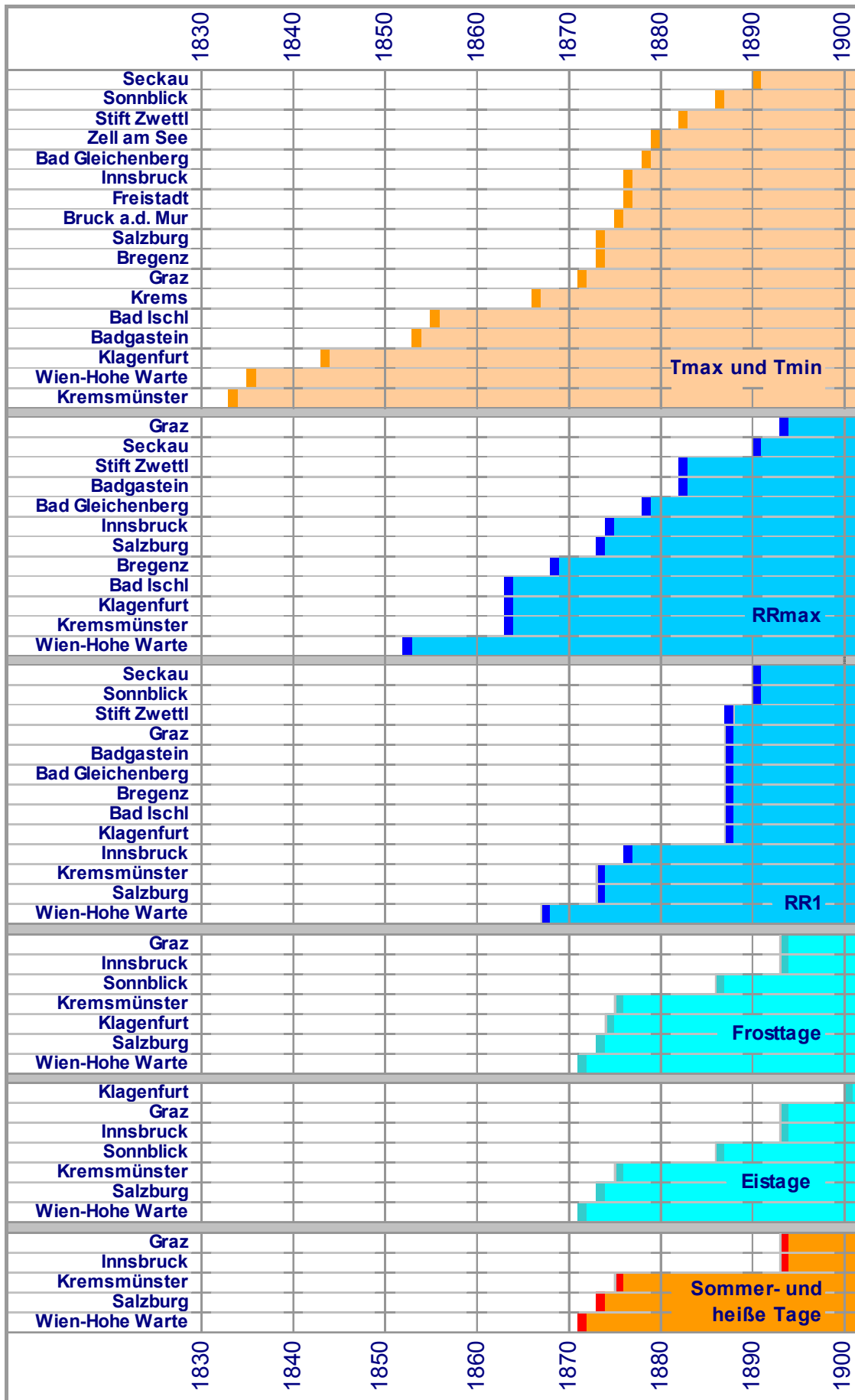


Abb. 2-2: Vollständige Zeitreihen bis 2002 für alle StartClim2-Stationen und –Parameter

Tab. 2-2: Beginn vollständiger Zeitreihen für die einzelnen Parameter

	tabsmax	tabsmin	Rrmax	RR1	Frosttage	Eis- tage	Sommer- tage	Heisse Tage
BGA	1854	1854	1883	1888				
BGL	1879	1879	1879	1888				
BIL	1856	1856	1864	1888				
BRE	1874	1874	1869	1888				
BRU	1876	1876						
FRE	1877	1877						
GRA	1872	1872	1894	1888	1894	1894	1894	1894
INN	1877	1877	1875	1877	1894	1894	1894	1894
KLA	1844	1844	1864	1888	1875	1901		
KRM	1867	1867						
KRE	1834	1834	1864	1874	1876	1876	1876	1876
SAL	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874
SEK	1891	1891	1891	1891				
SON	1887	1887		1891	1887	1887		
WIE	1836	1836	1853	1868	1872	1872	1872	1872
ZEL	1880	1880						
ZWE	1883	1883	1883	1888				

Die auf der vorangehend beschriebenen Vorgehensweise erstellten Extremwertdatensätze reichen zum Teil sogar noch weiter zurück, weisen dann aber Datenlücken von einzelnen Monaten bis zu ganzen Jahren auf, die mit dem derzeitig verfügbaren Datenmaterial nicht ergänzbar sind. Für die hochalpine Station Sonnblick ist aufgrund seiner Lage die monatliche Anzahl an Sommer- und Heißen Tagen immer Null; die Datenqualität der Niederschlagsmessungen erlaubt keine weitere Auswertung des Elementes RRmax, die Qualität der Erfassung von Tagen mit zumindest einem Millimeter Niederschlag ist aber zufriedenstellend.

Als erste statistische Auswertung wurden für die vervollständigten Reihen Häufigkeitsverteilungen bestimmt, deren Methodik und Ergebnisse im folgenden Abschnitt erläutert werden.

2-2 Vergleich 50jähriger oder kürzerer Häufigkeitsverteilungen einzelner Stationen mit Häufigkeitsverteilungen über die maximale Reihenlänge (aus Monatsdaten).

Betrachtet werden die Elemente:

- absolutes Temperaturmaximum, absolutes Temperaturminimum
- Zahl der Frosttage, Eistage, Sommertage, heißen Tage
- Monatssummen des Niederschlages
- extreme Tagesniederschlagssumme in 24 Stunden (7-7 Uhr)
- Zahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm

Für die Elemente absolutes Temperaturmaximum und absolutes Temperaturminimum (17 Stationen), Zahl der Frost- und Eistage (7 Stationen), Zahl der Sommertage und heißen Tage (5 Stationen) extreme Tagesniederschlagssumme in 24 Stunden (12 Stationen) und Zahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm (13 Stationen) wurden ausgewählte Perzentile berechnet und deren Vergleich über verschiedene Betrachtungszeiträume vorgenommen. Aufgrund der relativ geringen Stichprobenanzahl, die sich beispielsweise bei der saisonalen Auswertung eines Parameters über eine 50-jährige Periode ergibt, kamen für die Analyse aller Parameter P99 bzw. P1 nicht in Betracht und es wurden dementsprechend P90, P75, P50, P25 und P10 herangezogen. Für das Element Monatssumme des Niederschlages wurden die homogenisierten Datensätze aus den Projektdatensätzen ALOCLIM und ALPCLIM verwendet.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich zumeist auf die Beispiele der Stationen Wien-Hohe Warte, repräsentativ für den flacheren Teil Österreichs, sowie Sonnblick als charakteristische Hochgebirgsstation. Das Auswahlkriterium für diese Wahl lag in ihrer im Vergleich mit den anderen Stationen günstigen Qualität bezüglich Homogenität (siehe hierzu auch Endbericht von StartCim1).

2-2.1 Absolutes monatliches Temperaturmaximum

Die Messgenauigkeit dieses Elementes beträgt $1/10$ °C, die vor der Automatisierung des Messnetzes in Verwendung stehenden Maximumthermometer wiesen eine Skaleneinteilung von $0,5$ °C auf. Bei der Thermometerablesung durch den Beobachter wurden dazwischenliegende Skalenteile geschätzt. Bei den Messungen aus dem 19. Jahrhundert ist es nicht immer gewährleistet, dass es sich um Ablesungen des Extremthermometers handelt, zeitweise kam es auch zur Publikation des höchsten 14Uhr Wertes.

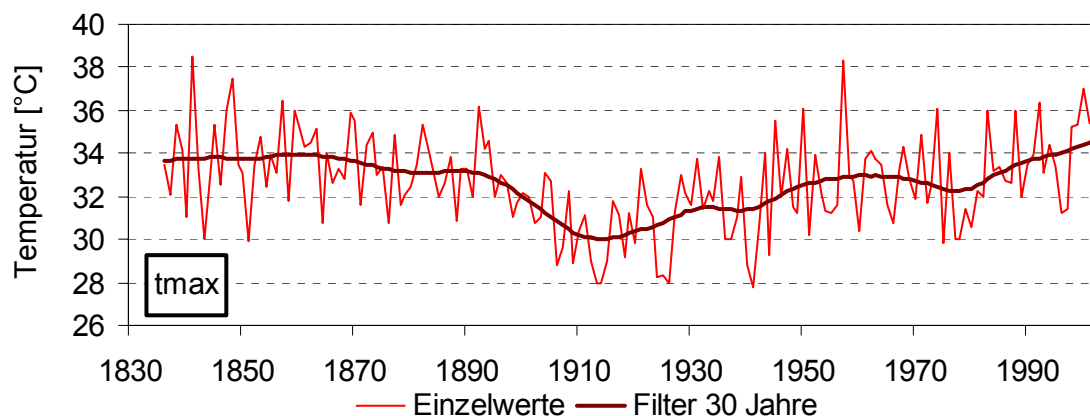


Abb. 2-3: Zeitreihe des Jahresmaximums der Lufttemperatur in Wien (vor 1851 Universitätssternwarte, 1851-1872 Wien Favoritenstraße, 1873 bis heute Wien Hohe Warte)

Wie aus Abbildung 2-3 ersichtlich ist schwanken die jährlichen Temperaturmaxima während des Messzeitraumes im Bereich von etwa 10 Grad zwischen 28 und 38° C. Die 30jährig geglättete Kurve gibt die Langfristentwicklung wieder. Der Verlauf lässt sich durch ein eher konstantes Niveau zu Beginn der Zeitreihe, einem darauffolgenden Absinken bis etwa 1910 und einem darauffolgenden stetigen Anstieg beschreiben. Zwischen 1915 und 2002 ist das jährliche Temperaturmaximum um etwa 4.5 °C angestiegen.

Zur weiteren Analyse der Änderungen der absoluten monatlichen Temperaturmaxima an 17 Stationen wurden zunächst Perzentile über alle Monatswerte für den gesamten Zeitraum sowie für die letzten fünfzig Jahre gerechnet und miteinander verglichen.

Am Beispiel Wien zeigt die Betrachtung der Gesamtreihe (1836 bis 2002), dass 10% aller Monatsmaxima über 31.6° und 10% unter 9.7° liegen, wobei erstere die Maxima der Sommer-, letztere die der Wintermonate repräsentieren. Bezüglich des Interquartils kommen 50% der Werte mit einer Streuung von 14.2 K im zentralen Bereich der Verteilung von 14.0° bis 28.2° zu liegen. Bei der kurzen Zeitreihe (1953-2002) weist das Monatsmaximum in 80% aller Fälle (P10 bis P90) Beträge von 11.0° bis zu 31.9°C auf. Der Interquartilsabstand für P25 = 15°C und P75 = 29°C beträgt 14.0 K.

Ein Vergleich beider Zeitreihen ergibt für alle Perzentile einen Anstieg der Temperaturmaxima in den letzten fünfzig Jahren, der für P10 mit 1.3 K am stärksten und für P75 mit 0.2 K am schwächsten ausfällt. Die Streuung, repräsentiert durch den Interquartilsabstand, verringert sich in der jüngeren Periode nur wenig um einen Betrag von 0.2 K, wobei auf die Abhängigkeit der Reihen voneinander hingewiesen werden muss. Die Gegenüberstellung der Interquartile zweier unabhängiger fünfzig-jähriger Subperioden zeigt für Sommer- und Winterhalbjahr, sowie für Frühjahr, Sommer und Herbst eine leichte Abnahme. Eine Ausnahme bilden die Ergebnisse für den Winter mit einer geringen Zunahme. Wie Abbildung 2-4 veranschaulicht, ist auch für die Hochgebirgsstation Sonnblick ein Anstieg der Temperaturmaxima in der jüngeren Periode für alle Perzentile gegeben.

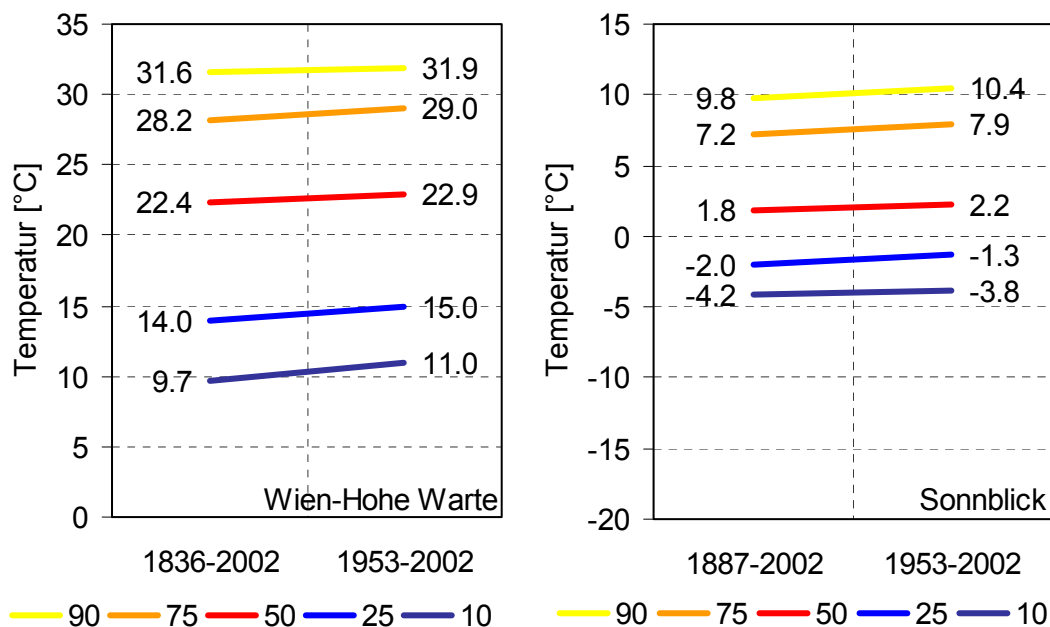


Abb. 2-4: Absolute Monatsmaxima der Temperatur in Perzentilen für die Stationen Wien [203m] und Sonnblick [3105m]

Zusammenfassend ist für die Änderungen absoluter Temperaturmaxima in Wien festzuhalten: Verglichen mit der Gesamtreihe weist die Periode 1953-2002 vermehrt höhere Werte auf. Hierbei tritt die stärkste Verschiebung von P10 im Frühjahr auf, wohingegen die größte Änderung von P90 in den Sommer fällt.

Um Hinweise auf die Repräsentativität kürzerer Zeitreihen bezüglich der Variabilität der absoluten Temperaturmaxima zu finden, wurden Perzentile über 10, 20, 30, 50 und 100 Jahre berechnet und geprüft, wie lang die Reihe mindestens sein muss, damit der Vergleich mit der Gesamtreihe Abweichungen von höchstens 1°C ergibt. Für P10, P90 und P50 war dies erst bei einem Intervall von 100 Jahren zutreffend, wie Tabelle 2.3 mit den Ergebnissen für Wien-Hohe Warte zu entnehmen ist.

Tab. 2-3: Schwankungsweite der Perzentile (Grad C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1836-2002 für die Station Wien

	P10			P90			P50		
10 Jahre	-1.5	bis	2.7	-2.7	bis	2.0	-2.3	bis	1.5
20 Jahre	-1.0	bis	2.6	-2.6	bis	1.2	-2.2	bis	0.6
30 Jahre	-0.7	bis	2.1	-1.8	bis	1.2	-1.1	bis	0.7
50 Jahre	-0.4	bis	1.3	-1.6	bis	0.4	-1.3	bis	-0.1
100 Jahre			0.4			-0.5			0.1

2-2.2 Absolutes Temperaturminimum

Die Messgenauigkeit dieses Elementes beträgt 1/10 °C, die vor der Automatisierung des Messnetzes in Verwendung stehenden Minimumthermometer wiesen eine Skaleneinteilung von 0.5°C auf. Bei der Thermometerablesung durch den Beobachter wurden dazwischenliegende Skalenteile geschätzt. Bei den Messungen aus dem 19. Jahrhundert ist es nicht immer gewährleistet, dass es sich um Ablesungen des Extremthermometers handelt, zeitweise kam es auch zur Publikation des tiefsten 7 Uhr Wertes.

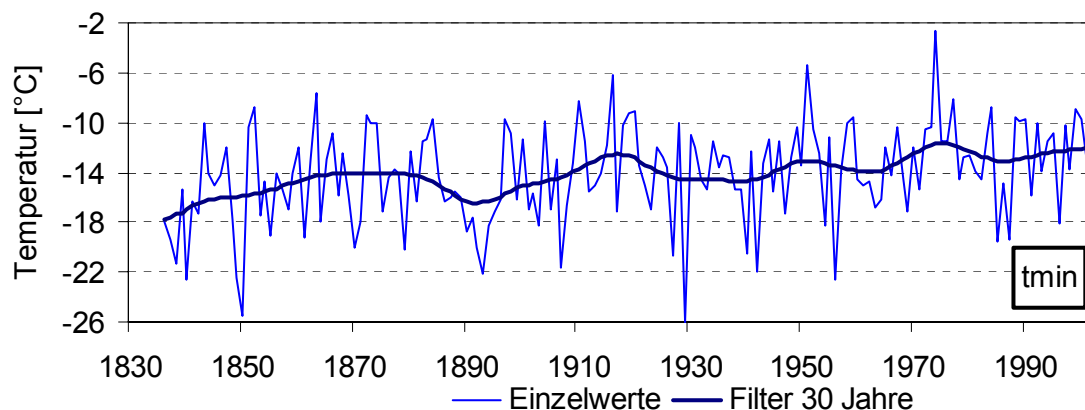


Abb. 2-5: Zeitreihe des Jahresminimums der Lufttemperatur in Wien (vor 1851 Universitätssternwarte, 1851-1872 Wien Favoritenstraße, 1873 bis heute Wien-Hohe Warte)

Im Vergleich zum Jahresmaximum zeigt der Verlauf des Jahresminimums einen Anstieg seit Beginn der Reihe von etwa -18 auf -12°C (siehe obige Abbildung). Der beim Maximum gefundene kühle Zeitraum um 1915 findet sich bei diesem Element nicht, da dieser Zeitabschnitt durch kühle Sommer aber milde Winter geprägt war. Die Schwankungsweite der Jahresminima übersteigt jene der Jahresmaxima.

Für die Analyse der Änderungen absoluter Temperaturminima standen wiederum 17 Stationen zur Verfügung. Am Beispiel Wien-Hohe Warte liegt - bezogen auf die Gesamtreihe 1836 bis 2002 - P10 bei -11.5°, P90 bei 10.2° und der Median bei 0.0°C. In der Zeitspanne der letzten fünfzig Jahre weisen 80% der absoluten Minima Werte zwischen -10.5° (P10) und 10.2°C (P90) auf, die Hälfte aller Monatsminima liegt unter 0.4°C. Wie in Abbildung 2-6 veranschaulicht, sind in der kürzeren Subperiode v.a. die absoluten Tiefstwerte gegenüber der langen Reihe zu höheren Werten hin verschoben. Der deutlichste Anstieg entfällt mit je 1 K auf P10 und P25, auch für den Median und P75 sind noch geringfügige Erhöhungen von 0.4 bzw. 0.1 K festzustellen. Bei den Sommermonaten (P90)

hingegen ergibt sich keine Veränderung. Wie der gleichen Abbildung zu entnehmen ist, zeigen auch die Daten der Station Sonnblick ansteigende Temperaturminima in den letzten fünfzig Jahren, wobei sich die Erhöhung auf alle Perzentile bezieht.

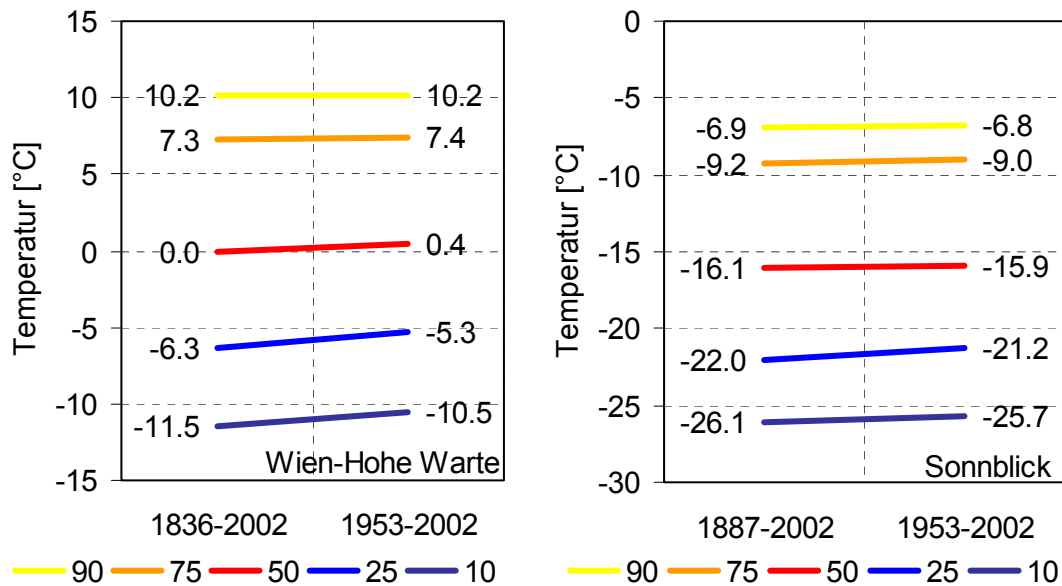


Abb. 2-6: Absolute Monatsminima der Temperatur in Perzentilen für die Stationen Wien und Sonnblick

Die Überprüfung, ab welchem Zeitintervall sich die Abweichungen auf höchstens $\pm 1^\circ\text{C}$ reduzieren, ergab für P90 eine 10-jährige und für P50 eine 20-jährige Reihe als ausreichend. Bei den absoluten Tiefsttemperaturen (P10) hingegen war dies erst bei einem Zeitintervall von 100 Jahren zutreffend (siehe Tabelle 2.4 für die Station Wien-Hohe Warte).

Tab. 2-4: Schwankungsweite der Perzentile (Grad C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1836-2002 für die Station Wien-Hohe Warte

	P10			P90			P50		
10 Jahre	-2.0	bis	3.0	-0.8	bis	0.8	-1.4	bis	0.9
20 Jahre	-1.4	bis	1.4	-0.5	bis	0.8	-0.5	bis	0.7
30 Jahre	-1.5	bis	1.6	-0.5	bis	0.2	-0.5	bis	0.7
50 Jahre	-1.5	bis	1.0	-0.2	bis	0.0	-0.4	bis	0.4
100 Jahre			0.6			0.0			0.2

Zusammenfassend lässt sich für die Änderungen absoluter Temperaturminima in Wien-Hohe Warte festhalten, dass die Periode 1953-2002 im Vergleich mit der Gesamtreihe einen Anstieg aufweist. Eine weitergehende saisonale Differenzierung weist darauf hin, dass in den letzten fünfzig Jahren die Frühjahrs-, Herbst- und Winterminima angestiegen sind, wobei die stärkste Verschiebung zu höheren Werten mit 2.2 K für P10 in die Frühjahrsmonate fällt. Demgegenüber steht ein leichter Rückgang um 1.1 K für P10 in den Sommermonaten.

Die Analyse unterschiedlich langer Zeitintervalle deutet darauf hin, dass kürzere Subperioden zur Beschreibung der Variabilität der Temperaturminima für die absoluten Tiefstwerte nicht verwendbar sind. Zur Auswertung der absoluten Temperaturextreme ist des Weiteren anzumerken, dass eine weitergehende saisonale Differenzierung auf stärkere Änderungen der absoluten Tiefstwerte gegenüber den absoluten Höchstwerten hinweist (siehe Abbildung 2-7).

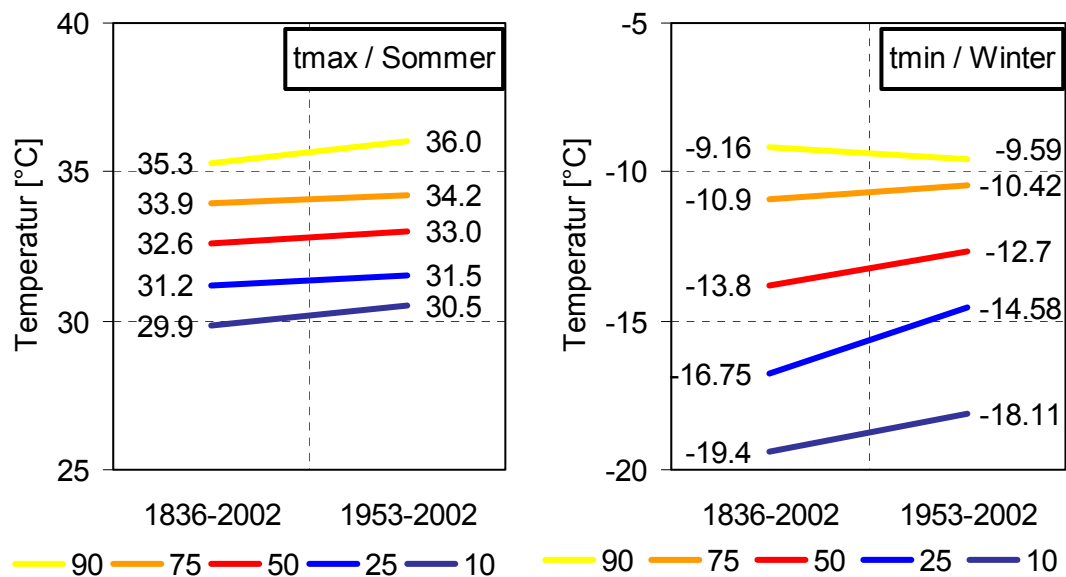


Abb. 2-7: Absolute Temperaturmaxima im Sommer und absolute Temperaturminima im Winter in Perzentilen für die Station Wien-Hohe Warte

2-2.3 Zahl der Frosttage (Zahl der Tage mit einer Minimumtemperatur unter 0°C)

Bezogen auf die Zeitreihe 1872 bis 2000 hat die jährliche Anzahl an Frosttagen seit Ende des 19. Jahrhunderts von rund 92 auf gut 60 Tage abgenommen, wie Abbildung 2-8 zu entnehmen ist.

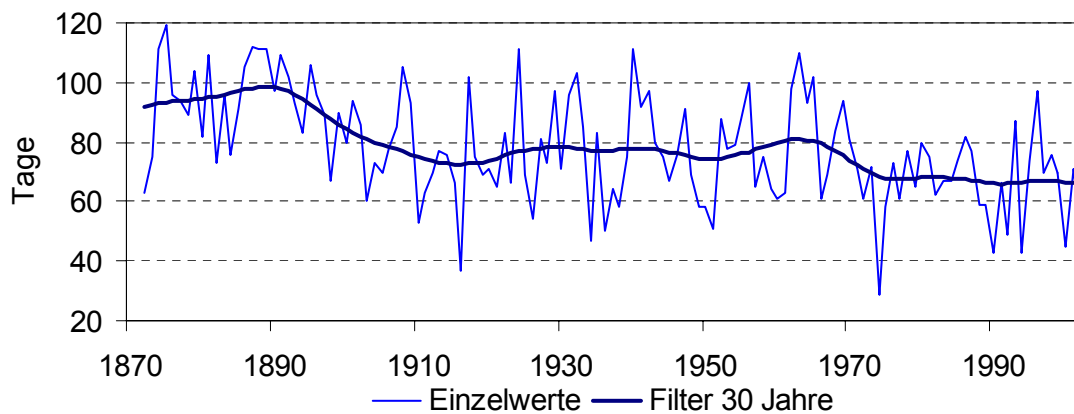


Abb. 2-8: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Frosttage in Wien- Hohe Warte

Um die letzten fünfzig Jahre mit der Gesamtreihe hinsichtlich der Änderungen von Frosttagen zu vergleichen, wurden Perzentile (P10, P25, P50, P75 und P90) über alle Jahressummen für 7 Stationen ermittelt. Die Auswertung musste auf die jährliche Anzahl an Frosttagen beschränkt bleiben, da die Berechnung über alle Monatswerte unter Einbeziehung der frostfreien Monate für P10, P25 und meist auch P50 Null ergibt (Ausnahme: Sonnblick).

Bezüglich der Grundgesamtheit bedeutet die Heranziehung von Jahreswerten eine deutliche Reduzierung gegenüber der Auswertung von Monatswerten, so dass nur Zeitreihen von zumindest 50 Jahren Länge in Betracht kamen und auch eine weitergehende Untersuchung jahreszeitlicher Unterschiede nicht durchgeführt wurde. Entsprechendes gilt für die Zeitreihenanalysen von Eis-, Sommer- und Heißen Tagen.

Das Beispiel Wien-Hohe Warte zeigt für die gesamte Reihenlänge von 1872-2002, dass in 80% aller Jahre mindestens 58 (P10) und höchstens 103.9 (P90) Frosttage auftreten. In der fünfzig-jährigen Subperiode liegt P10 bei 49 und P90 bei 94 Frosttagen pro Jahr. Der Vergleich der langen mit der kurzen Reihe ergibt für alle Perzentile eine deutliche Verringerung der Frosthäufigkeit: So nimmt die Anzahl an Frosttagen bei P90 um 9.9 Tage und dementsprechend 2.71% ab, für Jahre mit wenigen Frosttagen (P10) gilt eine Verringerung um 9 Tage (2.47%). Ähnlich gestaltet sich die Veränderung an der Station Sonnblick, wo in der jüngeren Periode ebenfalls weniger Tage pro Jahr mit einem Temperaturminimum unter dem Gefrierpunkt aufgetreten sind, wie aus Abbildung 2-9 hervorgeht.

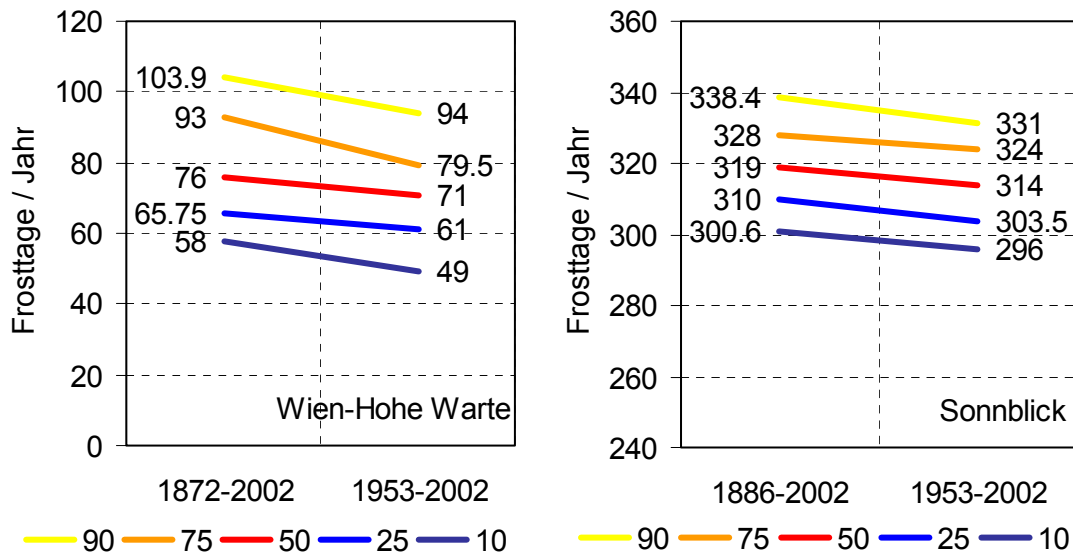


Abb. 2-9: Jährliche Anzahl an Frosttagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Sonnblick

Zur Überprüfung, welches Zeitintervall mindestens benötigt wird, um die Variabilität der Frosttage ausreichend wiederzugeben, wurden zunächst die mittlere Anzahl an Frosttagen pro Jahr für die gesamte Reihe und als Genauigkeitsmaß 10% Abweichung hiervon berechnet. Bezogen auf Wien-Hohe Warte und einen Zeitraum von 1872 bis 2002 wurden für eine mittlere Anzahl an 78.28 Frosttagen im Jahr und dementsprechend 7.83 Tagen Abweichung folgende Ergebnisse erzielt:

P10 und P90 konnten erst mit einem 100-jährigen Intervall mit einer Genauigkeit von über 90% getroffen werden: Die 50-jährige Reihe zeigte für P10 Abweichungen bis zu neun Tagen, für P90 bis zu annähernd 10 Tagen, erst bei der längeren Reihe verringerte sich die Ungenauigkeit auf 5 bzw. 6.9 Tage. P50 wurde bereits über das kürzere Intervall innerhalb der 10% Abweichung gegenüber der Gesamtreihe getroffen.

Tab. 2-5: Schwankungsweite der Perzentile (Tage) der über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für die Station Wien-Hohe Warte

	P10			P90			P50		
50 Jahre	-9.0	bis	-5.0	-9.9	bis	-6.9	-5.0	bis	-3.0
100 Jahre			-5.0			-6.9			-4.0

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Vergleich der Periode 1953-2002 mit der Gesamtreihe eine deutliche Abnahme an Frosttagen pro Jahr aufzeigt. Die Variabilität der Anzahl an Frosttagen kann für P10 und P90 über eine 50-jährige Reihe nicht ausreichend beschrieben werden, lediglich P50 wird bei 50-jährigen Intervallen mit 90% Genauigkeit erreicht.

2-2.4 Zahl der Eistage (Zahl der Tage mit einer Maximumtemperatur unter 0°C)

In der Zeitreihe von 1972 bis 2000 hat die jährliche Anzahl Eistagen seit etwa 1940 um rund 10 Tage abgenommen, wie der Abbildung 2-10 zu entnehmen ist. Das heutige tiefe Niveau wurde auch um 1910 herum nur wenig übertroffen. Eine starke Änderung der Eistagehäufigkeit wurde zwischen 1890 und 1900 verzeichnet.

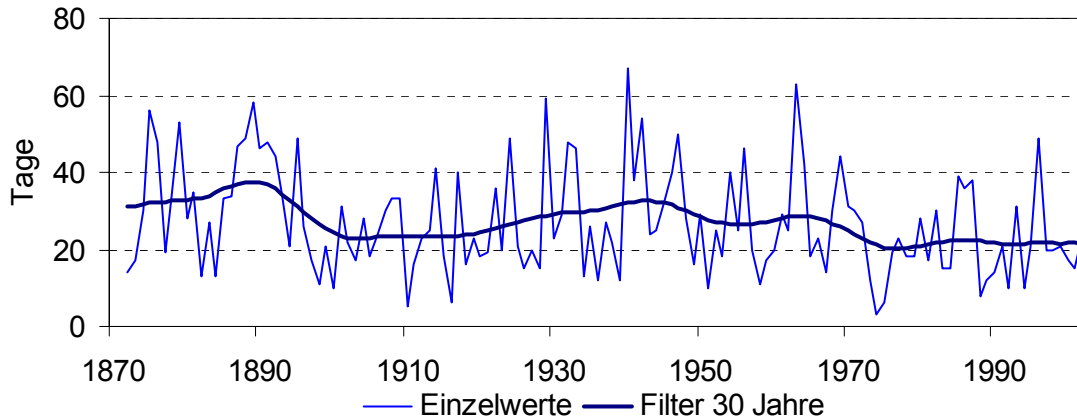


Abb. 2-10: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Eistage in Wien- Hohe Warte

Für die Auswertung der Häufigkeitsänderungen von Eistagen konnten wiederum 7 Stationen herangezogen werden. An der Beispielsstation Wien-Hohe Warte weisen 10% aller Fälle des Zeitraums 1872 bis 2002 weniger als 12 Eistage pro Jahr auf, 10% liegen über einer Anzahl von 48 Tagen. Im fünfzig Jahre umfassenden Datensatz liegt P10 bei 10 und P90 bei 40 Eistagen pro Jahr. Der Vergleich beider Zeitreihen, dargestellt in Abbildung 2-11, zeigt die deutliche Abnahme an Eistagen in der jüngeren Subperiode: für P90 ist mit 8 Tagen ein Rückgang um 2.19%, für P10 mit 2 Tagen um 0.55% bezogen auf das gesamte Jahr festzustellen. Vereinfacht ausgedrückt entsprechen diese Zahlen v.a. einem verstärktem Rückgang an Jahren mit besonders vielen Eistagen, wohingegen sich die Anzahl an Jahren mit ausgesprochen wenigen Eistagen nur geringfügig veränderte. Noch deutlicher kommt die Abnahme an Eistagen pro Jahr bei einer Bergstation, wie z.B. dem Sonnblick, zum Ausdruck: die absolute Abnahme für P90 beträgt hier 13.8 Eistage im Jahr, was einem relativen Rückgang um 3.78% entspricht.

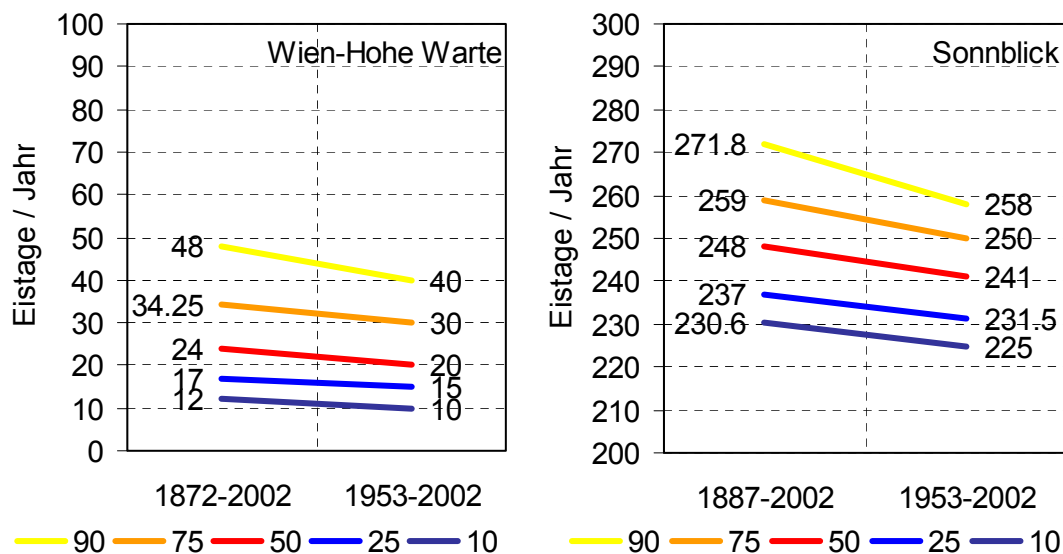


Abb. 2-11: Jährliche Anzahl an Eistagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Sonnblick

Um die Mindestlänge des Zeitintervalls festzustellen, welcher die Variabilität der jährlichen Anzahl an Eistagen mit ausreichender Genauigkeit wiedergibt, wurde wie im vorangegangenen Kapitel verfahren. Für die Gesamtreihe Wien-Hohe Warte (1872-2002) ergab sich eine mittlere Anzahl an 26.98 Eistagen pro Jahr und dementsprechend eine absolute Abweichung von 2.70 Tagen für 10% Ungenauigkeit. Entsprechend den Abweichungen von 2 Tagen für P10, 8 Tagen für P90 und 4 Tagen für P50, die beim Subintervall im Vergleich zur Gesamtreihe auftraten, wurde nur P10 bereits bei 50-jährigen Zeitspannen innerhalb der 10-prozentigen Ungenauigkeit erreicht. Um P50 hinreichend genau zu treffen, waren mindestens 100 Jahre erforderlich, wohingegen P90 selbst über diese Zeitspanne nicht präzise genug beschrieben werden konnte.

Tab. 2-6: Schwankungsweite der Perzentile (Tage) über zwei verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für die Station Wien-Hohe Warte

	P10			P90			P50		
50 Jahre	-2.0	bis	0.0	-8.0	bis	0.0	-4.0	bis	0.0
100 Jahre			0.0			-4.0			-1.0

2-2.5 Zahl der Sommertage (Tage mit einer Maximumtemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$)

Die Betrachtung der Zeitreihe 1872 bis 2000 zeigt, dass die jährliche Anzahl an Sommertagen seit etwa 1910 um rund 35 Tage zugenommen hat. Das heutige hohe Niveau liegt um 15 Tage höher als zu Beginn der Zeitreihe (siehe Abbildung 2-12).

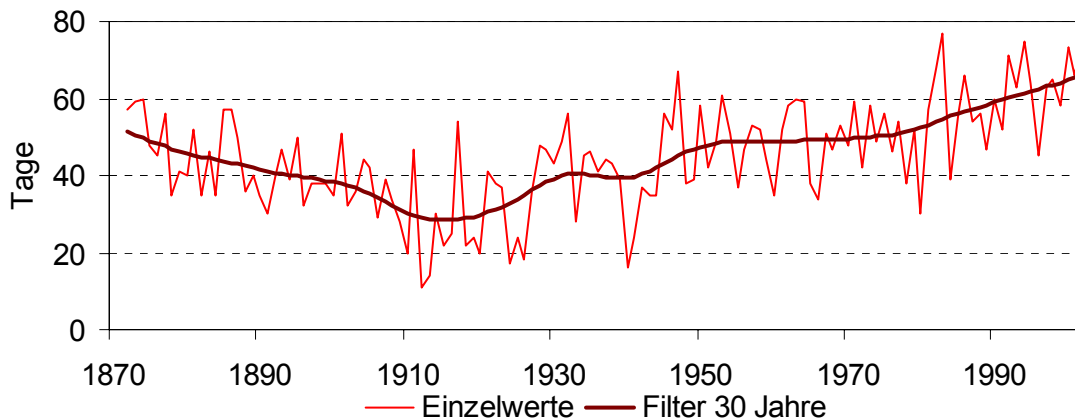


Abb. 2-12: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Sommertage in Wien- Hohe Warte

Für den Vergleich der Periode 1953-2002 mit der Gesamtreihe hinsichtlich der Änderungen von Sommertagen fanden 5 Stationen Verwendung, wovon die Ergebnisse der Station Wien-Hohe Warte im folgenden skizziert werden. Im gesamten Zeitraum von 1872 bis 2002 beläuft sich für 80% aller Jahre die Summe an Sommertagen von 25.3 (P10) bis 60.9 (P90), die Hälfte aller Jahre weist bis zu 45 Sommertage auf. Im kurzen Zeitintervall liegt die Anzahl an Sommertagen in 80% aller Fälle zwischen 38 und 68 Tagen pro Jahr, für 50% werden mehr als 54 Sommertage verzeichnet. Im Vergleich beider Zeitreihen resultiert eine deutliche Steigerung der Anzahl an Sommertagen pro Jahr in den letzten fünfzig Jahren, wie aus Abbildung 2-13 hervorgeht. Am stärksten fällt der Anstieg um 12.7 Tage für P10 aus, was auf das gesamte Jahr bezogen einer relativen Zunahme von 3.5% entspricht. P90 steigt weniger stark an, so dass für die Änderungen der Häufigkeiten von Sommertagen festgestellt werden kann, dass in der jüngeren Periode verglichen mit der Gesamtreihe v.a. Jahre mit besonders wenigen Sommertagen weniger häufig vorkommen. Der gleichen Abbildung sind Ergebnisse der Station Graz zu entnehmen, die sich in einem ähnlichen Bereich wie die Wiens bewegen.

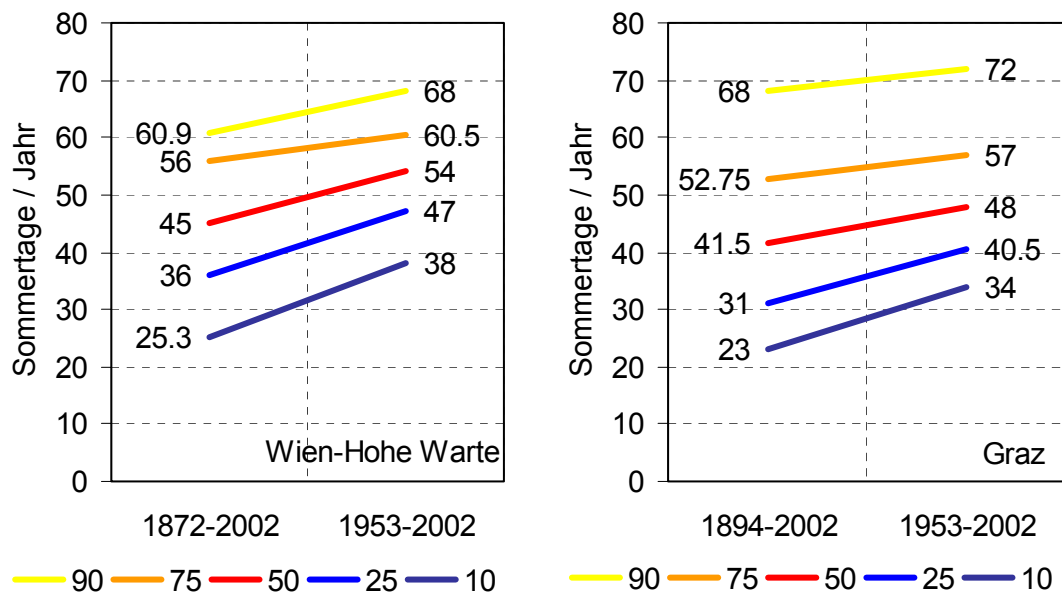


Abb. 2-13: Jährliche Anzahl an Sommertagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Graz

Die Repräsentativitätsanalyse kürzerer Zeitspannen zur Beschreibung der Variabilität von Sommertagen lieferte folgende Resultate: Bezogen auf durchschnittlich 45.03 Sommertage pro Jahr für die gesamte Reihe konnten P10, P90 und P50 mit einem fünfzig-jährigen Intervall nicht innerhalb der 10% Ungenauigkeit erzielt werden. Die Abweichung von 4.50 Tagen wurde für alle Perzentile erst bei einer Reihenlänge von hundert Jahren unterschritten.

Tab. 2-7: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für Wien-Hohe Warte

	P10			P90			P50		
50 Jahre	-7.3	bis	12.7	-8.9	bis	7.1	-7.0	bis	9.0
100 Jahre			0.0			-4.0			-1.0

2-2.6 Zahl der heißen Tage (Tage mit einer Maximumtemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$)

In Hinsicht auf den Zeitraum von 1872 bis 2000 hat die jährliche Anzahl an heißen Tagen seit etwa 1910 um rund 15 Tage zugenommen. Das heutige hohe Niveau liegt um 8 Tage höher als zu Beginn der Zeitreihe, wie aus Abbildung 2-14 hervorgeht.

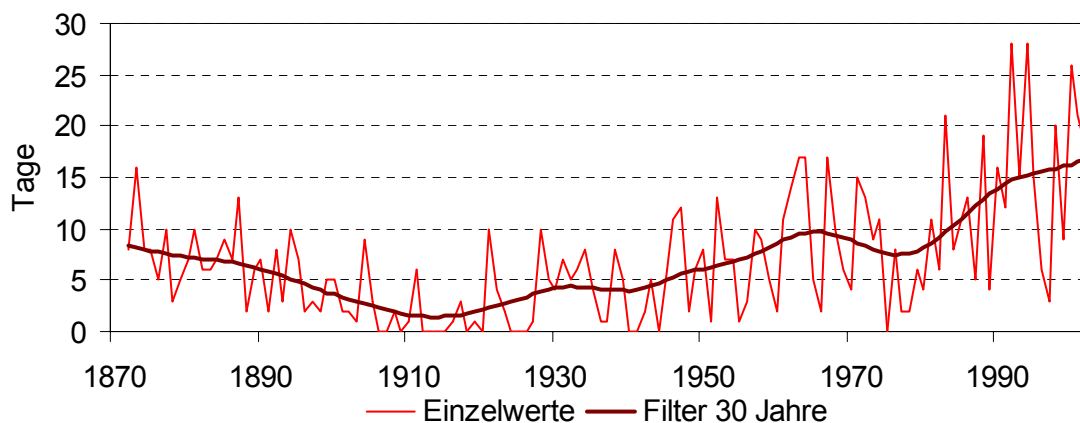


Abb. 2-14: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der heißen Tage in Wien- Hohe Warte

Die Gegenüberstellung der Periode 1953-2002 mit der Gesamtreihe hinsichtlich der Häufigkeitsänderungen von Heißen Tagen wurde für 5 Stationen vorgenommen. Bezüglich der Station Wien-Hohe Warte sind folgende Resultate festzuhalten: In Hinsicht auf die gesamte Reihenlänge von 1872 bis 2002 treten in der Hälfte aller Jahre mindestens 6 heiße Tage auf, in 80% aller Fälle liegt die Summe an heißen Tagen zwischen 0 (P10) und 15 (P90) Tagen pro Jahr. In der kürzeren Zeitspanne weisen 80% aller Jahre Werte von 2 (P10) bis zu 20 (P90) heißen Tagen auf. Für die Hälfte der Verteilung gilt eine Anzahl von zumindest 9 heißen Tagen in einem Jahr. Die Darstellung beider Resultate in der folgenden Abbildung veranschaulicht die Unterschiede zwischen beiden Reihen: Gegenüber dem langjährigen Datensatz sind in der jüngeren Subperiode vermehrt Jahre mit einer deutlich größeren Anzahl an heißen Tagen aufgetreten. Der stärkste Anstieg ist mit jeweils 5 Tagen für P90 und P75 festzustellen, was einem relativen Zuwachs um jeweils 1.37% bezogen auf das gesamte Jahr entspricht. Demgegenüber steigt P10 mit 2 zusätzlichen heißen Tagen (0.55%) schwächer an.

Der Abbildung sind ebenso die Resultate für die Station Graz zu entnehmen, die für alle Perzentile einen gegenüber Wien schwächeren Anstieg anzeigen. Auf die größere Inhomogenität des Datensatzes von Graz sei hingewiesen.

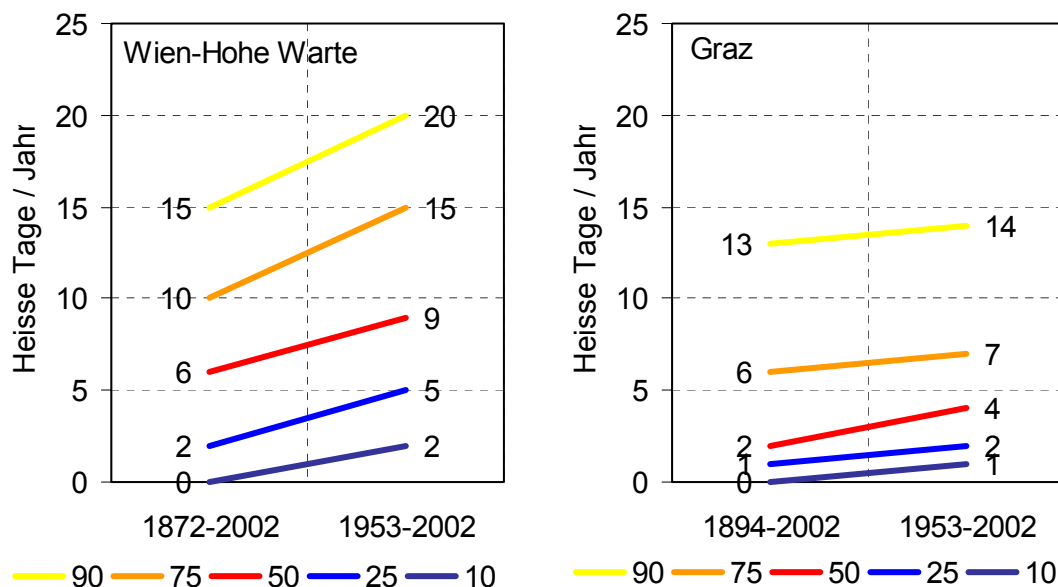


Abb. 2-15: Jährliche Anzahl an Heißen Tagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Graz

Aus der Analyse zur Repräsentativität unterschiedlicher Zeitintervalle, welche die Variabilität von heißen Tagen beschreiben, ließen sich folgende Ergebnisse ableiten: Bezogen auf die gesamte Reihe von 1872 bis 2002 wurde eine mittlere jährliche Anzahl von 6.87 heißen Tagen festgestellt, wodurch sich die Fehlergenauigkeit für 10% erlaubte Abweichung auf 0.69 Tage belief. Dementsprechend erwies sich das 50-Jahresintervall in keinem Fall als ausreichend, um die zeitliche Variabilität der Anzahl an Heißen Tagen zu repräsentieren. Auch durch Verwendung einer hundert Jahre langen Reihe wurden P90 und P50 nicht innerhalb der geforderten Genauigkeit erreicht. Lediglich P10 konnte mit der längeren Zeitspanne beschrieben werden.

Tab. 2-8: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für Wien-Hohe Warte [203m ü NN]

	P10			P90			P50		
50 Jahre	0.0	bis	2.0	-6.0	bis	5.0	-4.0	bis	3.0
100 Jahre			0.0			2.0			-1.0

Abschließend ist für die Häufigkeitsänderungen von heißen Tagen im Jahr festzustellen, dass an der Station Wien-Hohe Warte in den letzten fünfzig Jahren verglichen mit der Gesamtreihe deutlich mehr heiße Tage pro Jahr aufgetreten sind. Bezüglich der Auswertung zur Repräsentativität kürzerer Reihen sind 50-jährige Datensätze nicht geeignet, die Variabilität von heißen Tagen zu erfassen. Auch hundert-jährige Zeitreihen beschreiben die Variabilität nur ungenügend, lediglich P10 wird mit diesem Zeitintervall hinreichend genau getroffen.

2-2.7 Niederschlagssummen

Untersucht werden folgende Größen:

- Jahresgänge
- Mittelwerte über variierende Zeitspannen, unter Berücksichtigung, dass von der WMO 30jährige Normalperioden definiert werden.
- Obere und untere Perzentilschranken P 5 und P 95 von Monats- und Jahressummen des Niederschlages über variierende Zeitspannen.

Gezeigt werden aus Platzgründen nur die Ergebnisse der Station Wien Hohe Warte, welche die Klimaregion Nordost repräsentieren soll. Die Reihe beruht auf Messungen der Zentralanstalt für Meteorologie seit 1852 (2 Standorte) und davor auf Messungen, die an der Universitätssternwarte durchgeführt wurden. Im Rahmen der Projekte ALOCLIM und ALPCLIM wurde diese Reihe homogenisiert, das bedeutet, dass alle Werte so umgerechnet wurden, dass sie dem heutigen Aufstellungsort entsprechen. (Auer et. al., 2001). Die Zeitreihe der Jahressummen beginnend mit 1841 ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

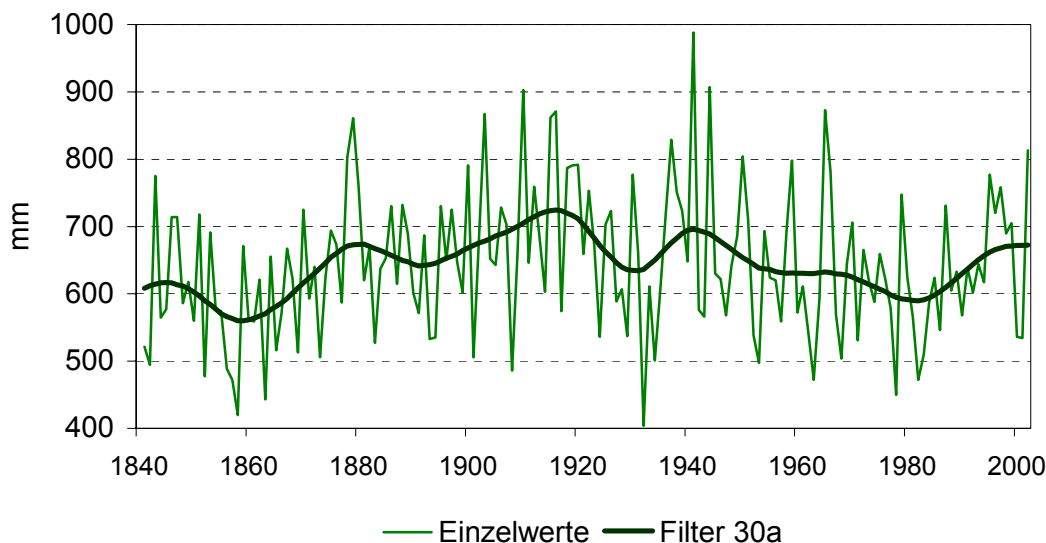


Abb. 2-16: Zeitreihe der Jahressummen des Niederschlages (alle Werte auf den Standort Wien Hohe Warte umgerechnet), 1841-2002

Wie die Abbildung 2-16 verdeutlicht unterliegen die einzelnen Niederschlagswerte von Jahr zu Jahr großen Schwankungen. Diese übersteigen jeden in der Abbildung erkennbaren Trend. Besonders hervorzuheben ist der Zeitraum 1932 bis 1941, in welchem sich die jährlichen Niederschlagseinträge zwischen 404 und 988 mm bewegten. Um die Kurzzeitvariabilität zu unterdrücken, ist in der Abbildung auch ein 30jährig geglätteter Verlauf eingetragen. Dieser geglättete Verlauf lässt Perioden mit Niederschlagszunahmen bzw. -abnahmen erkennen: Niederschlagszunahme von 1860 bis 1920, darauffolgend eine starke kurze Periode mit relativ starker Niederschlagsabnahme, einen längeren Zeitabschnitt mit Niederschlagsabnahme bis zu Beginn der 1980er Jahre und eine anschließende erneute Zunahme. Bereits dieser Verlauf deutet an, dass eine 50jährige oder auch kürzere Periode ab 1950 nur bedingt ausreichend sein wird, die Variabilität ausreichend zu beschreiben.

Sowohl Maximal- als auch Minimalwert der Jahresniederschlagssummen sind vor dem Zeitraum 1951-2000 aufgetreten, und auch in der Langfristbetrachtung ist die Variabilität geringer als in der Gesamtzeitreihe.

Als nächster Schritt soll geprüft werden, ob der Jahresgang des Klimaelementes in Bezug auf seine Monatssummen über verschiedene Zeitabschnitte stabil bleibt, oder ob er sich ändert.

Die rote Kurve in Abbildung 2-17 zeigt den mittleren Jahresgang über den aktuellsten Zeitabschnitt 1951-2000. Sie zeigt einen stetigen Anstieg der Monatssummen von Jänner bis zu einem Maximum im Frühsommer (Juni und Juli), danach nehmen die Niederschlagssummen wieder ab, bis im Oktober ein sekundäres Minimum erreicht wird. Im Gegensatz dazu wird der Jahresgang des Niederschlages in der ersten Periode des 20. Jahrhunderts durch ein deutlicheres Maximum im Juli und höhere Maiwerte als Juniwerte geprägt. Oktober liefert etwas mehr Niederschlag als September bzw. November. Die Zeitreihe über den 150-jährigen Zeitraum 1851-2000 zeigt nur noch eine eingipfelige Verteilung mit einem Maximum im Juli und dem Minimum im Jänner.

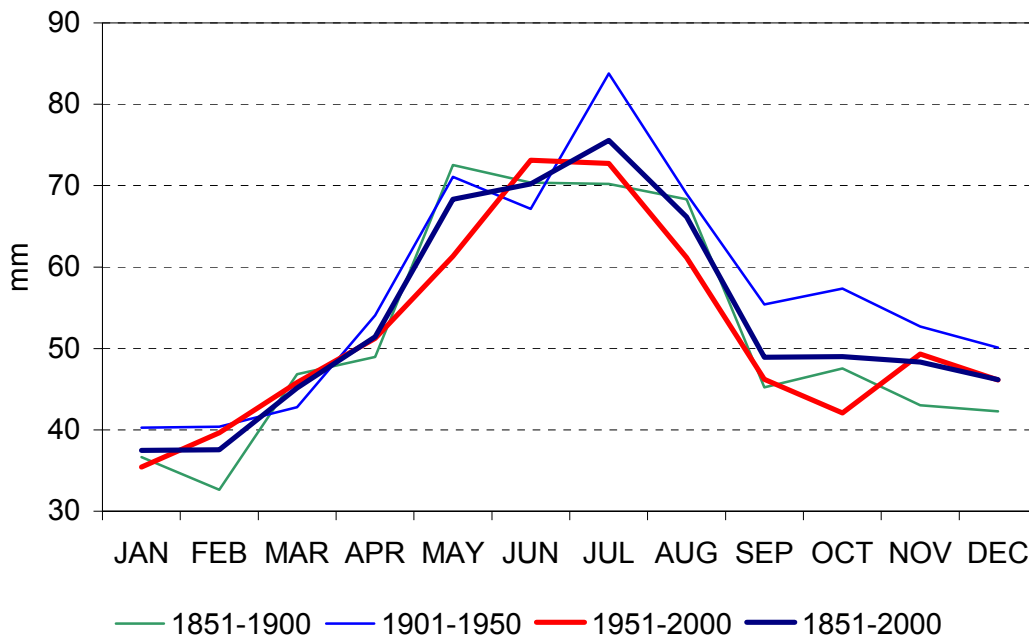


Abb. 2-17: Jahresgang des Niederschlages über verschiedene 50jährige Zeitabschnitte für Wien-Hohe Warte

Es treten also innerhalb der Periode 1951-2000 einige, wenn auch nur geringe Abweichungen im Jahresgang des Niederschlages auf. Bei kürzeren Zeitintervallen (10 bis 40 Jahre) sind die Abweichungen größer (siehe das Beispiel für den Monat September in Abbildung 2-18).

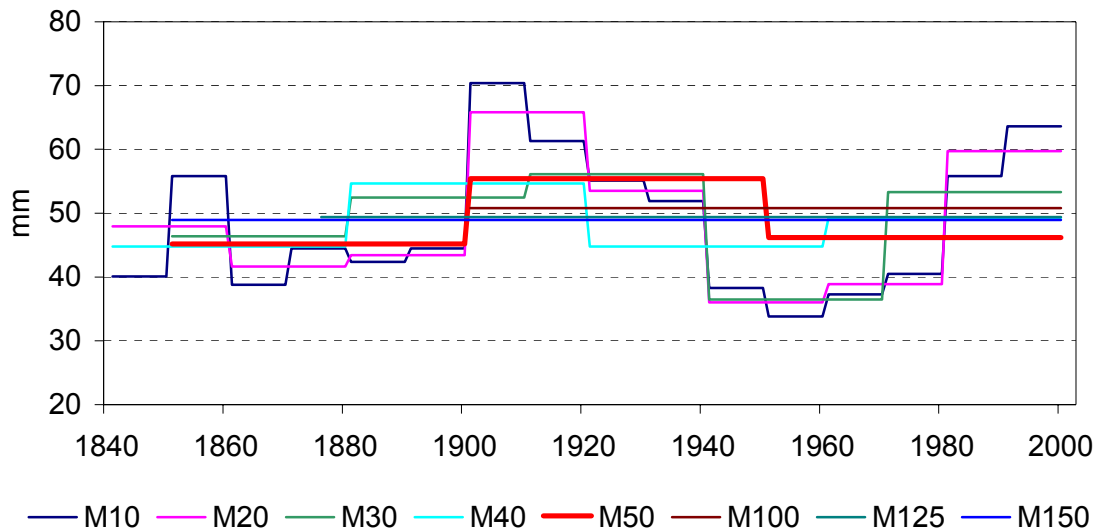


Abb. 2-18: Variabilität der mittleren Monatssummen des Niederschlages für die Station Wien Hohe Warte für den Monat September in variablen Zeitfenstern

Es ergeben sich folgende Bandbreiten der Abweichungen mittlerer Monatssummen bei der Bildung von:

10jährigen Mitteln (1841-1850,.....1991-2000): im positiven Bereich von + 18 (Juni) bis +61% (November), im negativen Bereich von -52% (November) bis -22% (Mai). Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von - 12 bis +14%.

20jährigen Mitteln (1841-1860,.....1981-2000): im positiven Bereich von + 11 (Jänner, Februar, März, Mai, Juni und August) bis +36% (September), im negativen Bereich von - 30% (Februar) bis - 9% (Juni). Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von - 8 bis +11%.

30jährigen Mitteln (1851-1880,...1971-2000): im positiven Bereich von + 6 (Juni) bis +22% (Oktober), im negativen Bereich von -25% (September) bis -6% (Dezember). Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von - 5 bis +6%. Die Ausweitung von 10 auf 30jährige Datensätze bringt also vor allem bei den Jahressummen bereits eine spürbare Verbesserung.

40jährigen Mitteln: (1841-1880,....1961-2000): im positiven Bereich von + 5 (Juni) bis +18% (Oktober), im negativen Bereich von -19% (Februar) bis -5% (Juni). Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von - 5 bis +6%.

50jährigen Mitteln: (1851-1900,....1951-2000): im positiven Bereich von + 3 (August) bis +15% (September), im negativen Bereich von -15% (Oktober) bis 35% (März). Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von - 5 bis +6%.

Das 100jährige Mittel 1901-2000: liefert noch immer Monate mit Abweichungen von + 3 (August) bis zu +6% (Februar und November). Die Jahressumme 1901-2000 ist um 2 % höher als die Jahressumme über den Zeitraum 1951-2000.

In Hinblick auf extreme Niederschlagssummen soll die Veränderlichkeit der Perzentile P5 und P95 untersucht werden. Es werden Perzentilberechnungen in Schritten von 10, 20, 30, 40, 50, 100, 125, 150 Jahren und dem Gesamtzeitraum durchgeführt.

Jahressummen:

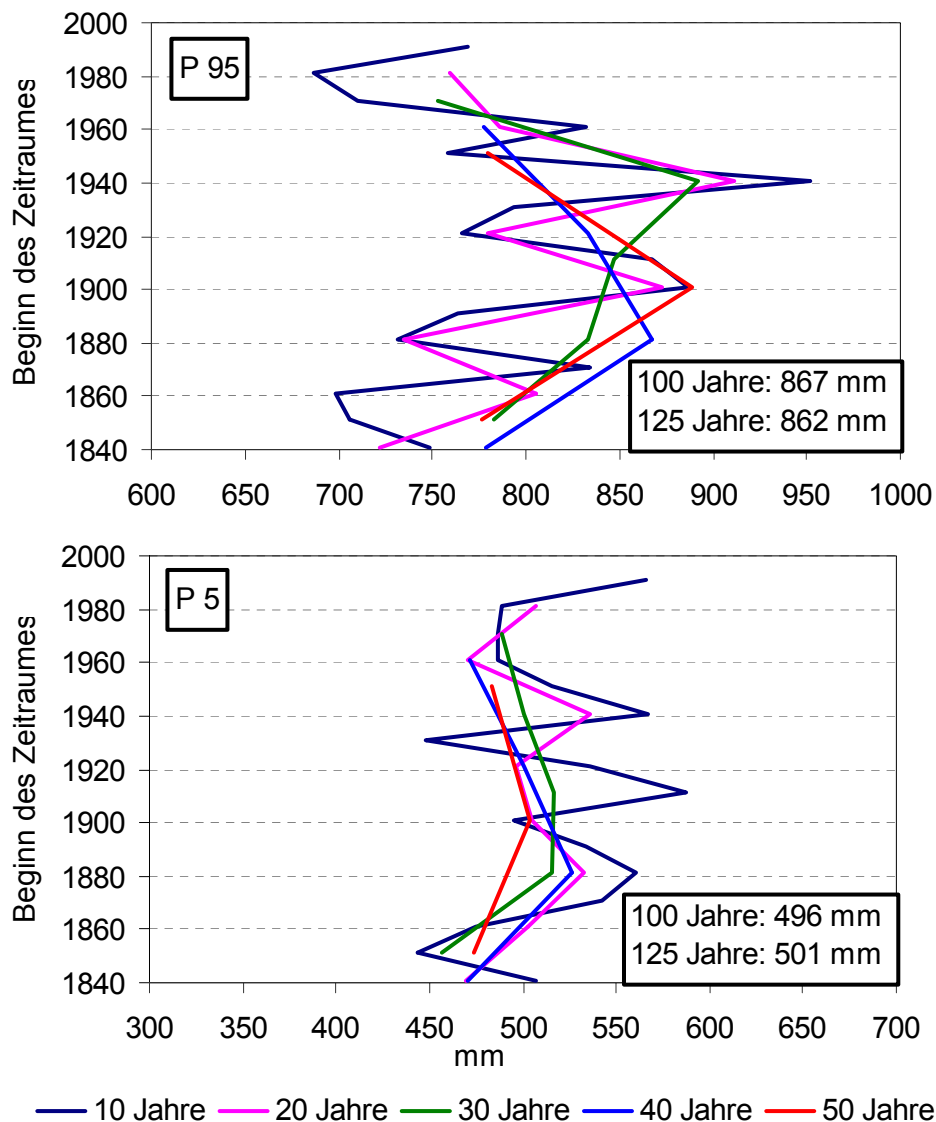


Abb. 2-19: Änderung von P95 und P5 der Jahressummen des Niederschlages in Wien Hohe Warte bei Fenstergrößen von 10, 20, 30, 40, 50, 100 und 125 Jahren.

Das obere Perzentil P 95 schwankt bei 10 jährigen Zeiträumen zwischen 687 (1981-1990) und 952 mm (1941-1950), was einer Bandbreite von 265 mm entspricht (Abbildung 2-19). P95 wird bei 20 bis 40jährigen Zeiträumen zwar naturgemäß ausgeglichener, dennoch sind aber auch Perzentile über 50jährige Zeitschritte noch nicht stabil. Gegenüber P95 über den Gesamtzeitraum von 831 mm, beträgt das P95 im Zeitraum 1851-1900 777 mm, 1901-1950 889 mm und im Zeitraum 1951-2000 779 mm, was einer Bandbreite von noch immerhin 112 mm entspricht. P95 über den 100jährigen Zeitraum 1901-2000, über den 125jährigen Zeitraum 1876-2000 und über den 150 jährigen Zeitraum zeigen noch Abweichungen von +37, + 32 bzw. + 11 mm.

Das untere Perzentil P5 schwankt bei den 10jährigen Zeiträumen zwischen 443 (1851-1860) und 587 (1911-1920) mm, weist also eine Bandbreite von 144 mm auf. Die Bandbreite von P5 über die 50 jährigen Zeitabschnitte beträgt hingegen nur noch 29 mm. Gegenüber P5 des Gesamtzeitraumes unterscheidet sich die letzte 50jährige Periode 1951-2000 nur um 2 mm, in den anderen Perioden treten größere Abweichungen auf.

Dieselben Perzentilberechnungen wurden auch für die einzelnen Monate sowie für alle Monatssummen gemeinsam durchgeführt. Aus Platzgründen wird hier nur die Darstellung über alle Monate für P95 und P5 gezeigt.

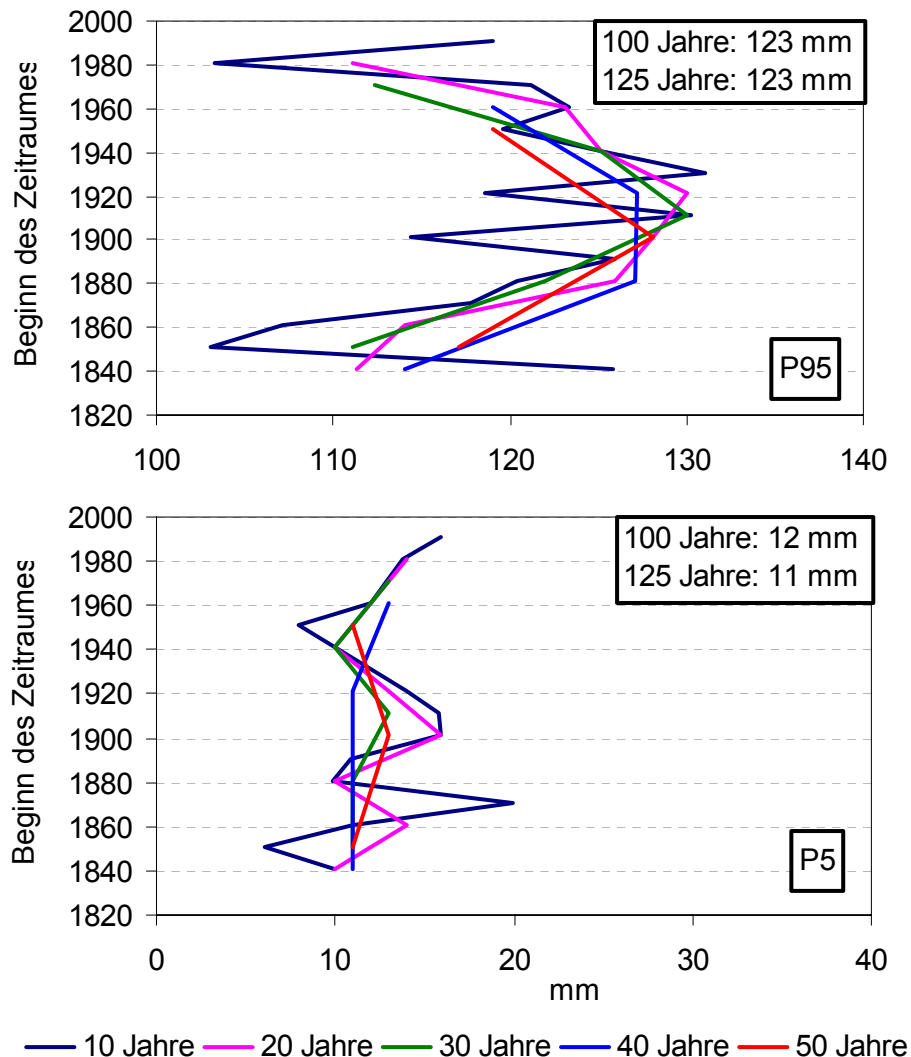


Abb. 2-20: Änderung von P95 und P5 der Monatssummen des Niederschlages in Wien Hohe Warte bei Fenstergrößen von 10, 20, 30, 40, 50, 100 und 125 Jahren

Als Ergebnis ist folgendes festzuhalten: Zur Erfassung der Niederschlagsvariabilität mit einer zeitlichen Auflösung von einem Monat sind möglichst lange Reihen notwendig. Die Zeitreihe der letzten 50 Jahre ist nicht geeignet um mittlere Monatssummen von P95 und absolute Extremwerte der 160jährigen Gesamtreihe darzustellen.

2-2.8 Extreme Tagesniederschlagssumme (Größte Niederschlagssumme innerhalb von 24 Stunden, Messzeitraum 7-7 Uhr)

Bezogen auf die gesamte Zeitspanne 1853 bis 2000 lässt die Größe extreme Tagesniederschlagssumme abgesehen von mehreren extrem hohen Werten um 1885 keine eindeutige Zu- oder Abnahme erkennen, die 30jährig gefilterte Kurve bewegt sich in einer Schwankungsweite um 10 mm. Die Kurzzeitvariabilität übertrifft jeden langfristigen Trend bei weiten, wie Abbildung 2-21 belegt.

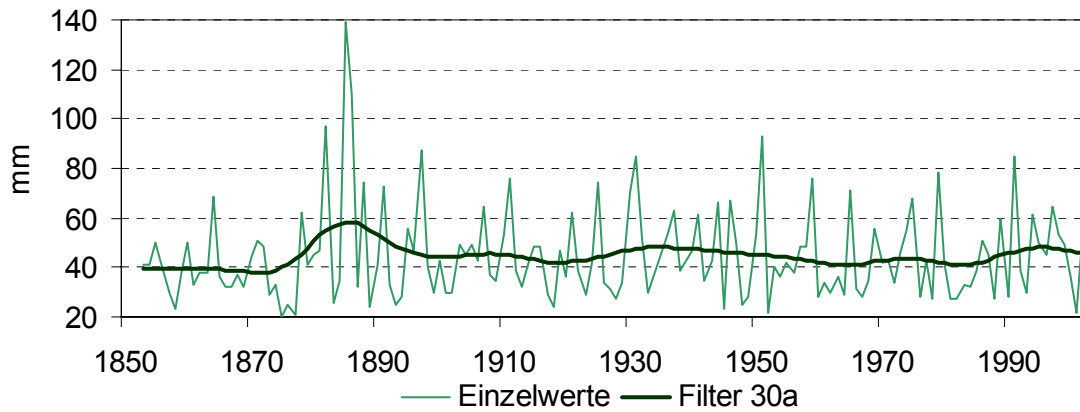


Abb. 2-21: Zeitreihe des Jahresmaximums der täglichen Niederschlagssumme 1853-2002 für Wien-Hohe Warte

Zur Analyse der Änderungen extremer Niederschlagssummen innerhalb von 24 Stunden wurden P10, P25, P50, P75 und P90 über alle Monatswerte für den gesamten Zeitraum sowie für die letzten fünfzig Jahre berechnet und miteinander verglichen. Für die gleichen Zeitintervalle wurden Perzentile der einzelnen Jahreszeiten sowie des Sommer- und Winterhalbjahres und des gesamten Jahres ermittelt. Um Unterschiede kürzerer Perioden sichtbar zu machen, wurden auch Berechnungen über 10, 20, 25, 30 und 40 Jahre durchgeführt.

In die Auswertung der Niederschlagsreihen konnten 12 Messstationen einbezogen werden. Bezüglich der Station Wien-Hohe Warte erbrachte die Gegenüberstellung der Periode 1953 bis 2002 und der gesamten Reihe von 1853 bis 2002 folgende Ergebnisse: Im Gesamtzeitraum weisen 80% der größten 24-stündigen Niederschlagssummen Werte von 6 (P10) bis 32 mm (P90) auf. 50% aller Niederschlagssummen belaufen sich auf zumindest 14mm. In der kürzeren Periode liegt P50 ebenfalls bei 14 mm, P10 bei 6 und P90 bei 31 mm, die Hälfte aller Monatsextreme kommt mit einer Streuung von 13 mm zwischen 9 und 22 mm im zentralen Bereich der Verteilung zu liegen. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, sind die Unterschiede der Häufigkeiten zwischen den verschiedenen langen Reihen gering. Für P10, P25, P50 und P75 zeigen die letzten fünfzig Jahre keinerlei Veränderung gegenüber dem 150-jährigen Vergleichszeitraum. Lediglich im Bereich der größten Niederschlagsmaxima (P90) ist eine geringfügige Abnahme von 0.9 mm zu verzeichnen.

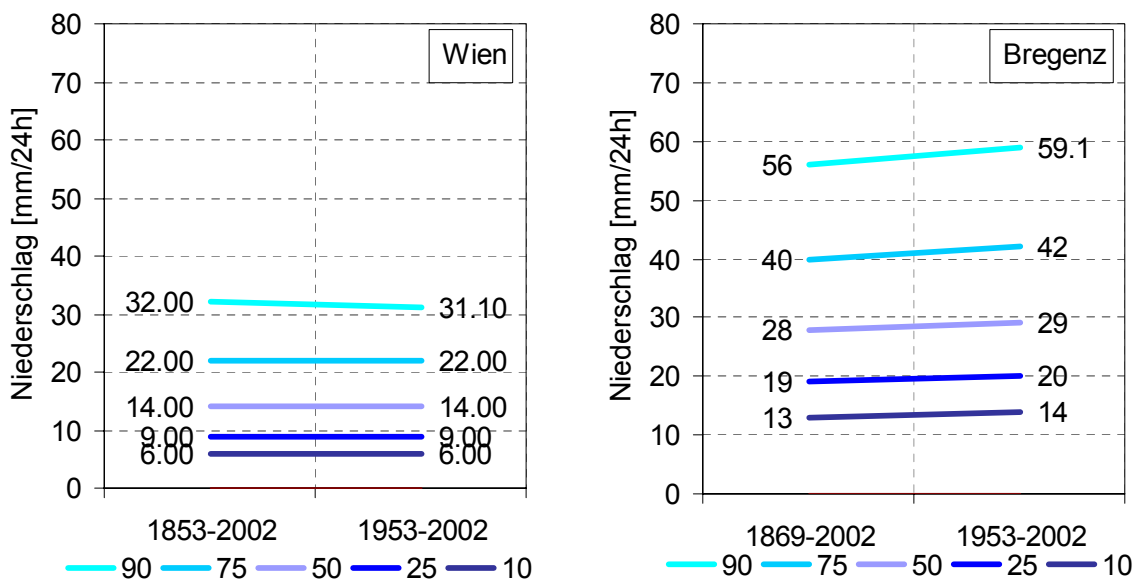


Abb. 2-22: Extreme Tagesniederschläge in Perzentilen für Wien und Bregenz

Im Gegensatz zu diesen über alle Monate gerechneten Ergebnissen erbringt eine jahreszeitliche Analyse deutliche Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen. Der Abbildung 2-23 sind die Änderungen der Perzentile für alle Jahreszeiten sowie für das Sommer- und Winterhalbjahr und das gesamte Jahr an den Stationen Wien-Hohe Warte und Bregenz zu entnehmen. Bezugnehmend auf Wien fallen die Verschiebungen in allen Jahreszeiten sehr unterschiedlich aus, wobei die größten Abnahmen der oberen 10% im Frühjahr (-7.6 mm) und im Herbst (-4.8 mm) auftreten. Der größte Anstieg entfällt mit 5.25 mm für p10 auf den Sommer. Auffällig bei Betrachtung beider Messstationen sind die z.T. gegensätzlichen Ergebnisse: Während in Wien ein Rückgang extremer Niederschlagssummen im Frühjahr in jüngerer Zeit zu verzeichnen ist, sind an der Station Bregenz in den letzten fünfzig Jahren höhere Niederschlagsextreme aufgetreten als im Gesamtzeitraum, um nur ein Beispiel zu nennen. Wie in Auer et al (2003) gezeigt wurde treten aber auch bezüglich der monatlichen und jährlichen Niederschlagssummen entgegengesetzte Trends auf.

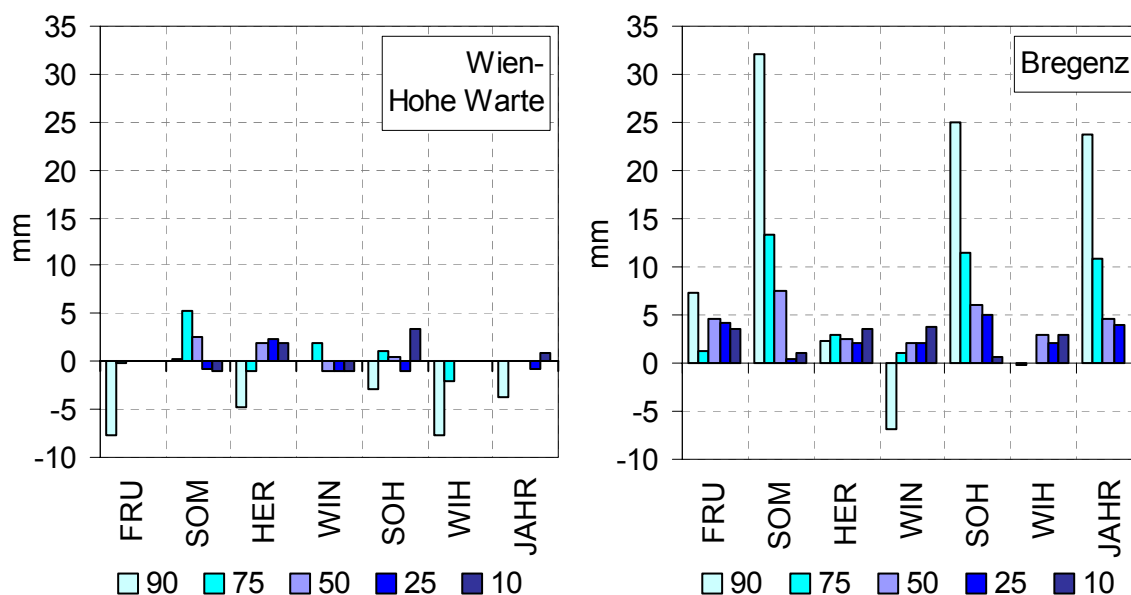


Abb. 2-23: Differenzen der Perzentile extremer Tagesniederschläge der Perioden 1953–2002 und 1853–2002 (Wien), bzw. 1869–2002 (Bregenz)

Die Berechnung der Perzentile für unterschiedliche Zeitintervalle und deren direkter Vergleich untereinander zeigt folgende Resultate: Wird ein 10-jähriges Intervall gewählt, entfällt der höchste Wert für p90 mit 37.2 mm auf die Dekade 1933-1942, bei Verdoppelung des Zeitfensters liegt der höchste Wert von p90 mit 34.1 mm im Zeitraum 1903-1922. Im Vergleich 30-jähriger Standardperioden liegt das Maximum von p90 mit 34 mm in der Reihe 1913-1942, für fünfzig Jahresintervalle ebenso mit 34 mm in der ersten Hälfte des 20. Jh..

Um die Mindestlänge des Zeitintervalls festzustellen, welcher die Variabilität des jährlichen Niederschlagsmaximums mit ausreichender Genauigkeit wiedergibt, wurde wie im vorangegangenen Kapitel verfahren. Für die Gesamtreihe Wien (1853-2002) ergab das Mittel aller Jahresmaxima 44.6 mm und eine dementsprechende absolute Abweichung von 4.46 mm für 10% Ungenauigkeit. Diese Abweichung wurde für alle Perzentile bereits bei einer Reihenlänge von fünfzig Jahren unterschritten.

Tab. 2-9: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1853-2002 für Wien-Hohe Warte

	P10			P90			P50		
50 Jahre	-2.0	bis	0.9	-3.8	bis	4.0	-3.0	bis	2.0
100 Jahre			0.9			-2.0			1.0

Für die Hochgebirgsstation Sonnblick wurden keine Auswertungen der größten 24-stündigen Niederschlagssummen vorgenommen. Der Schneeanteil am Gesamtniederschlag ist auf dem Sonnblick mit einer Höhe der Messstation von 3105m naturgemäß besonders hoch. Fester Niederschlag ist gegenüber flüssigem Niederschlag sehr viel schwieriger zu messen, da Störfaktoren wie z.B. Wind bei Schneefällen sehr viel stärker zum Tragen kommen und so die Menge an Schnee beeinflussen, die letztendlich im Regenschirm aufgefangen wird: Umliegender Schnee kann sowohl in das Messgerät hineingeweht als auch hineingefallener Schnee herausgeweht werden. Dadurch sind die Messungen mit zu großen Unsicherheiten behaftet.

2-2.9 Zahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm

Abgesehen von mehreren extrem hohen Werten vor 1880 zeigt die Zeitreihe (siehe Abbildung 2-24) nur wenig Änderung.

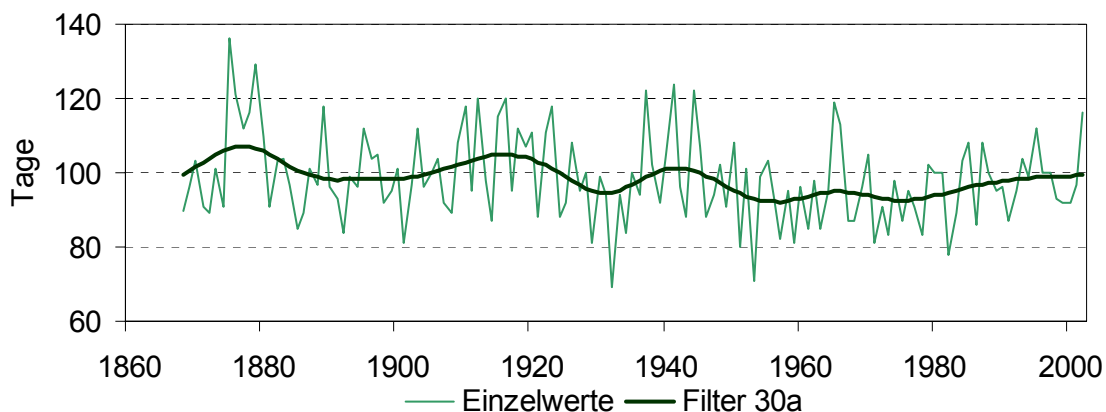


Abb. 2-24: Zeitreihe der jährlichen Zahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm für Wien-Hohe Warte 1868-2002

Aus dem gefilterten Verlauf lässt sich ein Minimum vor 1960 und danach ein leichter Anstieg auf etwa 100 Niederschlagstage pro Jahr ablesen. Auch hier übertrifft die Kurzzeitvariabilität jeden langfristigen Trend bei weitem.

Die Auswertung der Veränderung der Häufigkeiten von Tagen mit mindestens 1mm Niederschlag an 13 Stationen wurde wie im vorangegangenen Kapitel erläutert durchgeführt.

Die Berechnung der Perzentile über sämtliche Monatswerte für das Beispiel Wien ergibt bezüglich der Gesamtreihe von 1868 bis 2002 für 80% der Daten zwischen 4 (P10) und 13 (P13) Niederschlagstage pro Monat. Die Hälfte der Verteilung weist zumindest 8 Tage im Monat mit mindestens 1 mm Niederschlag auf. Für die fünfzig-jährige Subperiode gelten mit Ausnahme von P90 die gleichen Werte. In der Gegenüberstellung wird deutlich, dass nur für P90 eine Veränderung in den letzten 50 Jahren zu verzeichnen ist, welche sich in der Abnahme um einen Niederschlagstag ausdrückt. Wie der folgenden Abbildung ebenfalls entnommen werden kann, ist auch bei der Station Bregenz (Reihe 1888 bis 2002) eine nur geringfügige Änderung gegeben: hier ist im jüngeren Teilintervall lediglich für P10 eine Zunahme um einen Tag von 6 auf 7 Niederschlagstage feststellbar.

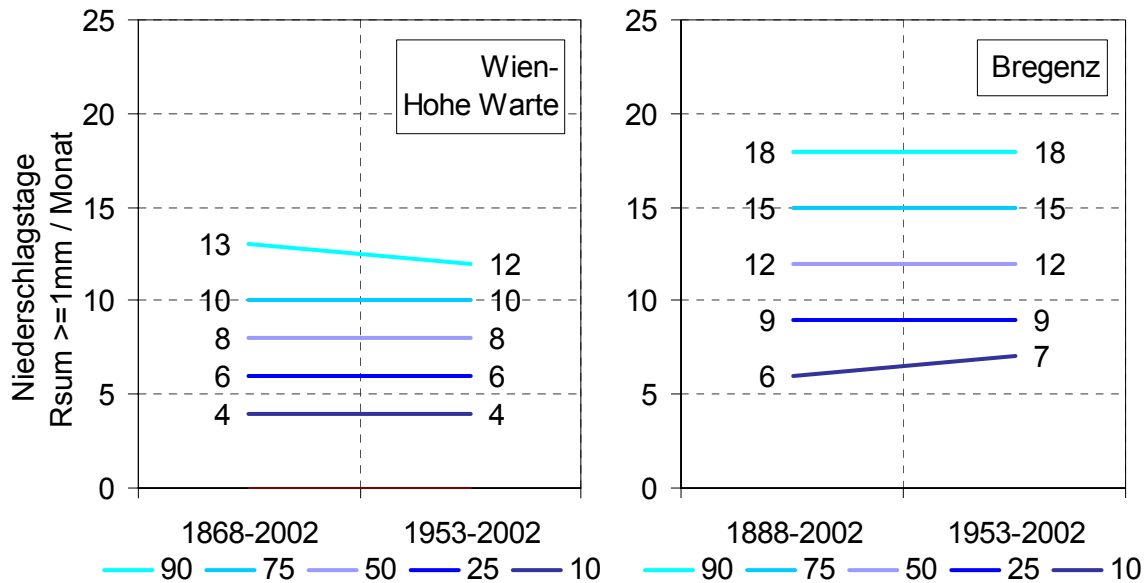


Abb. 2-25: Monatliche Anzahl an Niederschlagstagen [Rsum>=1mm] in Perzentilen für Wien und Bregenz

Deutlicher zum Ausdruck kommen die Veränderungen in den letzten fünfzig Jahren durch eine saisonale Differenzierung. In Abbildung 2-26 sind die jahreszeitlichen, halbjährlichen und jährlichen Verschiebungen mittels Differenzen der Periode 1953 bis 2002 zur Gesamtreihenlänge dargestellt. Am Beispiel Wien-Hohe Warte ist erkennbar, dass in der 2. Hälfte des 20. Jh. die Anzahl an Niederschlagstagen im Jahr rückläufig war. P 90 verzeichnet mit 7.6 Tagen die stärkste Abnahme von 115.6 auf 108 Tage, was im gesamten Jahr einem relativen Anteil von 2.08% entspricht. Hinsichtlich der einzelnen Jahreszeiten ist ebenfalls ein Rückgang bei P90 auszumachen, der in den Sommermonaten mit 2.9 Tagen und dem gemäß mit einem relativen Anteil von 3.15% (bezogen auf die Zahl von Tagen im Sommer) am größten ausfällt. Im Frühjahr des Zeitraums 1953 bis 2002 sind alle Perzentile niedriger als in der langen Reihe, wohingegen in den Herbst- und v.a. in den Wintermonaten ein Anstieg von P10 zu beobachten ist. Letztere betreffend, lag P10 in der jüngeren Periode um 1.4 Tage höher als im gesamten Zeitraum von 1868 bis 2002, was im Winter eine relative Steigerung von 1.55% ausmacht.

Bezogen auf die Messstation Bregenz treten z.T. gegenteilige Ergebnisse auf. Betreffs der Änderung an Niederschlagstagen im gesamten Jahr steigt P10 um 4.8 Tage im Subintervall gegenüber der gesamten Zeitspanne von 1888 bis 2002 an, was vereinfacht ausgedrückt einer Zunahme v.a. an Jahren mit geringer Anzahl an Niederschlagstagen entspricht. Hinsichtlich jahreszeitlicher Variationen betrifft der größte Rückgang an Niederschlagstagen in der jüngeren Periode die Frühjahrsmonate, in welchen P90 von 47 auf 44.1 Tage sinkt. In den Wintermonaten hingegen sind bei allen Perzentilen höhere Werte als im gesamten Zeitraum zu beobachten, mit der größten Steigerungsrate für P25. Demgegenüber steht der Herbst mit im Vergleich zum Gesamtzeitraum durchweg niedrigeren Ergebnissen.

Es sei an dieser Stelle auf Kap. 2-4.3 verwiesen, in welchem die Problematik des Zusammenhangs zwischen der Qualität von Niederschlagsbeobachtungen und der Anzahl niederschlagsfreier Tage in verschiedenen Perioden erläutert wird.

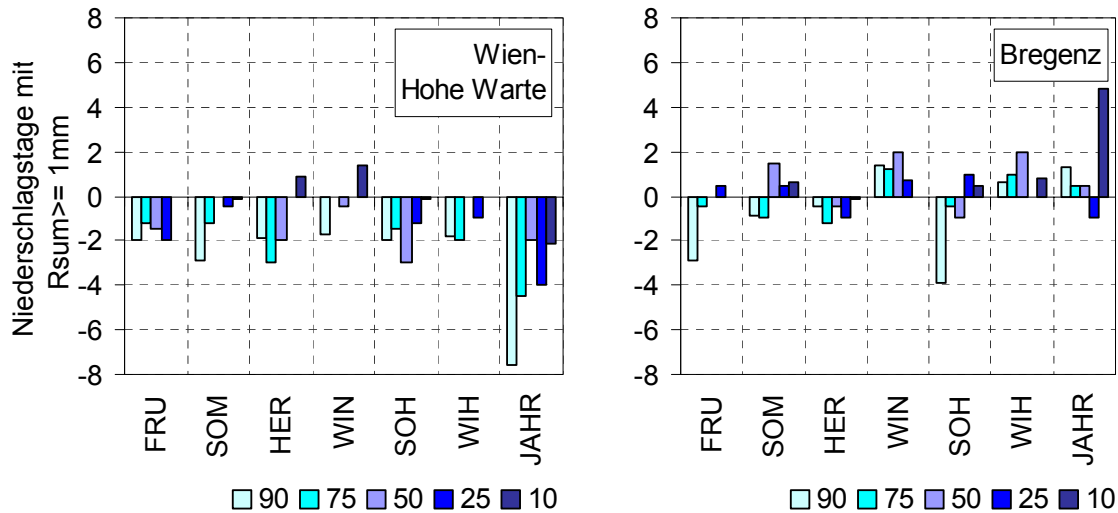


Abb. 2-26: Differenzen der Perzentile von Niederschlagstagen mit $R_{sum} \geq 1\text{mm}$ der Perioden 1953 – 2002 und 1868 – 2002 (Wien), bzw. 1888 – 2002 (Bregenz)

Die Repräsentativitätsanalyse kürzerer Zeitspannen zur Beschreibung der Variabilität von Niederschlagstagen mit einer Niederschlagssumme von zumindest einem Liter pro Quadratmeter lieferte folgende Resultate: Bezogen auf die gesamte Reihe von 1868 bis 2002 beträgt die mittlere jährliche Anzahl an Niederschlagstagen 98.46, wodurch sich die Fehlergenauigkeit für 10% erlaubte Abweichung auf 9.85 Tage beläuft. Dementsprechend erwies sich das 50-Jahresintervall für P10, P50 und P90 als ausreichend, um die zeitliche Variabilität der Anzahl an Tagen mit zumindest einem Millimeter Niederschlag zu repräsentieren.

Tab. 2-10: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1868-2002 für Wien-Hohe Warte

	P10	bis		P90	bis		P50	bis	
50 Jahre	-2.1		2.9	-7.6		2.6	-2.0		2.5
100 Jahre			-1.1			-2.4			-1.0

2-3 Einfluss von Inhomogenitäten Datenreihen beginnend 1951

Um erste Hinweise auf Fehler zu erhalten, welche durch die Verwendung unhomogenisierter Reihen entstehen, werden aus dem Tagesdatensatz der ZAMG über den Zeitraum 1951-2000 Monatsdaten berechnet und mit den homogenisierten Monatsdaten verglichen.

Bezüglich des Elements Lufttemperatur konnte auf folgendes Datenmaterial zurückgegriffen werden: Homogenisierte Datensätze liegen aus dem Projekt ALOCLIM (Auer et. al. 2001) für die Elemente Temperaturmittel, mittleres tägliches Maximum der Lufttemperatur und mittleres tägliches Minimum vor. Der Datensatz des Temperaturmittels wurde im Rahmen des Projektes ALPCLIM überarbeitet und verlängert (Böhm et. al., 2001).

Die Vorgangsweise wird anhand der Station Klagenfurt über den Zeitraum 1951 bis 2002 demonstriert. Das Kriterium für die Auswahl war durch die alpine Beckenlage mit erhöhter Tagesschwankung gegeben. Effekte durch Inhomogenitäten sollen für die mittlere Lufttemperatur und die mittleren täglichen Extremwerte gefunden werden.

2-3.1 Monatsmittel der Lufttemperatur:

Bezüglich des Monatsmittels der Lufttemperatur sind folgende Überlegungen in die Betrachtung einzubeziehen:

Fragestellung 1: Bestehen Unterschiede im klimatologischen Mittelwert bei der Verwendung von homogenisierten und unhomogenisierten (qualitätsgeprüft aber nicht inhomogenitätsbereinigt) Daten? Bei Vergleich der beiden Mittelwerte über den Beobachtungszeitraum traten Differenzen bei den einzelnen Monatsmitteln bis zu 0.7 °C (Dezember) auf, Einzelmonate zeigten Unterschiede zwischen -0.4 und + 2.3°C.

Tab. 2-11: Differenzen (homogenisiert – original) der Monatsmittel der Lufttemperatur in Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
0.3	0.1	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.3	0.1	0.0	-0.1	0.4	0.7

Fragestellung 2: Kann es durch die Verwendung inhomogener Datenreihen zu einer Veränderung des Trends kommen. Dazu wurden für die einzelnen Monate lineare Trends über den Zeitraum 1951-2002 berechnet, die sich bei den homogenisierten Reihen in den einzelnen Monaten zwischen -0.75°C und +2.4°C, bei den nicht inhomogenitätsbereinigten zwischen -0.2 und +2.2°C bewegten. Auf Grund der großen Streuung waren die Trends in keinem Fall auf dem 95% Niveau signifikant. Dennoch sollen hier Beispiele (siehe Abbildung 2-27) für Trendveränderungen gezeigt werden.

Beispiel 1: Monatsmitteltemperatur in Klagenfurt: März

Der lineare Trend für die homogenisierte Reihe betrug für den Zeitraum 1951-2002 2.4°C, für die unhomogenisierte über den selben Zeitraum nur 1.9°C, was also einer Differenz von rund 0.5 Grad für einen rund 50jährigen Zeitraum entspricht.

Beispiel 2: Monatsmitteltemperatur in Klagenfurt: September

Der ursprüngliche Trendwert aus den unhomogenisierten belief sich auf -0.12°C, nach der Homogenisierung ergab sich ein Trendwert von +0.09°C, ein ursprünglich leicht negativer Trend wurde zu einem ganz schwach positiven.

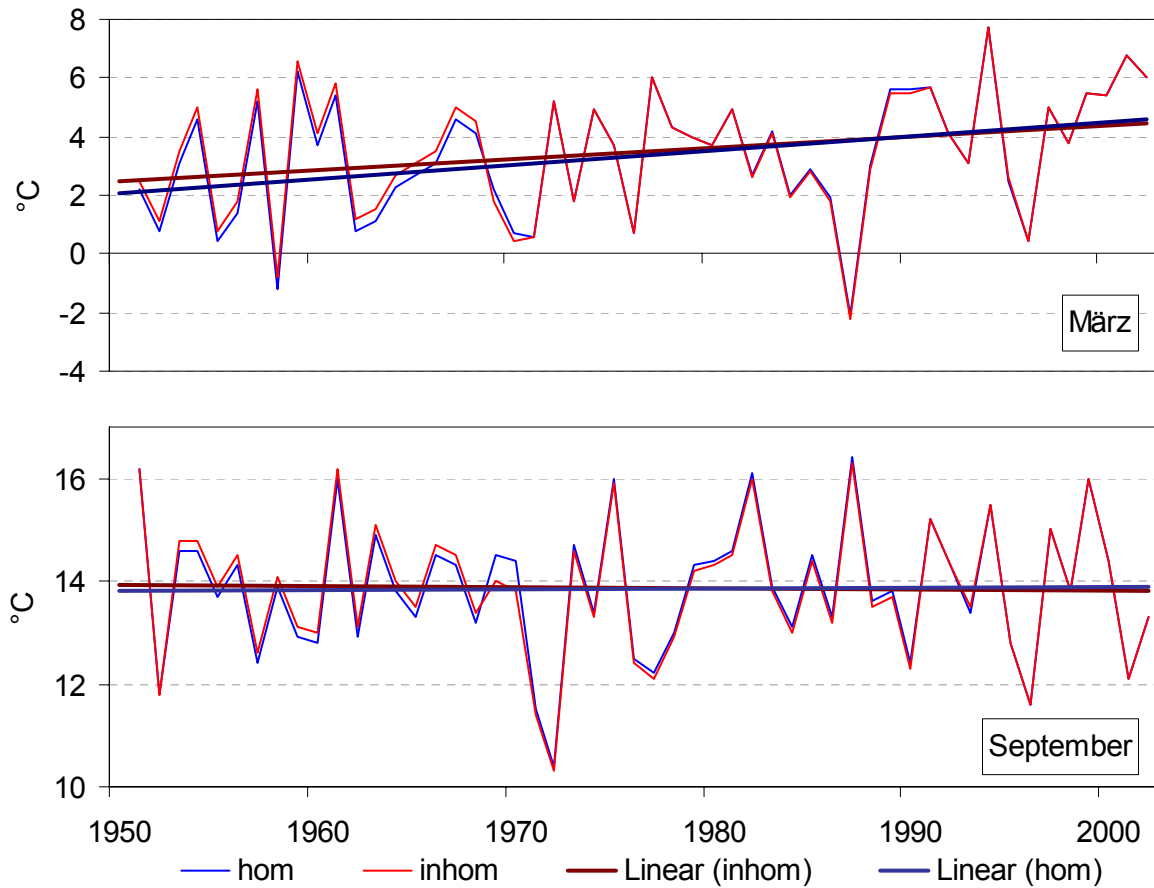


Abb. 2-27: Zeitreihen und Trends der Lufttemperaturmittel von März und September in Klagenfurt, 1951-2002.

Fragestellung 3: Wie ändern sich die Häufigkeitsverteilungen durch die Homogenisierung von Daten?

Wie die Abbildung 2-28 zeigt, kommt es durch die Homogenisierung zu einer leichten Umverteilung innerhalb der einzelnen Klassen, die Form der Verteilung hat sich aber nicht geändert.

Der nachfolgenden Tabelle sind die Änderungen bei den statistischen Parametern zu entnehmen, welche sich durch die Homogenisierung ergeben.

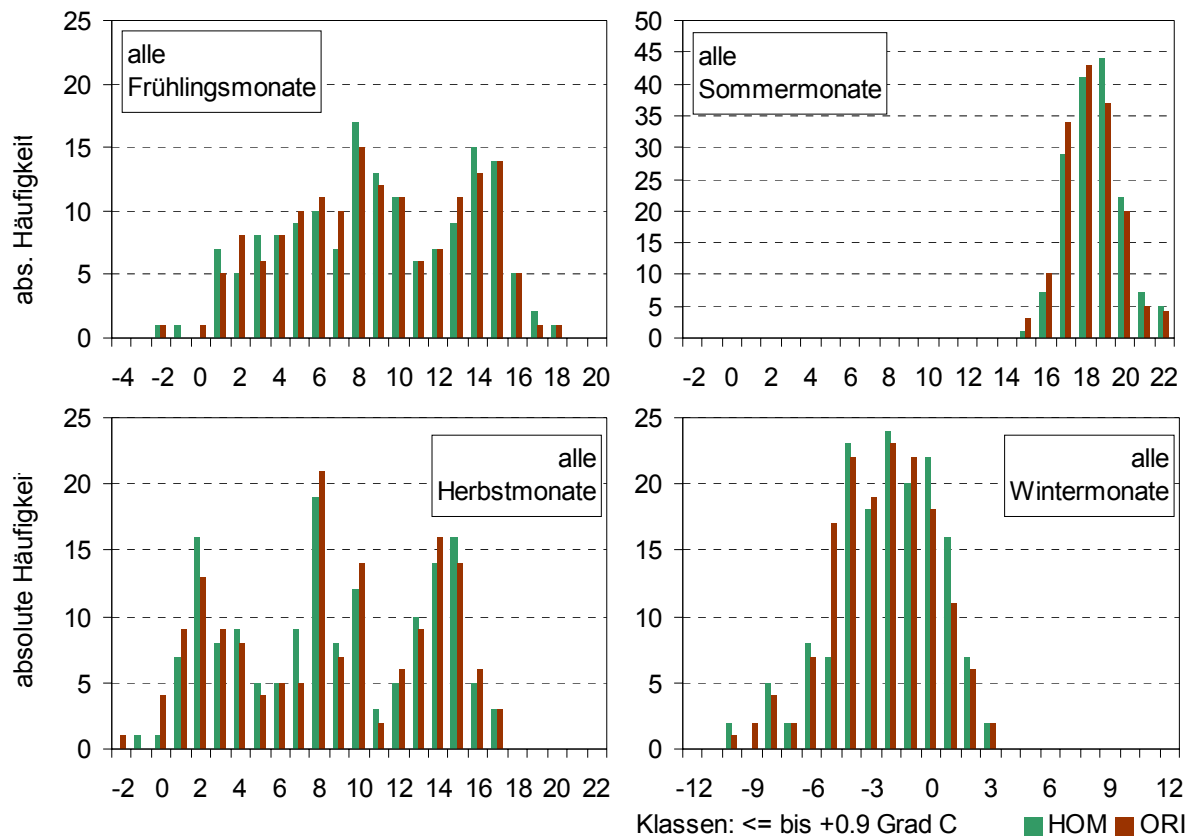


Abb. 2-28: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.

Tab. 2-12: Differenzen statistischer Parameter zwischen homogenisierten und unhomogenisierten Daten, Klagenfurt, 1951-2002

	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
MAX	-0.10	-0.10	0.10	0.20
MIN	0.10	0.20	0.90	0.10
MITTEL	0.03	0.24	0.09	0.37
STABW	0.09	-0.03	-0.16	0.00
VARIANZ	0.789	-0.091	-1.596	0.019
SCHIEFE	-0.007	0.042	0.065	-0.132
P25	0.00	0.20	0.30	0.30
P50	0.05	0.20	-0.10	0.45
P75	-0.03	0.17	-0.10	0.35

2-3.2 Mittleres tägliches Maximum der Lufttemperatur:

Fragestellung 1: Bestehen Unterschiede im klimatologischen Mittelwert bei der Verwendung von homogenisierten und unhomogenisierten (qualitätsgeprüft aber nicht inhomogenitätsbereinigt) Daten? Bei Vergleich der beiden Mittelwerte über den Beobachtungszeitraum traten Differenzen bei den einzelnen Monatsmitteln bis zu +0.7 °C (Juli und August) bzw. -0.5°C (Oktober) auf, für Einzelmonate lagen die Differenzen zwischen -0.8 und + 1°C.

Tab. 2-12: Tab. 2-13: Differenz (homogenisiert – original) der mittleren täglichen Maxima der Temperatur in Klagenfurt 1951-2002, Einheit Grad C

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
0.0	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.7	0.7	-0.1	-0.5	0.3	0.4

Fragestellung 2: Kann es durch die Verwendung inhomogener Datenreihen zu einer Veränderung des Trends kommen?

Hierzu wurden für die einzelnen Monate lineare Trends über den Zeitraum 1951 bis 2002 berechnet, die sich bei den homogenisierten Reihen in den einzelnen Monaten zwischen -0.11°C und $+2.97^{\circ}\text{C}$, bei den nicht inhomogenitätsbereinigten zwischen $+0.25$ und $+4.22^{\circ}\text{C}$ bewegten. Auf Grund der großen Streuung waren die Trends in keinem Fall auf dem 95% Niveau signifikant. Dennoch sollen hier Beispiele für Trendveränderungen (als Beispiel die Monate Februar und Oktober) gezeigt werden. Da der Jahresgang der Inhomogenitäten in den Zeitreihen nicht konstant ist, kann es für die einzelnen Monate zu Trenderhöhungen bzw. zu Trendreduktionen kommen. Im Februar kam es durch die Homogenisierung zu einer Erniedrigung des Trends von 4.22 auf 2.97°C , im Oktober zu einer Erhöhung von 1.18 auf 2.15°C .

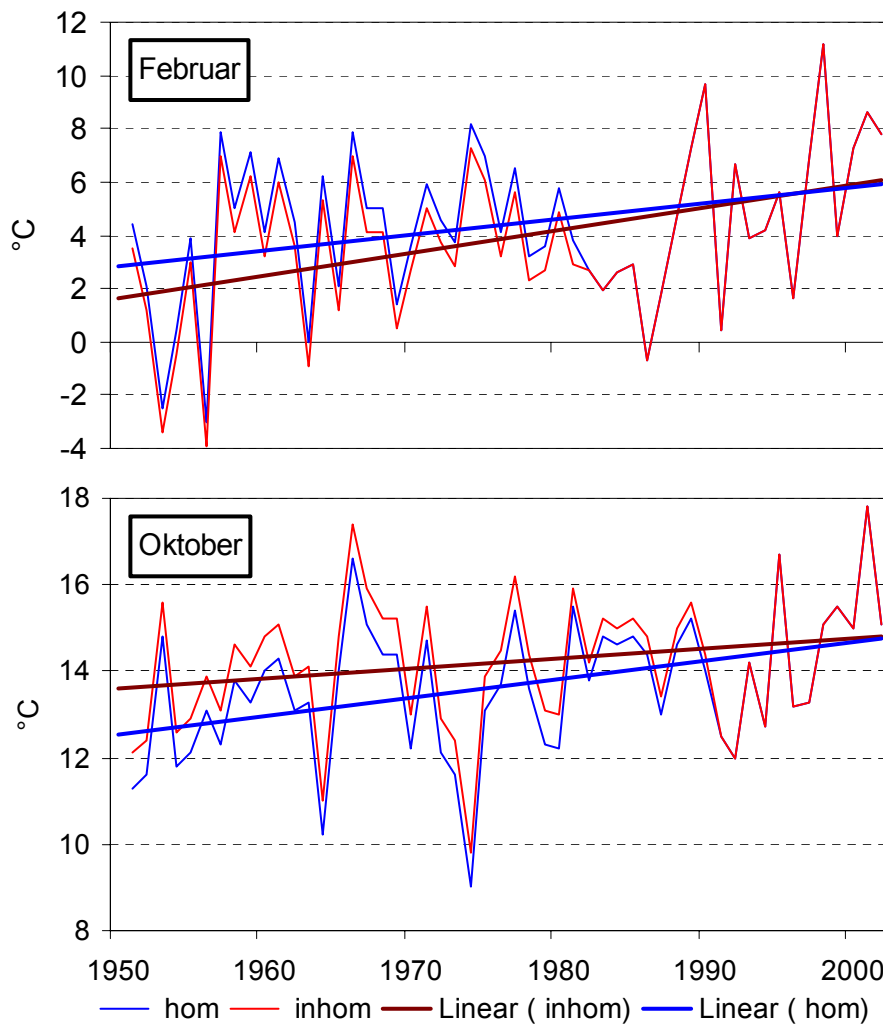


Abb. 2-29: Zeitreihen und Trends der mittleren täglichen Maxima der Lufttemperatur im Februar und im Oktober in Klagenfurt, 1951-2002.

Fragestellung 3: Wie ändern sich die Häufigkeitsverteilungen durch die Homogenisierung von Daten?

Es wurden hierfür die Häufigkeitsverteilungen von homogenisierten und unhomogenisierten Zeitreihen der mittleren täglichen Temperaturmaxima berechnet. So wie bei den Häufigkeitsverteilungen der Temperaturmittel kam es zu einer internen Verschiebung innerhalb der einzelnen Klassen, die Form der Häufigkeitsverteilungen blieb erhalten. Keine Veränderung zeigten die Häufigkeiten in den höchsten Klassen.

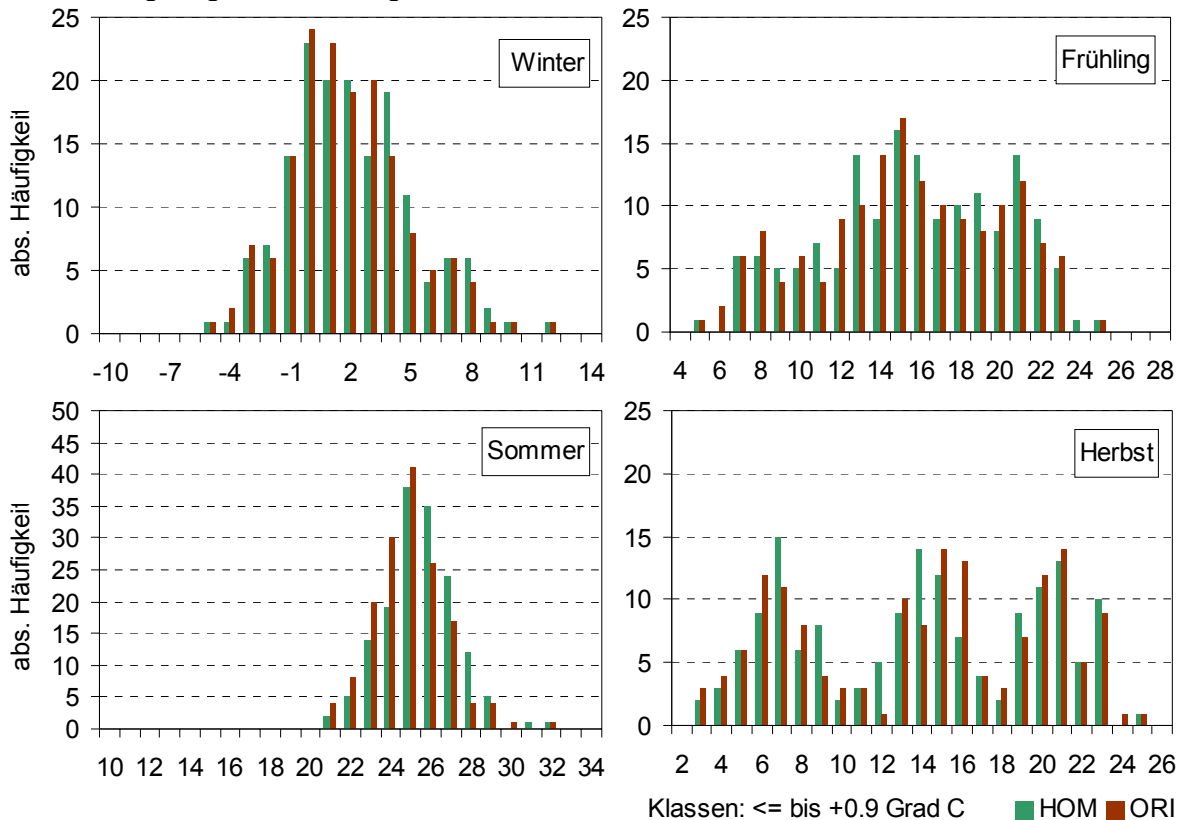


Abb. 2-30: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der täglichen Maxima der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.

Tab. 2-13: Differenzen statistischer Parameter zwischen homogenisierten und unhomogenisierten Daten Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C

	FR	SO	HE	WI
MAX	0.30	0.00	0.00	0.00
MIN	0.60	0.40	0.30	0.00
MITTEL	0.37	0.56	-0.11	0.31
STABW	-0.08	0.01	-0.17	0.09
VARIANZ	-0.745	0.019	-2.073	0.568
SCHIEFE	-0.026	-0.233	0.099	-0.057
P25	0.48	0.80	0.30	0.30
P50	0.45	0.75	-0.60	0.25
P75	0.37	0.78	-0.20	0.50

2-3.3 Mittleres tägliches Minimum der Lufttemperatur:

Fragestellung 1: Bestehen Unterschiede im klimatologischen Mittelwert bei der Verwendung von homogenisierten und unhomogenisierten (qualitätsgeprüft aber nicht inhomogenitätsbereinigt) Daten?

Gemittelt über den Gesamtzeitraum traten keine Differenzen im negativen Bereich auf, das bedeutet, dass das Minimum der unhomogenisierten Daten zu tief liegt. Die größte Differenz trat im Dezember mit 1.4 °C auf. In den verschiedenen Zeitabschnitten (kürzere Perioden als das Gesamtmittel) traten allerdings größere Differenzen zwischen -0.2 und + 2.4°C auf.

Tab. 2-14: Differenz (homogenisiert – original) der mittleren täglichen Minima der Lufttemperatur in Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
0.7	0.0	0.0	0.2	0.5	0.4	0.4	0.1	0.5	0.8	0.7	1.4

Fragestellung 2: Kann es durch die Verwendung inhomogener Datenreihen zu einer Veränderung des Trends kommen?

Dazu wurden für die einzelnen Monate lineare Trends über den Zeitraum 1951 bis 2002 berechnet, die sich bei den homogenisierten Reihen in den einzelnen Monaten zwischen - 1.3°C und +2.7°C, bei den nicht inhomogenitätsbereinigten zwischen +0.1 und +2.89°C bewegten. Auf Grund der großen Streuung waren die Trends in keinem Fall auf dem 95% Niveau signifikant. Dennoch soll hier ein Beispiel einer Trendveränderung von 1°C gezeigt werden. Durch Verwendung von unhomogenisierten Daten würde in dem nachfolgenden Beispiel ein Trend von 2.7°C vorgetäuscht werden, nach der Homogenisierung lag der Trend bei 1.7°C.

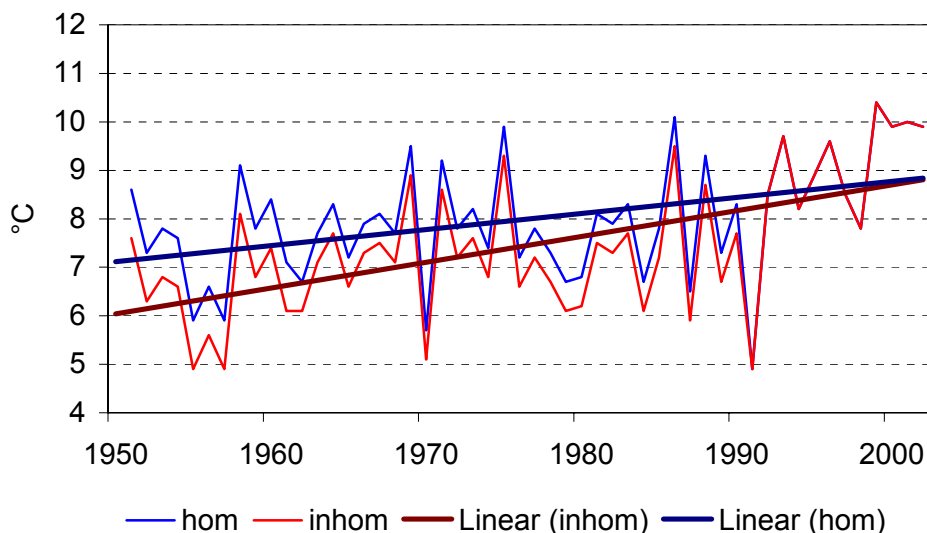


Abb. 2-31: Zeitreihen und Trends der mittleren täglichen Minima der Lufttemperatur im Mai in Klagenfurt, 1951-2002

Fragestellung 3: Wie ändern sich die Häufigkeitsverteilungen durch die Homogenisierung von Daten?

Es wurden hierzu die Häufigkeitsverteilungen von homogenisierten und umhomogenisierten Zeitreihen der mittleren täglichen Temperaturminima berechnet. So wie bei den Häufigkeitsverteilungen der Temperaturmittel kam es zu internen Verschiebungen meist in Richtung höhere Klassen. Durch die Homogenisierung ergaben sich leichte Veränderungen bei den höchsten und tiefsten Klassen, wie nachfolgender Abbildung 2-32 zu entnehmen ist.

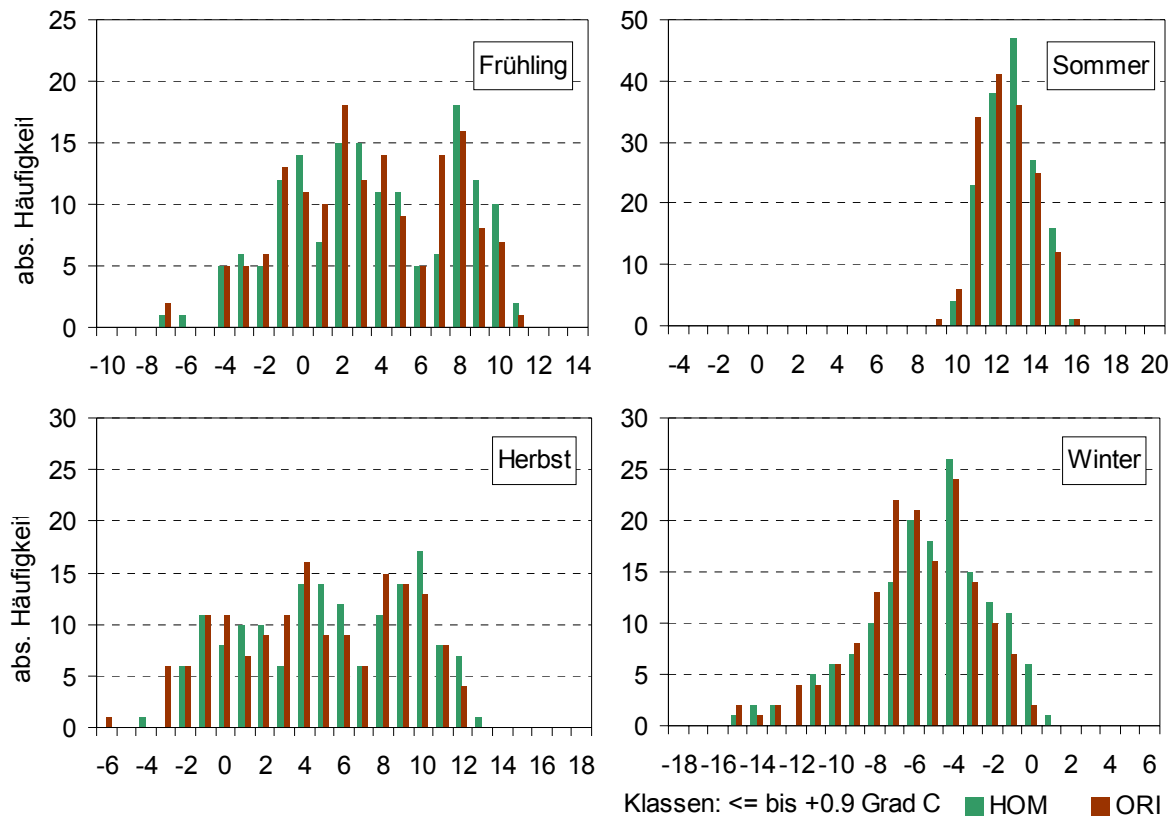


Abb. 2-32: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der täglichen Minima der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für alle Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.

Zusammenfassend können folgende Resultate festgehalten werden: Die Verwendung nicht inhomogenitätsbereinigter Zeitreihen der Lufttemperatur stellt eine Fehlerquelle für Analysen der Klimavariabilität dar, die nach Möglichkeit vermieden werden sollte. Die Auswirkungen auf Extreme konnte nur für den Fall der mittleren Extreme geprüft werden, da es für die Homogenisierung von Einzelwerten (Tagesdaten) noch keine ausreichend entwickelten Methoden gibt (Aguilar et al., 2003). Die Auswirkung von Inhomogenitäten auf mittlere Temperaturextreme kann jene der auf Temperaturmittel übersteigen. Es können Trendverfälschungen (Verstärkung oder Abminderung) bis hin zur Trendumkehr auftreten.

2-3.4 Niederschlag:

Homogenisierte Datensätze mit monatlicher Auflösung liegen aus dem Projekt ALOCLIM (Auer et al. 2001) Der Datensatz wurde im Rahmen des Projektes ALPCLIM überarbeitet und verlängert. (Auer et al., 2001)

Die Vorgangsweise wird anhand der Station Bregenz über den Zeitraum 1951 bis 2002 demonstriert. Das Kriterium für diese Auswahl war durch den hohen mittleren Niederschlagseintrag gegeben.

Fragestellung 1: Bestehen Unterschiede im klimatologischen Mittelwert bei der Verwendung von homogenisierten und unhomogenisierten (qualitätsgeprüft aber nicht inhomogenitätsbereinigt) Daten?

Bei Vergleich der beiden Mittelwerte über den Beobachtungszeitraum ergaben sich für alle Monate negative Abweichungen. Das heißt, dass das derzeit in Verwendung stehende Messgerät weniger Niederschlag empfängt als die früher in Verwendung stehenden. Die Unterschiede können aber auch durch den Aufstellungsplatz bedingt sein. Die mittleren monatlichen Differenzen bewegen sich zwischen -18 und -7 mm. Bezogen auf die mittlere Niederschlagssumme wurden Differenzen zwischen -6 und -13% gefunden. Einzelwerte zeigten Differenzen bis zu 100 mm.

Tab. 2-15: Differenzen und prozentuale Abweichungen (homogenisiert – original) der Monatssummen des Niederschlages in Bregenz 1951-2002

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
mm	-10	-10	-7	-8	-9	-15	-18	-16	-9	-7	-7	-7
%	-13	-12	-8	-7	-6	-9	-10	-9	-7	-7	-6	-8

Frage 2: Kann es durch die Verwendung inhomogener Datenreihen zu einer Veränderung des Trends kommen?

Dazu wurden für die einzelnen Monate lineare Trends über den Zeitraum 1951-2002 berechnet, die sich bei den homogenisierten Reihen in den einzelnen Monaten zwischen -44 und $+64$ mm, bei den nicht inhomogenitätsbereinigten zwischen -66 und $+49$ mm bewegten. Auf Grund der großen Streuung waren die Trends in keinem Fall auf dem 95% Niveau signifikant. Dennoch sollen hier zwei Beispiele für Trendveränderungen gezeigt werden.

Beispiel 1: Monatssumme des Niederschlages, Bregenz, August

Der lineare Trend für die homogenisierte Reihe beträgt für den Zeitraum 1951-2002 -5 mm, für die unhomogenisierte über den selben Zeitraum -36 mm, was einer Differenz von 31 mm für einen rund 50jährigen Zeitraum entspricht.

Beispiel 2: Monatssumme des Niederschlages, Bregenz, Dezember

Der ursprüngliche Trendwert aus den unhomogenisierten Daten belief sich auf -5 mm, nach der Homogenisierung ergab sich ein Trendwert von $+1.1$ mm, so dass ein ursprünglich leicht negativer Trend zu einem ganz schwach positiven wurde.

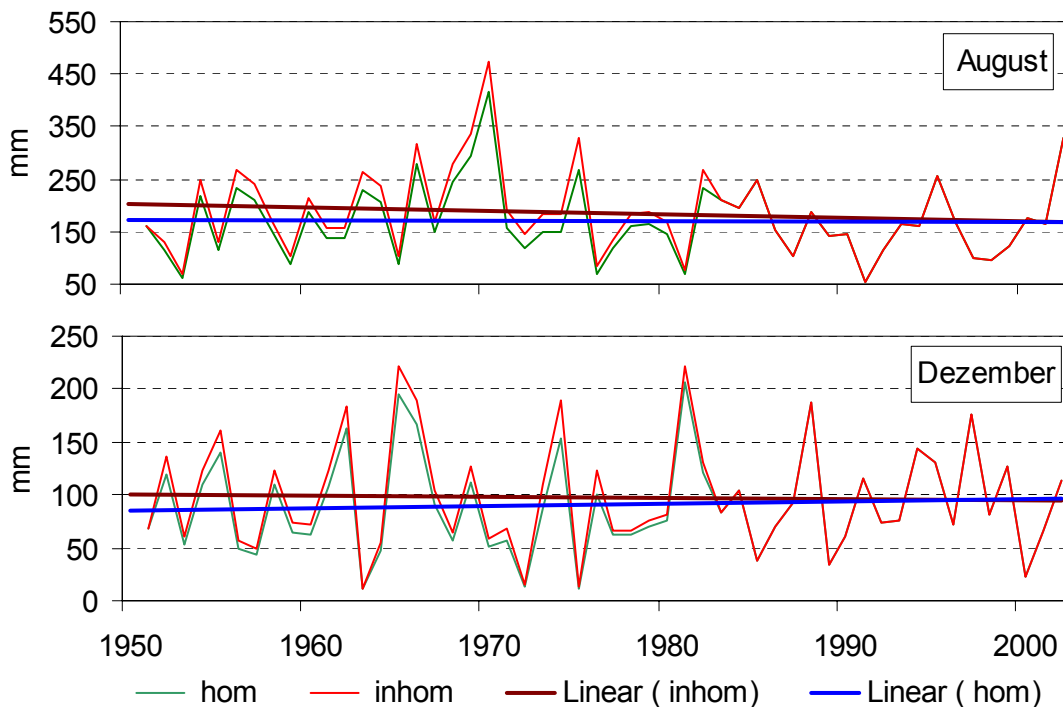


Abb. 2-33: Zeitreihen und Trends der Niederschlagssummen in August und Dezember in Bregenz, 1951-2002

Fragestellung 3: Wie ändern sich die Häufigkeitsverteilungen durch die Homogenisierung von Daten?

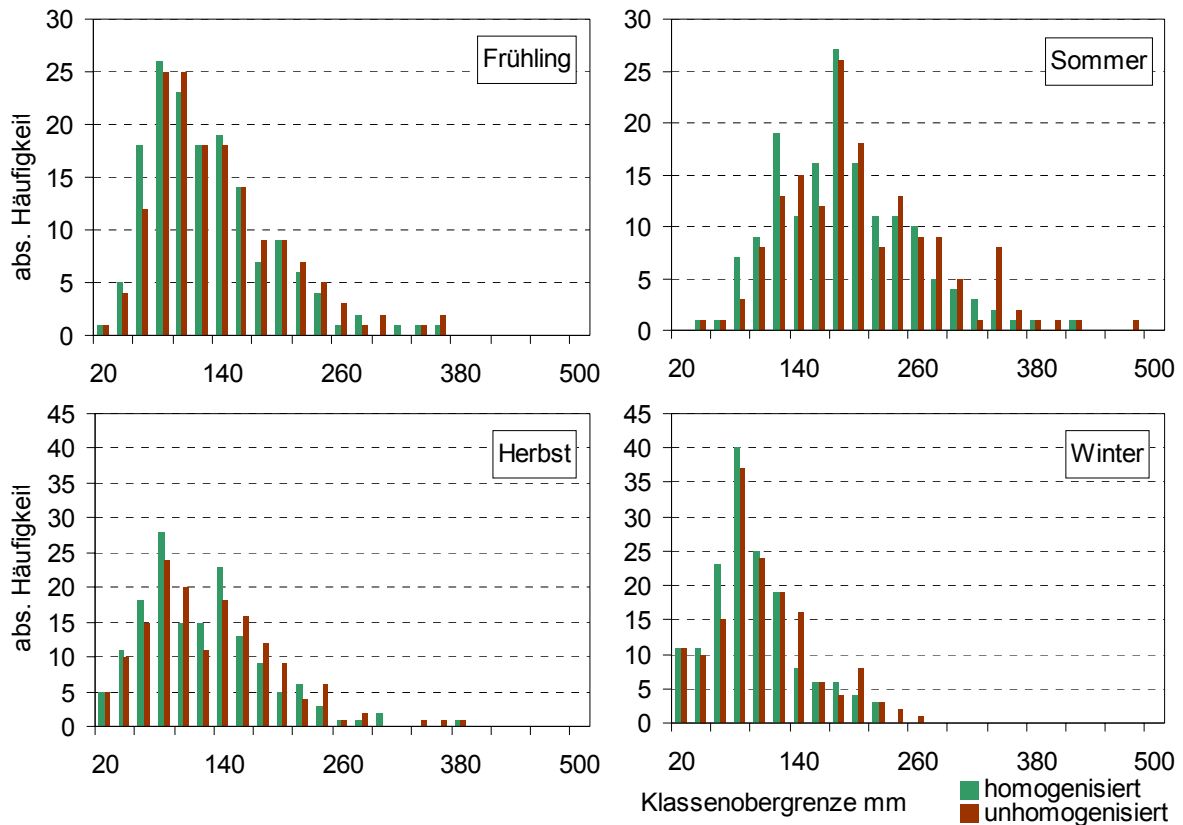


Abb. 2-34: Häufigkeitsverteilungen der Monatssummen des Niederschlages von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Bregenz, 1951-2002

Wie obige Abbildung zeigt, resultiert aus der Homogenisierung eine leichte Umverteilung innerhalb der einzelnen Klassen, auch die Form der Verteilung hat sich bei der Häufigkeit der niederschlagsreichen Monate geändert.

Tab. 2-16: Differenzen statistischer Parameter zwischen homogenisierten und unhomogenisierten Daten, Bregenz, 1951-2001

	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
MAX	-4.00	-58.00	0.00	-40.00
MIN	-2.00	0.00	-1.00	0.00
MITTEL	-8.04	-16.59	-7.38	-9.04
STABW	-3.12	-9.69	-4.12	-6.07
VARIANZ	-395.523	-1417.123	-530.566	-583.605
SCHIEFE	0.043	-0.122	0.012	-0.049
P25	-6.00	-7.50	-4.50	-5.75
P50	-9.00	-9.50	-5.50	-5.00
P75	-6.25	-21.75	-14.25	-12.25

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Verwendung von unhomogenisierten Niederschlagsdaten zu Fehlern in Bezug auf klimatologische Mittel als auch in Bezug auf Trendanalysen führen kann. Bezüglich der Häufigkeitsverteilungen kommt es zu einer Verschiebung innerhalb der Klassen, die Ränder der Verteilung (Häufigkeit extrem hoher oder tiefer Klassen) kann auch verändert werden, wie am Beispiel von Bregenz gezeigt wurde.

2-4 Berechnung und Vergleich relativer Häufigkeiten von Tagesdaten der Periode 1951-2000 und Vergleichsperioden für die meteorologischen Größen Temperaturmaximum, Temperaturminimum und Niederschlagssumme

Zumindest 100jährige Klimadatenätze mit täglicher Auflösung liegen derzeit nur von 6 österreichischen Stationen vor, 5 davon im besiedelten Raum sowie der weltweit beachtenswerte Datensatz der hochalpinen Station Sonnblick. Wie sich herausstellte, wies die Station Salzburg größere Datenlücken auf, sodass die Berechnungen auf die Stationen Wien Hohe Warte, Graz- Universität, Innsbruck-Universität, Kremsmünster und Sonnblick beschränkt blieben. Um die Fehler, die durch die Verwendung unhomogenisierter Daten entstehen können, möglichst gering zu halten, wird für die folgende Analyse die Station Wien Hohe Warte herangezogen.

2-4.1 Tägliches Maximum der Lufttemperatur

Jahresgang:

So wie der Jahresgang des Temperaturmittels zeigt auch der Jahresgang der täglichen Temperaturmaxima die Form einer einfachen Welle mit einem sommerlichen Maximum und einem winterlichen Minimum. Für Wien fällt das sommerliche Maximum auf den Juli, das Minimum ist im Jänner zu finden, wenn man die Gesamtreihe 1872-2000 als Bezug nimmt. Kürzere Reihen (etwa 10jährige) sind nicht immer in der Lage den Jahresgang in dieser Form wiederzugeben. So fiel im Dezennium 1921-1930 das Minimum in den Dezember, im Dezennium 1961-1970 war der November kälter als der Dezember und für die letzte vollständige 10-Jahresperiode trat das Maximum im August und das Minimum im Dezember auf. Auch bei 20jährigen Datensätzen kam es noch zu Abweichungen bezüglich der Eintrittszeiten von Maximum und Minimum. Erst Perioden von 30 Jahren konnten die Lage der Extremwerte wiedergegeben. Da aber die Zeitreihe der täglichen Maxima ebenso wie das Lufttemperaturmittel einen steigenden Trend aufweist, ist das Temperaturniveau nicht dasselbe. Auch bei 30jährigen Mitteln werden Abweichungen im Bereich von 1.5°C beobachtet.

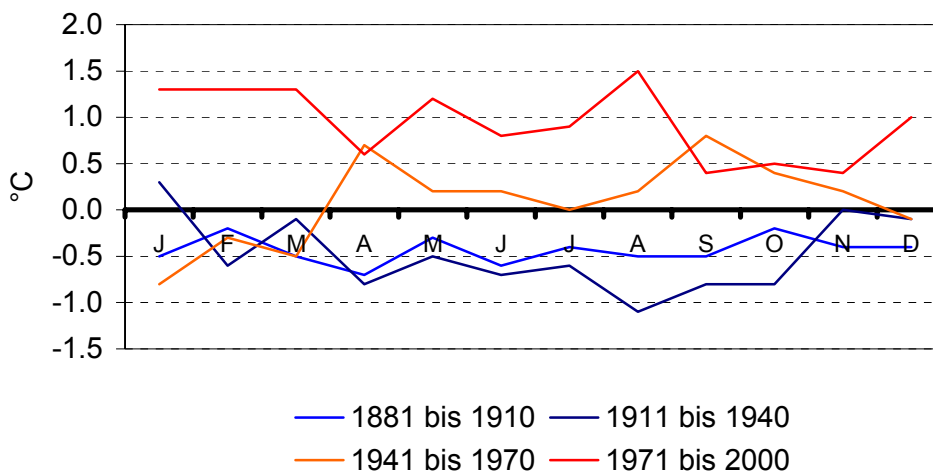


Abb. 2-35: Jahresgang der Abweichung des täglichen Temperaturmaximums für verschiedene 30jährige Perioden vom Jahresgang 1872-2000.

Häufigkeitsverteilungen und Perzentile:

Die gezeigten Häufigkeitsverteilungen in Abbildung 2-36 vergleichen die jeweils 50jährigen Zeitabschnitte 1951-2000 sowie 1901-1950 mit der Gesamtreihenlänge 1872-2000. Man

sieht, dass die bimodale Verteilungsform für die jährlichen Häufigkeiten bzw. die eingipfelige Verteilung im Sommer für alle drei Perioden gegeben ist. Dennoch zeigt sich auch der steigende Temperaturtrend in den Verteilungen über die entsprechenden Abschnitte. Temperaturmaxima über 24°C sind im Sommer in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts um 14 % häufiger aufgetreten als in der ersten, dementsprechend hat sich die Häufigkeit in den darunter liegenden Klassen verringert.

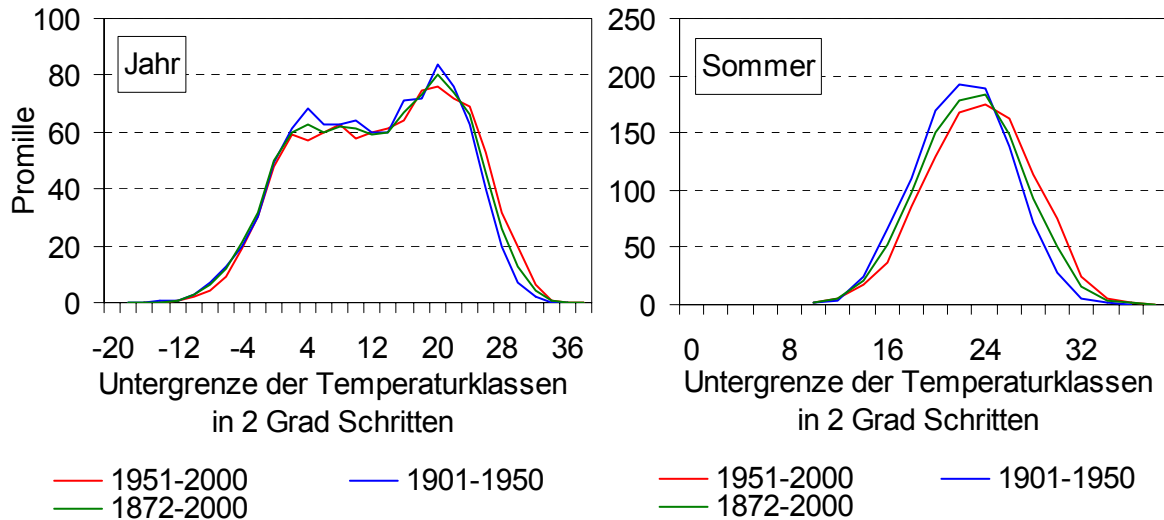


Abb. 2-36: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der täglichen Temperaturmaxima (°C) im Sommer und im Jahr für zwei 50jährige Perioden und der Gesamtreihenlänge 1872-2000, Wien Hohe Warte

Bei der Verwendung von Tageswerten (365 Tage pro Jahr) können die Perzentile P1 und P99 Verwendung finden, P50 teilt die Verteilung in zwei gleich große Hälften. Es wurden P1, P99 und P50 über verschieden lange Zeitspannen (10, 20, 30, 50 und 100 Jahre) berechnet und geprüft, ab welchem Zeitintervall die Abweichungen innerhalb von +/-1°C im Vergleich zur Gesamtreihe liegen. Bei P1 war das bei den 50jahresintervallen, bei P99 erst beim 100jährigen Intervall und bei P50 bereits bei den 30jährigen Intervallen der Fall.

Tab. 2-17: Schwankungsweite der Perzentile der täglichen Maximumtemperatur (°C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2000

	P1			P99			P50		
10 Jahre	-1.6	bis	2.1	-2.7	bis	2.1	-1.0	bis	1.3
20 Jahre	-0.9	bis	1.3	-2.1	bis	1.4	-1.0	bis	1.3
30 Jahre	-0.6	bis	1.6	-1.3	bis	0.9	-0.5	bis	0.9
50 Jahre	-0.6	bis	0.8	-1.1	bis	0.7	-0.4	bis	0.8
100 Jahre			0.1			0.0			0.1

2-4.2 Tägliches Minimum der Lufttemperatur:

Jahresgang:

So wie der Jahresgang des Temperaturmaximums zeigt auch der Jahresgang der täglichen Temperaturminima die Form einer einfachen Welle mit einem sommerlichen Maximum und einem winterlichen Minimum. Für Wien fällt das sommerliche Maximum auf den Juli, das Minimum ist im Jänner zu finden, wenn man die Gesamtreihe 1872-2000 als Bezug nimmt. Kürzere Reihen (etwa 10jährige) sind nicht immer in der Lage den Jahresgang in dieser Form wiederzugeben. So fiel in den Dezennien 1921-1930 und 1951-1960 das Minimum in den Februar, was allgemein als Charakteristikum hochalpiner Stationen gilt. Im Gegensatz

zum Temperaturmaximum waren bereits Perioden von 20 Jahren in der Lage die Eintrittszeiten von Maximum und Minimum in monatlicher Auflösung wiederzugeben. Da aber die Zeitreihe der täglichen Minima ebenso wie die des Lufttemperaturmaximums einen steigenden Trend aufweist, bewegen sich die mittleren monatlichen Abweichungen zwischen +/- 1.5 °C. Der aktuelle 20jährige Zeitabschnitt 1981-2000 zeigte für alle Monate positive Abweichungen.

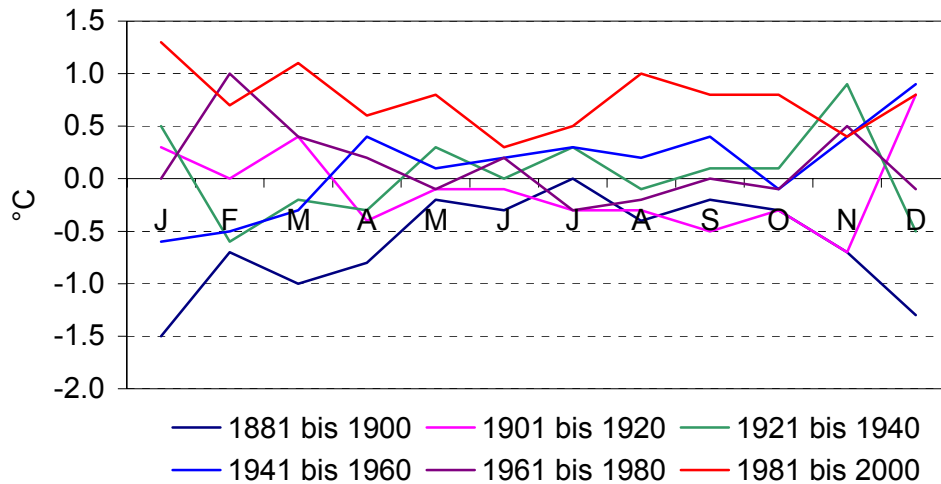


Abb. 2-37: Jahresgang der Abweichung des täglichen Temperaturminimums für verschiedene 20jährige Perioden vom Jahresgang 1872-2000.

Häufigkeitsverteilungen und Perzentile:

Die gezeigten Häufigkeitsverteilungen vergleichen die jeweils 50jährigen Zeitabschnitte 1951-2000 sowie 1901-1950 mit der Gesamtreihenlänge 1872-2000. Man sieht, dass die bimodale Verteilungsform für die jährlichen Häufigkeiten bzw. die eingipfelige Verteilung im Winter für alle drei Perioden gegeben ist. Dennoch zeigt sich auch der steigende Temperaturtrend in den Verteilungen über die entsprechenden Abschnitte. Temperaturminima unter 0°C sind im Winter in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts um 3 % weniger häufig aufgetreten als in der ersten, dementsprechend hat sich die Häufigkeit in den darüber liegenden Klassen vergrößert.

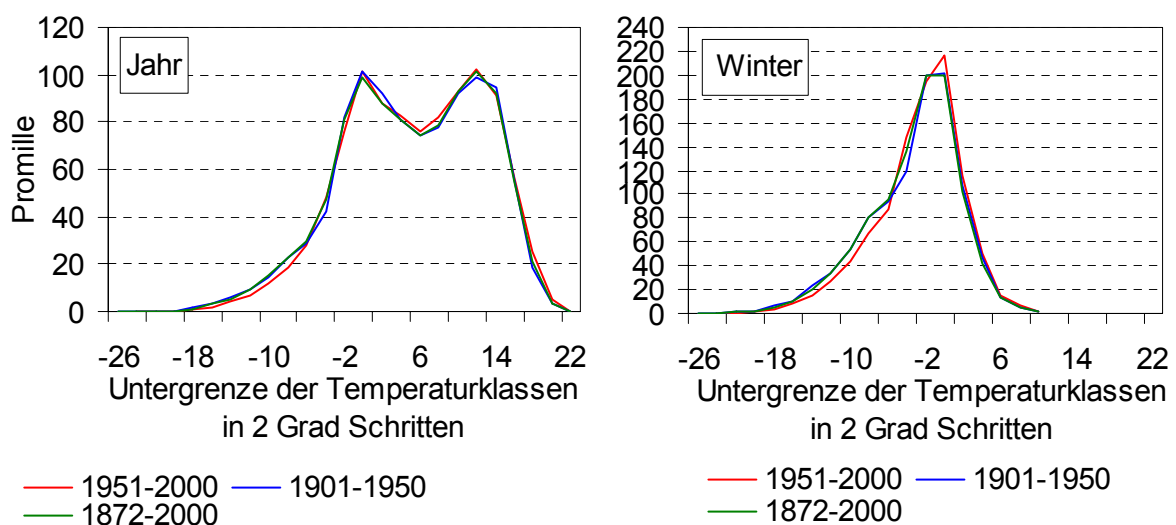


Abb. 2-38: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der täglichen Temperaturminima im Winter und im Jahr für zwei 50jährige Perioden und der Gesamtreihenlänge 1872-2000, Wien-Hohe Warte.

Für die Repräsentativitätsanalyse verschieden langer Reihen wurde das gleiche Verfahren, wie bei den absoluten Maxima angewandt. Im Vergleich mit den Tagesmaxima stellt sich die Situation täglicher Minima gegenläufig dar: P99 und P 50 können schon bei 20jährigen Subintervallen mit einer Genauigkeit von 1°C erreicht werden, für P1 bedarf es hingegen zumindest 50jähriger Subintervalle.

Tab. 2-18: Schwankungsweite der Perzentile der täglichen Minimumtemperatur (°C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2000

	P1			P99			P50		
10 Jahre	-1.2	bis	2.7	-1.0	bis	1.1	-0.8	bis	1.2
20 Jahre	-1.0	bis	1.6	-0.5	bis	0.9	-0.5	bis	1.0
30 Jahre	-0.9	bis	1.8	-0.2	bis	0.7	-0.4	bis	0.7
50 Jahre	-0.3	bis	1.0	-0.1	bis	0.3	0.0	bis	0.4
100 Jahre			0.3			0.0			0.2

2-4.3 Tägliche Niederschlagssummen

Jahresgang:

Der durch die Gesamtreihe 1872 – 2000 gegebene Jahresgang in monatlicher Auflösung war durch keine der gewählten kürzeren Zeitspannen (10 bis 50 Jahre) reproduzierbar. Man erkennt sehr deutlich die Verschiebung des Jahresganges der letzten 50 Jahresperiode zum Junimaximum und das Auftreten eines sekundären Minimums im Oktober.

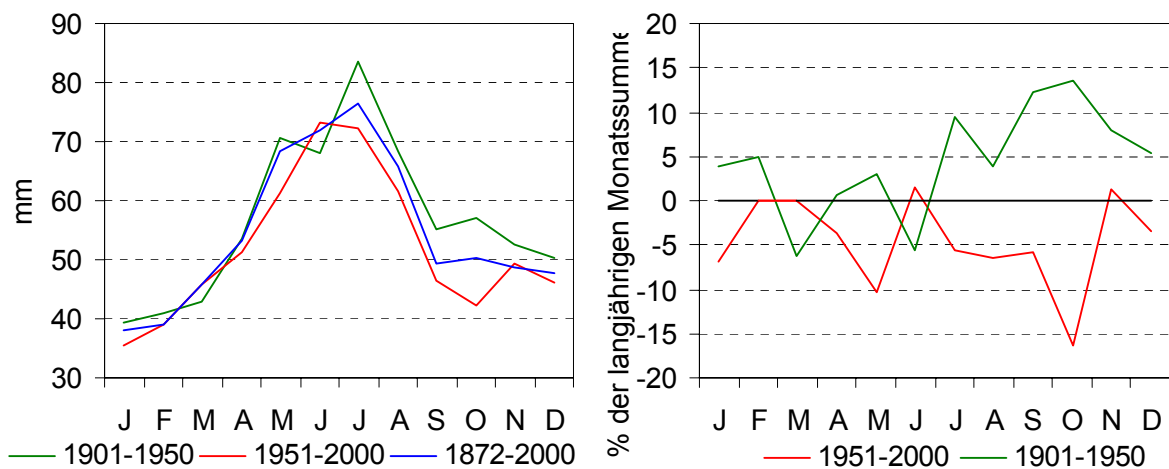


Abb. 2-39: Jahresgang des Niederschlages für drei verschiedene Zeitspannen sowie prozentuelle Abweichung 50jähriger Mittel vom Mittel der Gesamtreihe 1872-2000, Wien Hohe Warte

Häufigkeitsverteilungen und Perzentile:

Die erste Problematik ergibt sich beim Vergleich der Klassen der niederschlagsfreien Tage und der Tage mit Niederschlägen unter der Messgenauigkeit (<0.05 mm). Die heute eindeutig geregelte Zuordenbarkeit zu den beiden Klassen ist in den Daten der älteren Perioden nicht zu finden. Dies spielt bei Monatssummen keine Rolle, wohl aber wenn wann Häufigkeiten über die Zahl der niederschlagsfreien Tage oder auch Trockenperioden berechnet. Aus diesem Grund wurden in den Vergleichen die beiden Klassen zusammengefasst.

Niederschlagsfreie Tage:

Die jährliche Zahl der niederschlagsfreien Tage beträgt in Wien im langjährigen Mittel 207 Tage. Dezennienmittel weichen maximal im Bereich von -14 (-7%) und +10 (+5%) Tagen davon ab. Für die Jahreszeiten betragen die vergleichbaren Werte -13 bis + 10%. 20jährige Datensätze beschreiben die mittlere jährliche Häufigkeit der niederschlagsfreien Tage mit Abweichungen bis zu +/- 4 %, Jahreszeitenwerte zeigen noch Abweichungen von +/-8%. Die Verwendung 30jähriger Mittel bringt in diesem Fall keine wesentliche Verbesserung. Mit 50jährigen Datensätzen ist der mittlere Jahresverlauf der niederschlagsfreien Tage mit monatlicher Auflösung mit maximalen Abweichungen von 5% beschreibbar.

Niederschlagstage mit kleinen Mengen (<2 mm)

Gegenüber der Gesamtreihe 1872-2000 zeigen 10jährige Häufigkeitsverteilungen berechnet für die vier Jahreszeiten Abweichungen von -4 bis +8%. Mit 20jährigen Tagesdatensätzen konnte eine Genauigkeit innerhalb von +/-3% erreicht werden. Werden Häufigkeitsverteilungen über das Jahr gerechnet, so werden bereits bei 10jährigen Tagesdatensätzen Abweichungen erreicht, die zwischen -1 und +3% liegen. Verglichen hiermit weisen monatliche Häufigkeitsverteilungen 20jähriger Datensätze noch größere Abweichungen auf, etwa für den Februar zwischen -4 und +8% oder für den Oktober zwischen -6 und +6%. Erst bei 30jährigen Datensätzen liegen die monatlichen Häufigkeitsverteilungen im Bereich von +/-5%.

Niederschlagstage mit größeren Mengen (mindestens 25mm) erreichen schon bei 10jährigen Datenreihen Abweichungen die im Bereich +/- 3% liegen, was aber in erster Linie auf die relativ geringe Häufigkeit dieser Niederschlagsklasse (zwischen 2 Promille im Jänner und 37 Promille im Juli) zurückzuführen ist. Deshalb werden die größeren Mengen durch Betrachtungen von P99 beschrieben.

Wie für die Tagesextreme der Lufttemperatur wurden auch für die Tagesniederschläge Perzentilberechnungen über verschieden lange Zeitspannen (10, 20, 30, 50 und 100 Jahre) vorgenommen. Die Abbildung zeigt einen Vergleich der Jahresgänge von 50jährigen und dem 100jährigen Datensatz mit der Gesamtreihe 1872-2000. Sehr deutlich sind die großen Abweichungen der 50jährigen Datenreihen in der warmen Jahreszeit von Mai bis September erkennbar. Beobachtungen von zumindest 100 Jahren bringen zwar eine Verbesserung, aber auch hier sind noch Abweichungen zur Gesamtreihe erkennbar. Für die Beschreibung von P50 und niedrigerer Perzentile sind auch 50jährige Datenreihen ausreichend.

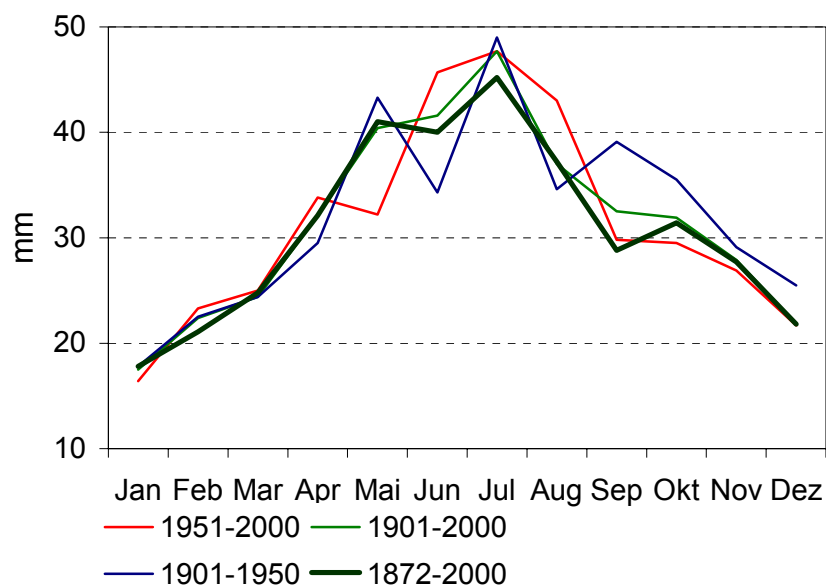


Abb. 2-40: Jahresgang von P99 der täglichen Niederschlagssumme von Wien-Hohe Warte für verschiedene Perioden.

Zusammenfassung :

Mit 50jährigen Datensätzen täglicher Auflösung kann die Klimavariabilität nur beschränkt beschrieben werden. Die Ergebnisse wurden zwar nur für die Station Wien Hohe Warte gezeigt, es ist aber nicht anzunehmen, dass der Fall Wien eine Ausnahme darstellt. Die Auswahl der Station erfolgte aufgrund der bei Monatsdaten gefundenen Homogenitätskriterien.

Für P99 der täglichen Temperaturmaxima war die Abweichung der 50jährigen Zeitintervalle zu P99 noch im Bereich -1.1 und $+0.7^{\circ}\text{C}$ zu finden.

Für P1 bei den täglichen Temperaturminima wurden ähnliche Ergebnisse erzielt.

Extremniederschläge repräsentiert durch P99 waren bei 50jährigen Datensätzen speziell in der warmen Jahreszeit mit relativ großen Abweichungen zur Gesamtreihe gekennzeichnet.

2-5 Schlussfolgerungen

Anhand verschieden langer Beobachtungsreihen von Temperatur und Niederschlag mit einer zeitlichen Auflösung von Monaten und Tagen wurden Analysen über die Repräsentativität 50jähriger oder noch kürzerer Beobachtungsreihen durchgeführt.

Von den Komplexen Temperatur und Niederschlag kamen jene Größen zur Auswertung, die in Hinblick auf Extreme von Relevanz sind. So wurden als Temperaturparameter nicht das Monatsmittel sondern absolutes monatliches Maximum und Minimum, mittleres tägliches Maximum und Minimum sowie die monatliche Zahl der Frosttage, Eistage, Sommertage und heißen Tage bearbeitet. Für den Niederschlagskomplex wurden die Größen Monatssumme, höchster 24stündiger Niederschlag innerhalb eines Monats und die monatliche Zahl der Tage mit Niederschlag ausgewählt.

Die meisten dieser Größen weisen über die Gesamtdauer ihrer Messperiode ausgeprägte Schwankungen und auch Trends auf. Die gefundenen Trends erwiesen sich zwar aufgrund der großen Kurzzeitvariabilität als nicht signifikant, sind aber in den Abbildungen bereits deutlich erkennbar. Willkürlich ausgewählte Perioden (10 bis 50 Jahre) einer Zeitreihe stellen eine Stichprobe der Gesamtzeitreihe dar, über die Mittelwerte oder Häufigkeitsauszählungen gemacht werden können. Je kürzer diese Stichprobe ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass mit dieser Stichprobe Extremwerte der Gesamtreihe erfasst werden können. Ebenso muss davon ausgegangen werden, dass auch Mittelwerte und Jahrgänge durch zu kurze Datenreihen verfälscht werden.

Ein weiteres Problem hinsichtlich der Datenanalysen stellen die Inhomogenitäten in den Reihen dar, sodass die Schlussfolgerungen auf Auswertungen von Stationsdaten beruhen, bei denen keine gravierenden Inhomogenitäten gefunden wurden. Dieses Kriterium war bei der Lufttemperatur für die Stationen Wien Hohe Warte und Sonnblick gegeben, für die Niederschlagsgrößen bei der Station Wien Hohe Warte. Beispiele aus Abschnitt 2.3 haben gezeigt, dass Inhomogenitäten in den Reihen zu Trendverfälschungen (Abminderung oder Verstärkung) bis hin zur Trendumkehr führen können.

Die nachfolgende Tabelle stellt eine Zusammenfassung aus den Abschnitten 2.2 und 2.4 dar. Aus der Gesamtreihe von Wien wurden verschiedene Perzentile bestimmt und Perzentilberechnungen über verschieden lange Perioden (10, 20, 30, 40, 50, 100, 125 Jahre) durchgeführt. Darauf aufbauend wurde die jeweilige Periodenlänge gesucht, in der für jeden der Unterabschnitte eine bestimmte Genauigkeit zum Perzentil der Gesamtreihe erreicht wurde. Für einzelne wenige Elemente und deren Häufigkeit sind 50 Jahre oder auch kürzere Reihe als ausreichend zu bezeichnen, für die Mehrzahl der Elemente jedoch zumindest 100 Jahre. Für die Periode 1951-2000 bzw. 1953-2002 wurde eine gesonderter Repräsentativitätsanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse auch in Tabelle 2.19 angeführt sind. Dabei zeigte sich, dass die Stichprobe ab 1951 geeignet ist, Tagsmaximum und – Minimum der Temperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 1^{\circ}\text{C}$ und die tägliche Niederschlagssumme mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ für die Schranken P1, P50 und P99 zu beschreiben.

Größere Probleme ergaben sich bei der Erfassung monatlicher Extreme wie etwa P10 des absoluten Temperaturmaximums oder auch der Häufigkeit von Frost-, Eis-, Sommer- und Heißen Tagen. Ebenso ist auch der Jahrgang des Niederschlags nicht innerhalb einer 10%-Abweichung von Monatssummen beschreibbar.

Tab. 2-19: Erforderliche Reihenzahl, um für ein Element eine bestimmte Genauigkeit gegenüber der Gesamtreihe zu erreichen (Ergebnisse der Station Wien)

bei Verwendung von Monatsdaten:		Jahre	1953-2002
absolutes Maximum der Lufttemperatur (+/-1 °C)	P 10	100	NR
	P 90	100	R
	P 50	100	R
absolutes Minimum der Lufttemperatur (+/- 1 °C)	P 10	100	R
	P 90	10	R
	P 50	20	R
Frosttage (+/- 10% vom Gesamtmittel)	P 10	100	NR
	P 90	100	NR
	P 50	50	R
Eistage (+/- 10% vom Gesamtmittel)	P 10	50	R
	P 90	>100	NR
	P 50	100	NR
Sommertage (+/- 10% vom Gesamtmittel)	P 10	100	NR
	P 90	100	NR
	P 50	100	NR
heiße Tage (+/- 10% vom Gesamtmittel)	P 10	100	NR
	P 90	>100	NR
	P 50	100	NR
mittl. Niederschlagssumme in monatlicher Auflösung (+/-10%)		100	NR
mittl. Jahresniederschlagssumme (+/-10%)		30	*R
Jahres-Niederschlagssumme (+/- 50 mm)	P95	100	*R
	P5	50	*R
Jahresgang (Erfassung des Jahresganges ohne Berücksichtigung der absoluten Höhe)		50	*R
Extreme jährliche Tagesniederschlagssumme (+/-10 %)	P 10	<50	R
	P 90	<50	R
	P 50	<50	R
jährliche Zahl der Tage mit Niederschlag (+/-10%)	P 10	50	R
	P 90	50	R
	P 50	50	R
bei Verwendung von Tagesdaten:			
Tagesmaximum der Lufttemperatur (+/-1°C)	P1	50	*R
	P99	100	*R
	P50	30	*R
Tagesminimum der Lufttemperatur (+/-1°C)	P1	50	*R
	P99	20	*R
	P50	20	*R
tägliche Niederschlagssumme (+/- 10%)	P1	10	*R
	P99	30	*R
	P50	20	*R
*1951-2000; NR: nicht repräsentativ; R: repräsentativ			

Neben der zeitlichen Repräsentanz steht in einem Land wie Österreich auf Grund der komplizierten orographischen Verhältnisse auch die örtliche Repräsentanz der Stationen zur Debatte. Dies betrifft in erster Linie das Element Niederschlag. Mit einer Anzahl von 30 homogenisierten Langzeit-Niederschlagsstationen auf Monatssummenbasis ist das österreichische Bundesgebiet zumindest für das Flachland gut abgedeckt, die Anzahl von 4 Stationen auf Tagesdatenbasis hingegen ist auf keinen Fall ausreichend. Einerseits ist die Zahl der Stationen mit täglicher Auflösung wesentlich kleiner als jene auf monatlicher Basis, andererseits haben Untersuchungen gezeigt (Scheifinger et al., 2003), dass die

räumliche Repräsentativität für Tagesniederschläge im Vergleich zu Monatssummen wesentlich geringer ausfällt. Analysen zeigten, dass die mittlere Dekorrelationsdistanz (gemeinsame Varianz zumindest 0.5) im alpinen Bereich für Monatssummen bei 105 km, für Tagesdaten jedoch bei 42 km liegt (Scheifinger et al, 2003). Bezogen auf Extremniederschläge ist sie noch stärker vermindert. Eine Auswertung der Tagesniederschlagssummen von mindestens 30 mm gemessen auf der Hohen Warte zeigte, dass die Korrelation für solche Tage bereits innerhalb des Stadtgebietes auf unter 0.5 abfällt. (Böhm, 1979). Speziell für das Element Niederschlag wäre eine nicht zu geringe Ausweitung der Anzahl von täglichen Messreihen erforderlich. Dies wäre durch eine Zusammenführung von Datensätzen der ZAMG und der Hydrographischen Dienste der Ämter der Landesregierungen der österreichischen Bundesländer möglich. Erste Vorerhebungen dazu existieren bereits.

Es besteht somit für die Zukunft folgender Forschungsbedarf:

- 1.) Entwicklung von Methoden zur Inhomogenitätsbereinigung von Tagesdatensätzen.
- 2.) Verdichtung der im Rahmen von StartClim1 qualitätsgeprüften Datensätze von Niederschlag, Temperatur und Schnee.
- 3.) Verdichtung des Datensatzes täglicher langer Reihen (zumindest 100 Jahre) für das Element Niederschlag.
- 4.) Langzeitreihen des Elementes Schnee.
- 5.) Elemente, die bisher innerhalb von StartClim nicht berücksichtigt wurden: Komplexe wie Luftfeuchtigkeit, Strahlung / Bewölkung und Wind. Auch hierfür ist in den nächsten Jahren ein erhöhter Forschungsbedarf zu erwarten.

Literaturverzeichnis

- Auer, I., R. Böhm, and W. Schöner, 2001: Austrian Long-Term Climate 1767-2000. Multiple Instrumental Climate Time Series from Central Europe., *Österreichische Beiträge Zu Meteorologie und Geophysik*, **25**, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.
- Böhm, R., I. Auer, M. Brunetti, M. Maugeri, T. Nanni, and W. Schöner, 2001: Regional Temperature Variability in the European Alps: 1760-1998 from Homogenized Instrumental Time Series. *Journal of Climatology*, **21**, 1779–1801.
- Von Storch, H., and F.W. Zwiers, 1999: Statistical Analysis in Climate Research. The press syndicate of the University of Cambridge.
- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. and Wieringa, J. 2003: Guidance on Metadata and Homogenization. Acc. By WMO.
- Auer, I., Böhm, R. and Maugeri, M., 2001: A New Long-Term Gridded Precipitation Data-Set for the Alps and its Application for Map and Alplim. *Phys. Chem. Earth (B)*, **26** 5-6, 421-424.
- Auer, I., Böhm, R., Potzmann, R. und Ungersböck, M., 2003: Änderung der Frosthäufigkeit in Österreich. 6. Deutsche Klimatagung, Klimavariabilität. *Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung*, **2003/6**, 25-29.
- Auer, I., 1995: Extreme Precipitation Events - Time Series Analyses of Viennese Data. International Conference on Past, Present and Future Climate. *Publications of the Academy of Finland*, **6/95**, 211-217.
- Böhm, R., 1979: Starke Niederschläge im Wiener Stadtgebiet. *Wetter und Leben*, **31**, 207-230.
- Böhm, R., Auer, I., Schöner, W., Ungersböck, M., Huhle, C., Nanni, T., Brunetti, M., Maugeri, M., Mercalli, L., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Bochnicek, O., Bergert, M., Mestre, O., Moisselin, J.M., Müller-Westermeier, G. und Manstovic, Z., 2003: Der Alpine Niederschlagsdipol - ein Dominierendes Schwankungsmuster der Klimavariabilität in Den Scales 100 Km - 100 Jahre. 6. Deutsche Klimatagung, Klimavariabilität. *Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung*, **2003/6**, 61-65.
- Scheifinger, H., Böhm, R. und Auer, I., 2003: Räumliche Dekorrelation Von Klimazeitreihen Unterschiedlicher Auflösung und Ihre Bedeutung Für Ihre Homogenisierbarkeit und Die Repräsentativität Von Ergebnissen. 6. Deutsche Klimatagung, Klimavariabilität. *Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung*, **2003/6**, 375-379.
- Schönwiese, C.D., 1985: Praktische Statistik Für Meteorologen und Geowissenschaftler. Gebrüder Bornträger, Berlin / Stuttgart.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. 2-1: Stationskarte der StartClim2-Stationen mit vollständigen Zeitreihen.....	7
Abb. 2-2: Vollständige Zeitreihen bis 2002 für alle StartClim2-Stationen und –Parameter	8
Abb. 2-3: Zeitreihe des Jahresmaximums der Lufttemperatur in Wien (vor 1851 Universitätssternwarte, 1851-1872 Wien Favoritenstraße, 1873 bis heute Wien Hohe Warte).....	10
Abb. 2-4: Absolute Monatsmaxima der Temperatur in Perzentilen für die Stationen Wien [203m] und Sonnblick [3105m].....	11
Abb. 2-5: Zeitreihe des Jahresminimums der Lufttemperatur in Wien (vor 1851 Universitätssternwarte, 1851-1872 Wien Favoritenstraße, 1873 bis heute Wien-Hohe Warte)	12
Abb. 2-6: Absolute Monatsminima der Temperatur in Perzentilen für die Stationen Wien und Sonnblick.....	13
Abb. 2-7: Absolute Temperaturmaxima im Sommer und absolute Temperaturminima im Winter in Perzentilen für die Station Wien-Hohe Warte	14
Abb. 2-8: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Frosttage in Wien- Hohe Warte	14
Abb. 2-9: Jährliche Anzahl an Frosttagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Sonnblick	15
Abb. 2-10: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Eistage in Wien- Hohe Warte.....	16
Abb. 2-11: Jährliche Anzahl an Eistagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Sonnblick	16
Abb. 2-12: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der Sommertage in Wien- Hohe Warte	17
Abb. 2-13: Jährliche Anzahl an Sommertagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Graz	18
Abb. 2-14: Zeitreihe der jährlichen Anzahl der heißen Tage in Wien- Hohe Warte	18
Abb. 2-15: Jährliche Anzahl an Heißen Tagen in Perzentilen für Wien-Hohe Warte und Graz	19
Abb. 2-16: Zeitreihe der Jahressummen des Niederschlages (alle Werte auf den Standort Wien Hohe Warte umgerechnet), 1841-2002	20
Abb. 2-17: Jahrgang des Niederschlages über verschiedene 50jährige Zeitabschnitte für Wien-Hohe Warte.....	21
Abb. 2-18: Variabilität der mittleren Monatssummen des Niederschlages für die Station Wien Hohe Warte für den Monat September in variablen Zeitfenstern.....	22
Abb. 2-19: Änderung von P95 und P5 der Jahressummen des Niederschlages in Wien Hohe Warte bei Fenstergrößen von 10, 20, 30, 40, 50, 100 und 125 Jahren.	23
Abb. 2-20: Änderung von P95 und P5 der Monatssummen des Niederschlages in Wien Hohe Warte bei Fenstergrößen von 10, 20, 30, 40, 50, 100 und 125 Jahren	24
Abb. 2-21: Zeitreihe des Jahresmaximums der täglichen Niederschlagssumme 1853-2002 für Wien-Hohe Warte.....	25
Abb. 2-22: Extreme Tagesniederschläge in Perzentilen für Wien und Bregenz	25
Abb. 2-23: Differenzen der Perzentile extremer Tagesniederschläge der Perioden 1953–2002 und 1853–2002 (Wien), bzw. 1869–2002 (Bregenz)	26

Abb. 2-24: Zeitreihe der jährlichen Zahl der Tage mit Niederschlag $\geq 1\text{mm}$ für Wien-Hohe Warte 1868-2002	27
Abb. 2-25: Monatliche Anzahl an Niederschlagstagen [$R_{\text{sum}} \geq 1\text{mm}$] in Perzentilen für Wien und Bregenz.....	28
Abb. 2-26: Differenzen der Perzentile von Niederschlagstagen mit $R_{\text{sum}} \geq 1\text{mm}$ der Perioden 1953 – 2002 und 1868 – 2002 (Wien), bzw. 1888 – 2002 (Bregenz)	29
Abb. 2-27: Zeitreihen und Trends der Lufttemperaturmittel von März und September in Klagenfurt, 1951-2002.....	31
Abb. 2-28: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.....	32
Abb. 2-29: Zeitreihen und Trends der mittleren täglichen Maxima der Lufttemperatur im Februar und im Oktober in Klagenfurt, 1951-2002.....	33
Abb. 2-30: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der täglichen Maxima der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.....	34
Abb. 2-31: Zeitreihen und Trends der mittleren täglichen Minima der Lufttemperatur im Mai in Klagenfurt, 1951-2002.....	35
Abb. 2-32: Häufigkeitsverteilungen von Monatsmitteln der täglichen Minima der Lufttemperatur von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für alle Jahreszeiten in Klagenfurt, 1951-2002.....	36
Abb. 2-33: Zeitreihen und Trends der Niederschlagssummen in August und Dezember in Bregenz, 1951-2002.....	37
Abb. 2-34: Häufigkeitsverteilungen der Monatssummen des Niederschlages von homogenisierten und unhomogenisierten Daten für vier Jahreszeiten in Bregenz, 1951-2002	38
Abb. 2-35: Jahrgang der Abweichung des täglichen Temperaturmaximums für verschiedene 30jährige Perioden vom Jahrgang 1872-2000.	39
Abb. 2-36: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der täglichen Temperaturmaxima ($^{\circ}\text{C}$) im Sommer und im Jahr für zwei 50jährige Perioden und der Gesamtreihenlänge 1872-2000, Wien Hohe Warte.....	40
Abb. 2-37: Jahrgang der Abweichung des täglichen Temperaturminimums für verschiedene 20jährige Perioden vom Jahrgang 1872-2000.	41
Abb. 2-38: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der täglichen Temperaturminima im Winter und im Jahr für zwei 50jährige Perioden und der Gesamtreihenlänge 1872-2000, Wien-Hohe Warte.....	41
Abb. 2-39: Jahrgang des Niederschlages für drei verschiedene Zeitspannen sowie prozentuelle Abweichung 50jähriger Mittel vom Mittel der Gesamtreihe 1872-2000, Wien Hohe Warte	42
Abb. 2-40: Jahrgang von P99 der täglichen Niederschlagssumme von Wien-Hohe Warte für verschiedene Perioden.	43

Tabellen

Tab. 2-1: Anzahl digitalisierter, ergänzter und korrigierter Monatswerte je vollständiger Zeitreihe für drei Parameter	6
Tab. 2-2: Beginn vollständiger Zeitreihen für die einzelnen Parameter	9

Tab. 2-3: Schwankungsweite der Perzentile (Grad C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1836-2002 für die Station Wien	12
Tab. 2-4: Schwankungsweite der Perzentile (Grad C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1836-2002 für die Station Wien-Hohe Warte	13
Tab. 2-5: Schwankungsweite der Perzentile (Tage) der über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für die Station Wien-Hohe Warte	15
Tab. 2-6: Schwankungsweite der Perzentile (Tage) über zwei verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für die Station Wien-Hohe Warte	17
Tab. 2-7: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für Wien-Hohe Warte	18
Tab. 2-8: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2002 für Wien-Hohe Warte [203m ü NN]	19
Tab. 2-9: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1853-2002 für Wien-Hohe Warte	26
Tab. 2-10: Schwankungsweite der Perzentile über 2 verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1868-2002 für Wien-Hohe Warte	29
Tab. 2-11: Differenzen (homogenisiert – original) der Monatsmittel der Lufttemperatur in Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C	30
Tab. 2-12: Tab. 2-13: Differenz (homogenisiert – original) der mittleren täglichen Maxima der Temperatur in Klagenfurt 1951-2002, Einheit Grad C	33
Tab. 2-13: Differenzen statistischer Parameter zwischen homogenisierten und unhomogenisierten Daten Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C	34
Tab. 2-14: Differenz (homogenisiert – original) der mittleren täglichen Minima der Lufttemperatur in Klagenfurt, 1951-2002, Einheit Grad C	35
Tab. 2-15: Differenzen und prozentuale Abweichungen (homogenisiert – original) der Monatssummen des Niederschlages in Bregenz 1951-2002	37
Tab. 2-16: Differenzen statistischer Parameter zwischen homogenisierten und unhomogenisierten Daten, Bregenz, 1951-2001	38
Tab. 2-17: Schwankungsweite der Perzentile der täglichen Maximumtemperatur (°C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2000	40
Tab. 2-18: Schwankungsweite der Perzentile der täglichen Minimumtemperatur (°C) über verschieden lange Zeiträume, relativ zum Gesamtzeitraum 1872-2000	42
Tab. 2-19: Erforderliche Reihenlänge, um für ein Element eine bestimmte Genauigkeit gegenüber der Gesamtreihe zu erreichen (Ergebnisse der Station Wien)	46

