



# Arbeitsberichte

**Nr. 195**

Charlotte Urfer und Roland Vogt

## **Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1864 bis 1998**

© Schweizerische Meteorologische Anstalt

Mai 1999

## Stab Unterstützung

Schweizerische Meteorologische Anstalt  
Institut suisse de météorologie  
Istituto svizzero di meteorologia  
Swiss Meteorological Institute  
Institut svizzer da meteorologia

Krähbühlstrasse 58  
Postfach  
CH-8044 Zürich

Telefon 01/256 91 11  
Telefax 01/256 92 78  
E-Mail [rsp@sma.ch](mailto:rsp@sma.ch)

**Nr. 195**

**Charlotte Urfer und Roland Vogt**

**Die Niederschlagsverhältnisse  
in Basel 1864 bis 1998**

**© Schweizerische Meteorologische Anstalt**

**Mai 1999**

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Niederschlagsverhältnisse in Basel anhand einer 135-jährigen Messreihe untersucht. Mit statistischen Methoden der Klimatologie wird die Reihe charakterisiert und mögliche Trends näher beleuchtet. Quervergleiche und Homogenitätstests mit langjährigen Niederschlagsreihen umliegender Stationen (Karlsruhe, Strasbourg, Colmar, Neuchâtel, Luzern, Zürich, "Mittelland") weisen auf fehlerhafte Daten in der Basler Reihe im vorigen Jahrhundert hin.

Im Mittel fallen pro Jahr 804 mm Niederschlag, mit einer Standardabweichung von  $\pm 18\%$  und 499 und 1256 mm als Extremwerte. Die Anwendung von Methoden der Wavelet Analyse auf die Daten veranschaulicht enthaltene Periodizitäten (13.5, 7 und 4.3 Jahre). In den letzten 100 Jahren hat der Niederschlag um knapp  $+10\%$  (80 mm) zugenommen, allerdings ist dieser Wert wenig signifikant. Die Winterwerte weisen eine Zunahme von bis zu  $+30\%$  auf, jedoch auch an der Signifikanzgrenze (Verhältnis Trend/Standardabweichung = 1). Bemerkenswerter ist die ausgeprägte signifikante Zunahme der Herbstniederschläge in den letzten 50 Jahren, was auf eine Veränderung der jährlichen Niederschlagsverteilung hindeutet. In der letzten Pentade hat sich die Anzahl Niederschlagsereignisse  $> 30$  mm pro Tag mehr verdoppelt; mit  $7.5 \pm 2.5$  Ereignissen pro Pentade in den letzten 100 Jahren war dieser Wert relativ konstant.

Die Veränderlichkeiten im Niederschlagsgeschehen erscheinen mehr als Ausdruck inter-dekadischer Variabilität denn als ein der Reihe zugrunde liegender Trend.

## Riassunto

La presente ricerca riguarda l'analisi delle precipitazioni della città di Basilea, effettuata sulla base di 135 anni di misure. Sono stati utilizzati i metodi statistici della climatologia e studiate eventuali tendenze. L'intercomparazione e l'analisi di omogeneità con serie storiche di località vicine (Stationen (Karlsruhe, Strasbourg, Colmar, Neuchâtel, Luzern, Zürich, "Mittelland")) hanno indicato che ci sono valori errati nella serie storica di Basilea dell'ultimo secolo.

La precipitazione media annua è risultata pari a 804 mm, con una deviazione standard del  $18\%$  e valori estremi di 499 e 1256 mm. L'applicazione della *wavelet analysis* ha dimostrato alcune periodicità nella serie storica (13.5, 7 e 4.3 anni). Le precipitazioni sembrano essere cresciute del  $10\%$  circa (80 mm) negli ultimi 100 anni, ma questa tendenza, tuttavia, non è significativa. I valori invernali hanno dimostrato un aumento fino al  $30\%$ , ma anche per questi si è al limite della significatività statistica (rapporto tra tendenza e deviazione standard pari a 1). Più notevole ed esplicito è risultato l'aumento delle precipitazioni autunnali negli ultimi 50 anni e ciò indica un cambiamento nella distribuzione annuale. Nell'ultima pentade il numero di eventi con precipitazioni superiori a 30 mm/giorno è arrivato a 15, mentre nei 100 anni precedenti era relativamente costante e pari a  $7.5 \pm 2.5$ .

La variabilità del regime delle precipitazioni sembra comunque risultare essere più una conseguenza di variazioni interdecadali che di una tendenza presente nella serie storica.

## Résumé

Dans le présent ouvrage sont présentés les conditions de précipitation à Bâle partant d'une série de mesures de 135 années. Avec les méthodes statistiques de climatologie la série est caractérisée et les possibles tendances sont élucidées. Les comparaisons et les tests d'homogénéité avec les séries de précipitations de longue durée des stations environnantes (Karlsruhe, Strasbourg, Colmar, Neuchâtel, Luzerne, Zurich, le Mittelland) indiquent des dates erronées dans la série bâloise durant le siècle passé.

En moyenne les précipitations s'élèvent à 840 mm par année avec un écart type de  $\pm 18\%$ , avec données extrêmes de 499 et 1256 mm. Faisant passer les données par les méthodes d'analyse de Wavelet montrent les périodicités contenues (13.5, 7 et 4.3 années). Au cours des 100 dernières années la précipitation augmente de  $+10\%$  (80 mm), ces données cependant ne sont pas très significatives. Les données hivernales montrent une augmentation allant jusqu'à  $+30\%$  étant également à la limite d'être significatives (rapport tendance/écart type = 1). D'autant plus remarquable est l'augmentation prononcée de précipitations automnale au cours des dernières 50 années, indiquant un changement dans la répartition des précipitations sur l'année. Durant la dernière pentade le nombre de précipitations  $> 30$  mm par jour a plus que doublé. Avec  $7.5 \pm 2.5$  d'événements par pentade pendant les derniers 100 ans, ils étaient relativement constants.

La variabilité de précipitation démontre plutôt une variabilité inter décadaire qu'une tendance étant à la base de la série.

## Summary

In the presented report the precipitation conditions in Basel are investigated using a series of 135 years of measurement. Statistical methods of climatology are applied to characterize the data and possible trends are analyzed. Intercomparisons and tests for homogeneity with precipitation records of neighboring stations (Karlsruhe, Strasbourg, Colmar, Neuchâtel, Luzern, Zürich, "Mittelland") indicate that the Basel series contain erroneous data in the last century.

The average annual precipitation amounts to 804 mm with a standard deviation of  $\pm 18\%$  and 499 and 1256 mm being the extreme values. Application of methods of wavelet analysis reveals periods of 13.5, 7 and 4.3 years contained in the records. In the last 100 years precipitation has increased by  $+10\%$  (80 mm), this value, however, being only slightly significant. The winter values show an increase of  $+30\%$ , but again, this value also only close to the significance level (ratio of trend to standard deviation = 1). More remarkable is the prominent and significant increase of precipitation in autumn in the last 50 years. This indicates a change in the annual distribution precipitation. During the last pentade the number of precipitation events  $> 30$  mm per day doubled; the average value of events per pentade in the last 100 years was relatively constant  $7.5 \pm 2.5$ .

The changes in precipitation are more a consequence of interdecadal variability than a trend in the data.

## Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1864 bis 1998

Charlotte Urfer und Roland Vogt

### Vorwort

Mein ursprüngliches Ziel war sehr bescheiden gewesen: ich erachtete es als nützlich und dringlich, dass eine über 130 Jahre sorgfältig geführte klassische Messreihe anderen Interessenten auch zur Verfügung gestellt werden müsste. Dies wäre mit den üblichen klassischen Kommentaren vor sich gegangen. Von meiner Warte aus, so wie ich Betreuer und Beobachter kannte, bestanden keine Zweifel darüber, dass eine saubere, homogene Niederschlagsreihe vorliegt.

Wenn ein viel jüngerer Statistiker davon erfährt, so gibt es für ihn nur Zweifel, insbesondere, wenn die Resultate denen anderer Schweizer Wissenschaftler entgegenstehen. Er kennt die Möglichkeiten sorgfältiger Überprüfung, den Miteinbezug anderer Ausdrucksmöglichkeiten und wertvergrößernder Variationen bis hin zu ergänzenden Fourier-Analysen. Mich beeindruckten die Darstellungsmethoden auch für selbstverständlich klassische Parameter. Schliesslich eröffnete sich noch die Möglichkeit des Einbezugs der Wetterlagen. – Aber im Resultat all dieser Studien fand ich nicht mehr viel von meinem ursprünglichen Konzept, und auch diese über verschiedenste Kapitel verteilt. Ich begann, meine Mitunterzeichnung als überflüssig zu erachten, bis mich der junge Kollege davon überzeugen konnte, dass es nie zu dieser Studie gekommen wäre, wenn ich sie nicht auf meiner bescheidenen Ebene begonnen hätte. Womit er wohl recht hat.

Charlotte Urfer-Henneberger

Basel, im Februar 1999

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Einleitung</b>	1
2	<b>Material und Methoden</b>	3
	2.1 Stationsgeschichte	3
	2.2 Datengrundlage	3
	2.3 Methoden	5
3	<b>Homogenitätsbetrachtungen</b>	5
4	<b>Resultate</b>	7
	4.1 Zeitreihen	7
	4.1.1 Erster Überblick	7
	4.1.2 Jahressummen	4.1.2.1 Niederschlagsmenge 7
		4.1.2.2 Anzahl Niederschlagstage 8
	4.1.3 Jahreszeitensummen	4.1.3.1 Niederschlagsmenge 9
		4.1.3.2 Anzahl Niederschlagstage 9
	4.1.4 Zusammenschau	4.1.4.1 Niederschlagsmenge 10
		4.1.4.2 Anzahl Niederschlagstage 11
	4.2 Jahresgang des Niederschlags	12
	4.3 Trendbetrachtungen	13
	4.4 Vergleich mit Wetterlagenstatistik	18
	4.5 Wavelet-Betrachtung	19
5	<b>Diskussion</b>	20
6	<b>Literatur</b>	22
	Anhang 1 Datenvergleich verschiedener Quellen für RR-Reihe Basel	24
	Anhang 2 Tabelle mit Minima und Maxima der Basler Reihe	25
	Anhang 3 Ergebnisse verschiedener Homogenitätstest	26
	Anhang 4 Trendwerte Karlsruhe, Strasbourg, Neuchâtel, Zürich, Luzern	31
	Anhang 5 Vergleich Mittellandreihe	34
	Anhang 6 Monatswerte RR-Menge, RR-Tage und RRLagen	35
	Anhang 7 Tabelle der Monatswerte des Niederschlags der Reihe Basel	42

## 1 Einleitung

In einer Epoche, in der kaum mehr Zweifel an einer anthropogen beeinflussten Temperaturzunahme bestehen (SCHÖNWIESE et al. 1994) und in der die Fragen möglicher Klimaänderungen zur Diskussion stehen, kann eine langjährige homogene Messreihe für vielerlei Belange nützliche Unterlagen liefern. Vor dem Hintergrund katastrophaler Schäden verursacht durch extreme Wetterereignisse besteht von gesellschaftlicher Seite her natürlich das dringende Bedürfnis, von der Wissenschaft objektive Antworten über Zusammenhänge, Ursachen und zukünftige Entwicklungen zu erhalten. Aufgrund der Komplexität des Problems und aufgrund des Wissensstandes gibt es noch keine eindeutigen Antworten. Die Kenntnis der Klimatologie der meteorologischen Elemente basierend auf langjährigen Reihen ist allerdings - neben der Tatsache, dass sie an und für sich schon interessant ist - eine Voraussetzung zur Einschätzung der verschiedenen wissenschaftlichen Beiträge in der aktuellen Klimadiskussion. Mit dieser Arbeit soll ein kleiner Beitrag dazu geleistet werden, indem die täglichen Niederschlagsmessungen in Basel von 1864 bis 1998 untersucht und dargestellt werden. Insbesondere die Variabilität, die in der Reihe enthaltenen Periodizitäten, wird näher betrachtet. Für einen ähnlichen Zeitraum ist schon von SCHÜEPP UND URFER-HENNEBERGER (1994) die Basler Reihe der Sonnenscheindauer untersucht worden.

Kürzlich erschienene Arbeiten zur Variabilität und möglichen Trends im Niederschlag zeigen das Interesse an diesem Klimatelement. HU et al. (1998) untersuchen 168 Niederschlagsstationen mit bis zu 100-jährigen Aufzeichnungen im Mittleren Westen der USA. Sie betrachten die Kenntnis der interdekadischen Variabilität des Niederschlags als Voraussetzung für das Verständnis von Klimaänderungen und finden eine quasi 20-jährige und eine quasi 12-jährige Periode in ihren Daten. KARL UND KNIGHT (1998) berichten eine Zunahme des Niederschlags von 10% von 1910-96 und knapp 20 % von 1948-96 über das gesamte Gebiet der USA. Diese Trends treten vor allem im Frühling und Herbst auf, weniger im Sommer und kaum im Winter. Sie zeigen, dass die Zunahme des Niederschlags in einer komplexen Weise verbunden ist mit Veränderungen in der Niederschlagsstruktur und -häufigkeit. Die starken und extremen Niederschlagsereignisse (ca. 10 % der Gesamtmenge) haben mit 53 % einen überproportionalen Anteil an der Zunahme.

SCHÖNWIESE et al. (1994) für Europa und RAPP UND SCHÖNWIESE (1996) in hoher Auflösung für Deutschland haben Analysen von Niederschlagstrends aufgrund 100-jähriger Messreihen (1891-1990) vorgestellt. Für den Basler Raum finden sie eine signifikante (95%) Zunahme des Jahresniederschlags um etwas mehr als 10 %. Diese Zunahme ist vor allem auf das mehr als 30 %ige Anwachsen der Winterniederschläge zurückzuführen. Ähnliche Werte sind bei WIDMANN UND SCHÄR (1997) zu finden. Sie haben die täglichen Niederschläge - gemessen an 113 Schweizer Stationen - von 1901 bis 1990 analysiert und finden mit einfacher Trendanalyse und auch mit Hauptkomponentenanalyse eine Zunahme des Winterniederschlags in der Nordwestschweiz von 20 bis 30%.

Diese Studien zeichnen sich dadurch aus, dass die Werte vieler Stationen bearbeitet wurden, womit eine bessere Aussage über den Gebietsniederschlag getroffen werden konnte. BIDER (1962) hat festgestellt, dass die Niederschläge in Basel sogar im Sommer ein gutes Bild des zeitlichen Verlaufs eines grösseren Gebiets, etwa das südwestliche Mitteleuropa, liefern. Nach

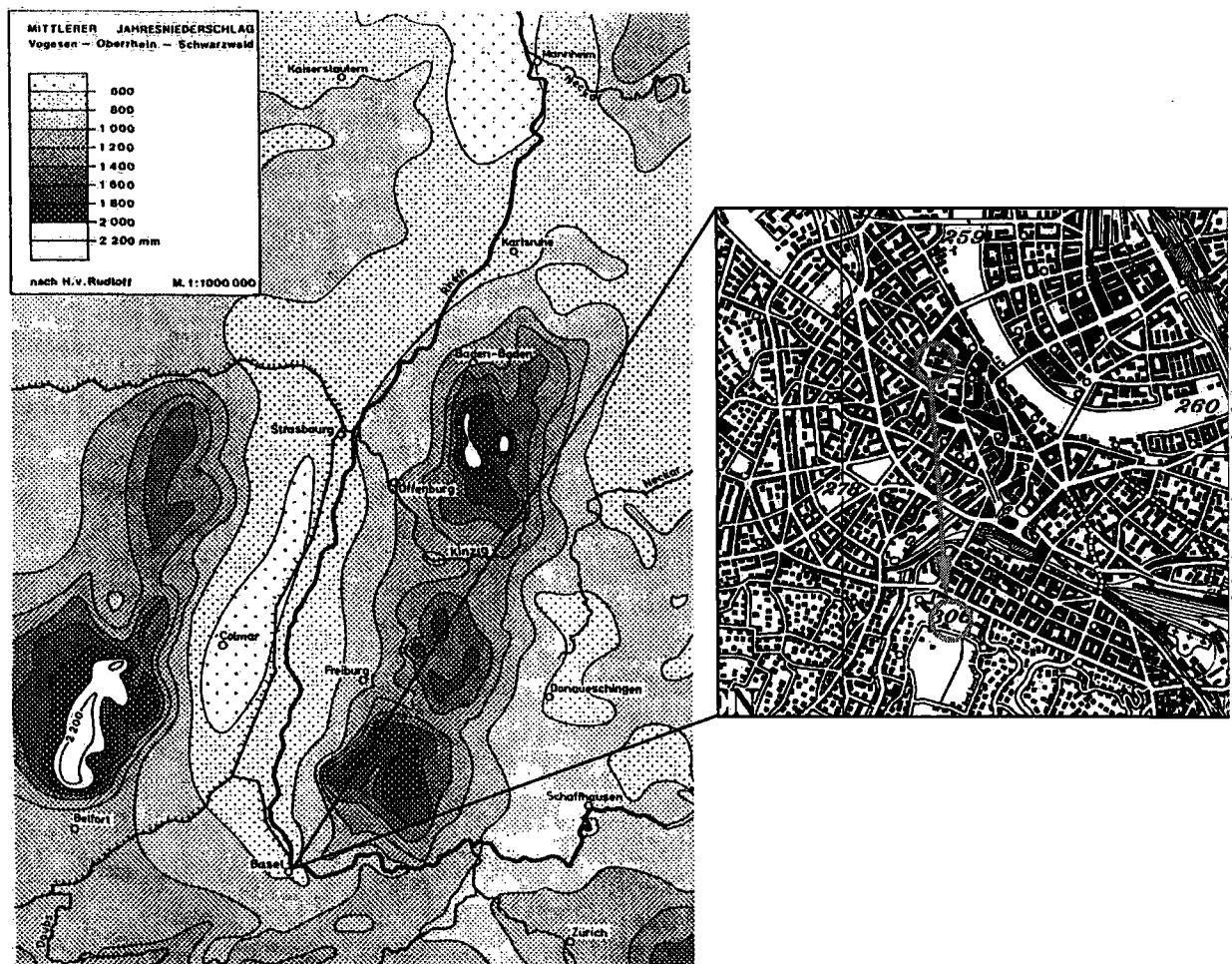


PFISTER (1998) stimmt die Reihe von Basel in allen Jahreszeiten signifikant mit der Gesamtreihe "Mittelland" überein (siehe Vergleich in Fig. A5.1 im Anhang 5), aber trotzdem repräsentieren Niederschlagsreihen von einzelnen Stationen natürlich nur bedingt eine grössere Umgebung. Mögliche längerfristige Veränderungen im Niederschlag, sei es in der Menge und/oder in der Verteilung, sollten sich aber auch hier zeigen.

Die bisherigen Studien über den Niederschlag in Basel führen zum Resultat, dass es sich um eines der niederschlagsärmeren Gebiete der Schweiz handelt, von umliegenden Gebirgszügen abgeschirmt, aber von W nach E offen genug, um feuchte Westströmungen rasch durchziehen zu lassen (u.a. RIGGENBACH 1891, MAURER et al. 1910, UTTINGER 1949, BIDER 1978, BIDER et al. 1984, MOSER 1984).

Mit der vorliegenden Arbeit soll ein Beitrag geleistet werden zur

- Aktualisierung der Klimatologie der langjährigen Niederschlagsreihe Basel-Binningen und diese einer wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Kenntnis gebracht werden
- Darstellung des Niederschlagverlaufs an einem Standort vor dem Hintergrund der allgemein konstatierten Zunahme um 10% in den letzten 100 Jahren
- Untersuchung möglicher Trends und in der Reihe enthaltenen Periodizitäten.



**Fig. 1:** Links: Übersicht über den Raum Basel und südlichen Oberrheingraben anhand einer Niederschlagskarte von RUDLOFF (1977). Rechts: Innenstadtbereich von Basel. Der Pfeil zeigt den Umzug vom Bereich Bernoullianum in den Garten des Astronomisch-Meteorologischen Instituts.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Stationsgeschichte

Zusammen mit anderen Stationen sind die Messungen in Basel 1864 dem Schweizerischen Klimanetz angeschlossen worden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über wichtige Eckdaten und Ereignisse, die uns bekannt sind. Ab April 1899 wurde der Regenmesser vom Typ Hellmann (200 cm<sup>2</sup>) eingesetzt. Vorher waren Geräte mit 460 bis 500 cm<sup>2</sup> Auffangfläche im Einsatz. Es haben mehrfach kleinere Ortswechsel stattgefunden. Details können in RIGGENBACH (1891) sowie in der Stationsgeschichte Basel-Binningen (vorhanden an der Station) nachgelesen werden. Für Niederschlag wird im weiteren auch die Abkürzung RR verwendet.

Von 1875 bis 1888 sind die RR-Summen laut RIGGENBACH (1891) korrigiert worden. Aufgrund ungünstiger Aufstellung und auch durch einen Defekt am Gerät ergaben sich zweifelhafte Resultate, die mit den RR-Messungen der umliegenden Stationen reduziert wurden. RIGGENBACH (1891) war damals nach der Methode vorgegangen, wie sie z.B. in SCHÜEPP (1980) beschrieben ist. Als Ergebnis wurden die Niederschlagswerte von 1875 bis 1881 um 21 % erhöht und von 1882 bis 1888 wurden die Korrekturfaktoren 1.17, 1.20, 1.14, 1.26, 1.24, 1.23 und 1.22 verwendet.

Die hier bearbeitete Datenreihe basiert seit nahezu 100 Jahren auf Niederschlagsmessgeräte vom Typ Hellmann. Der Wechsel vom Standort Bernoullianum nach Basel-Binningen wird von UTINGER (1964) als unbedeutend angenommen. Er findet eine mittlere Jahresdifferenz von 4 mm (neu 801 mm) und arbeitet im "Klima der Schweiz" von 1901 bis 1928 mit den Ergebnissen vom Bernoullianum und 1929-1960 mit denen von Basel-Binningen.

### 2.2 Datengrundlage

Trotz Inbetriebnahme des ANETZ im Jahr 1978 werden in dieser Arbeit weiterhin die konventionellen Hellmann-Daten verwendet. Grundlage dieser Arbeit ist also die Reihe täglicher RR-Werte von 1864-1998, die wir direkt von der Beobachtungsstation (BAUMANN

**Tab. 1:** Übersicht über Eckdaten der Niederschlagsreihe Basel

Datum	Ort	Schw. L.- Koordinaten	Höhe ü. NN	Bemerkungen
1.10.1864 (bis 1956)	Bernoullianum, im Garten auf dem alten Schanzenhügel	610691 267800	270 m	Nördlich des Gebäudes in bebautem Gebiet
17.7.1884	Regenmesser zeitweise im benachbarten Botanischen Garten	610691 267800	274 m	
1.4.1899				Hellman-Regenmesser wird in Gebrauch genommen.
1.1.1929	Im Garten der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel-Binningen	610820 265620	314 m	Am Nordrand eines Hochplateaus in freier Lage. Distanz Bernoullianum ca. 1 km.
1.1.1978				Inbetriebnahme der automatischen Messungen im ANETZ. Weiterhin Parallelmessungen mit dem Hellmann.

1998, pers. Mitteilung) erhalten haben und wie sie aktuell auch im Luft-Bulletin vom Lufthygieneamt beider Basel veröffentlicht werden. Korrekturen für dem Messprinzip immanente Messfehler (SEVRUK 1981) wurden nicht vorgenommen.

Für Vergleiche sind umliegende Messungen der Stationen Zürich, Neuchâtel, Luzern, Bern, Strasbourg, Colmar, Karlsruhe und "Mittelland" herangezogen worden. Die Daten stammen im wesentlichen vom Internet (GHCN 1998, PETERSON AND VOSE 1997) oder aus der SMA-Datenbank und wurden durch die entsprechenden Jahrbücher ergänzt. Diese Niederschlagsdaten wurden so genommen, wie sie vorlagen, und keiner weiteren Überprüfung mehr unterzogen. Die Reihe Mittelland setzt sich als arithmetisches Mittel zusammen aus St. Gallen, Zürich, Bern und Neuchâtel und wurde 1864 bis 1994 aus PFISTER (1999) entnommen und via SMA-Datenbank ergänzt.

In einer ersten Übersicht über die verwendeten Niederschlagsreihen sind in Fig. 2 die 11-jährigen gleitenden Mittel des Jahressummen von Basel und acht weiteren Stationen aus dem Bereich dargestellt.

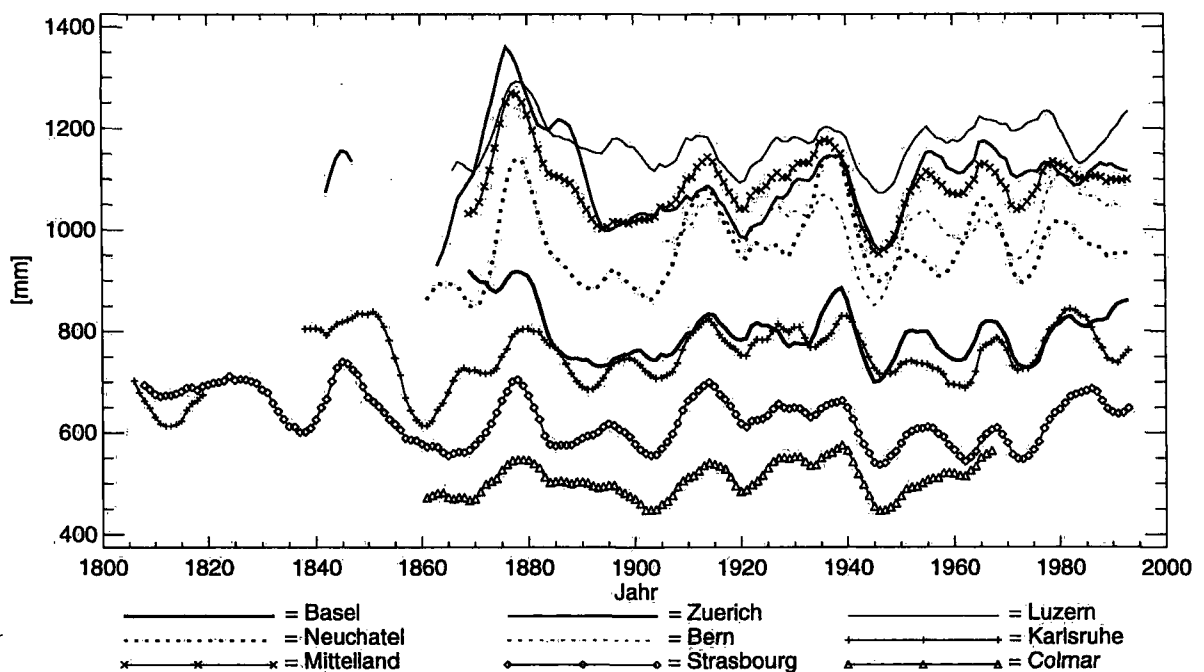


Fig. 2: Jahressummen des Niederschlags (11-jährige gleitende Mittel).

Die Niederschlagsdaten von Basel-Binningen können von verschiedenen Quellen bezogen werden: i) von der Klimadatenbank der SMA via WAWONA-Rechner, ii) vom GLOBAL HISTORICAL CLIMATOLOGY NETWORK (GHCN 1998)<sup>1</sup> oder iii) von RAPP UND SCHÖNWIESE (1996) (=R&S). Die letztgenannte Möglichkeit ist eigentlich nicht als Quelle zu betrachten, wir haben aber trotzdem auf diesem Weg die Niederschlagsreihe bezogen, R&S die Basler Reihe 1891-1990 als "wahrscheinlich inhomogen" klassifizierten, und es interessierte uns, welches die Datengrundlage dafür war. Weiterhin sind Monatswerte der Basler Reihe in PFISTER (1998) zu finden. Die verschiedenen Reihen sind in der Tab. A1.1 im Anhang

<sup>1</sup> Der Zugang zu den Daten wurde während dieser Arbeit aufgrund der WMO-Resolution 40 gesperrt

verglichen. Die von uns verwendete "Hellmann"-Reihe wird als Referenz betrachtet und von den anderen vier abgezogen. Von 1864 bis 1875 weist die GHCN-Reihe Abweichungen von -10 bis +25 % auf und ist ab dann bis 1978 mit der R&S-Reihe identisch. Die R&S und die GHCN Reihe liegen nur in mm-Auflösung vor, daher die geringfügigen Differenzen. Dies erklärt aber nicht die Abweichungen von  $\pm 6$  % zwischen 1931 und 1950. Die SMA-Reihe (erst ab 1900) ist bis 1978 identisch mit unserer Referenzreihe (Ausnahmen 1923, 1926, 1932, 1951, 1954). Ab 1978 basieren alle drei Reihen auf den ANETZ-Werten wie sie auch in den Annalen veröffentlicht sind. Bei der R&S Reihe gibt es 1979, 1980, 1993 und 1994 grössere Abweichungen, die wahrscheinlich auf Übertragungsfehler zurückzuführen sind. Die Niederschlagssummen gemessen mit dem im ANETZ verwendeten Messgerät nach Joss-Tognini sind tendenziell einige Prozent kleiner als die Werte, die mit dem Hellmann gemessen wurden. Im Klima90 Schlussbericht (SMA, 1996) ist die bereinigte konventionell erfasste Niederschlagsreihe für Basel 1961-1990 veröffentlicht. Sie entspricht im wesentlichen der hier verwendeten Hellmann-Reihe (Ausnahme: 3 Jahre mit minimalen Abweichungen, Details siehe Tab. A1.1 im Anhang 1). Die Reihe aus PFISTER weist grössere Abweichungen auf, die wir uns nicht erklären können.

### 2.3 Methoden

In der nachfolgenden Arbeit werden einfache statistische Methoden der Klimatologie angewendet. Periodische Zusammenhänge werden mit Tiefpassfilter in Form von zentrierten gewichteten gleitenden Mitteln verdeutlicht (Gewichte z.B. für 5er Mittel:  $\{1,2,3,2,1\}/9$ ). Mögliche Trends werden durch lineare Regression nach der Methode der kleinsten Quadrate untersucht, als Signifikanzwert wird das Trend/Rauschverhältnis verwendet, wobei die Standardabweichung der Zeitreihe das Rauschen darstellt. Geht der Wert gegen eins, wird hier von einer gewissen Signifikanz gesprochen. Die Homogenität der Basler Niederschlagsreihe ist mittels Betrachtung der Verteilung der Differenzen zu anderen Stationen und mittels der Homogenitätstests nach Abbe, (siehe CONRAD UND POLLACK, 1962), CRADDOCK (1979) und ALEXANDERSSON (1986) untersucht worden. Die Tests sind kurz im Anhang A3 beschrieben. Weiterhin ist noch ein Plausibilitätstest auf die Basler Reihe angewendet worden, wie er in GISLER et al. (1997) beschrieben wurde und der auf SCHÜEPP (1976) zurückgeht. Schliesslich haben wir noch die Methode der Wavelet Analyse auf die Basler Reihe angewendet (FEIGENWINTER et al., 1998), um Einblicke über enthaltene Perioden zu gewinnen.

## 3 Homogenitätsbetrachtungen

Die Entscheidung darüber, ob eine Datenreihe homogen ist oder nicht, lässt sich leider nicht immer so einfach treffen, wie es die (meist extremen) Beispiele in Textbüchern versprechen. Laut PFISTER (1999) "sind die Schweizer Niederschlagsreihen bisher nicht durch Fachmeteorologen homogenisiert worden, so dass Messfehler in den Daten zu vermuten sind." Die hier verwendeten deutschen und französischen Reihen sind wahrscheinlich auch nicht homogenisiert.

Für alle Zeitreihen sind die oben genannten Tests von  $n=1$  bis  $k$ , bis  $n=k-33$  bis  $k$ , durchgeführt worden mit  $n$  dem ersten Jahr der jeweiligen Reihe und  $k$  dem letzten Jahreswert. Der letzte Testwert bezieht sich also jeweils auf eine 34-jährige Reihe. Der absolute Homogenitätstest nach Abbe ist zu Vergleichszwecken auf alle Stationen angewendet worden.

Die Ergebnisse sind in Fig. A3.1 im Anhang A3 graphisch dargestellt. Danach können einzig die Reihen von Karlsruhe und Colmar, und vielleicht noch Neuchâtel, nach Abbe als durchgehend homogen bezeichnet werden. Alle anderen liegen häufig ausserhalb der gestrichelten Linien, die die Ober- und Untergrenze der Abbe'schen Ungleichung darstellen. Der Nachteil dieser Methode ist, dass auch wirklich vorhandene Langzeittrends als Inhomogenität interpretiert werden (RAPP UND SCHÖNWIESE, 1996).

Eine andere Möglichkeit, sich ein Bild über mögliche Inhomogenitäten zu machen, ist, den zeitlichen Verlauf der Differenzen zwischen zwei Stationen zu betrachten. Die Verläufe der Differenzen sind in Fig. A3.2 im Anhang 3 zu sehen gemeinsam mit den jeweiligen Verteilungen der Differenzen. Die Verteilungen sind relativ symmetrisch, mit Maxima um Null. Viel mehr kann man bei so kurzen Zeitreihen auch nicht erwarten. Aber der zeitliche Verlauf weist doch einige Merkmale auf. An allen Stationen zeigen die Differenzen bis um 1900 einen ähnlichen systematischen Verlauf: bis ca. 1875 negativ, dann zunehmend positiv, Maxima um 1890 und um 1900 wieder gegen Null. Das spricht dafür, dass der Grund für die Inhomogenität bei der Basler Reihe liegt, zumal in dieser Zeit passend dazu einige Eingriffe in die Messung stattgefunden haben (siehe Kap. 2.1). Es sind noch eine Reihe anderer Muster zu sehen, die vielleicht anhand der Geschichte der einzelnen Stationen erhellt werden könnten. Gleiches gilt für die in Fig. A3.3 dargestellten prozentualen Abweichungen der Jahressummen von den Mitteln der jeweiligen gesamten Reihen.

Der Test nach ALEXANDERSSON (1986), der im Klima90-Bericht als sehr geeignet für Niederschlagsreihen bezeichnet wird, bestätigt im Prinzip das eben gesagte: bei allen Stationen wird um 1875 bis 1890 eine Inhomogenität angedeutet (Fig. A3.4, Anhang 3). Da Basel als "wahrer Wert" in den Test eingeht, spricht auch dies dafür, dass die Inhomogenität eher bei der Basler Reihe liegt. Ein einfacher Plausibilitätstest, bei dem die Differenz der RR-Tage  $\geq 0.3$  mm minus RR-Tage  $\geq 1$  mm betrachtet wird ist in Fig. A3.5 zu sehen. Offensichtlich gibt es von 1866 bis 1874 Unregelmässigkeiten. In Fig. A3.6 im Anhang 3 ist schliesslich noch das Ergebnis des Tests nach CRADDOCK (1979) dargestellt. Die kumulierten Abweichungen deuten auf eine Inhomogenität in der Basler Reihe hin. Aber man sieht auch, dass die weiteren Verläufe sehr unterschiedlich sind, was auf individuelle Eigenheiten an den Stationen hindeutet.

*Fazit:* Trotz der Ergebnisse der verschiedenen Homogenitätstests zeigt der Vergleich mit anderen Reihen sinnvolle Zusammenhänge. Dies kann sehr schön in Fig. 2 gesehen werden. Lokale Maxima zeigen um 1845 die Reihen von Zürich, Strasbourg und Karlsruhe. Um 1880, 1915 und 1935 sind bei allen Reihen Maxima auszumachen. An allen Stationen ist auch ein markantes Minimum um 1945 zu sehen. Genauso, wie sich im Überblick viele Gemeinsamkeiten erkennen lassen, zeigen sich einige Auffälligkeiten nur an einzelnen Stationen, wie z.B. das starke und breite Maximum in Zürich um 1880 und die ausgeprägten Amplituden in Neuchâtel. Die Basler Reihe beginnt abnehmend, was nur zu Karlsruhe passt.

Bei näherer Betrachtung kommen die Unterschiede mehr heraus. Die Ursachen sind wohl bei der räumlichen Variabilität, in dem Umstand, dass nicht alle Stationen im selben Klimabereich liegen, sowie auch bei den Inhomogenitäten der Messreihen zu suchen.

## 4 Resultate

### 4.1 Zeitreihen

#### 4.1.1 Erster Überblick

In Fig. 3 wird ein erster Einblick über die jährliche Verteilung des Niederschlags und der Anzahl Tage mit Niederschlag in Basel gegeben. Auf die Veränderlichkeit des Sommermaximums und des Winterminimums werden wir weiter unten noch zurückkommen.

#### 4.1.2 Jahressummen

##### 4.1.2.1 Niederschlagsmenge

Der Verlauf der Jahressummen der RR-Mengen und Tage, sowie deren 5- und 11-jährige gleitenden Mittel sind in Fig. 4 oben dargestellt. Generell sei vorausgeschickt, dass die 11-jährigen gleitenden Mittel besser die Änderungen und Trends andeuten, die 5-jährigen dagegen auch kürzere Feucht- oder Trockenperioden hervorheben. Von Jahr zu Jahr variieren die Summen sehr stark. Oft folgen auf kleine Mengen besonders grosse und umgekehrt. Auffallend sind die hohen Werte in der Periode bis 1882. Hier tritt auch der maximale Jahreswert der Reihe auf, nämlich 1257 mm im 1872. Niedrige Summen fehlen ganz. - Es interessierte schon immer die Frage, ob in der Kälte der letzten kleinen Eiszeit auch vermehrt Niederschlag gefallen war. Die Basler Reihe würde das bestätigen. - Auf das erste Minimum um 1884 folgt ein stetiger Wiederanstieg der RR-Mengen über rund 30 Jahre: die Maxima steigen von 924 auf 964 mm und die Minima von 564 auf 624 mm. Grössere Extremwerte bleiben aus. Auf einen markanten Abfall in den 40er Jahren nach der hohen Summe von 1205 mm im Jahr 1939 folgt ein zweiter, unausgeglichener Wiederanstieg. Dieser erreicht aber nicht die Mittelwerte zu Beginn der Reihe. Als kürzere nasse Periode - neben 1866/67 und 1878/80 - fällt 1935-40 auf. In die Trockenperiode von 1943 bis 1949 fallen die tiefen Jahressummen von 573 mm (1943) und 514 mm (1947). Das absolute Minimum findet sich 1921 mit 499 mm, gefolgt von den 501 mm 1953 und den 520 mm 1976. Eine Übersicht über die feuchten und trockenen Extremwerte ist in Tab. A2 im Anhang 2 zu finden.

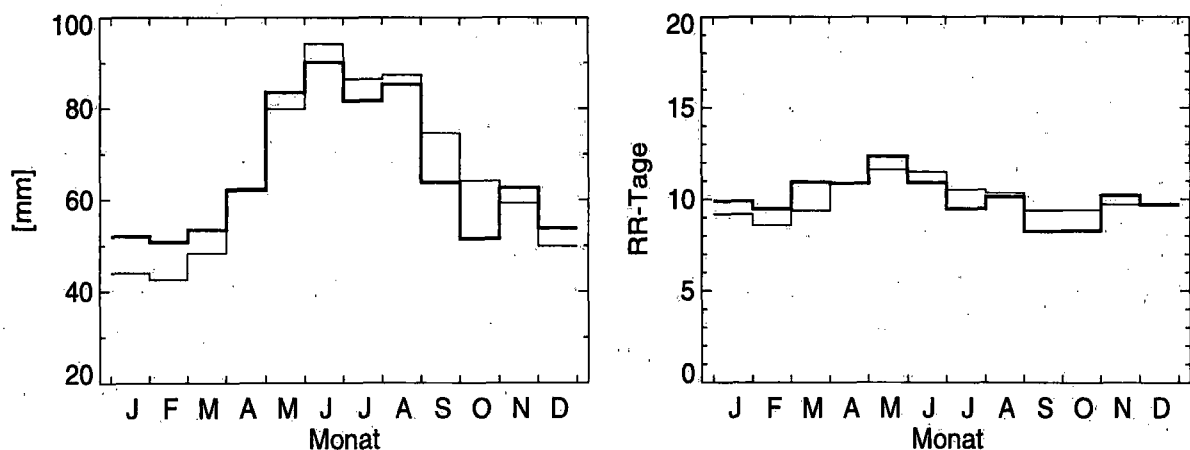


Fig. 3: Mittlere monatliche Niederschlagsmenge (links) und mittlere Anzahl Niederschlagstage pro Monat (rechts) für die Periode 1961-1990 an der Station Basel-Binningen (dicke Linie). Dünne Linie: Werte für die Periode 1871-1990

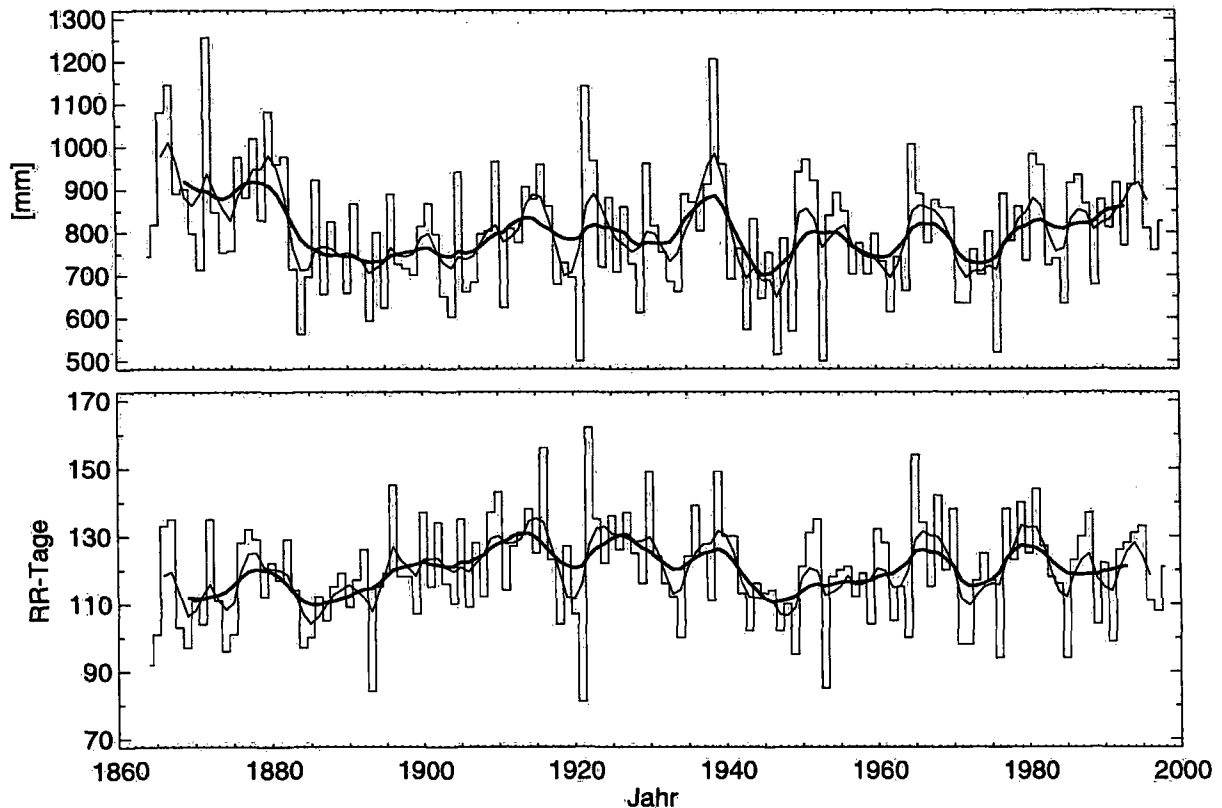


Fig. 4: Verlauf der Jahressummen des Niederschlags (oben) und der Anzahl Niederschlagstage  $\geq 1$  mm (unten) von 1864-1998 gemessen in Basel. Dünne und dicke Linie: 5- und 11-jähriges gleitendes Mittel.

#### 4.1.2.2 Anzahl Niederschlagstage

Ungeachtet der Niederschlagsmenge kann eine Periode auch als feucht oder trocken bezeichnet werden, indem man sich auf die Zahl der Tage mit Niederschlag bezieht, und zwar Tage mit Niederschlag  $\geq 1$  mm<sup>2</sup>. In Fig. 4 unten sind die Jahressummen der Niederschlagstage dargestellt. Die Beobachtungen von Niederschlagstagen sind weniger ortsgebunden als die der Menge. Im Skalenbereich von 10 bis 20 Jahre zeigt sich ein gleichsinniger Verlauf zu den RR-Summen; allerdings machen die RR-Tage die Abnahme zur Jahrhundertwende hin nicht mit, sondern lassen einen Anstieg bis ca. 1920 hin erkennen und fallen in der Mittelkurve denn auch 1912-17 und, nach einem kurzen Unterbruch, 1922-32 als feuchteste Perioden der ganzen Zeitreihe auf. Das Maximum von 1876-1883 beruht auf ausgeglicheneren Monatswerten als jenes der Mengen. Maximale Einzelwerte finden sich erst 1916 mit 156, 1922 mit 162 und 1965 mit 154 Tagen.

MOSER (1984) berücksichtigte in seiner Untersuchung frühere Jahrzehnte und berichtet, dass bereits 10 Jahre vor dem Maximum von 1870 eine feuchte Periode eintrat. Diese feuchte Periode hatte ein vorgängiges Minimum bei ca. 1840, das noch wesentlich tiefer als das von 1884/85 ausfiel.

<sup>2</sup> In grösseren Untersuchungen wird meistens nur mit Niederschlagsmengen  $\geq 1$  mm als Niederschlagstag gearbeitet. Es wird aber offiziell weiter unterschieden nach Tagen mit 0.1 mm (Hartbelagböden benässt) und 0.3 mm oder mehr als definiertem messbarem Niederschlag.

### 4.1.3 Jahreszeitensummen

#### 4.1.3.1 Niederschlagsmengen

In Jahreszeiten aufgelöst zeigen die RR-Summen in Fig. 5 oben, was Fig. 3 bereits erwarten lässt: die Sommerwerte liegen durchwegs am höchsten und sind daher dominant. Es scheint eine kleine Tendenz zu abnehmenden Werten zu bestehen. Beim Frühling kann man einen ähnlichen Verlauf wie bei den Jahressummen sehen: hohe Werte zu Beginn mit starkem Abfall und ab 1880 Wiederanstieg in zwei Perioden von ca. 1892 bis 1922 und 1945 bis 1985. Der Herbst fällt durch sein auf 1875-85 verschobenes Anfangsmaximum auf. Auch hier scheint eine Tendenz zur Abnahme zu bestehen, zumindest bis um 1985, danach erfolgt ein steiler Anstieg. Fast spiegelbildlich werden seine niedrigen Werte bis zum Ende der Reihe von den maximalen Werten des Winters zum Teil ausgeglichen. Dessen niedrige Werte zu Beginn widersprechen den Anfangsmaxima der anderen Jahreszeiten. Die Winterwerte sind fast ausnahmslos die niedrigsten und es zeichnet sich insgesamt ein deutlicher Trend zur Zunahme der Winterniederschläge ab. Auf Trendbetrachtungen werden wir später zurückkommen.

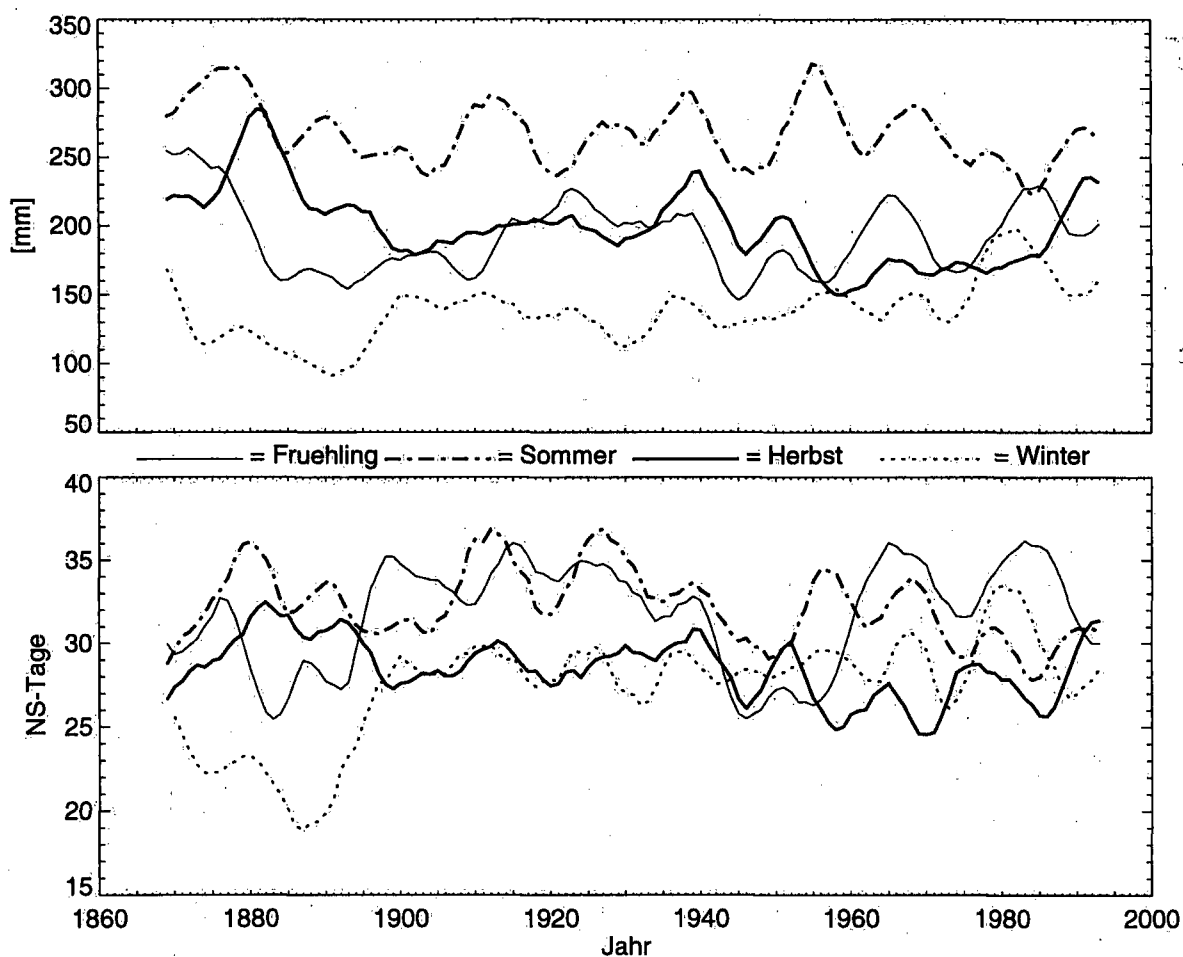


Fig. 5: Verlauf der Jahreszeitensummen als 11-jährige gleitende Mittel der Niederschlagsmenge (oben) und der Anzahl Niederschlagstage  $\geq 1$  mm (unten) von 1864-1998 gemessen in Basel. F=MAM, S=JJA, H=SON, W=DJF.



#### 4.1.3.2 Anzahl Niederschlagstage

In Fig. 5 unten sind die Anzahl RR-Tage nach Jahreszeiten aufgegliedert dargestellt. Auffällig ist sicherlich das starke winterliche Minimum um 1885, was mit einem Minimum in der Menge einher geht. Danach verlaufen die Winterwerte relativ konstant bis zum Maximum um 1980. Ein Trend nach dem Minimum, wie z.B. entsprechend bei der Menge, deutet sich hier nicht an. Relativ grosse Schwankungen legt der Frühling an den Tag. Nach einem im Vergleich zum Winter etwas vorgezogenen Minimum zeigen die Werte nach 1945 ein etwa 10 Jahre breites Minimum. Anders als bei den Mengen erreichen die RR-Tage im Frühling um 1965 und 1980 die höchsten Werte im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten. Die Sommerwerte zeigen ähnlich wie bei der Menge eine abnehmende Tendenz in den letzten 50 Jahren. Ebenso wie beim Sommer treten beim Herbst um 1880 und danach maximale Werte auf. Die Gegenläufigkeit zu den anderen beiden Jahreszeiten spricht für eine Verlagerung des Niederschlagsgeschehens innerhalb der Jahre in diesem Zeitraum. Bei den RR-Tagen ebenso wie bei der Menge scheint bei den Herbstwerten eine abnehmende Tendenz vorzuliegen. Generell finden sich immer wieder Phasen von Zu- und Abnahmen. Aber ein durchgehender und gar stetiger Trend über die ganze Reihe ist mit Ausnahme des Winters bei den RR-Mengen kaum auszumachen.

#### 4.1.4 Zusammenschau

##### 4.1.4.1 Niederschlagsmenge

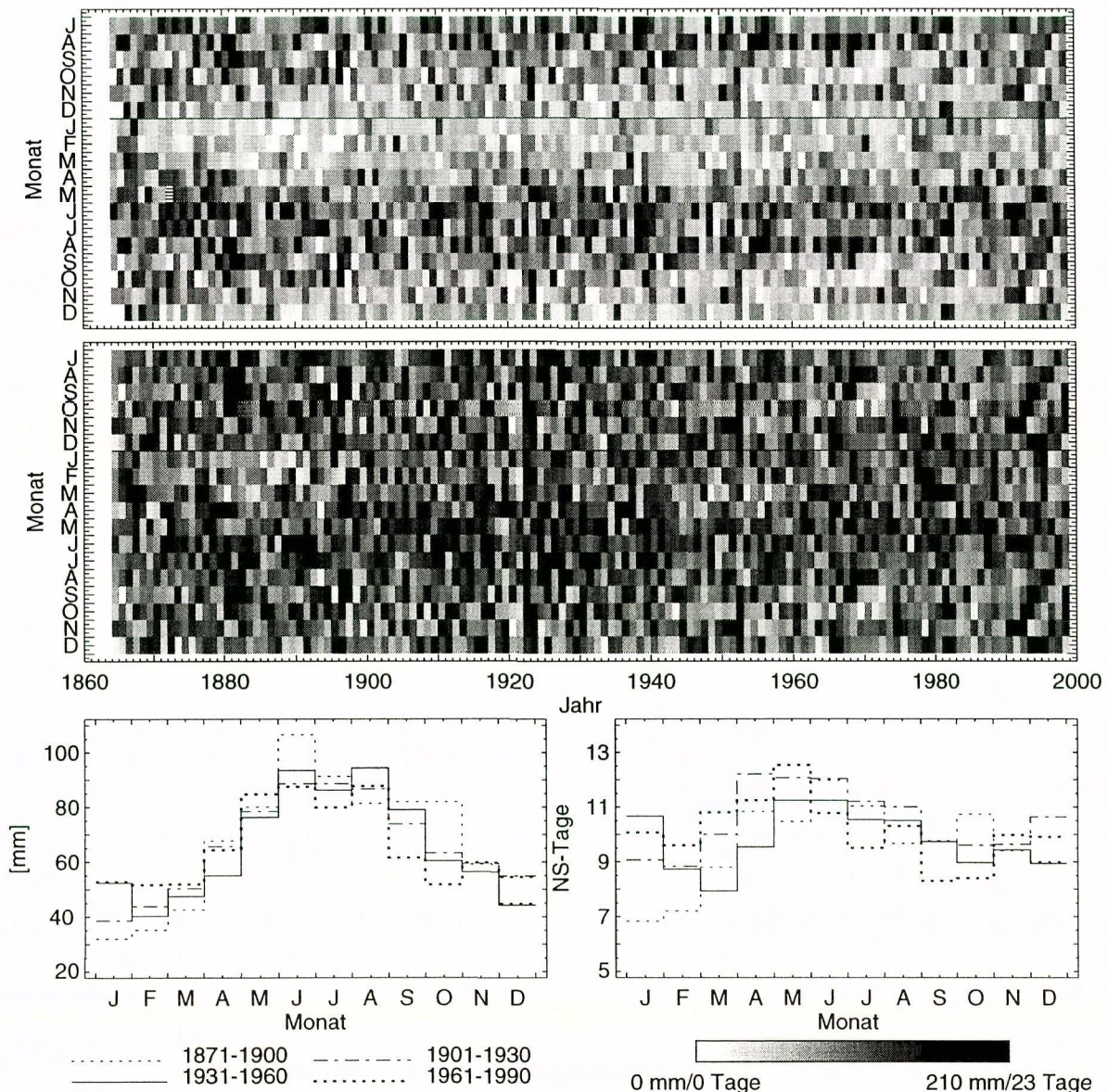
In einer Rasterdarstellung wird der monatliche Verlauf der RR-Menge noch einmal zusammengefasst (Fig. 6 oben). Helle Töne entsprechen niederschlagsarmen und dunkle Töne niederschlagsreichen Monaten. Die Darstellung ist oben um ein halbes Jahr ergänzt, damit ein volles Jahr am Stück betrachtet werden kann.

Klar ist als Muster der Gegensatz trockener Winter - feuchter Sommer zu erkennen. Die Gegensätze trocken - feucht erscheinen um die Jahrhundertwende stärker und werden in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts schwächer. Dies kann auch schön in der Annäherung der Winter- und Sommerniederschläge in Fig. 5 oben beobachtet werden. Man kann in dem Muster periodisches Schwanken der trockenen und feuchten Phasen erkennen, und zwar beides: Verschiebungen der Maxima und Minima innerhalb eines Jahres und mit den Jahren. Dies kommt in Fig. 6 unten links zum Ausdruck. Hier sind die monatlichen Mittelwerte für vier 30-jährige Bezugsperioden dargestellt. Auch wenn es im Winter im Mittel trocken und im Sommer nass bleibt, führen langjährige Schwankungen dazu, dass Mittelwerte einzelner Monate je nach Bezugszeitraum stark schwanken können. So zeigt der Oktober gefolgt vom Januar, Juni und September die grösste Spannbreite mit ca. 30 mm. Bemerkenswert ist auch die Konstanz der Mittelwerte der Novemberriederschläge: sie variieren nur innerhalb 3 mm. Extremereignisse konzentrieren sich auf die feuchte Jahreszeit. Insgesamt zeigen sich recht unterschiedliche mittlere monatliche Jahrgänge. Die erste Periode fällt durch einen stetigen Anstieg vom tiefsten Wert im Januar zum höchsten im Juni auf. Der Abfall im Herbst verzögert sich bis in den Oktober. Die zweite Periode beginnt mit etwas höheren Summen und steigt an bis zum niedrigsten Juniwert, der dann über drei Monate praktisch konstant bleibt. Im Herbst gehen die Summen langsam zurück. Die dritte Periode überrascht durch einen nasserem Dezember als Januar und Februar. Über zwei Stufen geht es zu einem Doppelmaximum im Sommer, und über eine wieder zurück zum Herbst. Die letzte Periode ist

praktisch zweigeteilt: maximale Summen um 80 mm von Mai bis August, minimale zwischen 50 und 60 mm von Oktober bis März.

4.1.4.2 Anzahl Niederschlagstage

Betrachten wir die Rasterdarstellung der Anzahl RR-Tage (Fig. 6, Mitte), so sieht man, dass sich trockene und feuchte Perioden nicht so klar gruppieren. Die Schwankungen erscheinen zufälliger verteilt. Es lässt sich zwar eine Häufung von Monaten mit relativ vielen RR-Tagen von April bis Juli ausmachen, und Minima gruppieren sich eher von Januar bis März, aber der Verlauf von Monatsmitteln ist im Vergleich zur Menge flach und uneinheitlich. Das Gesamtmittel zeigt folglich auch kaum einen Jahresgang (Fig. 3). Dagegen sind, bezogen auf die einzelnen 30-jährigen Perioden, gewisse Eigenheiten zu erkennen. In der ersten Periode gibt es eine ausgeprägtes Minimum im Januar und Februar und eine Maximum im Juni. Die zweite



**Fig. 6:** Monatssummen des Niederschlags (oben) und monatliche Anzahl Niederschlagstage  $\geq 1$  mm (Mitte) von 1864-1998 gemessen in Basel. Unten links mittlere Monatssummen und unten rechts mittlere monatliche Anzahl Niederschlagstage für angegebene Zeiträume.

Periode verläuft relativ flach, nur beginnt das breite Sommermaximum schon im April und Mai, die wenig höher sind als die Werte vom Juli und August. Überraschend schiebt sich im Dezember ein sekundäres Maximum ein. Die dritte Periode ist ebenfalls relativ flach, beginnend mit dem höchsten Wert in diesen vier Perioden und mit einem Minimum im April. Das Maximum von Mai/Juni ist nur wenig höher als der Januar. In der 4. Periode kommt das Maximum isoliert auf den Mai zu liegen. Viel rascher als bei den Mengen geht die Zahl der Tage bis Oktober (Ausnahme: August) zurück. Die grösste Variabilität ist insgesamt im Januar zu finden, da kann der Wert zwischen 7 und 11 Tagen im Mittel schwanken. Der November legt auch bei der Anzahl RR-Tage die grösste Konstanz an den Tag: im Mittel regnet es immer an knapp zehn Tagen.

#### 4.2 Jahresgang des Niederschlags

An dieser Stelle pflegen Klimatologen Jahresgänge oder anders ausgedrückt Singularitäten des zur Diskussion gestellten Elementes einzuschieben. In der ersten Hälfte des Jahrhunderts war dieses Vorgehen bei Analysen der Temperatur weit verbreitet, und Regeln standen bald in grossen Zügen fest: Eisheilige in der zweiten Mai-Dekade, Schafskälte als Kaltluftrückfälle vor allem im Juni, grosse Hitze bzw. Hundstage Ende Juli/Anfang August, Altweibersommer mit stabiler Hochdrucklage im Oktober, Weihnachtstauwetter schmolz den ersten Schnee wieder weg und grosse Kälte war im Januar/Februar zu erwarten. In der Verschiebung um einige Tage war man grosszügig. BIDER (1936, 1957) hat für Basel auch die Singularitäten des Niederschlags mit betrachtet. Nach seinen Berechnungen fielen die Maxima in die erste März-Dekade, auf Mitte April bis Mitte Juni und nochmals Ende Oktober. Die Minima lagen Ende Juli/Anfang August, nochmals Ende August sowie Mitte März und Mitte Mai. Er deutet dies damit, "dass die allgemeine Zirkulation säkularen Änderungen" unterliegt. Nun, da wir auf 135 Messjahre zurückblicken können, sehen die Resultate anders aus<sup>3</sup>. Der Jahresgang mittlerer monatlicher RR-Summen wurde ja bereits besprochen. In Fig. 7 sind die Jahresgänge der mittleren täglichen RR-Summen und RR-Tage dargestellt. Je grösser man die Auflösung bei einem Klimaelement wie dem Niederschlag wählt, desto eher drohen Zusammenhänge wieder zu entschwinden. Trotzdem zeigt sich in Fig. 7 noch die Verteilung Winter feucht im Sommer nass. Das absolute Maximum tritt mit ca. 3.5 mm Anfang Juni ein. Bis Mitte/Ende August erfolgt eine langsame Abnahme und ab dann eine stetige Abnahme zum Winterminimum um 1.5 mm. Bis Mitte März bleiben die Werte auf diesem Niveau, um dann wieder auf den Maximalwert anzusteigen.

Bei dem Anteil RR-Tage ist kein ausgeprägter Jahresgang auszumachen, wohl gibt es aber eine leichte Erhöhung beginnend mit April bis Ende Juli von ca. 30 auf knapp 40 %. Die kleineren Periodizitäten zeigen eine Gleichsinnigkeit mit der RR-Menge, sind aber von der Amplitude her ausgeprägter. Die vielen kleinen Wellenbewegungen zu interpretieren, oder ihnen gar Singularitäten zuzuordnen, wäre zu weit gegangen. Und doch möchten wir noch bemerken, dass es einige Auffälligkeiten gibt: das Maximum bei Menge und Anzahl Ende

---

<sup>3</sup> Ch. Urfer: Schon in der Arbeit "Klima in der Schweiz 1901-1960" hatte mich verwirrt, dass in verschiedenen Perioden die Jahresgänge der RR-Tage ihre Maxima und Minima in anderen Monaten hatten. Diesem Phänomen kann mit 4 Perioden zu 30 Jahren nachgegangen werden (Fig. 5).

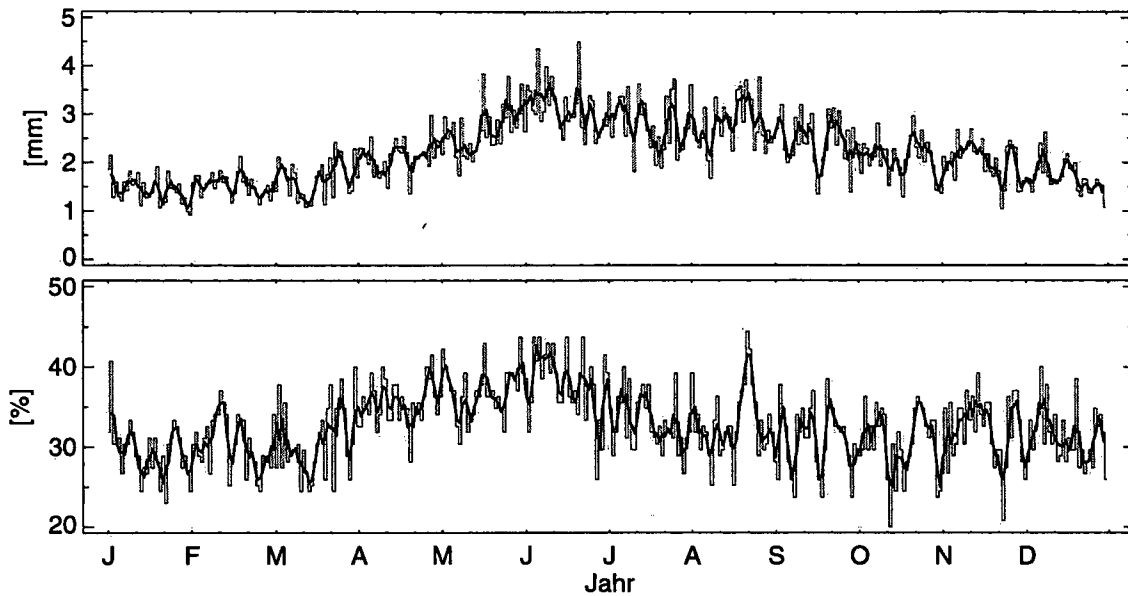


Fig. 7: Jahresgang der mittleren täglichen RR-Menge (oben) und des Anteils an RR-Tagen für den Zeitraum 1864-1998. Dicke Linien: 3-jährige gleitende Mittel.

August, das Minimum Mitte September und auch noch die Minima bei der Anzahl RR-Tage im Oktober, Anfang und Ende November.

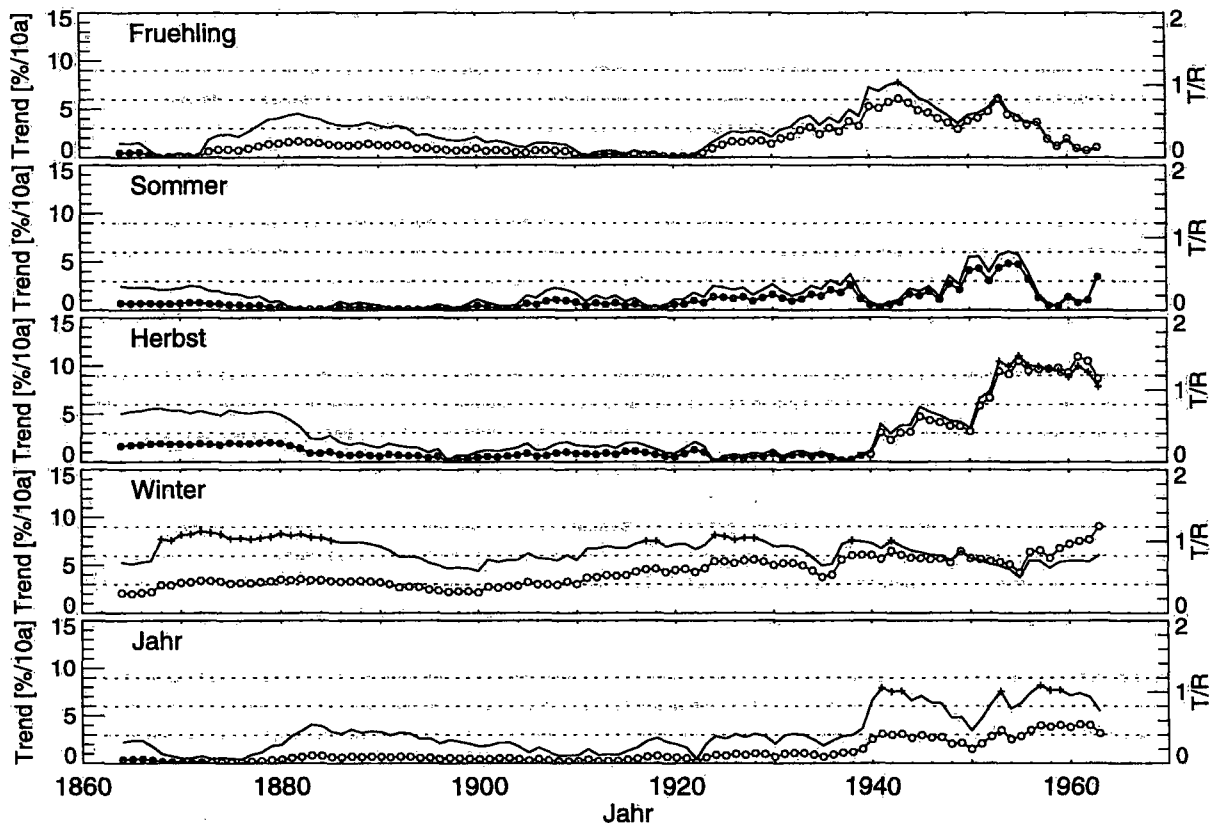
Gesamthaft kann man auch aus der Betrachtung der mittleren täglichen Werte (vergleichbar wie z.B. die der Sonnenscheindauer in SCHÜEPP UND URFER (1994)) in Zusammenschau mit den mittleren monatlichen Jahresgängen aus Fig. 6 auffallende säkulare Änderungen ablesen, die wir aber wegen ihrer kurzen zeitlichen Erstreckung als Klimapendelungen bezeichnen möchten. GRÜTTER (1966) stellte fest, dass dieselben Wetter- und Niederschlagstypen im selben Jahr mehrmals vorkommen, und sich dann über Jahrzehnte nicht mehr wiederholen. Diese willkürlichen Abläufe müssen wir als gegeben hinnehmen, auch wenn sie Gesetzmässigkeiten in der Phänologie umstürzen, uns zum Umdenken in unseren Handlungen zwingen oder - wie in jüngster Zeit - geschäftlichen Interessen im Tourismus zuwiderlaufen. Umgekehrt begreifen wir dadurch heute besser, weshalb in Land- und Forstwirtschaft vor etlichen Jahrzehnten noch andere Vorschriften gegolten haben.

### 4.3 Trendbetrachtungen

Da in verschiedenen Arbeiten (siehe Einleitung) für den Basler Raum Trends in der RR-Menge festgestellt wurden, interessiert nun, wie sich die Daten der vorliegenden Reihe verhalten, da die Trends in den genannten Studien aus Flächenmitteln abgeleitet wurden.

Eine zusammenfassende Darstellung der Trendsuche mittels linearer Regression wird in Fig. 8 gegeben. Dabei sind wieder die Jahreszeiten und die gesamte Reihe separat untersucht worden.

Es bestätigt sich markant, was bereits in Fig. 6 oben zu erkennen war: im Winter finden wir einen durchwegs positiven Trend mit wechselnder Signifikanz. Es zeigen sich bis knapp 1890 signifikante Trends um 3 %, was auf 100 Jahre bezogen den Werten von RAPP UND SCHÖN- WIESE (1996) und in etwa WIDMANN UND SCHÄR (1997) entspricht, aber zum Zeitpunkt des Beginns von deren Messreihen (1891, 1901) liegt das Trend zu Rausch-Verhältnis ( $T/R$ ) unter



**Fig. 8:** Lineare Trends berechnet nach der Methode der kleinsten Quadrate. Trendangabe in Prozent bezogen auf 10 Jahre und Mittelwert der jeweiligen Zeitreihe (linke y-Achse). ● = negativer, ○ = positiver Trend. + = Trend zu Rausch-Verhältnis > 1 (Rauschen = Standardabweichung der jeweiligen Reihe, Trend:  $(\hat{a}_1 - \hat{a}_n) / \bar{a}$  erster minus letzter Wert der Trendgeraden geteilt durch Mittelwert in % bezogen auf 10 Jahre) (rechte y-Achse). Die Trends wurden aus Zeitreihen berechnet, die von  $n=1864$  bis 1963 bis jeweils 1998 liefen, d.h. die längste ist 135 und die kürzeste Reihe ist 35 Jahre lang. Beispiel: bei einem Trend von 3 % und einem mittleren RR von 800 mm nimmt dieser in 100 Jahren von 680 auf 920 mm zu. Bezogen auf 100 Jahre hiesse das ein Trend von 30 %.

eins. Für Sommer und Herbst ergeben sich überwiegend negative Trends bei geringem  $T/R$ . Markant ist die Umkehr des Trends für die Herbstwerte nach 1940 mit zunehmend hohen und stellenweise signifikanten Werten. Der Frühling zeigt einen positiven, wenig signifikanten Trend, ausser vielleicht ab 1940, wo ein erhöhter Trend mit erhöhten  $T/R$ -Werten einher geht.

In der Überlagerung ergibt sich für das ganze Jahr nicht signifikant ein negativer Trend bis 1872. Nach einem Vorzeichenwechsel liegen die Werte um 1 % bis 1940. Danach steigen die Trendwerte und liegen stellenweise signifikant um 3 %.

Wie man sieht, beeinflusst die Wahl des Zeitraums die Ergebnisse. Dies ist nicht weiter verwunderlich, bedenkt man die mehrjährig periodischen Schwankungen, die in den Zeitreihen enthalten sind (Fig. 2). Es ist auch klar, dass die Trendwerte nicht zur Extrapolation geeignet sind, da sie immer nur für den jeweiligen Zeitraum gelten. Dies soll mit Fig. A4.2 verdeutlicht werden, in der die Trends für die Zeiträume beginnend mit 1864-1900 bis 1864-1998 dargestellt sind. Von 1900 bis 1920 hätte man besorgniserregend hohe negative Trends festgestellt.

Für die Reihe 1940 bis 1998 lässt sich also - bezogen auf diese knapp 60 Jahre und mit  $T/R > 1$  - ein positiver Trend von knapp 20 % angeben, der vor allem auf Winterwerte und etwas weniger auf Frühlingwerte zurückzuführen ist. Im Vergleich zu länger zurück liegenden Zeitpunkten können - bezogen auf Jahressummen - mit der Basler Reihe keine grösseren Veränderungen festgestellt werden.

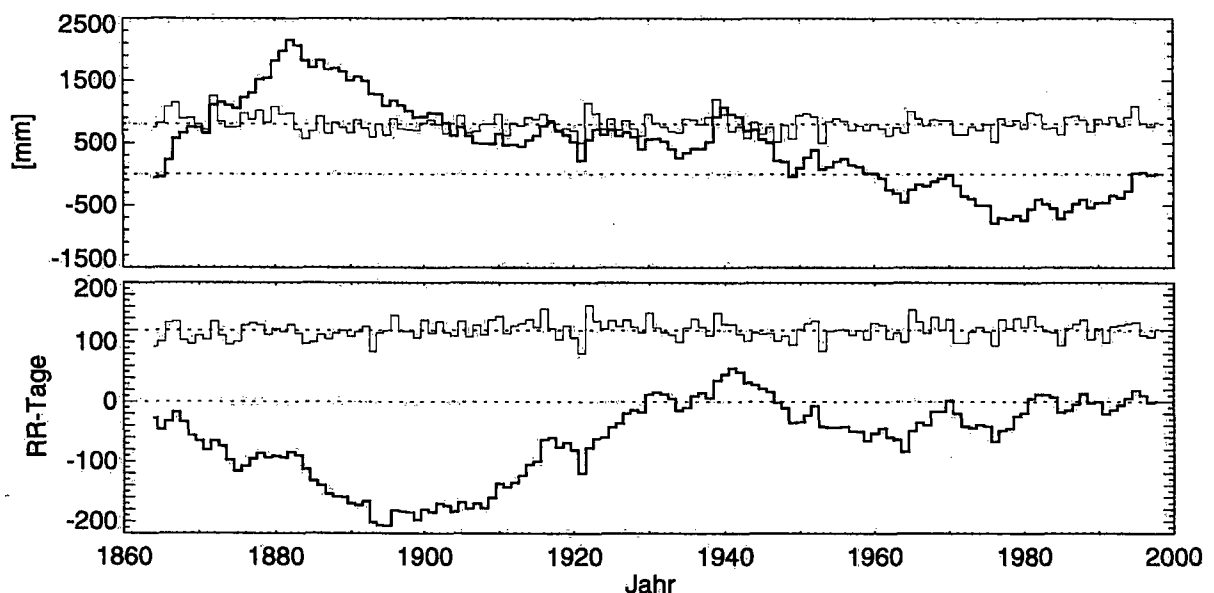
In Tab. 2 werden Trendwerte der Basler Reihe mit fünf Stationen im weiteren Umfeld verglichen. Die Auswahl wurde nicht zuletzt durch die Verfügbarkeit der Daten bestimmt. Die Auflistung der Trends als Dekadenmittel soll den Überblick erleichtern. Allen Stationen gemeinsam ist, dass sich ab ca. 1940 Veränderungen einstellen, d.h. dass die Trendbeträge meist grösser werden (siehe auch Fig. A4.1). Insbesondere im Herbst und etwas weniger im Frühling treten grössere positive Trendwerte auf. Dies liegt auch an den niedrigen RR-Werten, die um 1945 an allen Stationen gemessen wurden (Fig. 2). Der Sommer fällt auf durch zwar nicht signifikante, aber überwiegend negative Werte, während im Winter positive Trends mit höheren  $T/R$ -Werten vorherrschen. In den Jahressummen gleichen sich die Verhältnisse

**Tab. 2:** Dekadenmittel der Trendwerte in % pro 10 Jahre. Unter der Spalte 1873 stehen die Mittelwerte der Trends der Reihen beginnend von 1864 bis 1873 und jeweils 1998 endend. Bei kursiven Werten ist das Trend zu Rauschverhältnis grösser 0.8.

<i>Frühling</i>	1873	1883	1893	1903	1913	1923	1933	1943	1953	1963
Zürich	-1.0	-0.2	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	3.2	2.4	-1.2
Neuchâtel	-0.6	-0.2	0.0	-0.8	-1.3	-1.3	0.2	3.1	<b>3.8</b>	-1.1
Luzern	0.2	0.4	0.3	0.6	1.0	1.1	1.5	<b>3.6</b>	<b>2.9</b>	0.4
Basel	-0.1	1.2	1.3	0.8	0.4	0.1	1.7	4.0	4.5	2.4
Strasbourg	0.7	1.5	1.6	1.5	1.6	2.4	4.2	<b>7.1</b>	<b>7.3</b>	<b>5.3</b>
Karlsruhe	0.8	1.1	1.1	0.7	0.8	1.0	1.5	3.5	5.0	1.4
<i>Sommer</i>										
Zürich	-0.5	-0.1	0.6	0.7	0.4	0.8	0.2	0.7	-1.0	-1.8
Neuchâtel	-0.7	-0.9	-0.8	-0.6	-1.2	-0.7	-2.5	-1.1	-2.5	-4.9
Luzern	-0.2	-0.1	0.2	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	1.0	-1.6
Basel	-0.7	-0.3	-0.1	-0.2	-0.7	-0.5	-1.2	-1.3	-2.7	-2.2
Strasbourg	-0.1	-0.2	-0.2	-0.4	-1.0	-1.0	-2.7	-2.3	-1.9	1.7
Karlsruhe	-0.7	-0.5	-0.4	-0.8	-1.3	-1.1	-1.9	-1.8	-2.4	-2.8
<i>Herbst</i>										
Zürich	-1.2	-0.8	0.4	1.2	1.1	0.5	-0.2	0.4	1.5	1.8
Neuchâtel	-0.4	-0.6	0.3	0.5	-0.6	-1.1	-1.3	-0.7	3.3	<b>6.3</b>
Luzern	-0.9	-1.1	-0.3	0.4	0.7	0.5	0.3	0.9	2.4	<b>3.9</b>
Basel	-1.7	-1.6	-0.7	-0.4	-0.8	-0.9	-0.5	0.6	4.9	<b>9.8</b>
Strasbourg	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-1.2	-0.3	2.2	4.9	<b>8.5</b>	<b>12.5</b>
Karlsruhe	-0.6	-1.0	-0.6	-0.6	-1.5	-2.0	-0.3	1.9	5.7	7.9
<i>Winter</i>										
Zürich	1.9	1.9	2.3	1.8	1.7	2.0	2.1	0.3	-1.7	-2.6
Neuchâtel	2.6	2.5	2.2	0.8	0.3	0.8	0.4	-1.2	-1.6	-3.0
Luzern	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	2.1	2.1	2.2	2.0	1.7	0.6	0.7
Basel	<b>2.8</b>	<b>3.4</b>	<b>3.2</b>	2.5	<b>3.3</b>	<b>4.4</b>	<b>5.3</b>	<b>5.4</b>	5.7	6.6
Strasbourg	0.6	0.6	0.6	0.3	0.0	1.2	2.8	3.9	4.0	5.4
Karlsruhe	<b>2.1</b>	1.9	2.0	1.6	1.6	2.1	2.4	1.8	2.3	5.4
<i>Jahr</i>										
Zürich	-0.3	0.1	0.8	1.0	0.9	1.0	0.7	1.2	0.3	0.8
Neuchâtel	0.1	0.1	0.3	-0.0	-0.7	-0.5	-0.9	-0.1	0.5	-0.7
Luzern	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.9	0.8	1.4	0.9	0.5
Basel	-0.2	0.4	0.7	0.5	0.3	0.5	0.9	1.8	2.5	<b>3.6</b>
Strasbourg	0.2	0.3	0.3	0.2	-0.2	0.5	1.1	<b>2.9</b>	<b>4.0</b>	<b>6.1</b>
Karlsruhe	0.3	0.3	0.4	0.1	-0.2	-0.1	0.2	1.1	2.4	2.6

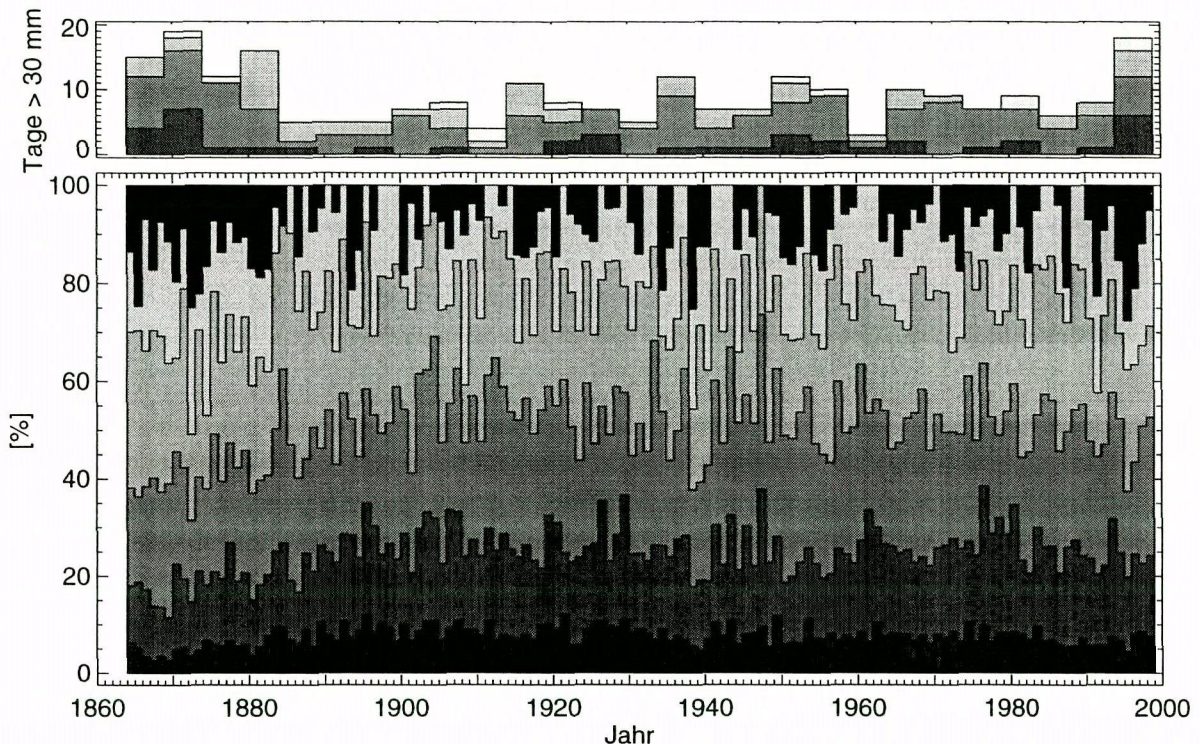
wieder etwas aus. Die Trends sind zwar überwiegend positiv, aber wenig signifikant. Einzig Strasbourg, in abgeschwächter Form Karlsruhe und wie bereits erwähnt Basel zeigen ab ca. 1940 deutliche positive Trends für Jahreswerte um 3 % pro 10 Jahre. Im Anhang in Fig. A5.1 unten ist die RR-Reihe Mittelland auf enthaltene Trends untersucht worden. So tritt zwar im Winter anfangs eine 15 %ige Zunahme bezogen auf 100 Jahre auf, in den letzten 60 Jahren herrscht aber eher ein abnehmender Trend vor. Die Mittelwerte von 4 Stationen zeigen überwiegend ausgeglichene unbedeutende Trendwerte. Einzig die Herbste der letzten 50-60 Jahre weisen eine deutliche Zunahme auf.

Zurück zur Basler Reihe. Eine andere Möglichkeit der Trendbetrachtung ist, sich die kumulierten Differenzen vom Mittelwert aufzuzeichnen. Ist die Reihe stationär bzw. sind keine kurz- oder längerfristigen Trends enthalten, dann sollte die Summenkurve der Differenzen nicht allzusehr von Null abweichen. In Fig. 9 sind solche Summenkurven für die RR-Menge und die RR-Tage dargestellt. Bis 1880 liegen die Jahreswerte offensichtlich systematisch über dem Gesamtmittelwert. Bis 1910 nehmen die Werte wieder ab, bleiben bis 1950 über und bis zum Ende unter der Nulllinie. Bei den RR-Tagen zeigt sich zumindest am Anfang eine gewisse Gegenläufigkeit. Ab ca. 1930 scheinen die RR-Tage verhältnismässig konstant zu sein. Letztlich deutet uns die Betrachtung in Fig. 9 auch nur an, dass längerperiodische Schwankungen in der Niederschlagsreihe enthalten sind.



**Fig. 9:** Verlauf der RR-Jahressummen (oben) und der Anzahl RR-Tage (unten) von 1864-1998 und die entsprechenden Summenkurven der Abweichung vom Mittelwert über den Gesamtzeitraum (804.2 mm, 119.8 Tage).

Weiterhin ist von Interesse, ob sich in der Niederschlagsstruktur etwas geändert hat: sind z.B. extreme RR-Ereignisse häufiger geworden? COURVOISIER (1998) berichtet von einer signifikanten Zunahme der Starkniederschläge ( $\geq 70$  mm) im letzten Viertel dieses Jahrhunderts auf der Alpennordseite und in den inneren Alpen. Wir sind für die Basler Reihe dieser Frage nachgegangen und aufgrund der geringeren Niederschlagsmengen haben wir die Schwelle  $\geq 30$  mm pro Tag verwendet. In Fig. 10 oben sind die Pentadenwerte mit Unterteilung nach Jahreszeiten zu sehen. Nach anfänglich hohen Werten trat ab 1884 eine Beruhigung ein und



**Fig. 10:** Oben: Anzahl RR-Tage  $\geq 30$  mm pro Tag und Pentade. Von dunkel nach hell sind Frühling bis Winter. Unten: Verlauf der jährlichen prozentualen Verteilung der Tageswerte des Niederschlags von 1864-1998. Von unten nach oben: 0-2 mm, 2-5 mm, 5-10 mm, 10-18 mm, 18-30 mm,  $> 30$  mm.

ab dann pendelten die Werte um  $7.5 \pm 2.5$  pro Pentade ein. Einzig die letzte Pentade fällt durch den insgesamt zweithöchsten Wert mit 18 Ereignissen auf. Bis auf wenige Ausnahmen ist es der Sommer, in dem grössere Tagesmengen gemessen werden, was auf den konvektiven Ursprung der Niederschläge schliessen lässt. Der Frühling trägt nur in den ersten zwei und in der letzten Pentade mit 4 und mehr Tagen bei. Periodisch sind im Herbst mehr Ereignisse zu verzeichnen, aber insgesamt lässt sich keine Veränderung zwischen den Jahreszeiten ablesen. Im Winter treten wenig bis gar keine Fälle auf. Die Zunahme in den letzten fünf Jahren ist auf die gleichzeitig grössere Anzahl im Frühling und im Herbst zurückzuführen.

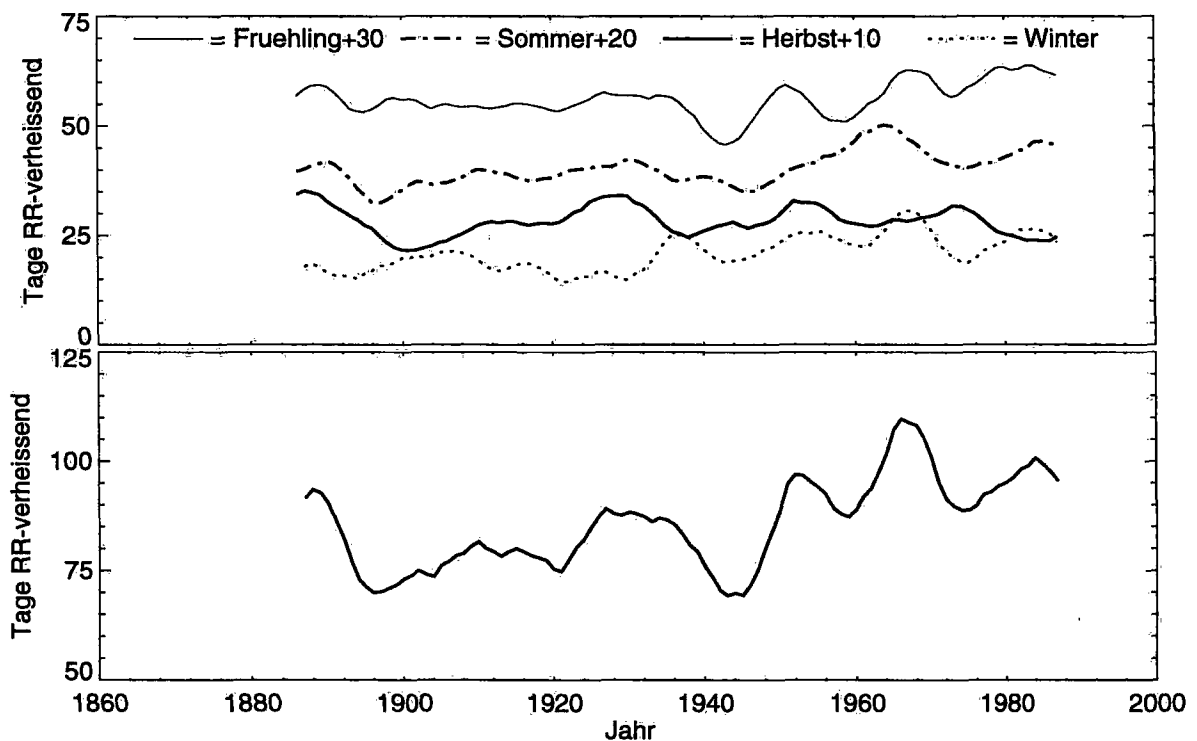
In Fig. 10 unten ist der Verlauf der jährlichen prozentualen Verteilung der RR-Mengen pro Tag zu sehen. Die hohen RR-Werte bis 1885 gingen offensichtlich einher mit relativ häufigeren starken RR-Ereignissen. Es lässt sich keine ausgesprochene Veränderung in der Niederschlagsstruktur ausmachen. Immer wieder treten kleine Abweichungen auf. Z.B. reduzierte Anteile mit Ereignissen  $> 30$  mm um 1900, 1910, 1940 und 1980 und Perioden mit einem erhöhten Anteil zu Beginn und aktuell um 1995. Bemerkenswert ist die Konstanz im Mittel mit der überlagerten Variabilität.



#### 4.4 Vergleich mit Wetterlagenstatistik

Über Wetterlagen existiert eine längere Statistik<sup>4</sup> (HESS UND BREZOWSKY 1977), die beim Deutschen Wetterdienst fortgeführt wird. Von daher interessiert ein Vergleich mit der Basler Niederschlagsreihe. Ähnlich wie andere Autoren, die sich die Frage stellten, bei welchen Wetterlagen Niederschläge, insbesondere Starkniederschläge, auftreten (u.a. GRÜTTER 1966, BIDER 1957, BIDER UND KRAMER 1960, MOSER 1984), soll auch hier der Zusammenhang zwischen Niederschlag verheissenden Wetterlagen und gemessenen Niederschlägen näher betrachtet werden. Folgende Lagen wurden als "Niederschlag verheissend" festgelegt (=RR-Lagen):<sup>5</sup>

WS    NWZ    TM    NZ    HNZ    TRM    HNFZ    TRW



**Fig. 12:** Tage mit RR-verheissende Wetterlagen pro Jahr gegliedert nach Jahreszeiten (oben) und für das ganze Jahr. Dargestellt sind 11-jährige gleitende Mittel. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind Frühling, Sommer und Herbst jeweils um die angezeigten Werte versetzt dargestellt.

Die Lagen stimmen weitgehend überein mit der Auswahl von MOSER (1984) und von BIDER UND KRAMER (1957). Nur wenn es um grosse Regenmengen geht, verlieren die WS-Lagen (wegen lokalem Föhn) und die NWZ-Lagen (nicht besonders feuchte Luftmassen) an Bedeutung. MOSER arbeitete mit Anströmrichtungen, wobei auch für ihn W und SW-Lagen bedeutender sind als SW-Advektion.

<sup>4</sup> Begänne die Schüepp'sche Statistik früher als 1955, so wäre diese für eine Schweizer Station vorgezogen worden. Die erste Autorin hatte Gelegenheit, bei Prof. M. Schüepp bei einer rückwärtigen Klassifikation mitzuarbeiten und Erfahrung bei der nicht immer einfachen Zuordnung einer Wetterlage für 24h zu sammeln.

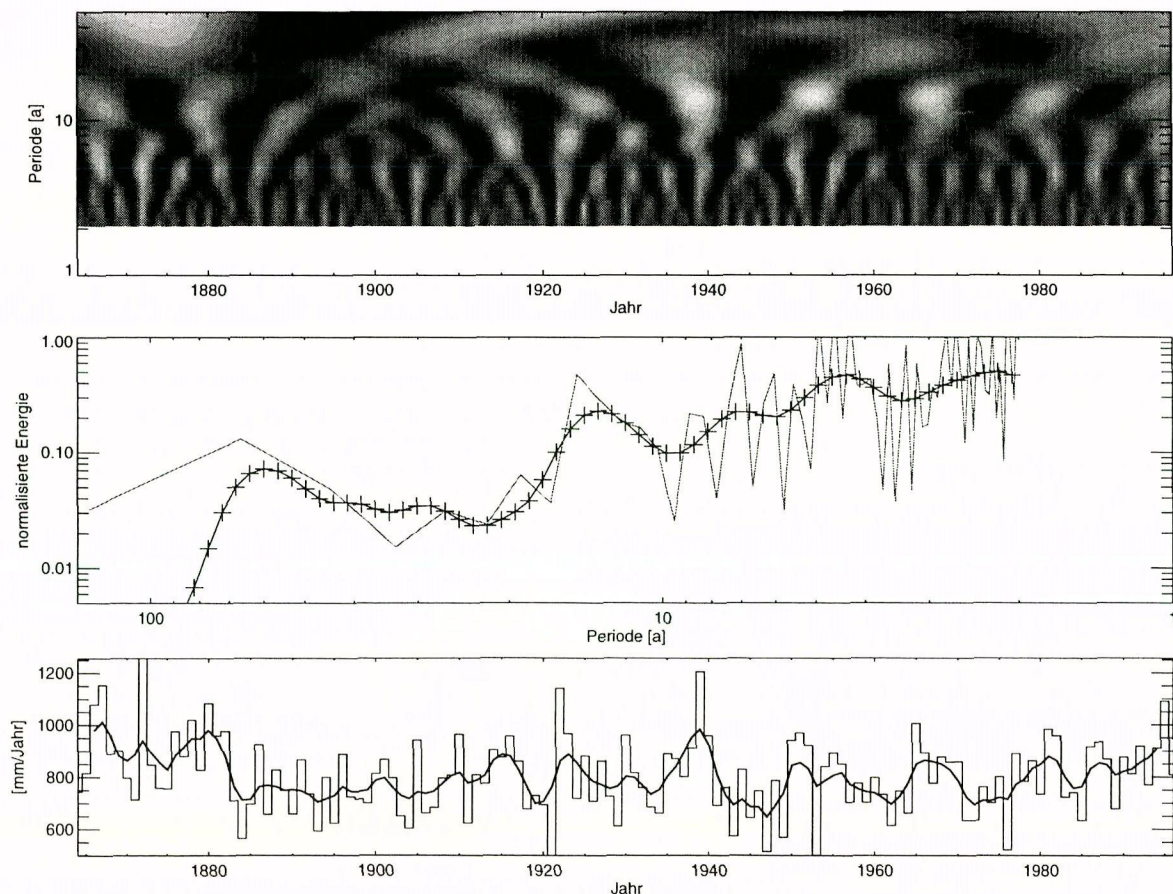
<sup>5</sup> Für die freundliche Mithilfe von Dr. G. Gensler sei an dieser Stelle gedankt.

Im Anhang A6 wird graphisch ein Überblick gegliedert nach Monaten über die Verläufe Monatssummen des Niederschlags, der RR-Tage und der Tage mit Niederschlag verheissenden Lagen gegeben und es findet sich dort auch eine Beschreibung dazu.

In Fig. 12 sind die RR-Lagen gegliedert nach Jahreszeiten und für das ganze Jahr als 11-jährige gleitende Mittel zu sehen. Die RR-Lagen verteilen sich relativ gleichmässig auf die Jahreszeiten. Bei den Jahreswerten zeichnet sich ein positiver Trend ab, der sich aus den leicht zunehmenden Frühlings-, Sommer- und Winterwerten zusammensetzt. Insgesamt sind gewisse Ähnlichkeiten mit dem Verlauf der RR-Jahressummen auszumachen: Minimum nach 1940, Wellenberge um 1930, nach 1950 und um 1970.

#### 4.5 Wavelet-Betrachtung

Periodizitäten in der Niederschlagsreihe sind offensichtlich und es interessiert daher, dies "objektiv" quantifizieren zu können. HU et al. (1998) untersuchen diese interdekadische Variabilität mittels der Wavelet-Analyse verschiedener 111-jähriger Jahressummenreihen. Mit der Wavelet-Analyse können in Zeitreihen enthaltene Periodizitäten bestimmt werden, aber anders als z.B. bei der Fourier-Analyse erhält man auch Informationen über den Zeitbezug und die Intensität der Schwankungen. Die angewandte Wavelet-Methode ist in FEIGENWINTER et al (1999) beschrieben. Das Ergebnis für die Basler Reihe ist in Fig. 13 zu sehen. Wie auch von HU et al. wurde die *Morlet*-Funktion verwendet. Man sollte das Resultat nicht überinter-



**Fig. 13:** Ergebnis der Wavelet-Analyse der Basler Niederschlagsreihe. Oben: Darstellung der Schwankungen in Abhängigkeit von Zeit und Periode. Wellenberge dunkel, Wellentäler hell. Mitte: Fourier- und Wavelet-Spektrum (+). Unten: wie Fig. 3 oben.

pretieren, ist die Zeitreihe doch recht kurz und das Ergebnis von der Wahl der wavelet-Funktion abhängig. Trotzdem lassen sich auf eine andere Art interessante Zusammenhänge herausarbeiten, die man zwar mit klassischen Mitteln auch, aber nicht so klar sehen kann. So ist im Wavelet- wie auch im Fourier-Spektrum ein markantes Maximum von 13-14 Jahren zu sehen (Fig. 13, Mitte). Dieses Maximum ist schön in der oberen Darstellung wiederzufinden. Hier sind die Schwankungen in Abhängigkeit von der Periode und von der Zeit des Auftretens dargestellt. Helle Töne entsprechen Wellenberg, dunkle Töne Wellentälern. Nach 1920 ist diese Periode gut ausgeprägt vorhanden, was sich in etwa auch im geleitenden Mittel abzeichnet. In der Zeit von 1880 bis 1920 ist der Verlauf relativ ausgeglichen, die verschiedenen Perioden „verblässen“. Auffällig ist noch ein durchgehendes Periodenband um die 5 Jahresmarke, das sich beginnend um 1910 bis ca. 1950 zweiteilt und im oberen Ast Schwankungen im 7 Jahresbereich ausweist. Im Wavelet-Spektrum macht sich dieses Band als sekundäre Maxima um 7 und 4.3 Jahre bemerkbar. Am unteren Rand ist noch eine ca. 2 jährige Periode zu erkennen, die sich schwach auch im Wavelet-Spektrum zeigt.

## **5 Diskussion**

Was lässt sich aus der vorliegenden Untersuchung der letzten 135 Jahre Niederschlagsmessung in Basel ableiten ?

Ist es mehr, als dass pro Jahr im Mittel 804 mm Niederschlag fallen, mit einer Standardabweichung von  $\pm 18\%$  und 499 und 1256 mm als Extremwerte ?

Auch weitere statistische Kenngrößen mögen interessant sein, aber vor allem geht es doch um die Frage, ob man eine Variabilität innerhalb stationärer Verhältnisse erkennen kann, oder ob die Variabilität Ausdruck sich verändernden statistischer Kenngrößen ist. Die Klimaforschung der letzten 20 Jahre hat gezeigt, dass die Charakteristika lokaler Statistik - insbesondere die Extremwerte - durch Prozesse von globalem Ausmass bestimmt werden, die sich langfristig ändern können. Die Annahme von Stationarität als hydrologische Arbeitshypothese ist passé. Von zentralem Interesse ist nicht mehr nur ob und wie stark sich die Niederschläge verändern, sondern was die Ursachen für die periodischen Veränderungen und die darin enthaltenen Trends sind.

Zurzeit besteht grosses Interesse am Verlauf der Niederschläge in den vergangenen 100 und mehr Jahren, um aktuelle Ereignisse besser einordnen zu können. Langjährige Reihen von Klimadaten sind immer noch die sicherste Möglichkeit zur Beurteilung des Klimazustands und dessen Veränderlichkeit. "Eine Erwärmung von über 1°C und eine Zunahme der Niederschläge in den Wintermonaten um 10 bis 30 %, so lauten die heute bekannten Fakten über die Klimaentwicklung in der Schweiz in diesem Jahrhundert" heisst es in einem Wissensstandbericht der OcCC (OcCC, 1998).

Eine langjährige Reihe ist eine sehr wertvolle Klimainformation, die entsprechend aufgearbeitet und umfassend analysiert werden sollte. Wir hatten eingangs bereits erwähnt, dass laut PFISTER (1999) die Schweizer Niederschlagsreihen sind bisher nicht durch Fachmeteorologen homogenisiert worden sind. Unsere durchgeführten Homogenitätsbetrachtungen unterstreichen dieses Defizit. Die Basler Daten vor 1900 scheinen fehlerhaft zu sein. Wie gross der Fehler ist und wodurch er verursacht wurde, lässt sich nicht feststellen,

weil auch die Vergleichszeitreihen mit Unsicherheiten behaftet sind. Eine umfassende Kontrolle und Bearbeitung mit Qualitätsattributierung ist notwendig, hätte aber den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Trotzdem lassen sich gewisse Aussagen treffen, da zum einen die letzten 100 Jahre homogen erscheinen und zum anderen der Vergleich mit benachbarten Stationen plausibel aussieht.

Qualitativ: In Monate und 30-jährige Perioden aufgeschlüsselt zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede, die durch interdekadische Periodizitäten verursacht werden. Mit der Filterung über gleitende Mittel und auch mit der Wavelet Analyse können die sich ändernde Variabilität visualisiert und die dafür verantwortlichen Periodizitäten dargestellt werden. Die ursächlichen Zusammenhänge für ihr Auftreten können nicht benannt werden. Ein augenscheinlicher Zusammenhang z.B. zur Nord-Atlantik-Oszillation, repräsentiert durch den NAO-Index (PFISTER 1999), ist nicht auszumachen.

Quantitativ können die OcCC Aussagen durch die Basler Reihe bedingt bestätigt werden - insofern dies durch eine Station möglich ist. Die Jahressummen und die Winterwerte zeigen Trends in ähnlicher Grössenordnung, auch wenn sie nicht signifikant sind. Im Vergleich dazu relativiert die "Mittellandreihe" (arithmetisches Mittel aus den Stationen St. Gallen, Zürich, Bern, Neuenburg) derartige Trendaussagen. Zwar lässt sich ein nicht signifikanter positiver Trend für die Winterwerten der letzten 100 Jahre ausmachen, bezogen auf die letzten 50 Jahre nehmen die Winterniederschläge jedoch ab. Bemerkenswert ist bei Niederschlagsdaten von Basel die starke Zunahme der Herbstniederschläge in den letzten 50 Jahren. Diese Eigenart weisen ausser bei Zürich und Luzern auch alle anderen RR-Reihen auf.

Insgesamt lassen sich jedoch keine Anzeichen von durchgehenden Trends, von - ähnlich wie bei der Temperatur - historisch einmaligen Veränderungen ausmachen. Dies ist allerdings kein Beweis dafür, dass sich die Niederschlagshöhe, die räumliche und zeitliche Niederschlagsverteilung nicht ändert. Aber aus der rein statistischen Betrachtung lässt sich dies nicht ableiten.

### Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei Herrn Baumann vom Lufthygieneamt beider Basel bedanken für das unkomplizierte Bereitstellen der Niederschlagsreihe und die freundliche Mitarbeit in der Qualitätssicherung. Weiterhin bedanken wir uns beim Deutschen Wetterdienst für die Hess-Brezowsky-Wetterlagenreihe auf Disketten. Ein Dankeschön geht an Christian Feigenwinter für die Wavelet-Analyse der Basler Reihe und an verschiedene Personen, die uns bei der Ergänzung einzelner Reihen aus Jahrbüchern geholfen haben. Danken möchten wir auch der Schweizer Meteorologischen Anstalt für den Zugang zur SMA-Datenbank via WAWONA (insbesondere Herrn Bantle) und für die Veröffentlichung dieser Untersuchung in Form eines Arbeitsberichts. Dank geht schliesslich noch an Dr. Gereon Klein für konstruktive Diskussionen.

## **6 Literatur**

- ALEXANDERSSON, (1984): A homogeneity test based on ratios and applied to precipitation series. Reports No 79. Department of Meteorology, Uppsala, Sweden.
- BIDER, M. (1936): Singularitäten der Niederschlagsverhältnisse von Basel. Meteorol. Zeitschrift, Heft 7, pp
- BIDER, M. (1957): Die Grosswetterlage bei Dauerregen in Basel. Verh. Schw. Natf. Ges., 68-69.
- BIDER, M. (1962): Klimaschwankungen in Basel im laufenden Jahrhundert. Regio Basiliensis III/2, 216-239.
- BIDER, M. (1978): Regionale Klimabeschreibungen, Klimatologie der Schweiz Bd.II, Beiheft zu den Annalen der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt 1978
- BIDER, M., KRAMER, M. (1960): Die Niederschlagsverhältnisse im Basler Jura in Abhängigkeit von verschiedenen Wetterlagen. Verh. Schw. Natf. Ges., 87-89.
- Bider, M., Herrenschneider, A., von Rudloff, H., Schüepp, W. (1984): Die klimatischen Verhältnisse in der weiteren Basler Region. Regio Basiliensis XXV 1/1984 pp
- CONRAD, V., POLLACK, L.W. (1962): Methods in climatology. Harvard Univ. Press, Cambridge.
- CRADDOCK, J.M. (1979): Methods of comparing annual rainfall records for climatic purposes. Weather, 34, 332-342.
- COURVOISIER, H.W. (1998): Statistik der 24-stündigen Starkniederschläge in der Schweiz 1901-1996. Arbeitsberichte der SMA, Nr. 194, Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich.
- FEIGENWINTER, CHR., PARLOW, E. VOGT, R. (1999): Organized motions in urban turbulence – wavelet analysis. Symposium on advances in regional climatology, 5 - 7 October 1998, Karlsruhe, Germany. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung, Universität Karlsruhe. Im Druck.
- GHCN (1998): <http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/research/ghcn/ghcn.html>.
- GISLER, O., BAUDENBACHER, M., BOSSHARD, W. (1997): Homogenisierung schweizerischer klimatologischer Messreihen des 19. und 20. Jahrhunderts. Schlussbericht des NFP31 Klimaänderungen und Naturkatastrophen, vdf, Zürich.
- GRÜTTER, M. (1966): Die bemerkenswertesten Niederschläge der Jahre 1948-1964 in der Schweiz. Veröff. Schw. Meteor. Zentralanstalt.
- HESS, P., BREZWOSKY, H. (1977): Katalog der Grosswetterlagen Europas. Ber. Dt. Wetterdienst, Nr. 113 (Band 15).
- HU, Q., WOODRUFF, C.M., MUDRICK, S.E. (1998): Interdecadal variations of annual precipitation in the Central United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 221-229.
- KARL, T.R., KNIGHT, R.W. (1998): Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 231-241.
- MAURER, J., BILLWILLER, R., HESS, C. (1910): Das Klima der Schweiz Bd.1, Text, Figuren und Karten 1910: Tabellen Basel Niederschlag S.90, 122/123
- MOSER, H.-R. (1984): Die Niederschlagsverteilung und -struktur bei verschiedenen Wetterlagen in der Region Basel. Basler Beiträge Physiogeographie, 4, Basel.

- OCCC (1998): Klimaänderung Schweiz. Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen Wissensstandsbericht. Bern, Sekretariat OcCC (Organe consultatif en matière de recherche sur le climat et les changements climatique).
- PETERSON, T.C, VOSE, R.S. (1997): An overview of the Global Historical Climatology Network temperature data base, Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 2837-2849.
- PFISTER, CH., (1998): Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496-1995. Schlussbericht NFP 31, Zürich, vdf.
- PFISTER, CH., (1999): Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995). Bern, Haupt.
- RAPP, J., SCHÖNWIESE, C.-D. (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990. Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie B: Meteorologie und Geophysik, Bd. 5, 255 S.
- RIGGENBACH, A. (1891): Die Niederschlags-Verhältnisse von Basel, Zürcher und Furrer, Zürich.
- RUDLOFF, H. VON (1977): Niederschlagskarte „Dreiländereck“ Vogesen – Oberrhein – Schwarzwald – Jura – Bodensee – Allgäu. Herausgegeben vom Amt für Wehrgeophysik. Auch in: G. Klein (1994) Regionalisierung von Niederschlag mit Hilfe digitaler Geländeinformation. Freiburger Geographische Hefte, H. 44.
- SCHÖNWIESE, C.D., RAPP, J., FUCHS, T., DENHARD, M. (1994): Observed climate trends in Europe 1891-1990. Meteorologische Zeitschrift, 3, 22-28.
- SCHUEPP, M. (1976): Niederschlag. Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Klimatologie der Schweiz, I, 1. Teil. SMA, Zürich.
- SCHÜEPP, M. (1980): Methoden und Probleme der Bearbeitung langjähriger meteorologischer Beobachtungsreihen. In: Oeschger, H. et al., Das Klima, Springer, Berlin.
- SCHÜEPP, W., URFER-HENNEBERGER, CH. (1994): Die Sonnenscheindauer in Basel 1896-1990. Arbeitsberichte der SMA, Nr. 179, Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich.
- SEVRUK, B. (1981): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellman-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 194, Offenbach a. M..
- SMA (1996): Klima90 Schlussbericht (erhältlich von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Krähbühlstrasse 58, CH 8044 Zürich).
- UTTINGER, H. (1949): Die Niederschlagsmengen in der Schweiz 1901-1940 (mit Karte über das ganze Land und angrenzende Gebiete). Verlag des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Zürich.
- UTTINGER H., (1964) Niederschlag - im Rahmen der Klimatologie der Schweiz Beihefte zu den Annalen der Schweiz Meteorologische Zentralanstalt.
- WIDMANN, M., SCHÄR, CH. (1997): A principal component and long-term trend analysis of daily precipitation in Switzerland. International Journal of Climatology, 17, 1333-1356.

Anhang 1

**Tab. A1.1:** Vergleich verschiedener Quellen für die Niederschlagsreihe Basel-Binningen. *Basel:* von der Station direkt basierend auf Hellmann konventionell in diesem Jahrhundert (siehe Text). *GHCN:* Global Historical Climatology Network (GHCN 1998). *R&S:* RAPP UND SCHÖNWIESE (1996). *SMA:* Monatstabellen selektiert von Klimadatenbank der SMA, WAWONA. *Pfister:* PFISTER

Jahr	Basel	GHCN	R&S	SMA	Pfister	Jahr	Basel	GHCN	R&S	SMA	Pfister
1864	743.8	-104.0	0.2		-77.3	1931	816.0	-15.0	-15.0	0.0	4.2
1865	817.9	-151.5	-2.9		-157.3	1932	754.4	8.6	8.6	-16.4	4.3
1866	1080.1	-90.3	-1.1		-166.5	1933	684.9	30.1	30.1	0.0	12.1
1867	1145.3	-274.4	8.7		-242.9	1934	661.3	19.7	19.7	0.0	-33.9
1868	890.2	-141.4	-0.2		-216.4	1935	888.6	36.4	36.4	0.0	-80.8
1869	901.0	-176.3	0.0		-90.1	1936	869.8	31.2	31.2	0.0	94.6
1870	797.2	-232.9	-0.2		-257.5	1937	803.5	-50.5	50.5	0.0	-5.9
1871	712.8	-75.1	0.2		-16.9	1938	911.4	10.6	10.6	0.0	-19.2
1872	1256.1	-310.9	0.9		-409.6	1939	1204.6	-11.6	-11.6	0.0	9.1
1873	846.8	-19.8	0.2		73.7	1940	939.4	-40.4	-40.4	0.0	25.4
1874	752.4	2.8	5.6		-70.2	1941	690.7	-3.7	-3.7	0.0	47.6
1875	756.5	111.8	-0.5		193.8	1942	761.7	22.3	22.3	0.0	-2.2
1876	974.8	0.2	0.2		-33.6	1943	572.0	17.0	17.0	0.0	-3.1
1877	880.3	-0.3	-0.3		-36.3	1944	830.4	0.6	0.6	0.0	-13.5
1878	1018.8	0.2	0.2		6.2	1945	644.6	20.4	20.4	0.0	-19.6
1879	827.3	-0.3	-0.3		50.7	1946	752.4	-44.4	-44.4	0.0	23
1880	1082.6	0.4	0.4		-20.6	1947	513.7	21.3	21.3	0.0	-34.7
1881	959.3	-0.3	-0.3		1.7	1948	785.9	16.1	16.1	0.0	57.1
1882	976.9	-0.9	-0.9		-23.9	1949	568.6	-21.6	-21.6	0.0	-30.3
1883	713.4	-3.4	-3.4		30.6	1950	940.8	-18.8	-18.8	0.0	5.8
1884	561.5	2.5	2.5		-27.5	1951	970.0	-1.0	-1.0	-19.6	-22.3
1885	695.0	1.0	1.0		-11	1952	920.8	1.2	1.2	0.0	-58.1
1886	922.1	1.9	1.9		-57.1	1953	498.9	2.1	2.1	0.0	80.4
1887	654.4	2.6	2.6		73.6	1954	839.4	0.6	0.6	37.0	-26.4
1888	824.1	2.9	2.9		48.9	1955	892.1	1.9	1.9	0.0	-1.3
1889	747.5	0.5	0.5		-2.5	1956	849.4	1.6	1.6	0.0	62.8
1890	657.6	0.4	0.4		5.4	1957	702.6	0.4	0.4	0.0	-30.7
1891	866.0	0.0	0.0		-42	1958	774.7	1.3	1.3	0.0	-20.4
1892	735.7	0.3	0.3		20.3	1959	702.6	0.4	0.4	0.0	17.2
1893	592.5	0.5	0.5		13.5	1960	796.8	1.2	1.2	0.0	15.5
1894	799.1	-0.1	-0.1		-12.1	1961	732.2	-0.2	-0.2	0.0	-22
1895	622.8	0.2	0.2		-49.8	1962	613.8	0.2	0.2	0.0	5.2
1896	888.1	-0.1	-0.1		30.9	1963	742.5	2.5	2.5	0.0	48.3
1897	724.5	-0.5	-0.5		15.5	1964	663.2	-1.2	-1.2	0.0	-17.8
1898	714.8	0.2	0.2		6.2	1965	1005.7	-0.7	-0.7	0.0	-60.7
1899	699.9	0.1	0.1		-55.9	1966	889.5	1.5	1.5	0.0	16.7
1900	813.0	0.0	0.0		56	1967	775.2	-0.2	-0.2	0.0	14
1901	866.4	0.6	0.6	0.0	-26.4	1968	874.9	2.1	2.1	0.0	24
1902	795.9	0.1	0.1	0.0	-18.9	1969	856.9	2.1	2.1	0.0	-20.5
1903	650.4	-0.4	-0.4	0.0	34.6	1970	857.0	212.0	1.0	0.0	29
1904	602.6	0.4	0.4	0.0	20.4	1971	634.6	1.4	1.4	0.0	-20.4
1905	940.2	-0.2	-0.2	0.0	-13.2	1972	633.8	0.2	0.2	0.0	-11.3
1906	660.8	0.2	0.2	0.0	-15.8	1973	760.3	1.7	1.7	0.0	18
1907	683.1	-0.1	-0.1	0.0	-44.1	1974	701.8	-0.8	-0.8	0.0	-23.8
1908	795.8	0.2	0.2	0.0	60.2	1975	802.2	-0.2	-0.2	0.0	42.3
1909	802.8	5.2	5.2	0.0	-33.8	1976	518.9	0.5	2.1	0.5	-58.8
1910	964.2	-0.2	-0.2	0.0	5.8	1977	889.6	4.0	4.4	4.0	70.7
1911	623.6	0.4	0.4	0.0	11.4	1978	780.1	-41.4	-40.1	-41.4	-67.6
1912	809.1	0.9	0.9	0.0	23.9	1979	859.9	-13.0	-152.9	-13.0	5
1913	776.3	-0.3	-0.3	0.0	-21.3	1980	734.1	-27.5	111.9	-27.5	1.4
1914	905.2	-0.2	-0.2	0.0	-30.2	1981	982.6		-26.6	-10.2	-128.9
1915	877.4	-0.4	-0.4	0.0	14.6	1982	957.8		1.2	0.9	37.5
1916	957.5	-0.5	-0.5	0.0	-24.5	1983	723.3		4.7	4.7	82
1917	860.6	0.4	0.4	0.0	80.4	1984	(736) 739.3		-16.3	-17.9	-26
1918	677.8	-0.8	-0.8	0.0	-56.8	1985	633.7		-15.7	-14.9	-12.4
1919	728.5	0.5	0.5	0.0	-6.5	1986	(908) 915.4		-36.4	-36.5	-56.7
1920	694.7	-0.7	-0.7	0.0	36.3	1987	934.1		-25.1	-26.4	-9.8
1921	499.1	-0.1	-0.1	0.0	17.9	1988	867.9		-35.9	-35.7	-56.6
1922	1141.4	-0.4	-0.4	0.0	-72.4	1989	676.9		-20.9	-21.1	-23.2
1923	966.5	-0.5	-0.5	-25.4	9.5	1990	(871) 876.1		-38.1	-61.6	-46.6
1924	719.1	-1.1	-1.1	0.0	67.9	1991	810.9		-52.2	-52.2	-32.4
1925	881.4	-0.4	-0.4	0.0	-69.4	1992	916.1		-91.8	-91.8	-124.2
1926	707.7	0.3	0.3	-9.0	64.3	1993	769.3		105.0	10.5	3.3
1927	859.4	2.6	2.6	0.0	1.6	1994	912.0		202.0	-63.5	-73.5
1928	726.8	-0.8	-0.8	0.0	-33.8	1995	1091.4			-77.1	-89.7
1929	612.1	7.9	7.9	0.0	-30.1	1996	809.6			23.4	
1930	960.6	39.6	39.6	0.0	9.4	1997	758.7				
						1998	826.5				

et al. (1998).  
 Die Ursache für die Unterschiede bei der GHCN-Reihe von 1864 bis 1875 ist unbekannt. Auch die Herkunft der Differenzen 1923, 26, 32, 51 und 54 ist unklar. Die Werte von Basel-Bi. sind so in den Annalen der SMA zu finden.  
 Die Abweichungen von 1931 bis 1950 treten auf, da (auch bei R&S) die RR-Daten vom Bernoullianum verwendet wurden (Baumann 1999, pers. Mitteilung). Bei R&S treten ab 1979 einige falsche Werte auf, die wohl auf Übertragungsfehler zurückzuführen sind.  
 Für die bis 1875 grossen und ab dann beständigen kleineren Abweichungen der aus PFISTER et al. (1998) entnommenen Reihe haben wir keine Erklärung.

## Anhang 2

Tab. A2.1: Die 13 grössten bzw. kleinsten Niederschlagssummen für verschiedene Bezugszeiträume in der Periode 1864-1998.

feucht	Jahr	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Monat	Tag
mm	1256.1	466.8	502.8	429.3	310.3	307.5	94.8
1	1872	1872	1938	1882	1995	5/1872	25.5.1872
mm	1204.6	378.6	418.8	396.9	295.7	220.2	89.5
2	1939	1939	1956	1940	1867	11/1950	26.7.1991
mm	1145.3	350.0	415.8	373.2	282.0	215.2	88.0
3	1867	1866	1880	1923	1866	10/1939	3.6.1878
mm	1141.4	342.6	411.4	355.3	255.0	212.5	81.2
4	1922	1995	1951	1896	1981	6/1946	4.6.1886
mm	1091.4	342.5	410.4	347.4	252.2	210.9	74.5
5	1995	1983	1955	1881	1982	9/1881	18.5.1994
mm	1082.6	326.3	408.7	346.2	247.8	210.5	72.4
6	1880	1986	1910	1939	1922	7/1956	1.9.1881
mm	1080.1	318.3	403.4	341.1	247.7	207.5	67.7
7	1866	1867	1878	1950	1977	9/1940	3.6.1872
mm	1018.8	312.9	378.4	324.5	246.1	207.2	64.5
8	1878	1922	1872	1880	1910	9/1882	0.7.1865
mm	1005.7	305.0	378.3	309.3	243.2	207.2	60.5
9	1965	1869	1916	1952	1955	6/1878	27.8.1881
mm	982.6	301.7	377.9	305.0	237.8	205.4	60.4
10	1981	1994	1917	1885	1935	7/1951	27.5.1935
mm	976.9	301.4	372.9	296.8	237.1	200.0	58.2
11	1882	1915	1927	1944	1970	10/1880	10.6.1864
mm	974.8	291.3	371.0	289.8	229.3	198.0	57.8
12	1876	1937	1969	1905	1979	8/1927	18.8.1869
mm	970.0	291.1	368.3	288.6	224.5	198.0	57.3
13	1951	1965	1946	1992	1986	7/1930	24.7.1982
<b>trocken:</b>							
mm	498.9	72.2	72.4	86.1	48.0	0.0	
1	1953	1953	1949	1978	1924	9/1865	
mm	499.1	76.6	93.5	88.9	48.5	0.0	
2	1921	1893	1947	1962	1953	4/1893	
mm	513.7	83.2	102.9	93.3	51.1	1.5	
3	1947	1934	1904	1955	1917	2/1921	
mm	518.9	95.1	110.4	97.1	51.8	1.5	
4	1976	1957	1976	1985	1864	10/1969	
mm	561.5	96.5	112.3	99.3	54.2	1.8	
5	1884	1944	1983	1941	1964	9/1895	
mm	568.6	103.5	122.2	111.8	57.8	1.8	
6	1949	1910	1923	1874	1873	11/1920	
mm	572.0	107.3	133.4	116.7	59.0	3.2	
7	1943	1884	1885	1971	1921	10/1943	
mm	592.5	109.3	136.6	118.7	60.0	3.5	
8	1893	1900	1962	1907	1888	2/1890	
mm	602.6	117.9	148.5	119.5	61.9	3.7	
9	1904	1909	1906	1897	1933	2/1887	
mm	612.1	119.0	154.7	120.2	65.7	4.7	
10	1929	1938	1937	1921	1890	12/1864	
mm	613.8	121.1	159.1	120.4	66.3	4.9	
11	1962	1976	1918	1969	1887	3/1884	
mm	622.8	121.9	160.5	129.8	69.2	5.0	
12	1895	1911	1943	1945	1896	10/1897	
mm	623.6	122.1	161.6	130.1	69.8	5.0	
13	1911	1943	1919	1953	1875	12/1933	



## Anhang 3

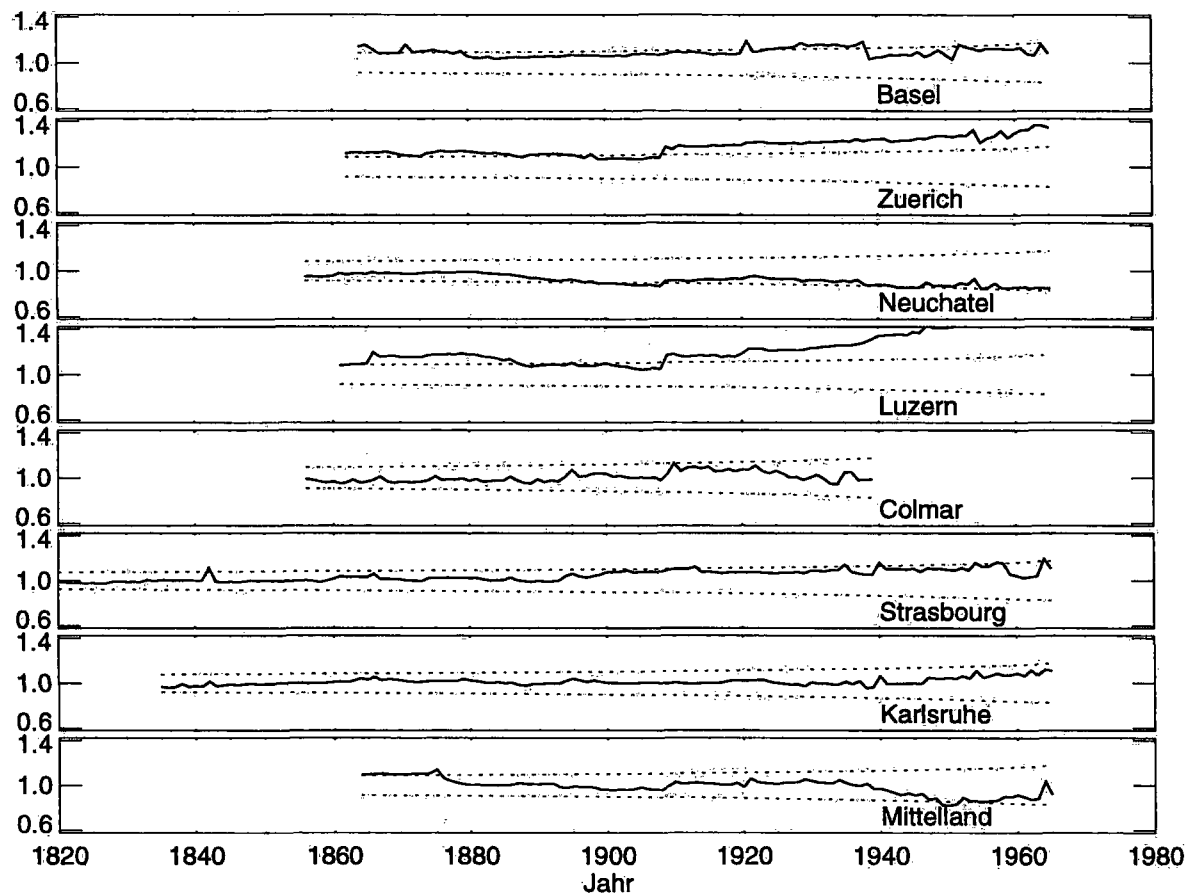
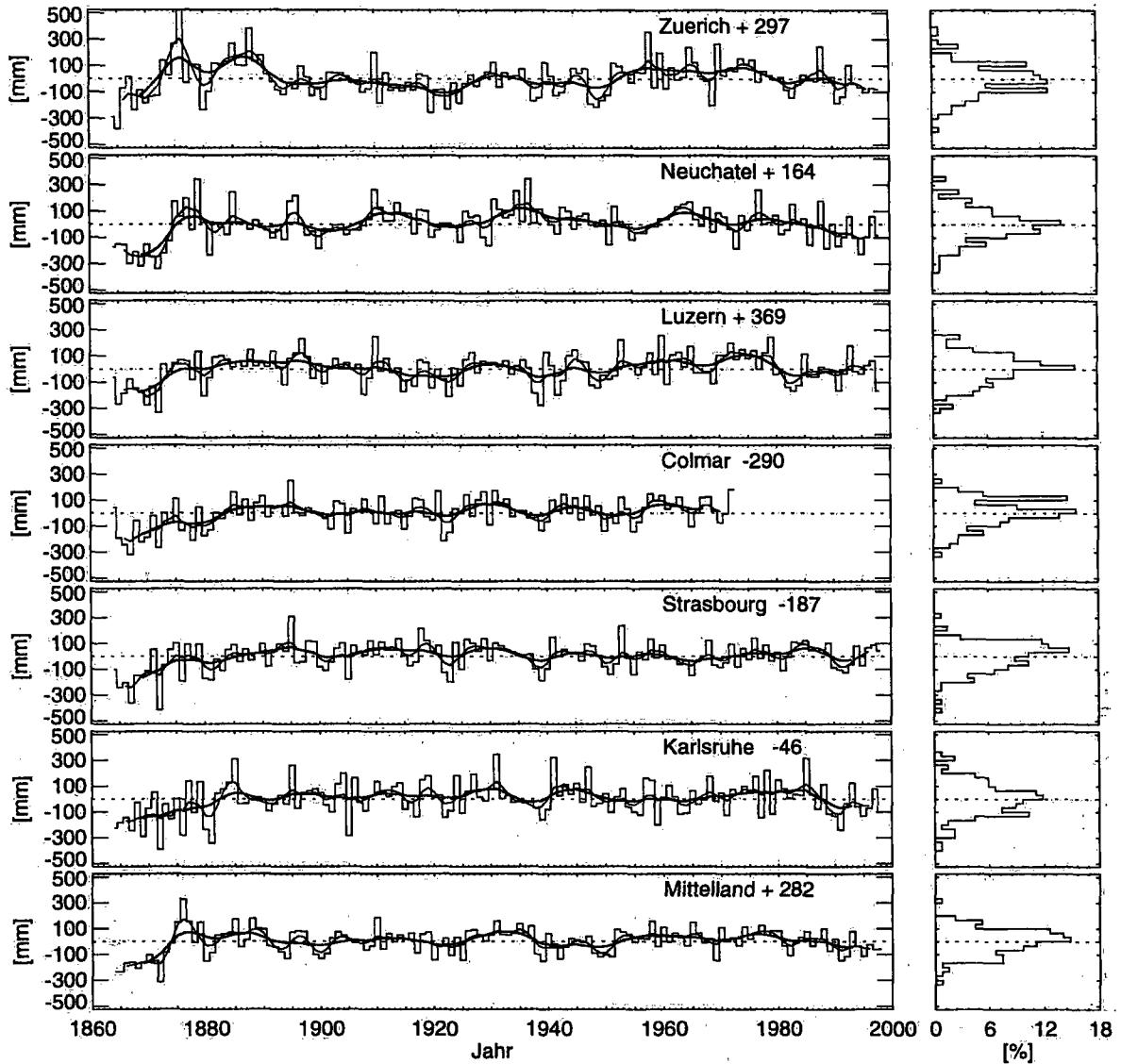


Fig. A3.1: Im Fall einer homogenen Zeitreihe muss nach Abbe gelten:

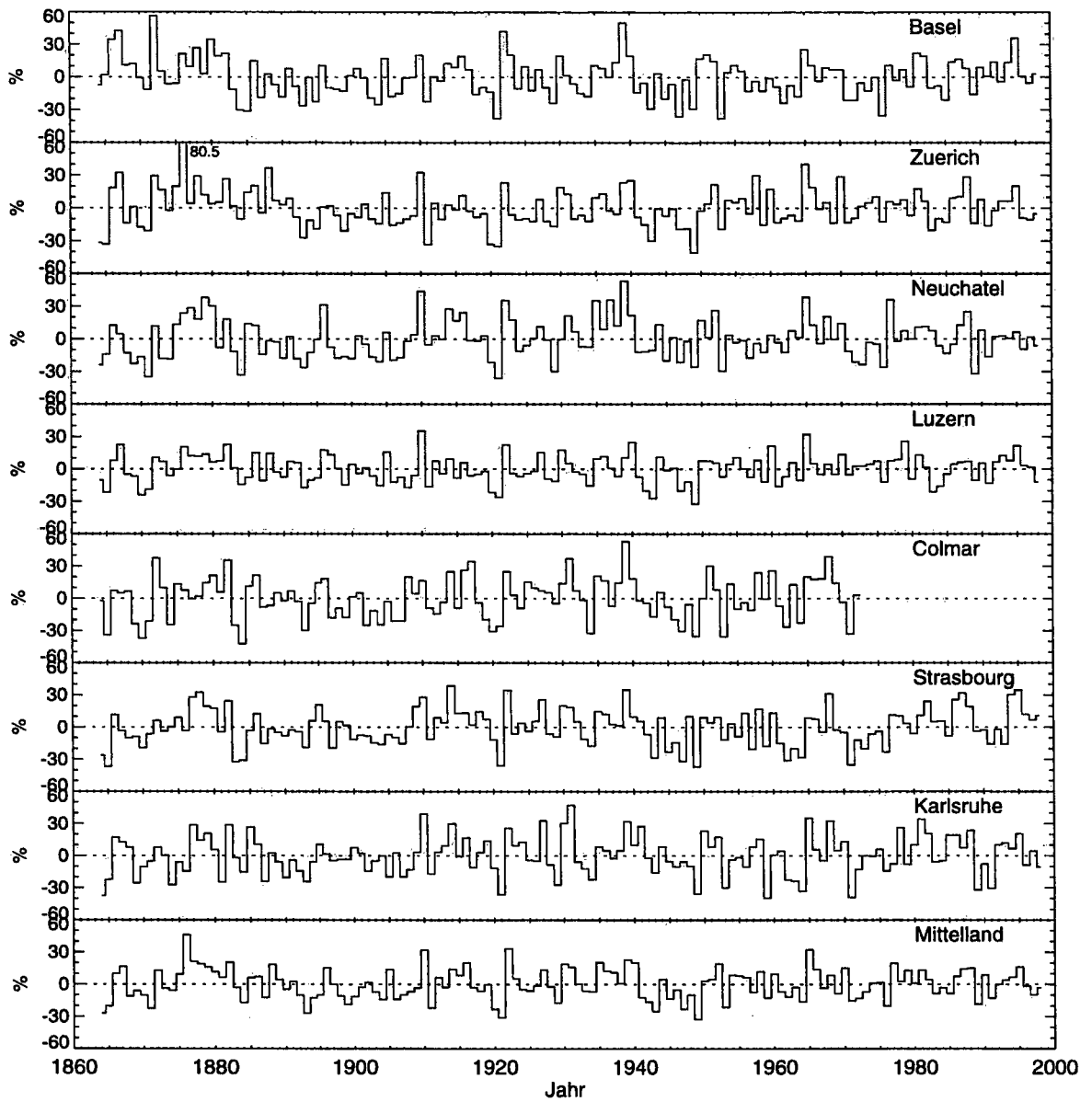
$$1 - \frac{1}{\sqrt{n-1}} \leq \frac{2A}{B} \leq 1 + \frac{1}{\sqrt{n-1}}, \text{ mit}$$

$$A = a_1'^2 + a_2'^2 + \dots + a_n'^2 - (a_1'^2 + a_n'^2)/2 \quad B = (a_1' - a_2')^2 + (a_2' - a_3')^2 + \dots + (a_{n-1}' - a_n')^2.$$

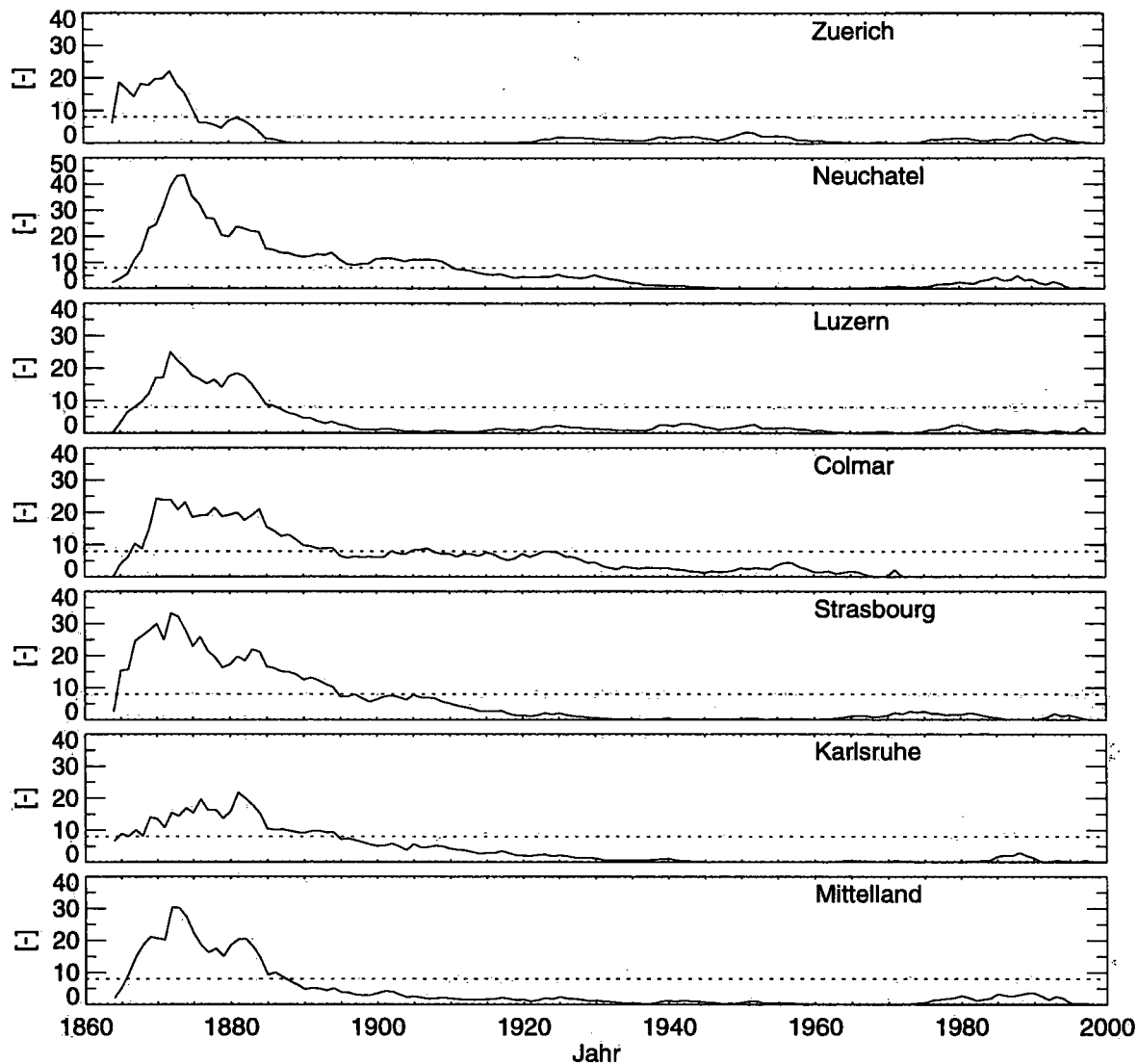
Der Test nach Abbe berücksichtigt sowohl das Vorzeichen als auch die Grösse der Abweichungen vom Mittelwert einer Reihe. Die gestrichelten Linien stellen die obere und untere Randbedingung der Ungleichung dar, die durchgezogene Linie  $2A/B$ .



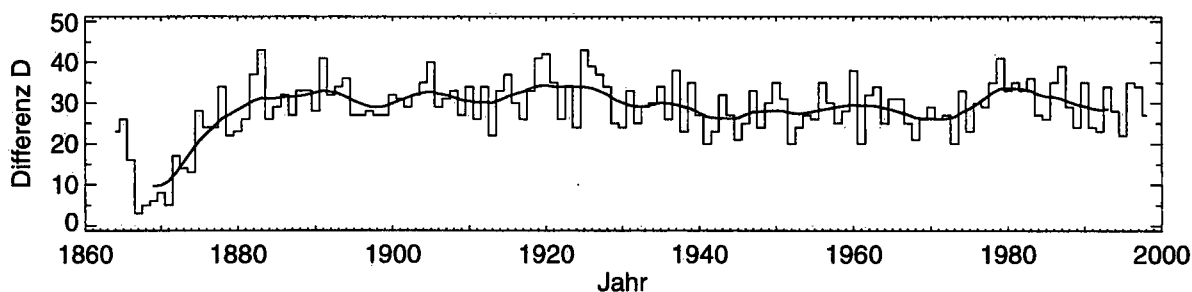
**Fig. A3.2:** Einfacher Homogenitätstest. Vergleich der Differenzen der jährlichen Niederschlags-summen. Die Werte von Basel-Binningen und die Differenz der jeweiligen Mittelwerte wurde immer abgezogen:  $\Delta P_i = x_i - b_i - (\bar{x} - \bar{b})$ , wobei  $b$  und  $x$  die Basler bzw. die Jahressummen der anderen Stationen und  $\Delta P_i$  die Differenz bedeuten,  $i$  von 1864 bis zum letzten gemeinsamen Wert des jeweiligen Reihenpaares läuft und die Querstriche deren Mittelwerte anzeigen. Dargestellt sind weiterhin die 11- und 5-jährigen gleitenden Mittel. Die Zahl neben dem Stationsnamen ist die Differenz der Mittelwerte  $\bar{x} - \bar{b}$ . Rechts ist jeweils die Häufigkeitsverteilung der Differenzen dargestellt. Die Klassenbreite beträgt 33 mm.



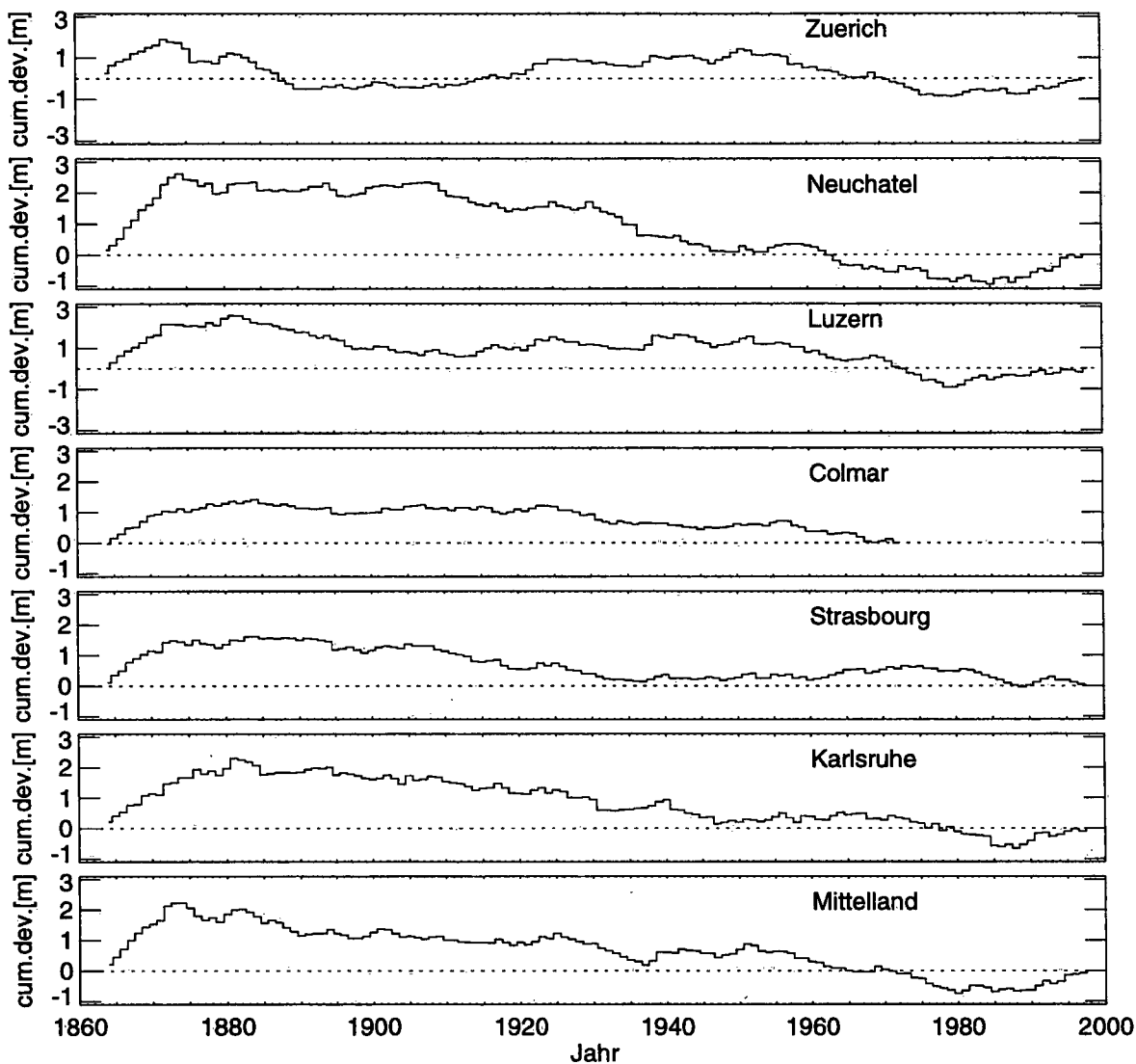
**Fig. A3.3:** Prozentuale Abweichung der jährlichen Niederschlagssumme vom Mittelwert über die jeweilige gesamte Periode.



**Fig. A3.4:** Beim Test nach ALEXANDERSSON (1986) wird eine standardisierte Reihe  $z_i = (q_i - \bar{q}) / \sigma_q$  erstellt, mit  $q_i = x_i / b_i$ . Dabei bedeutet  $x_i$  die zu testende Reihe,  $b_i$  die Basler (Referenz)Reihe und Querbalken und Sigma Mittelwert und Standardabweichung. Es werden dann zwei Reihen akkumulierter Summen  $\tilde{z}_1(\nu) = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} z_i$  und  $\tilde{z}_2(\nu) = \frac{1}{n-\nu} \sum_{i=\nu+1}^n z_i$  gebildet, aus denen dann für  $1 \leq \nu < n$  eine Testreihe  $T_\nu = \nu \tilde{z}_1^2 + (n-\nu) \tilde{z}_2^2$  gebildet wird. Überschreitet  $T_\nu$  einen Schwellenwert (hier 90%, gestrichelte Linie) kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von einer Inhomogenität gesprochen werden.



**Fig. A3.5:** Differenztest für die Basler Niederschlagsreihe:  $D = N_{0.3} - N_1$ , wobei  $N_{0.3}$  und  $N_1$  die Anzahl Niederschlagstage pro Jahr  $\geq 0.3$  mm und  $\geq 1$  mm bedeuten. Dargestellt ist noch das 11-jährige gewichtete gleitende Mittel.



**Fig. A3.6:** Mit der Reihe:  $s_1 = \frac{\bar{x}}{\bar{b}} b_1 - x_1, s_2 = s_1 + \frac{\bar{x}}{\bar{b}} b_2 - x_2, \dots$ , kann der Test nach CRADDOCK durchgeführt werden, wobei  $b_i$  die als homogen angenommene Reihe von Basel darstellt und  $x_i$  die anderen Reihen darstellen.  $\bar{x}$  und  $\bar{b}$  sind deren Mittelwerte. Die Reihe  $s_i$  wird gegenüber der Zeit aufgetragen. Ausgeprägte z.B. V-förmige Abweichungen vom Nullwert deuten auf eine Inhomogenität hin. Liegen die Werte von  $s_i$  um Null, liegt höchstwahrscheinlich eine homogene Zeitreihe vor.

Anhang 4

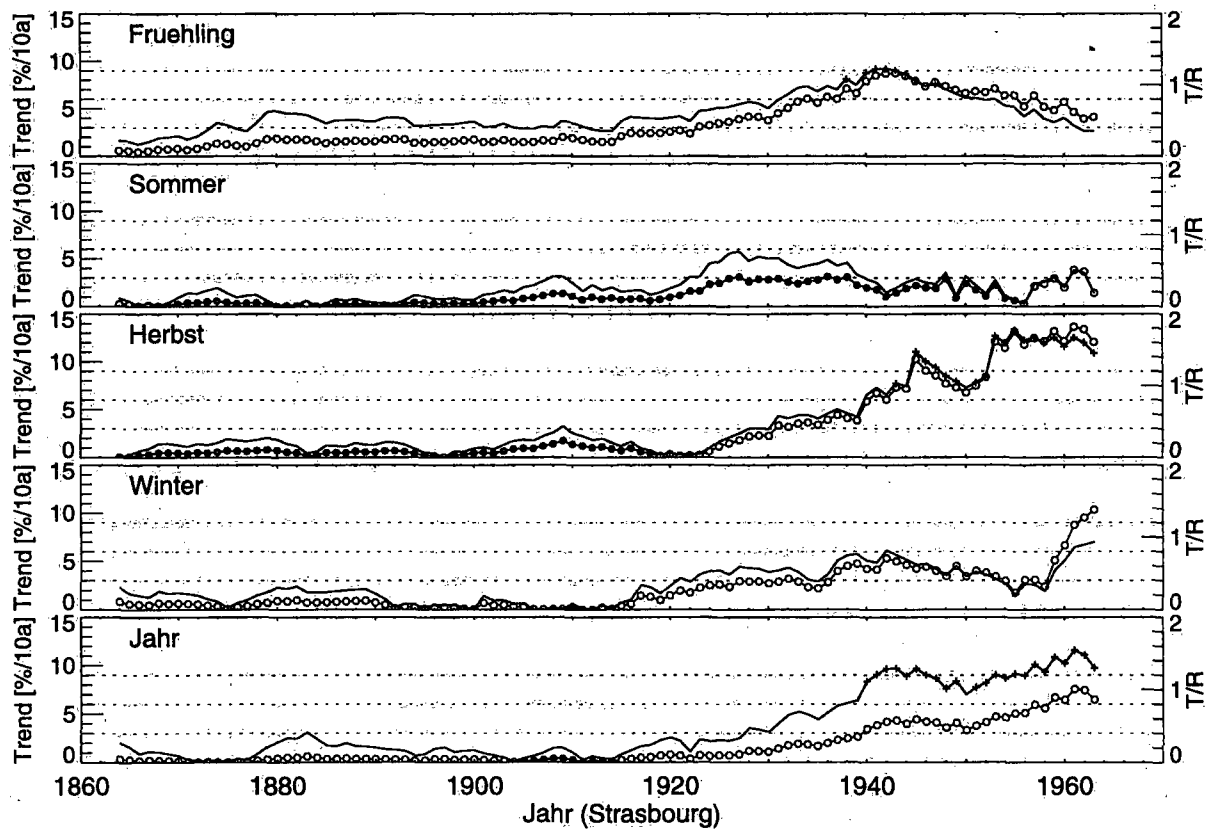
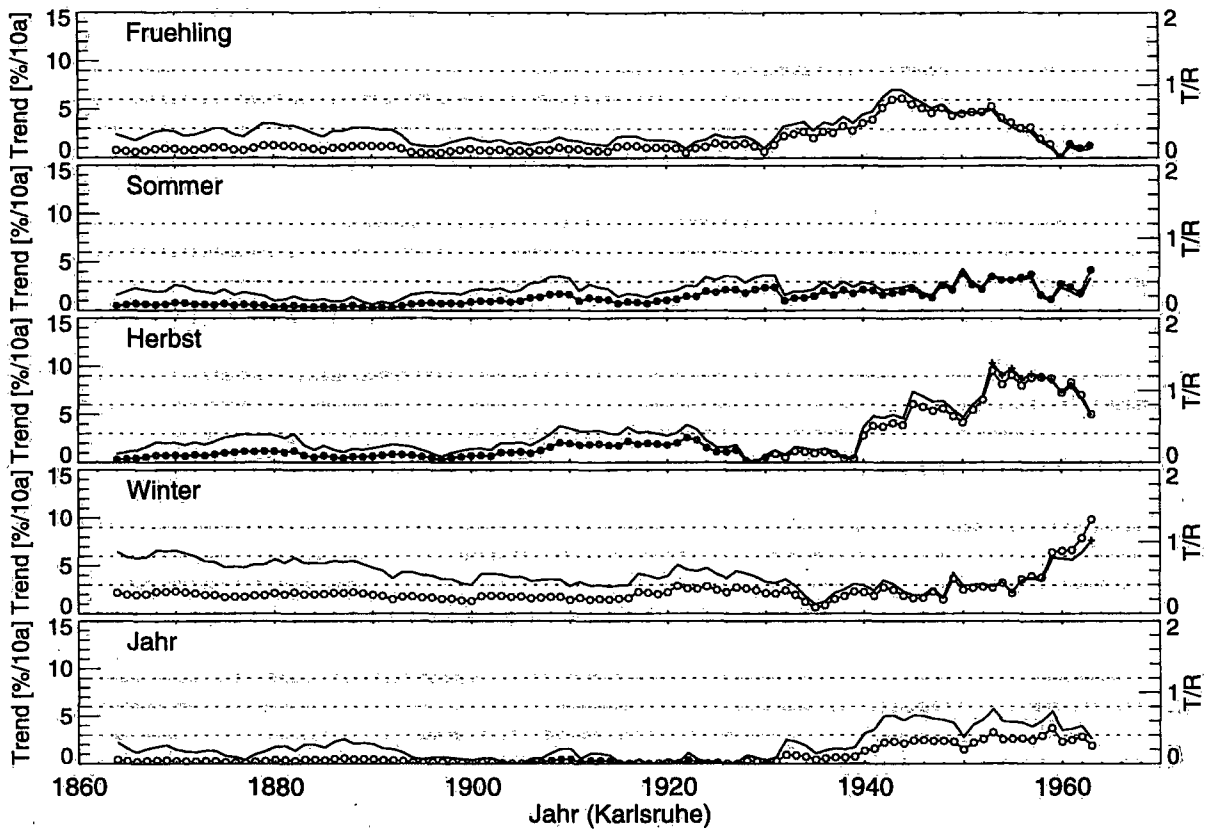


Fig. A4.1: Wie Figur 8, jedoch für Trendwerte für Karlsruhe und Strasbourg.

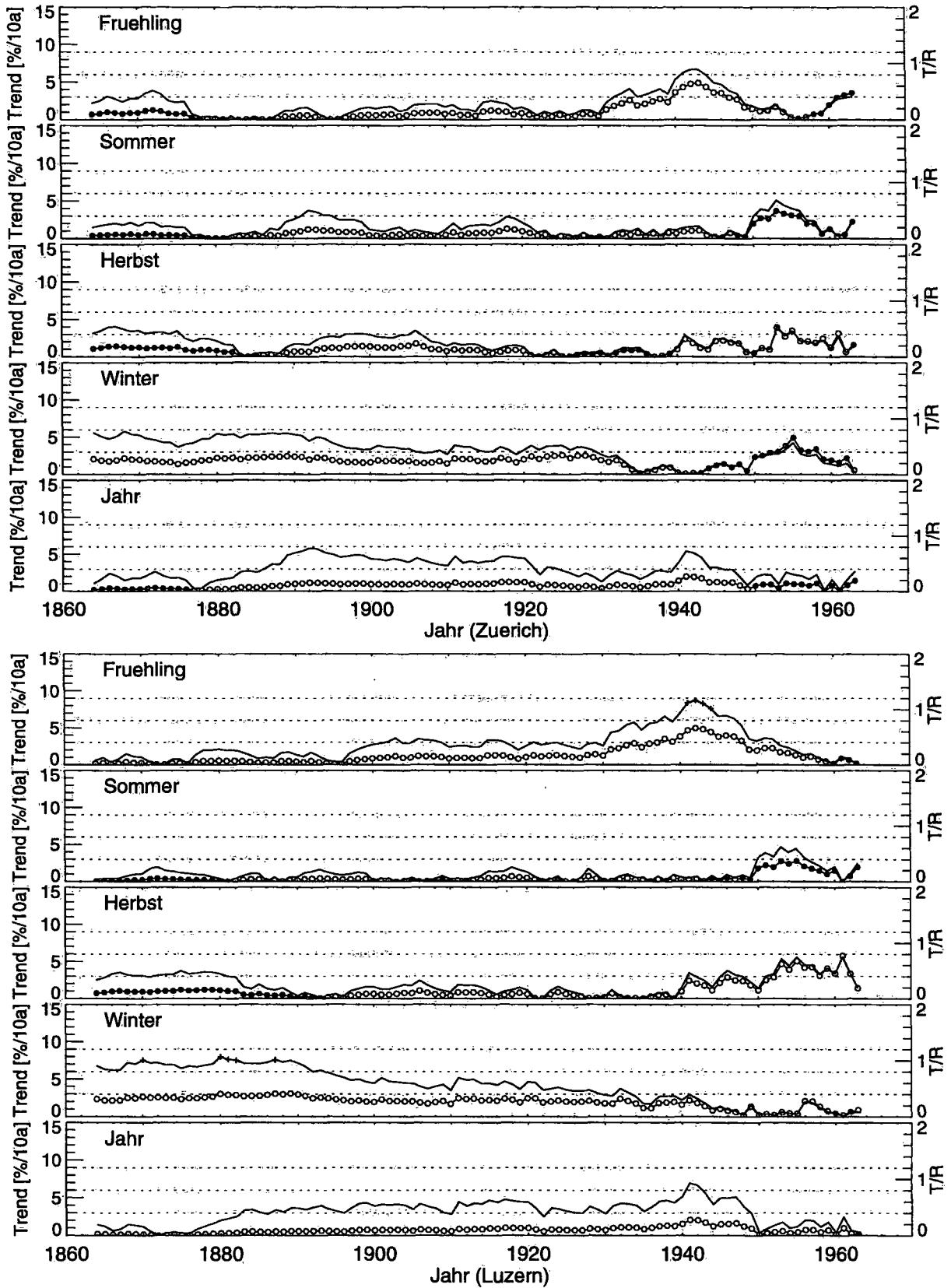


Fig. A4.1: Fortsetzung. Wie Figur 8, jedoch für Trendwerte für Zürich und Luzern.

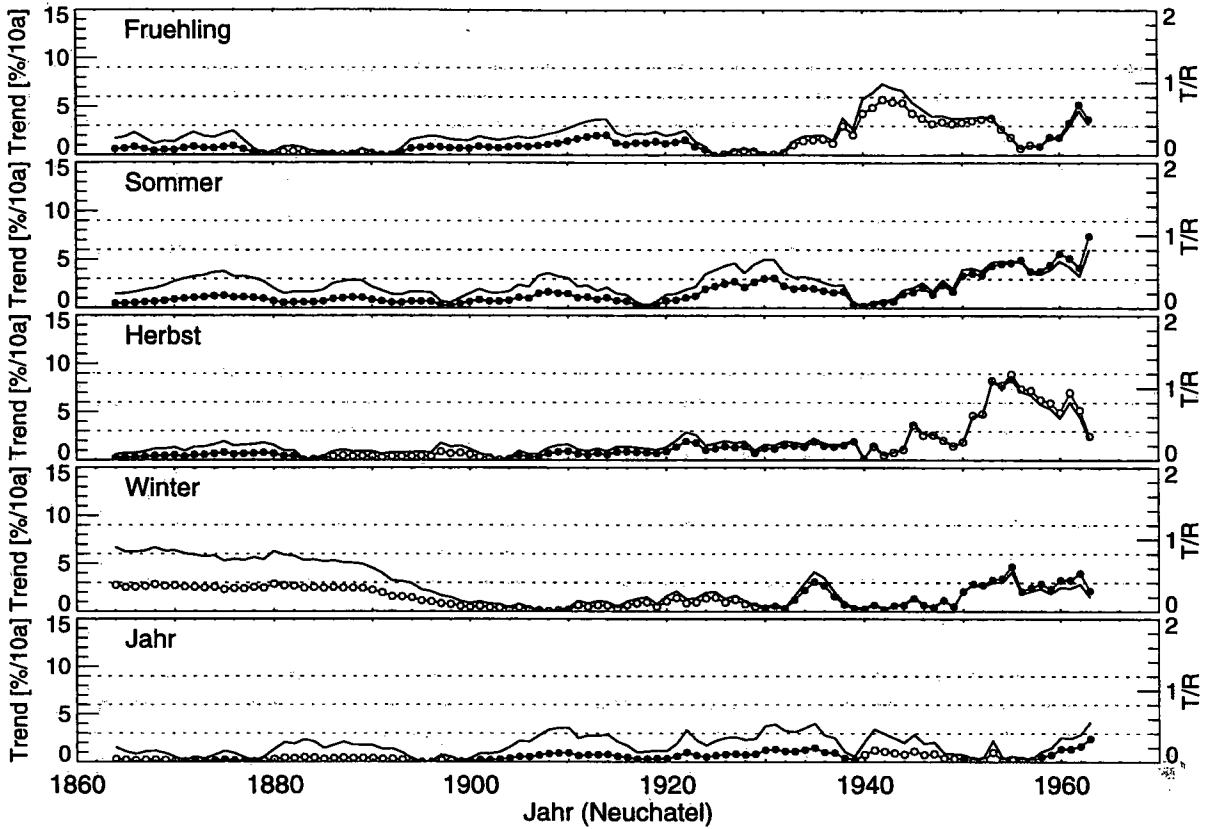


Fig. A4.1: Fortsetzung. Wie Figur 8, jedoch für Trendwerte für Neuchâtel.

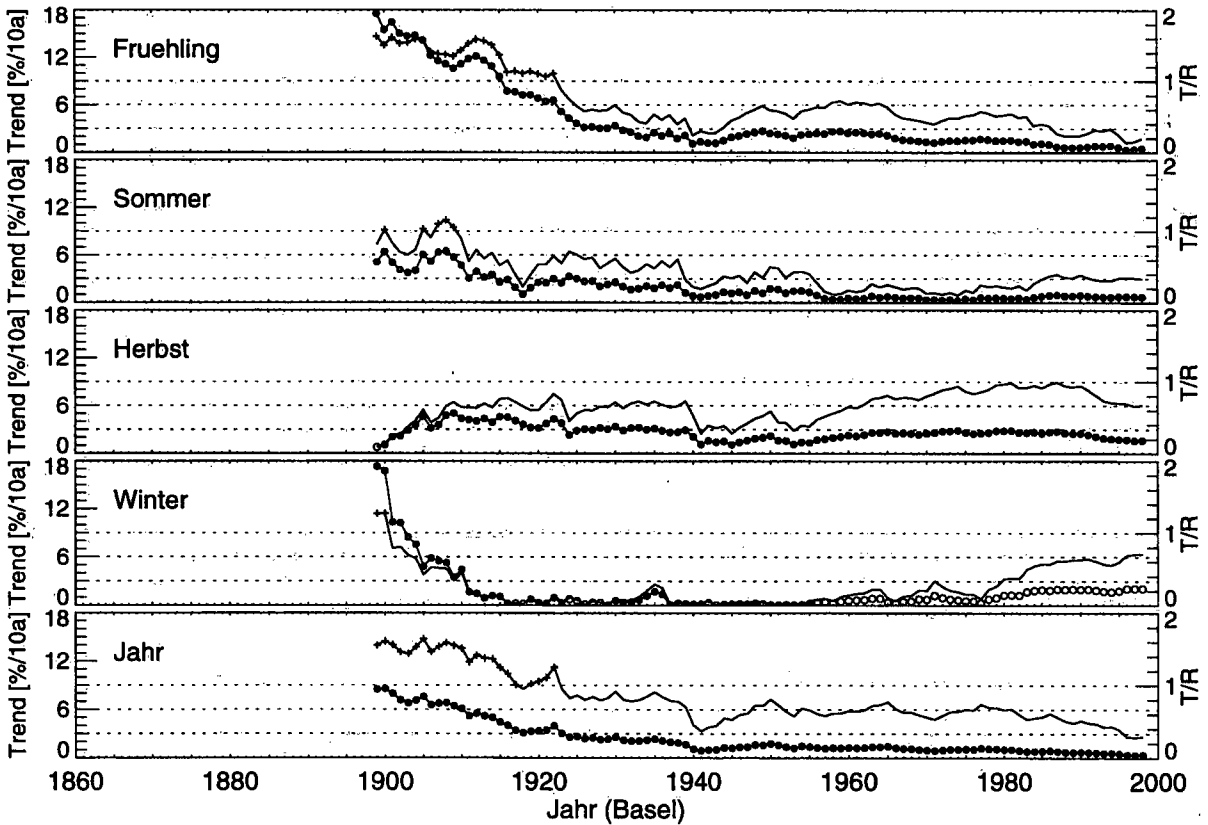
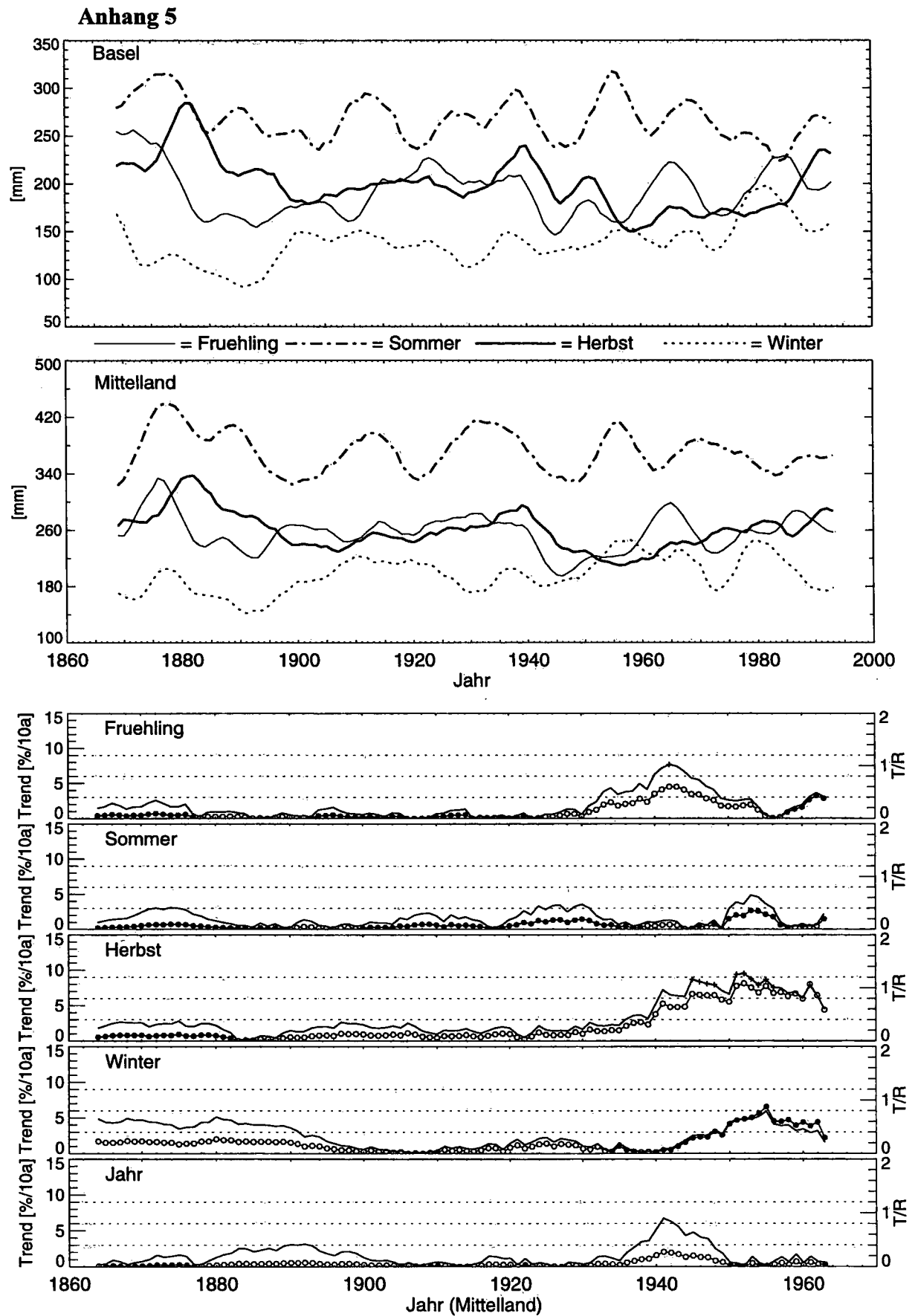


Fig. A4.2: Wie Figur 8, jedoch liegen den Trendwerten für Basel andere Perioden zu Grunde. 1899 ist der Trend von 1864 bis 1899 eingetragen, 1900 der Wert von 1864 bis 1900, usw. Der letzte Wert bei 1998 markiert den Trend der Reihe 1864 bis 1998 und entspricht dem Wert, der in Fig. 8 bei 1864 eingetragen ist.





**Fig. A5.1:** Oben: Vergleich der RR-Werte Mittelland (St. Gallen, Zürich, Neuchâtel, Bern) mit Basel. Die Reihe 1864-1994 wurde aus Pfister (1999) entnommen und bis 1998 via WAWONA ergänzt. Unten: wie Fig. 8, jedoch für die RR-Reihe Mittelland.

## Anhang 6

### Ch. Urfer: Quervergleiche zwischen RR-Summen, RR-Tagen und RR-verheissenden Lagen

Hatten die Jahresmittel eine Diskussion um die Zuverlässigkeit der Messreihe und die Jahreszeitenmittel die Suche nach Trends aktiviert, so fehlen uns für die Klimastudie nun noch die Werte für die einzelnen Monate. Da inzwischen mit den niederschlagsverheissenden Wetterlagen nun noch ein dritter Parameter dazukam, ist es sinnvoll, alle drei in einem Diagramm zu gruppieren: der Verlauf der Niederschlagsmengen (RR-Mengen) und Anzahl Tage (RR-Tage) über 135 Jahre sowie 110 Jahre Anzahl der RR-Lagen. Je eine Jahreszeit kann auf einer Seite überblickt (Fig. A6.1-A6.4) und die Parameter miteinander verglichen werden. Für jedermann ist es ein Leichtes, das herauszulesen, was ihn speziell interessiert. Dazu ein paar Anregungen:

Trends, meist nur von kurzer Dauer, fallen in den Mittelwertskurven sofort auf. Auch einfach nur das Auftreten von feuchten und trockenen Perioden ist gut ersichtlich. Dabei muss dies nicht sowohl für Mengen als auch Tage gleichzeitig gelten. Auffällig sind meistens dabei die sogenannten "Ausreisser": einzelne nasse Jahre in Trockenperioden und umgekehrt auffallend trockene während der nassen. Extreme, die sich im Mittel über mehrere Jahre verwischen, können nun erkannt werden. Dabei verweisen wir auf den Mai des Jahres 1872 mit 307.5 mm, der heraussticht (obwohl er nicht bis zur Spitze auf dem Diagramm Platz findet, aber in der Tab. 2 aufgeführt ist). Sobald mehrere Jahre in kurzen Abständen besonders nass oder aber sehr trocken sind, folgen die Mittelkurven über 5 oder 11 Jahre diesem Ergebnis und heben es hervor. Die Vergleiche mit der Zeit zuvor oder danach fallen unterschiedlich aus; nicht zu übersehen sind dabei längere oder kürzere Zeitabschnitte von auffälliger Konstanz, sei es wegen der laufenden Ausgleichs zwischen dem Auf und Ab, oder weil tatsächlich über gewisse Perioden immer wieder die ähnlichen Mengen gemessen worden sind.

Überraschend oft machen die RR-Lagen dieselben Schwankungen wie die RR-Tage mit, dann wieder verlaufen sie den Mengen parallel. Im Hochsommer werden oft wenige Lagen errechnet trotz hoher Regenmengen; dann fiel der Regen als Folge der Thermik. Beobachtet man umgekehrt viele RR-Lagen bei wenig Niederschlag, so dürfte es sich um eine Anhäufung von WS- oder NWZ-Lagen gehandelt haben.

Das Anfangsmaximum, das im Jahreszeitenmittel so markant ist, findet sich längst nicht in allen Monaten. Manchmal handelt es sich um einen stetigen Abfall nach hohen Anfangswerten; oder die Welle wiederholt sich später wieder und fällt nicht als einmalig auf; in einigen Beispielen ist das Anfangsmaximum um 10 und mehr Jahre verschoben. Effektive überrascht jede Seite wieder mit neuen Variationen und interessanten Ergebnissen, die sich je nach persönlicher Phantasie ausdeuten lassen!

#### A6.1 Wintermonate

**Dezember:** beginnend mit hohen Mengen von 138 mm im 1866 und 146 mm im 1868 bei nur 12 resp. 13 Tagen, nochmals 1886 132 mm in 13 Tagen. Erst 100 Jahre danach das absolute Maximum im 1981 mit 155 mm in nun allerdings 21. Kleine Summen von 5 bis 15 mm wiederholen sich immer wieder zwischen 1864 und 1963, kommen danach nicht mehr vor. Stärker ist die Variabilität in der Zahl der Tage. Die Lagen haben ein Minimum vor 1900, ein Maximum von 1960-1970. Die ausgleichende Kurve weist eine fast regelmässige Folge von Wellen auf, die sich gelegentlich bei den Tagen wiederfindet. Die Mengen wirken im Vergleich dazu über 135 Jahre fast konstant. **Januar:** isoliertes Maximum bei Mengen und Tagen 1867 mit 168 mm in 20 Tagen. Mengen danach tief und Tage in Abnahme. Später noch dreimal 19 bis 20 Tage über ganze Reihe verteilt, Summen fünfmal wenig über 100 mm. Dafür oft trocken, im Extrem 1964 mit 6 mm in 3 Tagen. Diesmal fallen Einzelwerte der Lagen durch grosse Variabilität auf, wobei im gleitenden Mittel ein ansteigender Trend zu erkennen ist, bei den Tagen und den Mengen nur, wenn man die Reihen bei 1890 beginnen lässt. **Februar:** Mengen und Anzahl Tage ebenfalls zu Beginn hoch, ohne maximale Werte gegen Ende der Reihe. Isolierte

Spitzen 1904 mit 133 mm in 19 Tagen (bei den Lagen 4 Jahre zuvor) und 1970 mit 153 mm, auch in 19 Tagen. Mehr Bewegung in der Ausgleichskurve der Mengen in guter Übereinstimmung mit den Tagen, gelegentlich auch mit den Lagen, bei denen insgesamt nicht von Trend gesprochen werden kann.

#### **A6.2 Frühlingsmonate**

**März:** Mengen und Tage mit hohen Mitteln beginnend, entsprechend der Jahreszeit auch Ausgleichskurven hoch und bei den Tagen verlängert bis 1878. Einzelmaxima vor 1880: 1866 140 mm, 1867 mit 114 mm und 1876 110 mm in 18, 16 resp. 21 Tagen. Sekundäres Maximum 1937 mit 137 mm in 13 Tagen. Fünf Tiefstwerte konzentriert auf 1948-1961. Auffallende Ausgeglichenheit 1892-1909. Wellen bei Mengen und Tagen sehr ähnlich, bei Lagen selten in Übereinstimmung, dafür überlagerter sinkender Trend. **April:** Ausgleichskurven werden immer unruhiger. Erste Maxima bei Menge und Tagen um 1880. Anschliessend breites Minimum mit 0 mm/0Tagen im 1893. Grösste Anzahl Tage folgen 1901 mit 19 Tagen, 1922 mit 20 und 1970 mit 23. Auch die höchsten Vorkommen RR-Lagen nehmen über die rund 100 Jahre fast stetig zu von 17 im 1905, über 19 und 22 bis 26 im 1989. So zeigt denn auch die ganze Reihe einen deutlichen ansteigenden Trend. Dieser ist nicht bei den effektiv gezählten Tagen auszumachen, noch weniger bei den gemessenen Mengen. Es könnte sich dabei um die Lagen handeln, die in Basel keine Nässe bringen (WS, NWZ). **Mai:** mit Ausnahme von 1869 mit 179 mm, 1872 mit 308 mm (der höchsten Monatssumme der ganzen Reihe), später 1939 mit 182 mm, 1987 mit 132, 1994 mit 189 mm und 1995 mit 192 mm pendeln die Mengen fast regelmässig um den Mittelwert, so dass die Ausgleichskurve ruhig verläuft. Wären noch hervorzuheben die Minima von 12 mm im 1934 und 17 mm im 1936. Jahre mit viel Regentagen verteilen sich über die ganze Periode. Die Wetterlagen verteilen sich weniger regelmässig, es stechen Perioden mit wenig Tagen heraus (um 1920, um 1940) neben solchen mit wesentlich mehr (um 1950, nach 1980). Teils laufen die beobachteten Tage parallel dazu Wellen, nur weniger auffällig.

#### **A6.3 Sommermonate**

**Juni:** die Reihe Mengen beginnt mit fünf hohen Summen von 179 bis 207 mm, in nur 13-17 Tagen (zwischen 1864 und 1878). Nächste Maxima wieder 1886 bis 1891 mit 141 mm bis 169 mm, in nun allerdings 15 bis 19 Tagen. Das erste müssen also besonders ergiebige Niederschläge gewesen sein, Ausser 1909 und 1910 mit 173 mm und 190 mm in 22 resp. 18 Tagen sticht nochmals 1946 mit 212 mm heraus. Die ausgleichenden Mittel der Tage überraschen durch ihre Konstanz: den 5 Tagen von 1908 stehen 22 im 1909 gegenüber, den 4 und 5 von 1949 und 1950 wieder 18 im Jahr 1952. Die Anzahl der Lagen steigen über ein breites Maximum zwischen 1900 und 1930 und zwei kürzeren Wellen auffallend an. **Juli:** ausgeglichen sind das Maximum von 1871 bis 1875 mit Werten bei 140 mm und das relative Minimum von 1958 bis 1976. Das Auf und Ab dazwischen drückt sich in den Wellen der 5-jährig übergreifenden Mittel deutlich aus: vier Maxima um 200 mm, fünf Minima unter 20 mm. Die Zahl der Tage ist auffallend ausgeglichen von 1886 bis 1903 und wieder von 1969 bis 1978 und in der übrigen Zeit nicht stark veränderlich. Beide Mittelkurven verlaufen recht parallel bei leichter Tendenz zu Rückgang. Erstes Maximum der Lagen bei 1890, zweites bei 1965; Übergänge dazwischen sind nahezu konstant. **August:** Jahre ohne RR-Lagen sind auffallend häufig. Ausgleichskurve insgesamt tief ausser nach 1960. Die RR-Tage sind nur selten extrem, die gemittelte Kurve bis 1968 bei kleiner Unruhe konstant, dann auf tieferem Niveau. Die Mengen steigen bis 1969 leicht an und enden mit Rückgang bis etwa zum selben Wert wie des Minimums nach 1870. In den ersten 199 Jahren stechen Maxima heraus bis 198 mm (1927), Minima fallen bis 5 mm (1893). Mengen und Tage beschreiben ähnliche Wellen, die Lagen erst ab 1960.

#### **A6.4 Herbstmonate**

**September:** Das Anfangsmaximum der Reihe ist für Mengen und Tage auf 1880 verschoben. Bei den Mengen ist es im Mittel und Einzelfall sehr markant: 1881 eine Summe von 211 mm, 1882 eine von

216 mm. Erst 1940 sind es nochmals isoliert 207 mm. Diese werden sogleich ausgeglichen durch 12 mm im 1941. Absolutes Minimum sind 2 m im 1895. Zwischen 1892 und 1917 verläuft das übergreifende Mittel konstant, für den Rest der Reihe in Wellen mit einem Doppelminimum 1969-73 und 1977-80 (durch 11-jähriges Mittel auf die Jahre dazwischen vorgetäuscht). Auch bei den Tagen gibt das 5-jährige Mittel das deutlichere Anfangsmaximum an: 1880-83. Anschliessende Konstanz der 11-er Mittel hält bis 1945 an. Minimum von 1971 tiefer als das zu Anfang der Reihe, Trotz 0 Tagen im Jahr 1865. Die Lagen erreichen nie hohe Werte, gerade nur soviel, um von 1925 an ein stetiges Absinken anzudeuten. *Oktober*: alle drei Parameter verlaufen in ihren Mitteln untereinander in mehr oder weniger parallel verlaufenden Wellen und teilweise gut erkennbarem fallendem Trend. Extreme Einzelwerte in verschiedenen Jahren: maximale Menge 1939 von 215 mm in 22 Tagen; nach 1939 kein einziger Tag mit > 120 mm. Minima 1897 mit 5 mm in 3 Tagen, 1943 3 mm an 1 Tag, 1969 2 mm ohne 1 definierten RR-Tag. Bei den RR-Lagen Spitze mit 27 Tagen bei effektiv beobachteten 19 Tagen (Maximum von 27 RR-Lagen auch um Dezember 1981). *November*: der als trocken geltende Monat brachte es 1950 auf 220 mm Niederschlag. Übrige hohe Summen bleiben unter 150 mm. Ab 1910 gelegentlich 18 bis 20 RR-Tage. Null Tage sind es 1920, nach einem absoluten Maximum von 20 Tagen. In der Reihe der RR-Mengen treten Wellen erst am Schluss ein. Auffallender sind zwei abfallende Trends von 1870 bis 1900 und von 1910 bis ca. 1935. Angedeutet findet man etwas Analoges auch bei den RR-Tagen. Die Welle 1950-53 tritt bei allen 3 Parametern auf; danach ist keine deutliche Übereinstimmung mehr auszumachen.

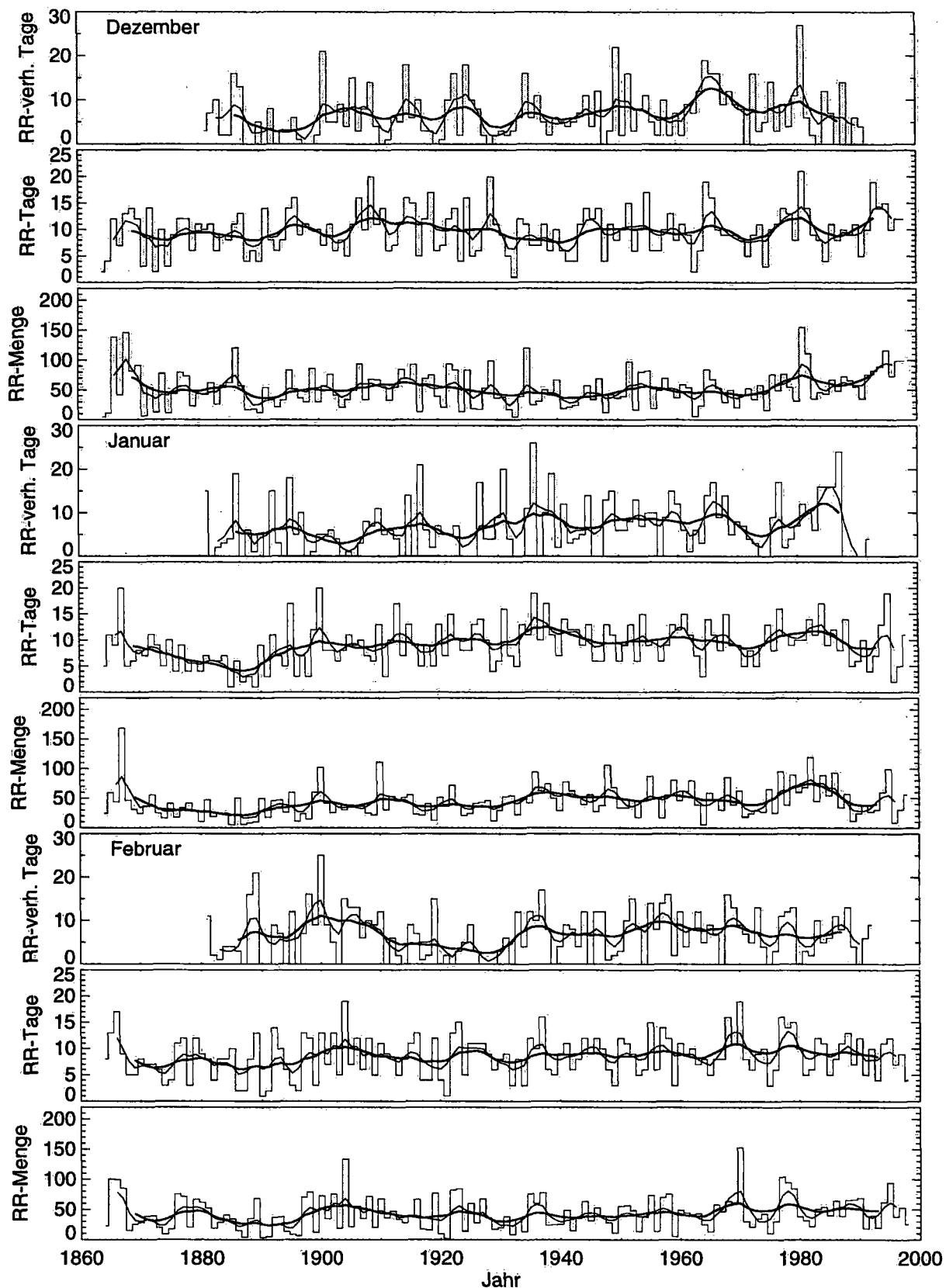


Fig. A6.1: Wintermonate: RR verheissende Hess-Brezowsky-Wetterlagen (1881 bis 1992, siehe Text), Monatssummen des Niederschlags und Monatssummen der Anzahl Niederschlagstage ( $\geq 1$  mm) für die Basler Reihe (1864-1998). Eingetragen sind noch die 11- und 5-jährigen gleitenden Mittel..

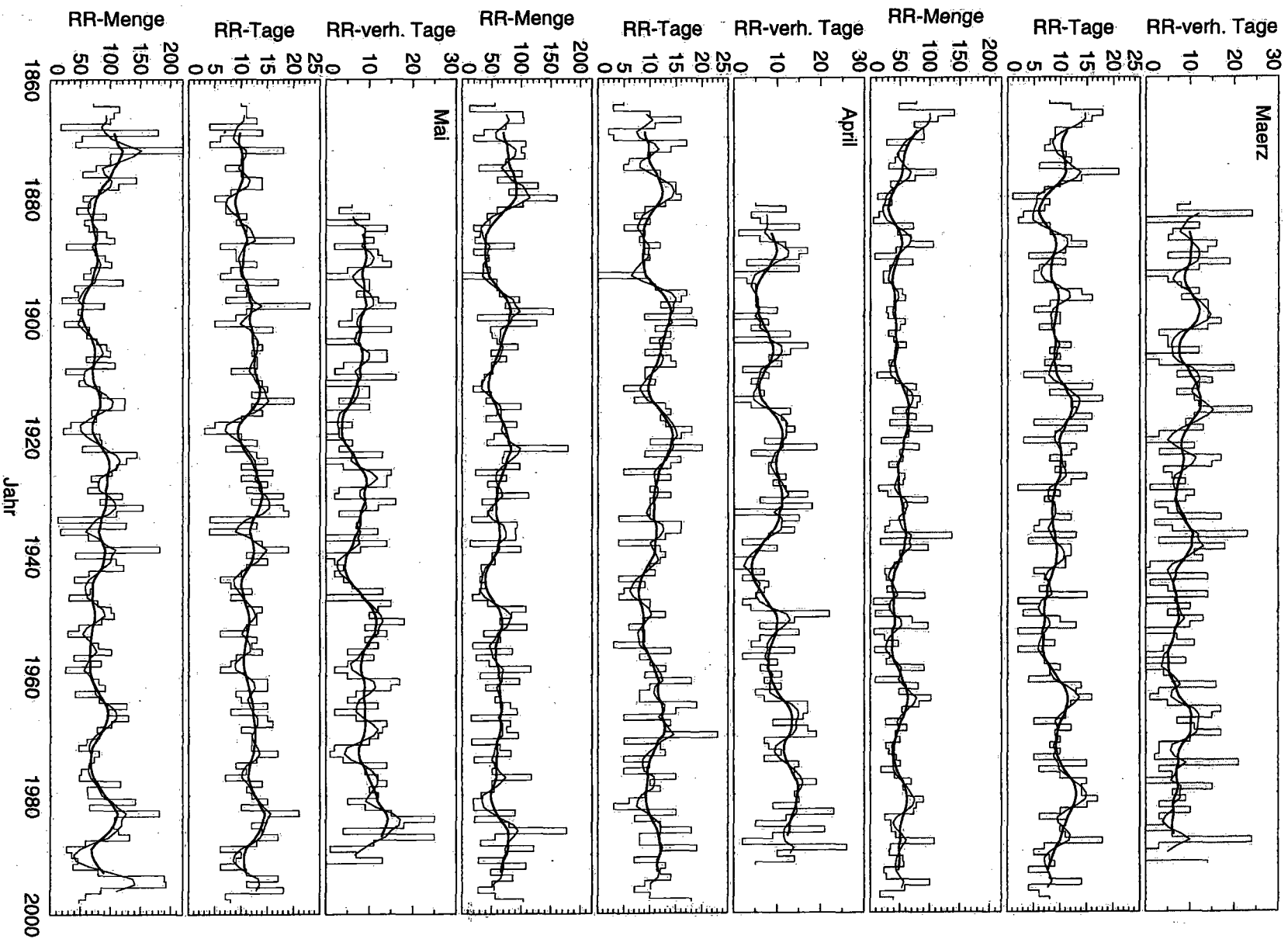


Fig. A6.2: Wie Fig. A6.1, jedoch für Frühlingsmonate.

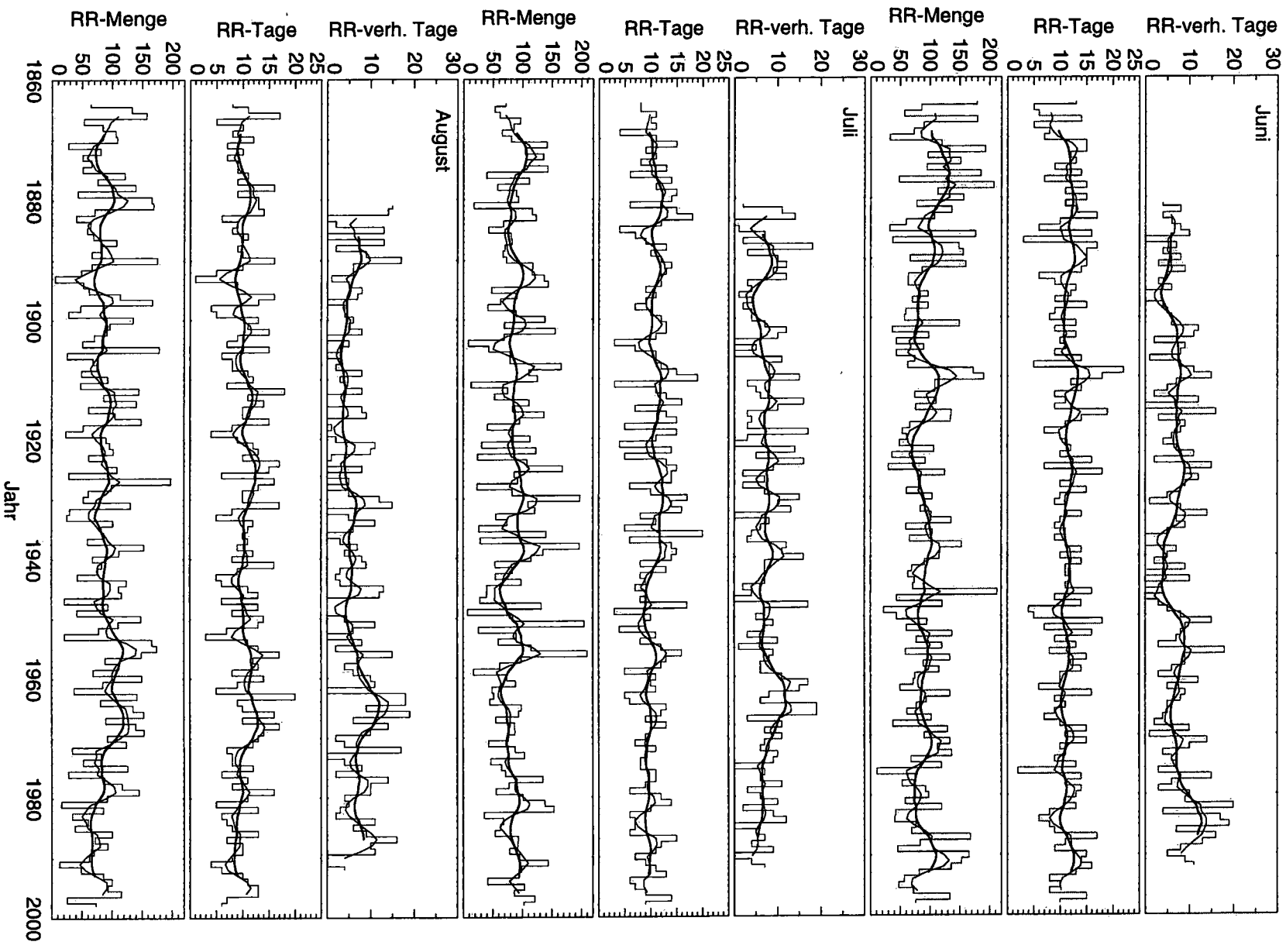


Fig. A6.3: Wie Fig. A6.1, jedoch für Sommermonate.

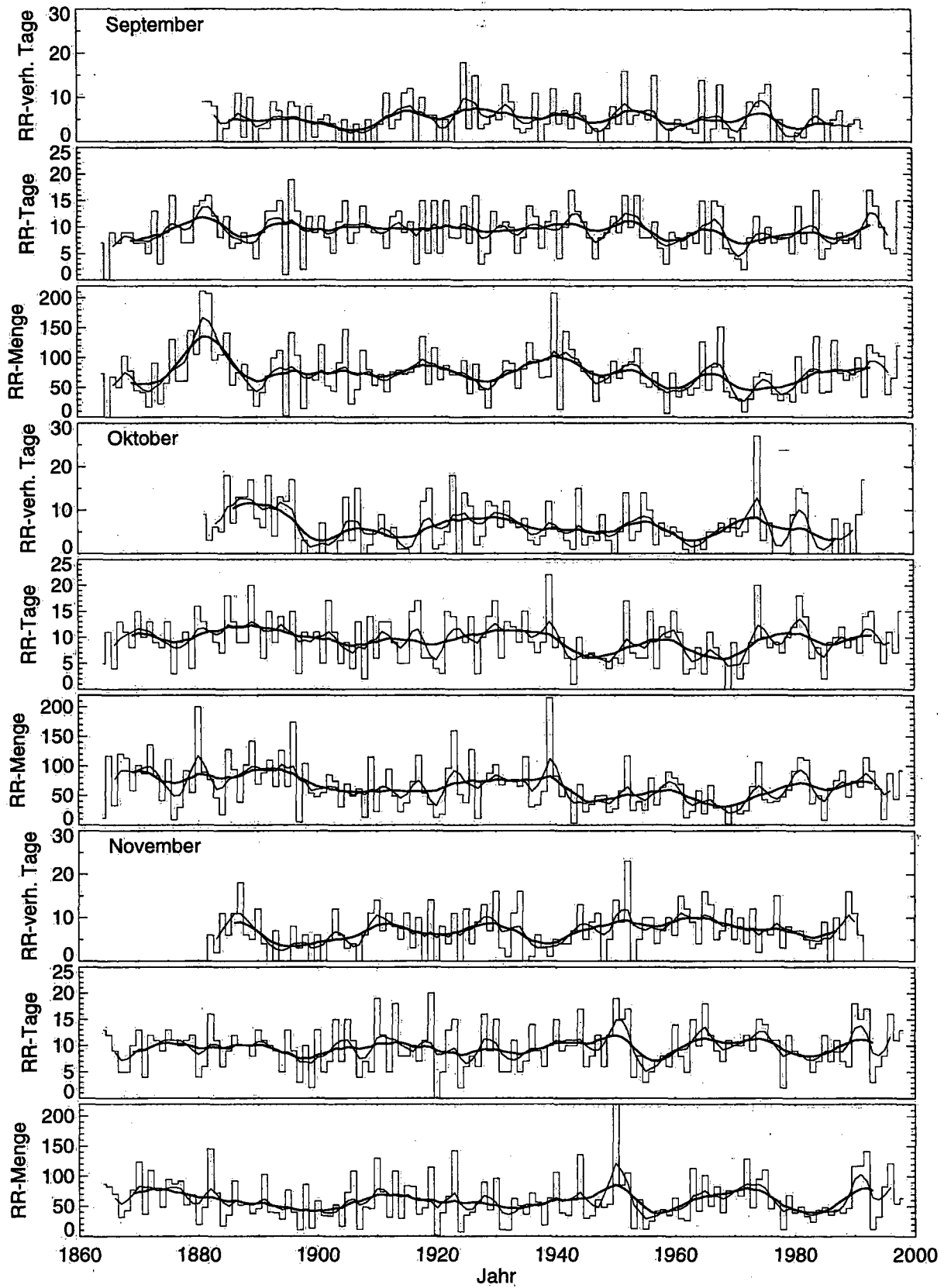


Fig. A6.4: Wie Fig. A6.1, jedoch für Herbstmonate.



## Anhang 7

Tab. A7.1: Monatssummen des Niederschlags gemessen in Basel, wie sie in dieser Arbeit verwendet wurden.  
 Details siehe Kapitel 2.

Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Frü	Som	Her	Win	Jahr
1864	24.6	22.5	77.9	55.5	71.7	178.9	71.7	64.5	72.8	11.9	87.1	4.7	205.1	315.1	171.8	92.1	743.8
1865	59.5	100.3	48.4	13.2	115.0	85.8	52.9	132.7	0.0	116.6	82.4	11.1	176.6	271.4	199.0	164.5	817.9
1866	44.1	99.5	141.3	102.9	105.8	57.3	62.0	157.4	68.0	33.1	70.3	138.4	350.0	276.7	171.4	154.7	1080.1
1867	168.5	85.3	113.8	104.8	99.7	179.8	96.6	53.0	50.1	120.1	31.7	41.9	318.3	329.4	201.9	392.2	1145.3
1868	46.3	14.9	73.9	73.9	17.1	89.7	85.2	84.5	102.8	113.0	42.7	146.2	164.9	259.4	258.5	103.1	890.2
1869	31.3	25.5	89.1	36.8	179.1	73.2	65.4	105.9	77.7	58.1	77.3	81.6	305.0	244.5	213.1	203.0	901.0
1870	24.4	28.1	90.2	19.4	52.1	32.7	80.8	108.5	44.7	101.2	123.9	91.2	161.7	222.0	269.8	134.1	797.2
1871	37.4	38.5	27.5	107.4	41.3	120.1	141.4	27.1	41.6	87.2	37.0	6.3	176.2	288.6	165.8	167.1	712.8
1872	55.1	39.6	59.8	99.5	307.5	193.0	104.3	81.1	17.2	135.7	109.5	53.8	466.8	378.4	262.4	101.0	1256.1
1873	25.0	20.1	47.3	105.5	99.6	96.6	135.5	51.0	91.0	83.3	79.2	12.7	252.4	283.1	253.5	98.9	846.8
1874	16.3	9.0	41.4	73.8	99.9	151.8	104.8	65.9	22.3	40.9	48.6	77.7	215.1	322.5	111.8	38.0	752.4
1875	40.9	17.5	31.3	28.6	76.0	94.9	142.7	51.3	56.6	110.8	94.5	11.4	135.9	288.8	262.0	136.1	756.5
1876	17.8	75.4	110.2	101.4	53.7	185.3	39.2	121.0	130.4	9.1	87.4	43.9	265.4	345.5	226.9	104.5	974.8
1877	33.8	71.3	75.3	60.0	143.1	47.9	111.4	75.7	60.5	29.9	91.6	79.7	278.4	235.1	182.0	149.0	880.3
1878	42.0	20.3	34.2	128.4	113.3	207.2	57.2	139.0	60.6	91.5	51.7	73.4	275.9	403.4	203.8	142.1	1018.8
1879	27.7	66.7	37.0	79.1	79.6	112.8	90.0	43.0	145.2	54.8	68.2	23.1	195.8	245.8	268.3	167.8	827.3
1880	10.6	61.6	12.5	160.1	53.7	156.7	93.0	166.0	105.4	200.0	19.1	43.8	226.3	415.8	324.5	95.3	1082.6
1881	47.3	52.6	36.1	103.0	65.8	77.8	17.8	169.0	210.9	88.9	47.6	42.5	204.9	264.6	347.4	143.7	959.3
1882	18.8	18.7	21.6	59.1	43.2	136.8	116.5	71.0	207.2	76.6	145.4	61.9	123.9	324.3	429.3	80.0	976.9
1883	24.7	28.6	14.8	42.1	92.3	107.3	123.0	40.6	95.4	46.1	72.4	26.3	149.2	270.8	213.8	115.2	713.4
1884	24.6	40.7	4.9	46.4	56.0	60.0	67.9	64.4	104.5	17.7	17.0	57.3	107.3	192.3	139.2	91.6	561.5
1885	4.2	27.1	57.1	15.2	50.5	25.5	33.8	46.6	112.3	101.6	28.2	49.5	122.8	105.9	242.1	88.6	551.6
1886	50.5	15.0	45.3	30.8	93.2	176.8	80.6	68.7	54.1	94.1	92.4	120.7	169.3	326.1	240.6	115.0	922.1
1887	5.7	3.7	67.9	21.9	106.6	37.1	82.2	107.4	74.4	38.7	51.8	56.9	196.4	226.7	164.9	130.0	654.4
1888	8.4	34.9	106.1	88.2	26.6	148.4	70.3	80.9	88.7	101.7	53.2	16.7	220.9	299.5	243.6	100.3	824.1
1889	10.1	68.5	43.5	19.3	73.9	155.7	67.0	66.2	45.6	141.9	37.8	18.0	136.7	288.9	225.3	95.3	747.5
1890	49.9	3.5	8.0	45.5	91.1	66.5	72.7	175.2	18.2	68.9	45.8	12.3	144.6	314.4	132.9	71.4	657.6
1891	18.0	5.3	71.5	39.1	101.5	160.0	117.6	66.5	41.2	88.0	103.1	54.2	212.1	344.1	232.3	35.6	866.0
1892	46.0	37.2	33.0	47.3	66.8	86.8	116.6	48.9	69.1	110.0	40.2	33.8	147.1	252.3	219.3	137.4	735.7
1893	47.0	38.1	22.1	0.0	54.5	63.7	136.9	5.6	99.1	65.2	39.0	21.3	76.6	206.2	203.3	118.9	592.5
1894	26.4	13.3	22.2	58.5	119.9	63.5	143.8	52.5	111.6	126.2	28.4	32.8	200.6	259.8	266.2	61.0	799.1
1895	59.9	8.8	37.4	58.6	39.3	82.4	47.7	62.0	1.8	65.2	76.6	83.1	135.3	192.1	143.6	101.5	622.8
1896	11.2	6.3	53.8	62.8	45.7	96.7	90.8	113.8	141.5	174.1	39.7	51.7	162.3	301.3	355.3	100.6	888.1
1897	23.8	70.3	58.8	96.3	18.7	70.4	63.1	167.2	103.9	5.0	10.6	36.4	173.8	300.7	119.5	145.8	724.5
1898	14.8	78.7	39.0	72.9	89.1	96.8	41.5	48.1	14.0	103.9	86.1	29.9	201.0	186.4	204.0	129.9	714.8
1899	60.3	11.9	26.9	154.3	46.1	59.5	89.6	27.9	70.8	53.5	13.3	85.8	227.3	177.0	137.6	102.1	699.9
1900	102.3	72.5	30.5	26.1	52.7	57.0	138.5	135.1	62.1	47.5	58.5	30.2	109.3	330.6	168.1	260.6	813.0
1901	41.4	34.6	58.6	126.5	23.5	149.2	69.6	96.5	121.1	54.4	34.1	56.9	208.6	315.3	209.6	106.2	866.4
1902	25.6	75.5	50.9	48.3	64.1	36.8	155.6	92.0	52.2	84.8	33.8	76.3	163.3	284.4	170.8	158.0	795.9
1903	41.1	18.9	30.6	50.8	60.2	98.2	69.1	70.7	43.3	74.2	52.0	41.3	141.6	238.0	169.5	136.3	650.4
1904	30.6	133.5	39.7	58.9	77.0	43.3	8.5	51.1	91.6	30.8	16.8	20.8	175.6	102.9	139.2	205.4	602.6
1905	36.2	21.4	60.2	94.3	93.2	89.6	43.2	178.4	147.7	69.2	72.9	33.9	247.7	311.2	289.8	78.4	940.2
1906	36.4	55.4	43.9	48.5	99.1	43.5	79.5	25.5	21.9	49.0	108.4	49.7	191.5	148.5	179.3	125.7	660.8
1907	36.7	35.2	43.3	74.6	58.9	74.3	79.3	68.6	46.4	61.0	11.3	93.5	176.8	222.2	118.7	121.6	683.1
1908	25.3	71.9	31.2	49.6	106.6	62.5	166.3	74.8	112.1	13.3	48.5	33.7	187.4	303.6	173.9	190.7	795.8
1909	22.1	20.2	42.0	51.3	24.6	172.5	111.4	49.3	80.0	115.1	46.1	68.2	117.9	333.2	241.2	76.0	802.8
1910	111.4	67.5	11.0	36.8	55.7	190.1	125.8	92.8	53.5	22.7	129.7	67.2	103.5	408.7	205.9	247.1	964.2
1911	30.8	36.2	41.3	33.1	47.5	108.3	13.3	47.7	71.7	64.2	73.9	55.6	121.9	169.3	209.8	134.2	623.6
1912	53.5	47.0	77.4	18.9	81.9	108.5	75.4	144.9	42.6	94.3	31.9	32.8	178.2	328.8	168.8	156.1	809.1
1913	45.6	33.8	62.0	49.5	84.1	74.5	52.9	86.5	75.8	48.8	108.5	54.3	195.6	213.9	233.1	112.2	776.3
1914	51.2	28.5	83.6	40.5	123.9	110.6	111.4	140.6	78.8	22.4	29.7	84.0	248.0	362.6	130.9	134.0	905.2
1915	55.6	37.8	78.8	99.5	123.1	76.0	83.6	61.1	72.3	36.9	83.9	68.8	301.4	220.7	193.1	177.4	877.4
1916	23.1	66.8	38.1	58.6	68.5	135.9	137.1	105.3	75.5	73.2	82.5	92.9	165.2	378.3	231.2	158.7	957.5
1917	20.9	17.0	77.1	40.2	76.4	134.2	95.1	148.6	83.8	117.9	36.2	13.2	193.7	377.9	237.9	130.8	860.6
1918	40.4	15.7	32.5	92.4	33.3	66.2	40.8	52.1	134.9	53.7	46.6	69.2	158.2	159.1	235.2	69.3	677.8
1919	12.6	77.3	103.4	73.9	20.8	53.2	84.9	23.5	54.6	34.3	114.5	75.5	198.1	161.6	203.4	159.1	728.5
1920	51.6	9.4	64.1	53.7	81.7	61.0	113.3	90.1	116.4	12.2	1.8	39.4	199.5	264.4	130.4	136.5	694.7
1921	36.7	1.5	18.1	41.3	84.6	48.5	31.2	96.2	62.7	18.2	39.3	20.8	144.0	175.9	120.2	77.6	499.1
1922	72.0	82.6	81.8	178.6	52.5	106.7	123.0	102.3	86.1	96.1	66.5	93.2	312.9	332.0	248.7	175.4	1141.4
1923	39.5	84.3	49.3	70.6	144.1	36.3	24.5	61.4	71.1	159.9	142.2	83.3	264.0	122.2	373.2	217.0	966.5
1924	20.5	14.0	54.8	68.2	126.5	92.2	108.2	90.9	71.4	51.4	7.5	13.5	249.5	291.3	130.3	117.8	719.1
1925	24.4	60.0	31.4	97.6	110.2	30.0	168.3	108.6	95.0	37.6	35.1	83.2	239.2	306.9	167.7	97.9	881.4
1926	41.5	28.0	46.6	22.6	102.1	125.1	86.6	28.6	39.8	127.8	40.2	18.8	171.3	240.3	207.8	152.7	707.7
1927	43.1	67.4	58.2	75.4	67.5	82.6	92.3	198.0	89.0	10.9	57.7	17.3	201.1	372.9	157.6	129.3	859.4
1928	46.5	36.1	55.4	43.3	78.9	81.1	23.7	99.1	46.1	73.3	89.9	53.4	177.6	203.9	209.3	99.9	726.8
1929	12.0	17.3	14.2	57.7	61.8	60.5	82.7	61.0	15.3	87.4	43.4	98.8	133.7	204.2	146.1	82.7	612.1
1930	29.7	19.9	29.7	112.3	119.2	103.8	198.0	52.8	60.6	101.8	96.3	36.5	261.2	354.6	258.7	148.4	960.6
1931	52.8	37.9	96.0	33.4	82.2	89.8	109.9	130.8	66.6	67.7	11.1	37.8	211.6	330.5	145.4	127.2	816.0
1932	54.5	8.2	56.1	51.5	153.3	83.8	121.3	30.2	94.5	73.8	10.1	17.1	260.9	235.3	178.4	100.5	75

1934	50.0	13.3	55.4	16.0	11.8	135.9	74.4	101.6	48.1	65.5	50.4	38.9	83.2	311.9	164.0	68.3	661.3
1935	41.8	76.3	31.9	92.9	125.7	59.6	26.4	82.2	80.5	115.1	36.5	119.7	250.5	168.2	232.1	157.0	888.6
1936	94.3	60.0	24.7	90.3	17.0	104.3	140.8	86.8	124.7	30.3	71.5	25.1	132.0	331.9	226.5	274.0	869.8
1937	62.7	77.6	137.1	91.1	63.1	66.0	29.0	59.7	96.2	33.7	56.3	31.0	291.3	154.7	186.2	165.4	803.5
1938	74.3	23.8	17.7	13.7	87.6	152.9	197.0	152.9	66.3	56.5	18.5	50.2	119.0	502.8	141.3	129.1	911.4
1939	49.8	24.6	97.5	99.4	181.7	117.0	135.4	111.9	67.4	215.2	63.6	41.1	378.6	364.3	346.2	124.6	1204.6
1940	29.0	25.6	49.8	50.9	41.8	115.8	115.2	67.9	207.5	82.5	106.9	66.5	142.5	298.9	396.9	95.7	959.4
1941	77.7	48.8	53.1	55.7	109.3	90.8	53.8	83.3	12.5	48.0	38.8	18.9	218.1	227.9	99.3	193.0	690.7
1942	62.5	15.2	40.4	32.5	121.9	69.4	83.5	76.6	143.9	60.1	34.6	21.1	194.8	229.5	238.6	96.6	761.7
1943	51.9	35.7	24.5	33.6	64.0	62.9	54.7	42.9	113.9	3.2	60.5	24.2	122.1	160.5	177.6	108.7	572.0
1944	39.7	63.3	27.1	29.9	39.5	73.9	98.2	124.3	92.0	68.7	136.1	37.7	96.5	296.4	296.8	127.2	830.4
1945	55.9	31.4	37.0	40.0	70.8	71.1	40.0	111.3	77.0	22.6	30.2	57.3	147.8	222.4	129.8	125.0	644.6
1946	27.8	53.1	27.7	28.9	65.7	212.5	39.6	116.2	77.5	35.0	34.1	34.3	122.3	368.3	146.6	138.2	752.4
1947	37.6	37.8	91.2	17.1	31.1	44.1	28.2	21.2	26.6	49.3	60.5	69.0	139.4	93.5	136.4	109.7	513.7
1948	106.2	28.0	5.4	43.5	78.8	120.8	132.5	93.8	66.8	50.2	48.0	11.9	127.7	347.1	165.0	203.2	785.9
1949	68.0	11.5	33.1	108.1	101.1	22.6	7.8	42.0	57.6	21.2	53.4	42.2	242.3	72.4	132.2	91.4	568.6
1950	33.8	55.4	8.5	83.5	105.9	44.0	83.9	148.3	93.8	27.1	220.2	36.4	197.9	276.2	341.1	131.4	940.8
1951	34.0	57.0	70.4	64.1	85.7	95.2	205.4	110.8	65.2	57.8	85.3	39.1	220.2	411.4	208.3	127.4	970.0
1952	46.4	48.6	97.1	109.7	47.5	60.5	26.2	78.3	86.7	117.0	105.6	97.2	254.3	165.0	309.3	134.1	920.8
1953	17.8	13.9	6.7	36.7	28.8	137.0	89.7	21.4	92.7	24.6	12.8	16.8	72.2	248.1	130.1	128.9	498.9
1954	46.0	38.2	24.2	64.8	67.6	77.2	59.5	166.6	115.3	39.2	60.6	80.2	156.6	303.3	215.1	101.0	839.4
1955	87.6	74.1	47.2	18.2	79.8	120.5	115.2	174.7	56.6	24.9	11.8	81.5	145.2	410.4	93.3	241.9	892.1
1956	48.9	14.2	7.5	85.0	101.5	59.1	210.5	149.2	50.5	79.3	25.0	18.7	194.0	418.8	154.8	144.6	849.4
1957	16.9	70.4	32.6	23.6	38.9	133.8	98.3	89.0	74.4	33.6	41.7	49.4	95.1	321.1	149.7	106.0	702.6
1958	55.7	76.1	26.8	45.6	83.9	89.0	62.3	112.0	45.9	63.6	44.0	69.8	156.3	263.3	153.5	181.2	774.7
1959	80.5	5.5	90.1	116.2	25.3	115.2	17.5	68.7	6.4	89.3	35.3	52.6	231.6	201.4	131.0	155.8	702.6
1960	46.3	49.4	49.8	30.8	67.9	74.8	73.9	149.6	73.7	79.7	63.8	37.1	148.5	298.3	217.2	148.3	796.8
1961	62.0	44.6	8.8	97.6	81.0	72.2	88.7	85.2	34.2	69.2	29.6	59.1	187.4	246.1	133.0	143.7	732.2
1962	79.8	42.2	80.8	40.1	91.5	50.2	49.1	37.3	49.6	13.0	26.3	53.9	212.4	136.6	88.9	181.1	613.8
1963	39.1	43.6	48.2	62.6	41.2	133.6	51.7	142.0	37.7	23.6	113.6	5.6	152.0	327.3	174.9	136.6	742.5
1964	5.7	25.1	102.2	55.6	81.2	93.9	45.4	81.1	49.2	58.3	42.1	23.4	239.0	220.4	149.6	36.4	663.2
1965	59.1	13.4	82.0	82.0	127.1	77.4	98.6	135.0	126.5	19.3	101.2	84.1	291.1	311.0	247.0	95.9	1005.7
1966	48.6	58.6	53.5	93.0	96.6	61.7	93.9	153.0	45.9	67.2	50.1	67.4	243.1	308.6	163.2	191.3	889.5
1967	30.3	47.3	55.3	15.6	129.8	102.4	55.1	89.8	84.6	29.1	82.5	53.4	200.7	247.3	196.2	145.0	775.2
1968	85.7	63.8	25.8	81.7	101.6	37.8	86.8	139.8	151.8	31.0	39.7	29.4	209.1	264.4	222.5	202.9	874.9
1969	39.5	61.7	61.4	75.4	77.6	129.9	87.6	153.5	42.8	1.5	76.1	49.9	214.4	371.0	120.4	130.6	856.9
1970	63.2	153.0	42.1	94.7	81.5	90.5	76.4	92.6	32.8	34.4	74.9	20.9	218.3	269.5	142.1	266.1	857.0
1971	18.8	30.5	49.8	16.1	60.6	133.6	43.0	124.2	30.5	18.9	67.3	41.3	126.5	300.8	116.7	70.2	634.6
1972	24.5	21.4	25.8	64.3	47.5	113.1	88.1	34.3	9.2	24.0	129.0	52.6	137.6	235.5	162.2	87.2	633.8
1973	28.8	35.1	31.4	83.1	81.5	136.6	104.1	82.5	30.2	64.9	47.5	34.6	196.0	323.2	142.6	116.5	760.3
1974	26.8	43.0	44.2	20.5	73.1	68.4	46.9	52.1	67.3	106.2	94.9	58.4	137.8	167.4	268.4	104.4	701.8
1975	65.8	10.4	50.8	55.3	64.7	119.4	65.1	126.4	74.6	42.9	110.7	16.1	170.8	310.9	228.2	134.6	802.2
1976	25.5	30.5	18.3	51.2	51.6	11.3	71.6	27.5	72.0	37.8	46.2	75.4	121.1	110.4	156.0	72.1	518.9
1977	94.8	104.2	41.0	117.3	47.9	75.6	135.1	87.7	38.4	39.9	59.0	48.7	206.2	298.4	137.3	274.4	889.6
1978	38.6	94.6	69.0	50.6	116.6	53.3	77.8	116.8	27.6	46.9	11.6	76.7	236.2	247.9	86.1	181.9	780.1
1979	89.8	84.9	54.9	54.1	61.3	92.7	55.5	145.1	38.9	59.6	68.5	54.6	170.3	293.3	167.0	251.4	859.9
1980	60.4	38.4	60.9	32.0	62.3	97.9	101.5	92.1	25.9	91.4	39.5	31.8	155.2	291.5	156.8	153.4	734.1
1981	68.4	31.8	89.0	18.8	141.0	58.5	138.7	16.1	101.9	114.4	49.2	154.8	248.8	213.3	265.5	132.0	982.6
1982	119.2	21.9	77.1	19.6	64.7	120.0	153.6	85.9	41.2	110.3	33.2	111.1	161.4	359.5	184.7	295.9	957.8
1983	44.8	50.7	72.5	89.4	180.6	42.3	35.8	34.2	77.6	36.5	23.8	35.1	342.5	112.3	137.9	206.6	723.3
1984	88.9	53.9	24.1	20.9	107.0	40.8	68.7	60.4	135.5	49.9	43.4	45.8	152.0	169.9	228.8	177.9	739.3
1985	54.8	40.1	34.6	79.9	105.9	76.8	63.0	38.3	40.6	8.4	48.1	43.2	220.4	178.1	97.1	140.7	633.7
1986	93.2	64.2	35.7	177.0	113.6	69.3	53.8	100.4	43.1	62.5	35.5	67.1	326.3	223.5	141.4	200.6	915.4
1987	34.3	39.0	43.1	56.3	131.7	167.9	93.0	71.7	129.3	75.3	44.0	48.5	231.1	332.6	248.6	140.4	934.1
1988	57.5	65.7	107.9	31.3	58.3	83.8	92.3	92.9	74.3	92.1	39.1	72.7	197.5	269.0	205.5	171.7	867.9
1989	11.5	66.4	34.2	121.1	26.8	45.7	78.7	69.9	62.3	47.2	46.7	66.4	182.1	194.3	156.2	150.6	676.9
1990	24.2	69.0	32.2	74.1	35.6	165.6	95.7	62.4	71.3	74.1	116.6	55.3	141.9	323.7	262.0	159.6	876.1
1991	38.3	18.3	55.0	27.6	45.4	153.1	143.5	12.8	99.5	64.3	117.5	35.6	128.0	309.4	281.3	111.9	810.9
1992	26.9	39.6	56.1	108.1	37.5	135.7	98.8	49.0	33.8	113.8	141.0	75.8	201.7	283.5	288.6	102.1	916.1
1993	30.1	19.5	23.2	48.2	79.2	82.2	94.6	86.0	121.5	91.1	11.7	82.0	150.6	262.8	224.3	125.4	769.3
1994	60.3	62.0	27.0	85.5	189.2	57.1	40.9	100.2	107.9	60.6	32.1	89.2	301.7	198.2	200.6	204.3	912.0
1995	99.5	94.4	100.1	50.6	191.9	47.8	103.6	93.2	102.3	9.4	82.2	116.4	342.6	244.6	193.9	283.1	1091.4
1996	8.9	37.9	57.9	26.9	84.1	72.3	86.6	115.8	38.1	87.4	120.4	73.3	168.9	274.7	245.9	163.2	809.6
1997	30.9	53.4	16.4	56.4	59.4	133.8	121.1	25.5	65.3	43.5	54.1	98.9	132.2	280.4	162.9	157.6	758.7
1998	56.2	25.8	39.1	104.2	47.8	76.4	102.9	73.8	119.8	91.8	63.4	25.3	191.1	253.1	275.0	180.9	826.5

