



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

No. 179

## **Die Sonnenscheindauer in Basel 1886 bis 1990**

Sonnenscheindauer und Bewölkung in Basel

Dr. W. Schüepp

Die 100-jährige Messreihe der Sonnenscheindauer von Basel

Dr. Ch. Urfer-Henneberger

September 1994

Arbeitsberichte der SMA  
Rapports de travail de l'ISM  
Rapporti di lavoro dell'ISM  
Working Reports of the SMI

© SMA, Publikationen, CH-8044 Zürich

Schweizerische Meteorologische Anstalt  
Krähbühlstrasse 58, Postfach  
CH-8044 Zürich

Tel. (01) 256 91 11, Fax (01) 256 92 78, Telex 81 73 73 met ch

## Die Sonnenscheindauer in Basel 1886 bis 1990

Sonnenscheindauer und Bewölkung in Basel

Dr. W. Schüepp

Die 100-jährige Messreihe der Sonnenscheindauer von Basel

Dr. Ch. Urfer-Henneberger

September 1994

### Zusammenfassung

#### Teil 1:

Die säkularen Beobachtungsreihen von Sonnenscheindauer 1886-1990 und Bewölkung von 1864-1990 werden publiziert. Dabei kann die Homogenisierung bei der Sonnenscheindauer anhand der Originalstreifen, aus Parallelregistrierungen und Vergleich mit einem empfindlicheren Gerät bereinigt werden. Für die Perioden 1886-1907 und 1908-1929 werden Korrekturtabellen publiziert. Die Bewölkungsbeobachtungen sind durch Schulung von einem Beobachter zum nächsten auch vergleichbar. Die Addition von Sonnenscheindauer in Prozent der möglichen und der Bewölkung in Prozent der Himmelsfläche lässt vermuten, dass auch die Bewölkungsbeobachtungen im Rahmen von  $\pm 2\%$  der Jahresmittel homogen sind- und entsprechend auch die Sonnenscheindauer. Ein klimatischer Trend lässt sich aus dieser Beobachtungsreihe nicht ablesen- wohl aber überlagern sich den erheblichen Schwankungen von Jahr zu Jahr auch systematische Abweichungen über mehrere Jahre, deren Ursache im Teil II nachgegangen wird.

#### Teil 2:

Die über 100jährige homogenisierte Reihe der Sonnenscheindauer von Basel zeigt eine überraschende Ausgeglichenheit. Wohl fällt in den letzten 30 Jahren im Frühling ein stetiger Rückgang der Werte auf; aber in etwa demselben Masse nehmen jene vom Herbst seit 50 Jahren zu. Wie in Kap. 3 nachgewiesen werden kann, lassen sich beide Trends durch synoptische Fakten erklären. - Die Verhältnisse von Basel sind sehr gut mit denen von Freiburg i. Br. vergleichbar (vorhanden seit 1931), sowohl was die Jahres- als auch Jahreszeitenmittel betrifft.

Mit Hilfe der Witterungslagenstatistik nach M. Schüepp für den schweizerischen Alpenraum (ab 1945) lässt sich für den Oktober eine enge Korrelation zwischen Sonnenscheindauer und Antizyklonalagen berechnen. Da es im November auch am Juranordfuss oft Nebel oder Hochnebel hat, wird eine negative Korrelation zu den zyklonalen Wetterlagen signifikanter. Die Gegenüberstellung der übergreifenden Monatssummen mit denen der Anzahl Tage von trüb-regnerischer Witterung (im abfallenden Massstab aufgetragen) zeigt auffallend parallelen Verlauf. - Analoges ist für den März zu erkennen, wobei ausser den zyklonalen Wetterlagen im abfallenden Massstab auch die übergreifenden Zahlen der heiter-trockenen Tage eingezeichnet sind.

Die Tagesgänge der Sonnenscheindauer sind gemittelt über besonders sonnige resp. trübe

Monate. Letztere verlaufen wohl mehr zufällig mit ihrem an sich niedrigen Absolutwert symmetrisch zum wahren Mittag. In besonders sonnigen Monaten erkennt man im Winterhalbjahr am Vormittag eine Beeinträchtigung der Sonnenscheindauer durch Morgennebel und im Sommer gegen Abend durch Quellbewölkung. Nur in ganz seltenen Beispielen verläuft der Tagesgang bei sehr hohen Absolutwerten symmetrisch zum wahren Mittag.

Der Jahresgang wird in 365 Tagesmitteln, den sog. Singularitäten wiedergegeben, und zwar für die beiden Perioden 1943 - 1962 und 1963 - 1982. Sie lassen erkennen, dass vor allem markante Anstiege und Rückfälle im Frühling auf willkürliche Daten fallen - nicht nur und genau zur Zeit der Eisheiligen zum Beispiel - aber auch in welche Perioden die vielen trüben Tage im Frühling der letzten Jahrzehnte und die sonnigen im Herbst effektiv fallen; unsere kalendarische Monateinteilung setzt da eine willkürliche Zäsur.

## **Résumé**

### **1ère partie**

Les observations séculaires de la durée d'insolation de la période 1886 - 1990, ainsi que de la nébulosité de la période 1864 - 1990, sont publiées dans le présent rapport. Les bandes d'ensoleillement originales, des enregistrements parallèles et les comparaisons à des instruments plus sensibles, ont rendu possible une homogénéisation rectifiée. Les tableaux de correction sont publiés pour les périodes 1886 - 1907 et 1908 - 1929. En ce qui concerne les observations de nébulosité, elles sont également comparables, grâce aux instructions soigneuses que l'observateur donne à son successeur. La somme de la durée d'insolation en pourcent de la durée théoriquement possible, et de la nébulosité en pourcent de la voûte céleste, laisse supposer que les observations de la nébulosité sont homogènes - avec des déviations de  $\pm 2$  % par rapport aux moyennes annuelles. En conséquence, cette homogénéité apparaît également pour l'ensoleillement. Il est vrai qu'une tendance climatique n'est pas relevée par cette série d'observations; d'autre part, aux variations, considérables d'une année à l'autre, sont superposées des déviations systématiques de plusieurs années. Les causes de ce fait sont analysées dans la deuxième partie.

### **2ème partie**

La série homogénéisée de la durée d'insolation de Bâle sur plus de 100 ans montre un équilibre surprenant. En effet, un recul marqué et continu des valeurs printanières se manifeste durant les 30 dernières années. Or, les valeurs d'automne augmentent dans la même mesure depuis 50 ans. Comme il est prouvé dans le chapitre 2, les deux tendances s'expliquent par des faits synoptiques. - Les conditions de Bâle sont parfaitement comparables à celles de Fribourg en Brisgau (d'où les données sont disponibles depuis 1931), concernant aussi bien les moyennes annuelles que saisonnières.

La statistique des situations météorologiques, selon la méthode de M. Schüepp, concernant la zone alpine suisse (depuis 1945) fait apparaître une étroite corrélation pour le mois d'octobre entre la durée d'insolation et les situations anticycloniques. Comme, en novembre, il y a souvent du brouillard ou des stratus au pied nord du Jura, une corrélation négative avec les situations météorologiques cycloniques est plus marquée. La comparaison des sommes mensuelles et des nombre de jours pluvieux et brumeux (notés en dégradé) fait apparaître un parallélisme évident. Le mois de mars présente un développement analogue, hormis cependant les situations cycloniques, notées en dégradé. Les valeurs chevauchantes des jours secs et ensoleillés sont également reportées.

Les valeurs journalières moyennes de la durée d'insolation sont établies pour les mois particulièrement ensoleillés, respectivement pour les mois de brouillard. Ces derniers, avec leurs valeurs absolues, sont plutôt distribués au hasard, symétriquement par rapport au milieu du jour réel. Pendant le semestre hivernal, on constate que la durée d'insolation au cours de la matinée est négativement influencée par un brouillard matinal et, en été, par des formations

de cumulus en fin d'après-midi. Dans de rares exemples seulement, le cours journalier s'écoule symétriquement relativement au milieu réel de la journée.

Le cours annuel est reproduit en 365 moyennes journalières, ou singularités; ce, pour les périodes de 1943 à 1962 et 1963 à 1982. Elles nous permettent de reconnaître qu'avant tout, des hausses et des baisses printanières marquantes surviennent à des dates arbitraires, et non seulement exactement pendant les Saints de Glace par exemple. Elles permettent également de reconnaître à quelles dates les journées de brouillards printaniers des dernières décades et les journées automnales ensoleillées surviennent: la répartition des mois de notre calendrier y applique une coupure arbitraire.

## **Riassunto**

### **Parte 1**

Con il presente lavoro vengono pubblicate la serie secolare delle misure del soleggiamento 1886-1990, e quella delle osservazioni della nuvolosità 1864-1990. In base alle strisce originali, registrazioni parallele e paragoni con un apparecchio più sensibile è stato possibile rivedere l'omogeneizzazione del soleggiamento; per il periodo 1886-1907 e 1908-1929 sono state allestite delle tabelle di correzione. Le osservazioni della nuvolosità, grazie all'istruzione da un osservatore al suo successore, sono pure abbastanza coerenti. La somma del soleggiamento, in percento del possibile con cielo sempre sereno, con la nuvolosità, in percento della volte celeste, lascia supporre che anche l'osservazione della nuvolosità sia omogenea nell'ordine di  $\pm 2\%$  della media annuale, da cui segue che pure il soleggiamento è attendibile. Da questa serie di dati non è possibile trovare un'evoluzione climatica, anche se alle notevoli variazioni di anno in anno si sovrappongono deviazioni sistematiche per parecchi anni, le cui cause vengono analizzate nella parte 2.

### **Parte 2**

La serie omogeneizzata del soleggiamento di Basilea di oltre 100 anni mostra una sorprendente uniformità. Anche se negli ultimi 30 anni in primavera si è manifestato un continuo calo dei valori, da 50 anni in autunno essi sono in rialzo di altrettanto. Come dimostrato nel cap. 2, entrambe le tendenze si lasciano spiegare da fatti sinottici. Le condizioni di Basilea sono paragonabili molto bene con quelle di Freiburg i. Br., le cui misure sono disponibili dal 1931, sia per le medie annuali, sia per quelle stagionali.

Con l'aiuto della statistica dei regimi meteorologici di M. Schüepp per il comprensorio alpino a partire dal 1945, in ottobre è possibile calcolare una stretta correlazione tra il soleggiamento e le situazioni di alta pressione. In novembre, quando anche al piede nord del Giura è spesso presente nebbia o nebbia alta, diventa più significativa una correlazione negativa con le situazioni cicloniche. Il paragone delle somme mensili mobili con quelle dei giorni scuri e piovosi (riportati con una scala invertita) mostra evidenti andamenti paralleli. In marzo succede qualcosa di analogo quando vengono riportate, oltre le situazioni ciclonali con la scala invertita, anche i valori mobili dei giorni chiari e asciutti. Gli andamenti giornalieri del soleggiamento sono mediati per i mesi particolarmente soleggiati o particolarmente poveri di sole. Quest'ultimi, con dei valori assoluti bassi, hanno un andamento casualmente simmetrico rispetto al mezzogiorno solare. Nei mesi molto soleggiati, durante il semestre invernale si osserva una limitazione del soleggiamento a causa della nebbia nelle ore mattutine, mentre nel semestre estivo una limitazione avviene verso sera a causa della nuvolosità convettiva. Soltanto in casi molto rari l'andamento giornaliero con valori assoluti alti risulta simmetrico con il mezzogiorno solare. Per entrambi i periodi, 1943-1962 e 1963-1982, l'andamento annuale viene riprodotto in 365 medie giornaliere, le cosiddette singularità. Esso lascia riconoscere che gli aumenti o le diminuzioni importanti si manifestano soprattutto in primavera a delle date casuali, e non soltanto ad esempio per i Santi di ghiaccio.

## Summary

### Part 1

The secular observations of the sunshine duration 1886-1990 and cloudiness 1864 - 1990 are published in this report. The presence of the original sunshine cards and comparisons between other instruments allowed for homogenisation of the whole series in three periods 1886 - 1907, 1908 - 1929 and 1930 - 1990. By careful training from one observer to the next, the observations of cloudiness are rather homogenous, too. By addition of the sunshine duration, expressed in percent of the maximal possible duration of insolation, and the cloudiness, expressed in percent of the surface of the whole sky surface, we may conclude that even cloud observations have no systematical errors greater as 2%. No climatological trend appears on the graphs ; but on the other hand important differences from one year to the next are evident and even periods of several years with systematical deviations are visible, which give rise to the research in part II.

### Part 2

The over 100 years homogenized series on sunshine duration of Basle is surprisingly well-balanced. In fact, a marked declination of the spring values can be observed for the last 30 years. On the other hand, autumn values increased to the same extent since 50 years.

As proved in chapter 2, both trends can be explained by synoptical facts. - The conditions of Basle can perfectly be compared with those of Freiburg i. Br. (available data since 1931), concerning both yearly and seasonal means.

Thanks to the statistics of synoptic types after M. Schüepp for the Swiss Alpine Region (since 1945), a narrow correlation between sunshine duration and anticyclone conditions can be calculated for October. As November on the Northern Foot of the Jura is often characterized by mist and fog, a negative correlation towards the cyclone synoptic types becomes more significant. The comparison of the running monthly sums with those of the number of overcast and rainy days (reported with an inversed scale) shows a marked parallel course. - Analogical observations can be made with regard to March, whereby - in addition to the cyclone synoptic types with an inversed scale - the running values are visible for the fair and dry days.

The average day courses have been found for particularly sunny and overcast months respectively. The latter - with their actually low absolute value - show probably rather by chance a symmetric course related to the true midday. The sunshine duration in particularly sunny months during the winter semester is obviously affected by fog in the morning, whilst it is influenced by a cumuliform cloudiness towards the evening in summer. There are only scarce examples for a symmetrical day course with very high absolute values related to the true (solar) midday.

The annual course is reproduced by 365 diurnal averages, the so-called singularities, namely for the periods 1943 - 1962 and 1963 - 1982. They show that above all pronounced increases and decreases may occur at any casual time in spring - not exclusively on the Ice Saints days for example. They also show over the last decades in what periods the many overcast days in spring and the sunny ones in autumn respectively actually do appear - independently from our calendar division.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>Sonnenscheindauer und Bewölkung in Basel</b> (Dr. Walter Schüepp)	<b>7</b>
1.1.	Die Homogenisierung der Basler Sonnenscheindauer 1886-1990	7
1.1.1.	Instrumentbeschreibung	7
1.1.2.	Neu-Auswertung	9
1.2.	Die Fehler bei der Messung der Sonnenscheindauer	9
1.2.1.	Fehlerquellen	9
1.2.2.	Vergleich zwischen "altem" und "neuem" Heliographen	10
1.2.3.	Visuelle Schätzung	10
1.2.4.	Verfeinerte Auswertemethode	12
1.2.5.	Definitive Reduktionstabelle 1886-1907 und 1908-1929 Monatssummen 1886-1990)	13 18
1.2.6.	Klimatische Normalwerte	16
1.2.7.	Mittlerer Tagesgang 1886-1990	17
1.3.	Die Bewölkung	20
1.3.1.	Schätzung der Bewölkung	20
1.3.2.	Der scheinbare Tagesgang der Bewölkung	21
1.3.3.	Der Einfluss des Standorts auf die Bewölkungsschätzung	21
1.3.4.	(Anhang säkulare Bewölkungsdaten 1864-1990)	21
1.4.	Bewölkung und relative Sonnenscheindauer in Prozent	23
<b>2.</b>	<b>Die 100-jährige Messreihe der Sonnenscheindauer von Basel</b> (Dr. Charlotte Urfer-Henneberger)	<b>27</b>
2.1.	Allgemeines	27
2.2.	Der Verlauf der geglätteten Kurve	28
2.2.1.	Die Jahressummen der Sonnenscheindauer	28
2.2.2.	Die Jahreszeitensummen der Sonnenscheindauer	29
2.2.3.	Ein typischer Monat aus jeder Jahreszeit	32
2.3.	Ursachen für die stetige Zu- resp. Abnahme der Sonnenscheindauer	32
2.3.1.	Allgemeines	32
2.3.2.	Auswahl der Witterungslagen	32
2.3.3.	Sonnenscheindauer und Witterung im Oktober	34
2.3.4.	Sonnenscheindauer und Witterung im November	35
2.3.5.	Sonnenscheindauer und Witterung im März	36
2.4.	Tagesgang der Sonnenscheindauer	37
2.4.1.	Allgemeines	37
2.4.2.	Tagesgang der Sonnenscheindauer ausgewählter Monate	38
2.4.2.1.	Dezember	38
2.4.2.2.	Februar	40

2.4.2.3.	April	40
2.4.2.4.	Juli	40
2.4.2.5.	September	40
2.4.2.6.	November	43
2.4.2.7.	März	43
2.5.	Jahresgang der Sonnenscheindauer	43
2.5.1.	Allgemeines	43
2.5.2.	Vergleiche der Monatsmittel	44
2.5.3.	Vergleich der Jahresgänge im Tagesmittel	45
2.5.3.1.	November	45
2.5.3.2.	Dezember	45
2.5.2.3.	Januar	46
2.5.2.4.	Februar	46
2.5.2.5.	März	46
2.5.2.6.	April	47
2.5.2.7.	Mai	47
2.5.2.8.	Juni	48
2.5.2.9.	Juli	48
2.5.2.10.	August	48
2.5.2.11.	September	49
2.5.2.12.	Oktober	49
3.	<b>Literaturverzeichnis</b>	50

## 1. Sonnenscheindauer und Bewölkung in Basel

Mit Beginn von auf einheitlicher Basis reduzierbaren Beobachtungen im Jahre 1755 gehört Basel zu den ältesten meteorologischen Stationen, die zur Überprüfung möglicher säkularer Klimaschwankungen geeignet sind. Allerdings beschränken sich die ältesten Beobachtungen auf Messungen von Temperatur und Luftdruck sowie Angaben über Schneefall. Seit 1826 werden auch Gewitter notiert, seit 1827 Tage mit Nebel, seit 1854 die Schneedecke. Erst 1864 wurde gesamtschweizerisch mit Beobachtungen von Bewölkung, Niederschlag, relativer Feuchte begonnen und 1886 die Registrierung der Sonnenscheindauer mit dem Campbell-Stokes Sonnenscheinautographen; sodass für diese wichtigen Elemente erst wenig über 100 Jahre lange Datenreihen vorliegen.

Da am Observatorium noch alle Registrierkarten der Sonnenscheindauer vorliegen, galten während der letzten Jahre unsere Bemühungen, dieses Element zu homogenisieren und dann nach Gesichtspunkten der säkularen Klimatologie zu prüfen. Eng mit der Sonnenscheindauer verbunden ist die Bewölkung, ein Element das bis heute nur visuell erfasst werden kann und deshalb lange als zu subjektive Information für säkulare Untersuchungen als ungeeignet galt. Da diese Beobachtungsreihe aber gut 20 Jahre vor Beginn der Sonnenscheinregistrierung zurückreicht; soll auch dieses Element näher untersucht werden. Noch neueren Datums sind die Statistiken der Wetterlagen, welche die synoptische Situation jedes Tages beschreiben und die eng mit dem Wetter an einem festen Ort verbunden sind. Leider stehen uns in der Schweiz solche Unterlagen in einheitlicher Form erst ab 1945 zur Verfügung. Im zweiten Teil dieser Publikation wird aber gezeigt, dass gerade die Häufigkeit gewisser Wetterlagen für Klimaschwankungen in der Grössenordnung von 20 Jahren von entscheidender Bedeutung sind. Aussagen über die Realität von Klimaänderungen können wohl erst gemacht werden, wenn ein Klimaelement (Temperatur, Sonnenschein...) bei gleicher Wetterlage innerhalb des untersuchten Zeitraumes kontinuierlich zu- oder abnimmt. Dies ist offensichtlich mit dem Basler Beobachtungsmaterial noch nicht möglich.

In Basel ist seit 1886 ohne Unterbruch die Sonnenscheindauer mit Geräten vom Typ Campbell-Stokes registriert worden. Da sowohl an den Instrumenten wie auch bei der Auswertemethode Änderungen stattgefunden haben und auch der Standort einmal verlegt wurde, mussten die Daten zuerst homogenisiert werden. Seit ca 1980 ist im schweizerischen Beobachtungsnetz ein neuartiges Gerät der Fa. Hänni eingesetzt worden, das aber in dieser Untersuchung noch nicht berücksichtigt wird.

### 1.1. Die Homogenisierung der Basler Sonnenscheindauer 1886 bis 1990

Für die Homogenisierung wird die Sonnenscheindauer definiert als: Zeitintervall, das ein geübter Beobachter nach den Regeln der W.M.O. No 8 TP 3 p. IX 32 - 35 (1968) mit einem Campbell-Stokes Recorder ermittelt; insbesondere hat in Basel Max Bider die Auswertung mit seinen Nachfolgern Martin Kramer und Max Baumann eingeübt.

In Zukunft mit Einsatz der Hänni-Registriergeräte kann eine objektivere Definition gegeben werden; wobei leider noch nicht die ideale Lösung gefunden ist. Angestrebt wird: Die Sonnenscheindauer ist die Zeit, während welcher die direkte Sonnenstrahlung den Betrag von 120 W/m<sup>2</sup> überschreitet.

#### 1.1.1. Instrumentbeschreibung

Beim Heliograph nach Campbell-Stokes werden die Sonnenstrahlen durch eine Glaskugel als Linse gesammelt. Entsprechend der Bahn der Sonne am Himmel beschreibt der Brennpunkt im Laufe des Tages eine Linie. Bei genügender Intensität brennt so die Sonne eine Spur in den täglich ausgewechselten Kartonstreifen (Abb.1).

Folgende Unterschiede zwischen Instrument resp. Beobachter beeinflussen das Ergebnis dieser Messungen:

- 1) Transparenz und Präzision der Glaskugel in trockenem Zustand, bei Tau oder Reif
- 2) Qualität des Registrierstreifens, Farbe, Papierart, Benetzungsgrad
- 3) Lage des Registrierstreifens zum Brennpunkt

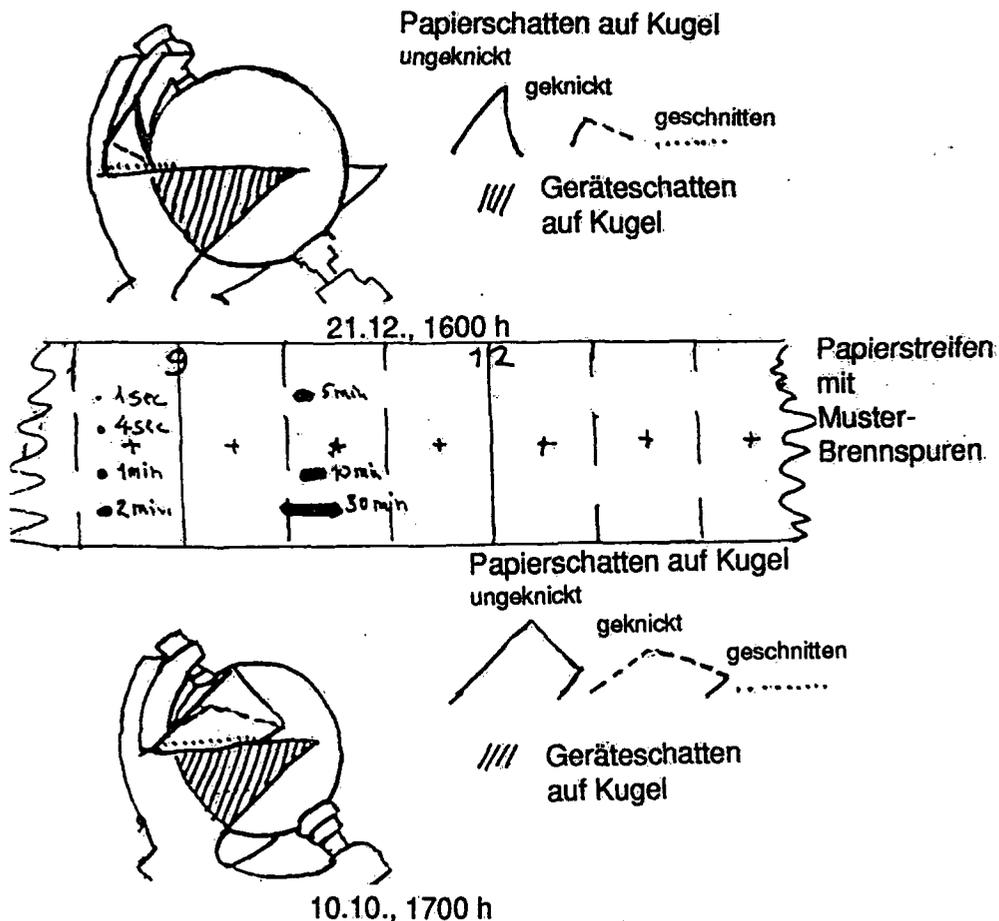
- 4) Abschirmung eines Teiles der Kugel durch Halterung und Papierstreifen
- 5) Intensität der Sonnenstrahlung
- 6) Fluktuationen der Sonnenstrahlung bei intermittierender Bewölkung
- 7) "Überbrennung" rund um den Brennpunkt des Sonnenbildes
- 8) Unterbruch der Registrierung wegen Bedienungsfehler des Beobachters

Ausführlich sind solche Fehlerquellen untersucht worden durch:

- J.Maurer "Der Sonnenscheinautograph" MET.Z. 31, 193 (1914)
- M.Bider "Über die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes" Archiv Met.Geoph.Biokl. B 9, 199 (1958)
- B.Ikwa "Publication du dépouillement de l'héliographe Campbell-Stokes" Centre Météorologique Léopoldville-Binza, CONGO (ZAIRE) (1962)
- Ch. Urfer-Henneberger "Vergleich der Sonnenscheindauer des Automatischen Messnetzes (ANETZ) mit den Auswertungen von Campbell-Stokes (Konventionelles Klimanetz)" Arbeitsbericht der SMA Nr. 172, Dezember 1992, Zürich

Im Anschluss an diese Arbeiten wird hier nur erwähnt, wie im speziellen die Basler Messreihe 1886 bis 1990 homogenisiert worden ist; wobei sich leider diese Homogenisierung auf Monatssummen beschränken muss zur Ermittlung von Klimafluktuationen dürfte dies ausreichen.

Abb. 1: Der Heliograph Campbell-Stokes



### 1.1.2. Neu-Auswertung

Da alle Registrierstreifen der Campbell-Stokes Sonnenscheinautographen seit 1886 noch vorhanden sind, konnte unter der Voraussetzung, dass trotz Alterung der Farbe die Spuren noch in gleicher Weise erkenntlich seien wie zur Zeit der Exposition, eine Kontrollauswertung durchgeführt werden. So wurden als Test jeweils die Streifen der Monate Februar (kurz), Juni (lang) und September(gerade) der Jahre 1892, 1893, 1898, 1899, 1907, 1908, 1913, 1914, 1928, 1929, 1940, 1950, 1961, 1970 und 1980 in einem "Schnellverfahren" nochmals ausgewertet und diese Auswertungen mit den Originaltabellen resp. den in den Annalen der MZA publizierten Daten verglichen. Die Auswahl wurde so getroffen, dass je ein Monat der drei verschiedenen Streifen (Winter, äquinoclien, Sommer) geprüft wurden, sowie ein Jahr vor und ein Jahr nach vermuteten Änderungen - mindestens aber ein Jahr aus jedem Dezennium.

Tab. 1: Vergleich "Schnellauswertung" W.Sch mit Daten im "Schwarzen Buch"<sup>1</sup> und Annalen MZA.

	Februar			Juni			September		
	MZA	WSch	schwarz	MZA	WSch	schwarz	MZA	WSch	schwarz
1892	59	54.6	59	185	172.3	185	164	154.1	164
1893	77	72.1	78	266	252.9	270	141	131.0	141
1898	99	93.9	101	181	168.3	184	234	232.1	238
1899	137	134.4	148	199	196.6	215	117	102.6	126
1907a	66	63.3	72	169	159.8	183	178	159.9	193
neu		62.8			165.5			164.8	
1908a		69.1	70		238.7	240		152.5	155
neu	81	76.4		277	261.3		179	166.2	
1913a		146.2	140		158.1	171		149.3	150
neu	157	154.0		192	187.0		171	161.8	
1914a	99.4	101		168.2	191		149.8	148	
neu	109	106.9		207	201.3		159	155.0	
1928	125	134.4	118	228	233.6	214	153	156.3	144
1929O	137	141.2	138	207	212.8	208	249	243.5	249
B			(128)			(204)			
1940	64	70.1	64	187	202.2	187	148	158.4	148
1950	77	81.7	77	301	303.9	301	111	120.9	110
1961	111	110.0	111	218	218.7	218	218	216.9	218
1970	26	30.2	26	182	195.5	183	212	218.0	212
1980	100	100.2	100	139	140.4	139	213	210.1	213

## 1.2. Die Fehler bei der Messung der Sonnenscheindauer

### 1.2.1. Fehlerquellen

Trotz erheblichen Abweichungen in einzelnen Monaten (z.B. Feb.1950) zeigt sich im wesentlichen, dass in der Periode 1886 bis 1907 (alter Heliograph) Beginn und Ende der Verfärbung unterschätzt und

<sup>1</sup>Das "schwarze Buch" enthält die von M.Bider geordneten und teils "reduzierten" Beobachtungen der meteorologischen Station in Basel seit 1755.

Verengungen der Brandspur häufig übersehen wurden. Dagegen wurde die seitliche Überbrennung bei intermittierendem Sonnenschein zu wenig beachtet, wodurch in diesen Fällen die Sonnenscheindauer überschätzt wurde. Da aber die alte Glaskugel offensichtlich weniger durchlässig war als die Heutigen, sind diese Werte insgesamt erheblich zu klein.

### 1.2.2. Vergleiche zwischen "altem" und "neuem" Heliographen

In der Zeit von 1907 bis 1914 waren gleichzeitig zwei Heliographen aufgestellt, bezeichnet als a "alt" und n "neu". Es wurden aber nicht nur zwei Instrumente miteinander verglichen, sondern es wurden weitere Versuche gemacht mit hellen, marineblauen und dunklen Streifen aus dünnem oder dickem Karton.

Leider waren diese Vergleiche nicht so systematisch, dass Unterschiede der Empfindlichkeit der verschiedenen Streifen ermittelt werden konnten. Auch ist die Frage offen, wie stark die "hellen" Streifen sich in den 70 Jahren seit ihrer Exposition aufgehellt haben, während die marineblauen den Farbton kaum geändert haben dürften. 1907 wurde deshalb das "alte" Instrument zu grunde gelegt; ab 1908 das "neue" Instrument. 1913 war die Atmosphäre wegen des Katmai-Vulkanausbruchs erheblich getrübt. Deshalb wurde die Reduktion vom "alten" auf das "neue" Instrument erst anhand der beiden Registrierungen von 1914 bei wieder normalen atmosphärischen Verhältnissen ermittelt.

### 1.2.3. Visuelle Schätzung

Abb. 2: Vergleich zwischen "altem" und "neuem" Heliographen nach W.Sch. und dem Wert in den Annalen (MZA), alle Angaben in zehntel Stunden.

Zeit	Jan.			Feb.			März			April		
	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA
4-5												
5-6										34	48	46
6-7				0	0	0	11	18	16	130	135	139
7-8	1	0	0	21	24	20	43	47	46	160	168	173
8-9	47	47	49	108	122	119	68	67	72	176	184	191
9-10	60	71	73	131	135	140	78	91	96	189	200	215
10-11	67	72	72	137	144	146	86	97	104	191	208	221
11-12	65	68	67	135	143	149	97	102	116	180	192	206
12-13	74	81	84	118	130	137	113	127	156	177	188	197
13-14	98	103	111	119	128	135	121	137	157	174	187	198
14-15	100	106	113	117	122	124	92	114	123	170	180	193
15-16	64	68	71	89	97	101	108	110	121	150	167	183
16-17	3	6	3	19	24	24	81	94	103	146	156	168
17-18	0	0	0	0	0	0	24	42	42	118	121	128
18-19							0	0	0	27	50	44
19-20												
Total	579 hb	622 mb	643	994 hmb	1069 mb	1095	922 hb	1046 mb	1152	2022 hb	2184 mb	2302

Zeit	Mai			Juni			Juli			August		
	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA
4-5	0	1	1	0	16	10	0	7	5	0	0	0
5-6	21	39	38	25	71	68	36	77	69	33	54	50
6-7	54	62	60	81	92	94	114	119	121	96	99	96
7-8	66	70	72	106	116	120	129	145	143	132	135	139
8-9	82	86	90	114	122	124	129	146	147	168	168	171
9-10	93	98	102	128	146	149	135	155	161	175	181	186
10-11	96	105	116	113	123	124	140	153	157	188	197	196
11-12	99	107	119	131	141	150	154	166	174	192	187	195
12-13	103	114	125	129	147	150	142	155	158	188	191	193
13-14	96	106	119	145	158	167	134	143	153	186	197	194
14-15	88	102	108	173	188	194	126	137	145	191	191	196
15-16	87	94	100	174	189	205	128	137	137	186	195	192
16-17	72	82	87	154	169	171	126	138	140	164	170	173
17-18	59	72	78	149	164	171	108	117	124	124	133	135
18-19	22	49	46	60	132	130	61	82	93	39	67	69
19-20				0	39	38	0	17	14	0	2	0
Total	1038	1187	1261	1682	2013	2065	1672	1896	1941	2062	2167	2185
	hmb	mb		hmb	mb		hb	mb		hb	mb	

Zeit	Sept.			Okt.			Nov.			Dez.		
	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA	A	N	MZA
4-5												
5-6	0	0	0									
6-7	30	25	23	3	5	4	0	0	0			
7-8	85	80	82	46	48	48	2	1	1	0	0	0
8-9	104	109	105	94	98	102	35	34	33	47	51	49
9-10	137	148	150	124	132	136	65	70	73	90	94	93
10-11	145	153	157	97	104	104	75	88	89	90	113	117
11-12	154	156	159	117	125	128	100	116	122	107	114	124
12-13	162	168	179	98	111	118	106	120	126	96	110	117
13-14	157	168	177	101	109	113	115	129	130	74	93	100
14-15	159	169	173	96	104	102	98	115	122	65	96	94
15-16	156	160	167	112	116	117	68	86	83	51	66	69
16-17	136	139	143	88	93	91	11	13	9	1	0	0
17-18	73	75	72	5	18	14						
18-19	0	0	1									
19-20												
Total	1498	1550	1588	981	1063	1077	675	773	788	621	737	763
	hb	mb		hb	mb		hb	mb			mb	

Farben: hb = hellblau, hmb = hell-marineblau, mb = marineblau

Es zeigt sich, dass das neue Instrument wesentlich empfindlicher ist, besonders in den Sommermonaten. Wie beim alten Instrument werden bei intermittierendem Sonnenschein die seitlichen Überbrennungen zu wenig berücksichtigt.

### 1.2.4. Verfeinerte Auswertemethode

Ein neuer Wechsel tritt 1929 ein, wo die Station vom Bernoullianum auf St. Margrethen verlegt wird. Da an beiden Aufstellungsorten darauf geachtet wurde, dass der Horizont möglichst frei sei, ergeben sich diesbezüglich kaum Unterschiede in der Registrierung. Zu beachten ist, dass Messungen des Angström'schen Trübungskoeffizienten in den Jahren 1977 und 1978 beim alten Aufstellungsort mit 0.120 einen um 0.030 höheren Wert ergaben als am Observatorium. Diese Differenz dürfte aber 1929 noch kleiner gewesen sein. Erst ab einer Höhe der Sonne von mehr als  $3\sigma$  über dem Horizont ist die Strahlung intensiv genug, um eine Spur in den Registrierstreifen einzubrennen. Durchschnittlich verstreichen bei wolkenlosem Wetter nach M.Bider 1) zwischen astronomischem Sonnenaufgang und Beginn der Brennspur 42min und zwischen Ende der Brennspur und dem astronomischen Sonnenuntergang 39min; total also 81min! Einzig bei Sonnenaufgang im Sommer besteht der Verdacht, dass in gewissen Jahren hochragende Äste von Bäumen im Margarethenpark die Sonnenregistrierung um Weniges verkürzt haben könnten. Gleichzeitig wird von 1929 an die Auswertung verfeinert und Max Bider bemüht sich, die Vorschriften des Deutschen Wetterdienstes, der O.M.I. später O.M.M. möglichst genau einzuhalten. Dazu helfen die Parallelregistrierungen mit dem Heliograph nach Maurer, der von 1917 bis 1940 im Betrieb ist. Dank der viel besseren zeitlichen Auflösung beim Maurergerät kann das Phänomen der "Überbrennung" beim Campbell-Stokes Heliographen genau geprüft werden (M.Bider "Über die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen" Archiv Met.Geoph.Biokl. B, p 199-230 (1958). Es resultieren 3 Bezugstabellen, denn beim Maurergerät kann man unterscheiden zwischen "gebrannten" Spuren ab einer Sonnenintensität von  $0.40 \text{ cal/cm}^2\text{min} = 320 \text{ W/m}^2$  und "gebleichten" Spuren ab einer Sonnenintensität von  $0.20 \text{ cal/cm}^2\text{min} = 160 \text{ W/m}^2$ . Beim neuen Campbell-Stokes kann mit einer Empfindlichkeitsschwelle von  $ca 0.30 \text{ cal/cm}^2\text{min} = 240 \text{ W/m}^2$  gerechnet werden, welche allerdings wegen Abdeckungen von Teilen der Glaskugel durch die Halterung und vorstehende Registrierstreifen besonders in den Äquinoctialmonaten morgens und abends überschritten wird (Abb.1). Aus dieser Untersuchung resultiert Tabelle 3.

**Tab.3:** Vergleich zwischen Campbell-Stokes (neu) und Maurer gebrannt und Maurer (gebleicht + ge-brannt).

Md = Differenz zwischen Maurer (gebleicht + gebrannt) und Maurer gebrannt.

C-M = Campbell-Stokes ausgewertet M.Bider - Maurer(gebleicht + gebrannt).

Zeit	Jan		Feb		März		April		Mai		Juni	
	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M
4-5									5	-4	22	-10
5-6							9	-6	43	-6	41	-9
6-7					26	-17	24	-12	17	-5	16	-4
7-8	2	-1	20	-5	25	-9	11	-2	12	-1	13	0
8-9	29	-5	13	-4	12	-2	8	0	11	0	9	0
9-10	17	-4	8	-2	10	-1	9	1	12	2	9	4
10-11	12	-3	12	-2	11	-1	7	6	8	4	9	6
11-12	11	-1	13	-1	9	-1	8	8	10	7	10	9
12-13	12	-1	6	-1	12	-1	7	8	11	7	8	9
13-14	11	-2	8	0	11	0	10	8	11	5	10	9
14-15	18	-2	9	0	11	-1	11	3	17	2	10	4
15-16	34	-9	17	-5	15	-3	15	2	14	1	11	2
16-17	4	-5	28	-9	24	-8	15	0	17	-5	16	-2
17-18					27	-18	31	-14	24	-6	20	-6
18-19							12	-6	44	-15	38	-16
19-20									7	-8	26	-14
Total	150	-33	134	-29	193	-62	177	-2	263	-22	268	-18

Zeit	Juli		August		Sept		Okt		Nov		Dez	
	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M	Md	C-M
4-5	18	-10	1	-3								
5-6	43	-9	32	-10	3	-6						
6-7	12	-3	21	-6	30	-20	3	-3				
7-8	7	3	10	3	11	2	16	-9	5	-2		
8-9	6	6	6	4	7	0	10	-4	16	-5	18	-4
9-10	6	6	8	4	10	0	11	-3	11	-3	19	-3
10-11	4	9	5	4	6	3	9	0	9	-1	13	-3
11-12	5	9	7	4	8	3	8	0	9	-1	9	0
12-13	6	9	8	4	6	3	6	2	6	0	15	-2
13-14	6	9	6	4	8	2	7	1	8	-1	13	-4
14-15	9	6	10	4	11	0	8	0	11	-2	16	-4
15-16	10	3	12	2	12	0	8	-4	25	-11	24	-12
16-17	13	2	11	0	21	-3	27	-10	8	-5	0	-2
17-18	18	-3	29	-8	45	-20	10	-8				
18-19	44	-14	44	-10	5	-6						
19-20	22	-14	1	-4								
Total	229	9	211	-8	179	2	123	-36	108	-31	127	-34

Eigentlich müsste die neue Auswertung mit jener von M.Bider übereinstimmen. Da etwas zügig "im Schnellverfahren" vorgegangen wurde, mit zehntel-Stunden-Intervallen gegenüber hunderstel-Stunden bei Bider ergeben sich die in Tabelle 4 ermittelten Differenzen.

Tab. 4: Reduktion der "Schnellauswertung" W.Sch auf Standardauswertung M.B. 1929-1980 in 1/10 h ausgeglichen

Monat	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	total
Jan				-3	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-6				-39
Feb			+3	-3	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-4	-5	-6	0			-42
März		-2	-1	-3	-5	-5	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-3			-49
April		-6	-3	-1	-3	-5	-4	-2	0	-1	-3	-6	-5	-4	-3		-45
Mai	0	-9	-6	-1	-2	-5	-3	-2	-1	-1	-3	-7	-5	-5	-3	-4	-57
Juni	0	-9	-6	-1	-2	-5	-3	-2	-1	-1	-3	-6	-3	-4	-3	-5	-54
Juli	0	-8	-4	-1	-2	-3	-3	-2	-1	0	-2	-7	-5	-4	-4	-5	-51
Aug		-6	-3	-1	-2	-2	-2	-1	0	0	-1	-5	-6	-5	-4		-38
Sept		-3	-3	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-6	-6			-33
Okt			0	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-3	-5	-6				-26
Nov				-3	-5	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-5				-33
Dez				-3	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-5				-36
Total																	-503

### 1.2.5. Definitive Reduktionstabellen 1886-1907 und 1908-1929

Diese Korrektur ist an die Vergleiche mit den Auswerteperioden 1886 bis 1907 und 1908 bis 1929 anzubringen, wodurch die Originalauswertungen jener Perioden direkt auf den Wert reduziert werden, der

mit dem jetzigen Instrument nach der Standardmethode erhalten worden wäre. Es ist klar, dass im Einzelfall erhebliche Abweichungen auftreten können, und dass deshalb diese Korrekturen nur auf den monatlichen Tagesgang angebracht werden dürfen nicht aber auf die Einzeltage. Daraus resultieren schliesslich Tabelle 5 "Reduktion der Monatsmittel 1886 bis 1907" und Tabelle 6 "Reduktion der Monatsmittel 1908 bis 1928 auf die Standardauswertung am Observatorium ab 1929".

**Tab.5:** Reduktion der in den Annalen der MZA veröffentlichten Werte 1886 bis 1907 auf die Standardauswertung 1929 bis 1980 in 1/10 h.

Monat	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	18	-19	-20	total
Jan				-3	-2	-1	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3				-21
Feb			+3	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-5	0			-17
März		0	+6	+3	0	-1	-2	-5	-6	-5	-4	-3	0	+6			-11
April		+6	+5	+3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-6	+3	+18		+2
Mai	+6	+19	+6	+3	0	0	0	0	0	-1	-2	-3	-3	0	+28	+9	+62
Juni	+21	+36	+9	+6	+3	+3	+3	+2	+2	+2	0	0	+3	+6	+48	+30	+174
Juli	+9	+34	+9	+3	+3	+3	+2	+2	+2	+2	+2	0	+3	+6	+25	+19	+123
Aug		+19	+9	+6	+3	0	0	0	+1	+1	+1	0	0	0	+16	+6	+62
Sept			0	0	+1	+2	+2	+2	+2	+3	+2	+1	+1	+2			+18
Okt			0	0	+1	+2	+3	+6	+6	+6	+5	+4	+3				+36
Nov				-3	-2	+2	+5	+6	+7	+9	+18	+15	0				+57
Dez				-3	-3	-2	+4	+6	+7	+9	+19	+9	-3				+43
Total																	+528

**Tab. 6:** Reduktion der in den Annalen der MZA veröffentlichten Werte 1908 bis 1928 auf die Standardauswertung 1929 bis 1990 in 1/10 h.

Monat	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	total
Jan				-3	-6	-6	-6	-7	-8	-9	-8	-7	-6				-66
Feb			+3	-6	-6	-6	-8	-11	-14	-11	-8	-8	-8	0			-83
März		-2	-1	-3	-8	-10	-12	-16	-19	-19	-16	-13	-11	-9	0		-139
April		-9	-6	-3	-9	-14	-15	-15	-15	-15	-16	-18	-15	-9	0		-159
Mai	+3	-5	-5	-5	-6	-10	-13	-16	-13	-13	-13	-14	-12	-10	-4	-4	-140
Juni	+6	-5	-5	-3	-5	-9	-10	-12	-10	-10	-11	-12	-12	-9	-3	-3	-112
Juli	+3	-3	-6	-2	-5	-8	-9	-8	-7	-6	-8	-10	-10	-9	-8	-6	-102
Aug		0	0	0	-3	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-6	-6	-5	-3	+3	-53
Sept		-2	-2	-2	-3	-3	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-6	-3			-54
Okt			+3	-2	-3	-4	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-6	-3			-48
Nov				-3	-3	-4	-5	-9	-9	-6	-5	-4	-3	-3			-54
Dez				-3	-5	-6	-7	-8	-9	-8	-7	-6	-6				-65
Total																	-1075

Ab 1929 am Observatorium sind die Daten unverändert übernommen worden. Kleinere Unterschiede ergeben sich einzig bei der Aufrundung der in hundertstel Stunden angegebenen Originalwerte auf zehntel Stunden bei den monatlichen Stundenwerten.

Diese hier erklärte Reduktionsmethode ist ortsbezogen, bei stark abweichendem Verhalten der Bevölkerung einerseits und der atmosphärischen Trübung andererseits werden sich die Unterschiede der ver-

wendeten Geräte anders auswirken. So wird bei niedrigerer Stationshöhe und grösserer Horizontabschneidung die Empfindlichkeitsschwelle höher liegen, wie sich die individuell unterschiedlichen Beobachtungsbedingungen doch dort auswirken. Rollenspiele...

# Korrektur

... wie die Bewölkungscharaktere eine ... der Auswertungen sehr klein ... gere Zeit das empfindlichere Gerät Sonne re ... Zwar hat B. Ikwa 1961 auch für Davos vergleichende ... Grokes und Negretti-Zambra ausgeführt aber nur über drei Mo ... ng nicht ausreicht.

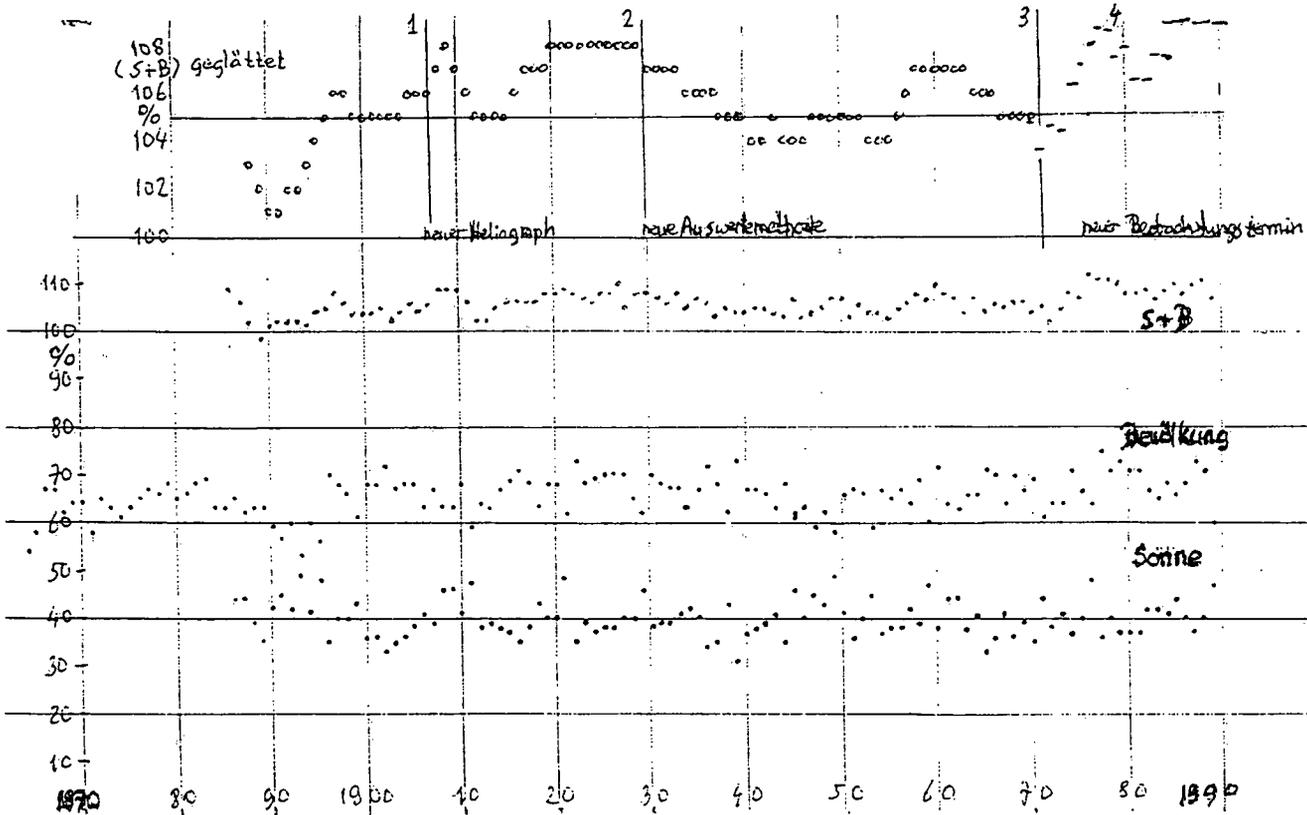
**Abb.2:** Bewölkung und relative Sonnenscheindauer 1864 bis 1990

Ø Bewölkung in % + Relative Sonnenscheindauer in %

• Bewölkung + Relative Sonnenscheindauer in %

Zu oberst Fünfermittel von Bewölkung + Sonnenscheindauer (korrigiert für Änderung des Beobachtungstermins)

- 1) neuer empfindlicherer Heliograph
- 2) neue, präzisere Auswertemethode der Heliogramme
- 3) Abendbeobachtung der Bewölkung von 21h30 auf 19h30 vorverlegt
- 4) Beobachtungstermine der Bewölkung 06h45, 12h45 und 18h45 MEZ



wendeten Geräte anders auswirken. So wird bei geringer atmosphärischer Trübung mit wachsender Stationshöhe und grösserer Horizontabschirmung der Unterschied in der Sonnenscheindauer bezüglich der Empfindlichkeitsschwelle 160 resp. 320 W/m<sup>2</sup> merklich kleiner. Schwerer zu beurteilen ist, wie sich die individuell unterschiedliche Abschätzung bei intermittierendem Sonnenschein auswirkt, spielt doch dort auch die Schärfe der Abbildung, die Breite der Brennsur und der Bewölkungscharakter eine Rolle. Bei scharf abgegrenzten Cu-Wolkenballen dürfte der Unterschied der Auswertungen sehr klein sein; bei Ac-Wolken kann es vorkommen, dass über längere Zeit das empfindlichere Gerät Sonne registriert, das unempfindlichere aber nicht reagiert. Zwar hat B. Ikwa 1961 auch für Davos vergleichende Auswertungen von Maurer, Campbell-Stokes und Negretti-Zambra ausgeführt aber nur über drei Monate, was für eine Beurteilung nicht ausreicht.

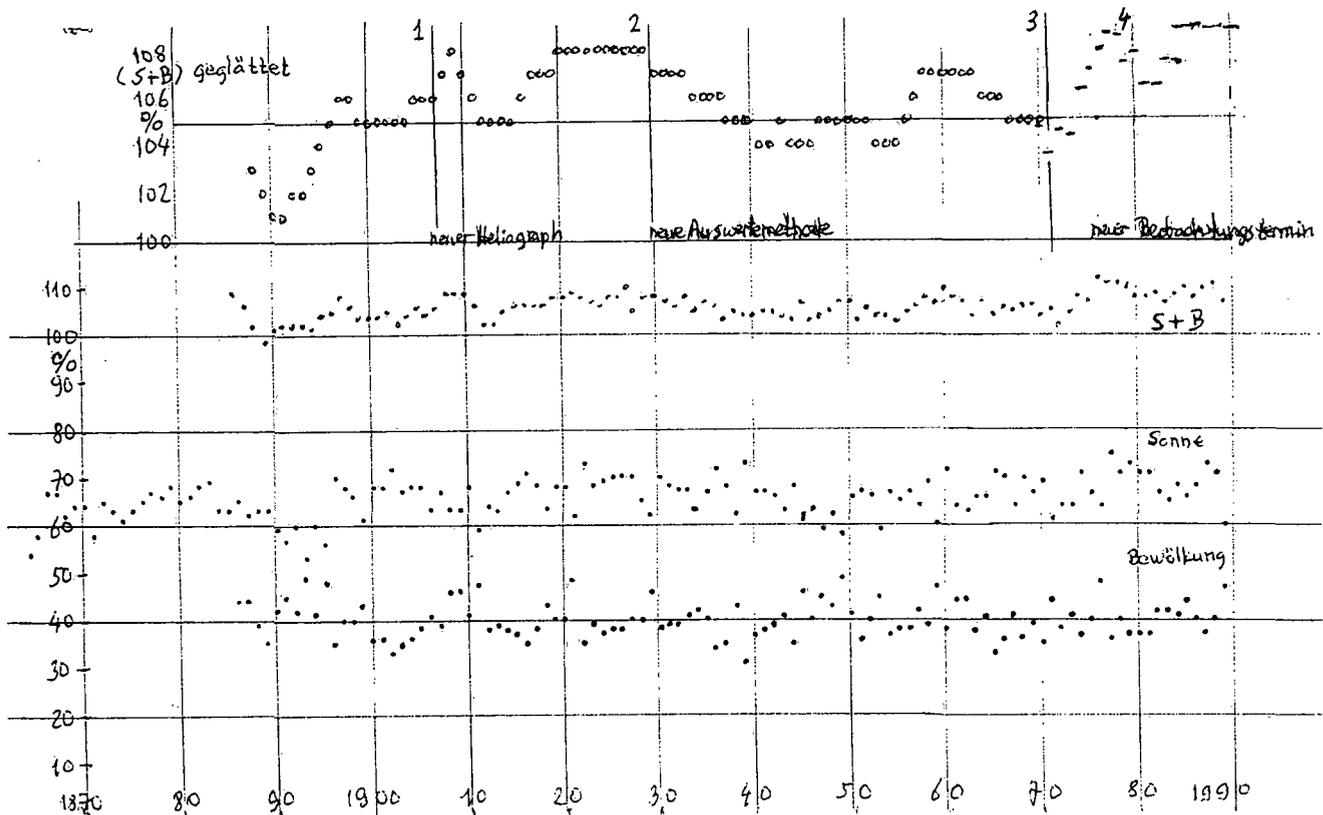
**Abb.2:** Bewölkung und relative Sonnenscheindauer 1864 bis 1990

Ø Bewölkung in % + Relative Sonnenscheindauer in %

• Bewölkung + Relative Sonnenscheindauer in %

Zu oberst Fünfermittel von Bewölkung + Sonnenscheindauer (korrigiert für Änderung des Beobachtungstermins)

- 1) neuer empfindlicherer Heliograph
- 2) neue, präzisere Auswertemethode der Heliogramme
- 3) Abendbeobachtung der Bewölkung von 21h30 auf 19h30 vorverlegt
- 4) Beobachtungstermine der Bewölkung 06h45, 12h45 und 18h45 MEZ



Dies ist bei der Darstellung der Fünfjahresmittel im gestreckten Masstab mitberücksichtigt. Man könnte unter diesen Bedingungen annehmen, dass die Bewölkung vor 1900 um ca 2% unterschätzt und seit 1975 um ca 2% überschätzt wurde. Das ist eine erstaunliche Kontinuität für ein derart subjektives Element. Dasselbe gilt für die Qualität der homogenisierten Sonnenscheindauer.

Sämtliche Monatssummen, Quartalsummen und Jahressummen der Sonnenscheindauer 1886 bis 1990 sind im Anhang in extenso veröffentlicht. Vervollständigt ist diese Tabelle durch die Dekadenmittelwerte am Ende jeder Dekade.

### 1.2.6. Klimatische Normalwerte

Zum Vergleich mit "klimatischen Normalwerten" an andern Orten sind zur Beurteilung der Repräsentativität der Daten in einer weiteren Tabelle Mittelwerte über die Perioden 1886-1910; 1911-1935; 1936-1960; 1961-1985 sowie 1901-1930; 1931-1960; 1961-1990; 1901-1940; 1941-1980 angegeben, sowie die Monate mit der höchsten resp. niedrigsten Sonnenscheindauer in diesem Zeitraum.

**Tab. 7** Sonnenscheindauer in Basel 1886-1990 in Stunden (abgerundete Monatsmittel)

Periode	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1886-1910	61	86	120	145	194	218	238	229	160	119	68	56
1911-1935	62	96	121	138	195	219	239	222	159	104	61	50
1936-1960	63	78	140	165	196	213	230	208	161	111	60	52
1961-1985	59	83	115	154	175	206	239	209	167	122	74	60
1901-1930	64	88	114	134	200	215	240	226	156	106	61	49
1931-1960	62	81	140	163	195	214	232	209	160	109	60	52
1961-1990	62	83	117	147	182	206	240	215	166	122	77	60
1901-1940	63	89	120	136	195	214	234	221	152	103	62	49
1941-1980	61	78	129	162	191	211	236	209	168	120	63	56
1886-1990	62	86	124	149	191	213	237	218	162	114	67	55
Minima	13	26	48	61	77	134	145	120	96	26	19	14
Jahr	1900	1970	1964	1918	1939	1916	1980	1912	1901	1939	1925	1903
Maxima	125	172	241	303	325	336	359	316	275	189	138	113
Jahr	1990	1891	1948	1893	1909	1976	1911	1911	1895	1921	1978	1951

Periode	Winter	Frhl	Sommer	Herbst	Jahr
1886-1910	203	459	685	347	1694
1911-1935	208	454	680	324	1666
1936-1960	193	501	651	332	1677
1961-1985	202	444	654	363	1663
1901-1930	201	448	681	323	1653
1931-1960	195	498	655	329	1677
1961-1990	205	446	661	365	1678
1901-1940	201	451	669	317	1638
1941-1980	195	482	656	351	1684

Periode	Winter	Frhl	Sommer	Herbst	Jahr
1886-1990	203	464	668	343	1679
Minima	89	278	517	201	1284
Jahr	1904	1939	1980	1944	1939
Maxima	367	722	901	529	2051
Jahr	1990	1893	1911	1894	1893

### 1.2.7. Mittlerer Tagesgang 1886-1990

Schliesslich wurde noch der mittlere Jahres- bzw. Tagesgang der Sonnenscheindauer über den gesamten Zeitraum ermittelt. Diese Tabelle zeigt eindeutig, dass in den "Konvektionsmonaten" April, Mai, Juni am Nachmittag die Sonnenscheindauer etwas geringer ist als vormittags; während besonders von September bis Februar nachmittags die Sonne wesentlich häufiger scheint als vormittags. Auch im Jahresgang zeigt sich eine Asymmetrie zu den Solstitionen, indem die Monate Juli, August und September deutlich mehr Sonnenschein erhalten als die Monate Mai, April und März.

Tab. 8 Mittlerer Tagesgang der Sonnenscheindauer in 1/10-Stunden 1886-1990

Monat	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Jan	0	0	0	1	33	65	85	94	97	93
Feb	0	0	1	22	64	86	101	109	112	113
März	0	0	14	75	109	124	133	136	138	136
April	0	11	71	113	129	139	146	148	144	141
Mai	4	66	119	140	152	159	162	164	163	158
Juni	18	93	130	148	159	168	173	174	173	169
Juli	9	95	145	165	177	185	189	192	192	191
August	0	40	119	154	174	182	189	192	194	193
Sept	0	0	28	91	129	153	166	175	177	175
Okt	0	0	2	31	79	111	131	141	146	146
Nov	0	0	0	4	37	65	86	97	102	101
Dez	0	0	0	0	22	60	79	89	91	89
Jahr	31	305	629	944	1264	1497	1640	1711	1729	1705

Monat	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Tag	1/10 Std pro Tag
Jan	84	53	2	0	0	0	608	20
Feb	107	94	39	1	0	0	850	30
März	132	120	94	20	0	0	1232	40
April	134	124	109	77	19	0	1504	50
Mai	149	142	132	116	74	6	1905	61
Juni	165	155	147	136	106	25	2138	71
Juli	186	180	171	160	110	17	2364	76
August	188	180	168	142	62	2	2178	70
Sept	169	158	134	58	1	0	1614	54
Okt	140	129	82	4	0	0	1144	37
Nov	97	72	10	0	0	0	670	22
Dez	82	38	0	0	0	0	551	18
Jahr	1633	1445	1088	714	372	50	16758	46

Tab.8a Monatssummen der Sonnenscheindauer 1886 bis 1990 in Stunden

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wl	Fr	So	He	Jahr
1886	35	120	177	175	260	146	278	190	206	127	76	30	155	612	615	409	1820
1887	80	145	115	187	134	315	263	257	151	81	65	52	255	436	835	297	1844
1888	91	34	75	73	269	224	175	204	158	170	57	105	178	416	603	385	1634
1889	57	54	77	123	154	172	235	214	159	71	111	35	216	354	622	341	1463
1890	67	121	125	162	179	230	232	207	183	145	46	58	223	466	669	374	1756
	66	95	114	144	199	217	237	215	171	119	71	56	205	457	669	361	1703
1891	79	172	115	145	145	209	211	233	226	156	98	75	309	405	653	481	1865
1892	27	58	142	187	232	202	250	272	166	81	59	69	159	561	724	307	1745
1893	43	75	209	303	210	283	199	310	143	154	34	90	186	722	791	331	2051
1894	87	108	173	175	151	221	254	190	131	101	74	65	284	499	665	305	1728
1895	53	101	123	179	215	233	269	257	275	165	89	44	219	516	758	529	2000
1896	75	93	109	100	193	205	224	156	133	94	59	33	211	402	586	287	1475
1897	17	65	100	125	194	250	252	183	107	160	106	97	115	419	685	374	1655
1898	77	97	87	124	120	198	221	270	236	92	67	74	271	331	689	394	1662
1899	42	135	167	99	172	216	232	281	119	159	116	76	251	438	729	394	1814
1900	13	33	83	150	163	254	229	211	154	128	41	54	121	396	694	323	1512
	51	94	131	159	179	227	234	236	169	129	74	67	213	469	697	372	1751
1901	54	69	67	134	236	234	244	188	97	87	77	27	177	437	665	261	1512
1902	60	43	124	129	123	197	248	174	142	49	61	48	130	376	619	252	1399
1903	57	106	139	75	218	143	178	210	177	116	42	14	211	433	532	335	1476
1904	39	37	62	99	206	223	304	259	110	57	59	55	89	366	785	226	1508
1905	82	88	69	128	162	234	325	208	110	80	48	53	224	359	766	238	1585
1906	75	62	142	146	190	203	218	266	180	152	49	26	190	478	687	381	1708
1907	37	65	152	110	160	185	207	277	179	104	72	66	128	422	668	356	1614
1908	118	73	94	129	238	266	255	246	174	185	84	50	257	461	766	442	1910
1909	103	122	103	228	325	190	209	228	164	142	58	54	276	656	627	364	1926
1910	62	89	165	138	192	222	236	232	129	127	62	57	205	495	690	317	1710
	69	75	112	131	205	210	242	229	146	110	61	45	189	448	680	317	1635
1911	75	93	115	167	187	227	359	316	190	105	78	59	224	469	901	373	1970
1912	59	105	128	183	215	216	217	121	100	93	54	107	224	525	553	246	1595
1913	61	150	120	129	194	181	168	224	164	128	47	56	318	443	573	339	1622
1914	58	101	102	214	113	195	183	213	154	103	74	71	215	428	592	330	1580
1915	31	60	73	152	190	245	238	227	171	82	54	40	162	414	710	307	1562
1916	58	70	88	159	187	134	196	238	125	117	57	31	168	435	568	299	1460
1917	37	97	77	128	214	268	230	183	193	73	26	58	164	419	681	291	1584
1918	91	119	164	61	232	227	262	261	130	118	75	42	269	456	750	323	1782
1919	34	78	86	88	284	276	179	300	193	69	46	47	154	458	755	308	1679
1920	79	147	150	95	189	192	256	232	124	101	74	18	272	433	680	299	1656
	58	102	110	138	200	216	229	231	154	99	58	53	217	448	676	312	1649
1921	56	102	202	144	171	238	317	251	201	189	86	45	175	518	806	475	2002
1922	37	83	84	64	276	214	222	226	106	59	64	45	165	424	663	229	1481
1923	42	38	81	143	213	166	290	277	203	106	58	22	125	437	733	367	1639
1924	92	60	157	104	173	222	204	144	151	113	72	69	174	433	571	337	1562
1925	84	71	74	114	209	290	222	209	146	86	19	63	224	397	720	251	1586

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wi	Fr	So	He	Jahr
1926	76	78	79	178	147	158	203	256	207	105	73	46	217	404	618	385	1606
1927	51	101	112	138	241	231	241	191	118	138	66	37	197	490	662	322	1663
1928	44	118	105	144	173	217	325	207	148	123	54	25	199	423	750	325	1684
1929	67	138	195	158	211	208	269	207	249	87	77	77	231	564	684	413	1943
1930	107	95	126	137	119	250	181	202	133	103	65	55	279	382	633	301	1574
	66	88	122	132	193	219	247	217	166	111	63	48	199	447	684	340	1674
1931	62	68	160	146	205	269	181	143	103	165	73	66	185	511	592	341	1640
1932	69	144	143	144	158	207	164	270	136	88	57	63	280	445	641	281	1645
1933	65	92	162	187	139	161	269	282	171	108	32	51	221	488	712	310	1719
1934	56	115	97	202	247	221	280	170	169	112	73	36	223	546	671	355	1779
1935	46	70	152	82	196	252	308	203	192	35	83	33	152	430	764	310	1652
1936	39	86	149	95	207	147	159	224	108	93	48	58	157	451	529	249	1411
1937	76	38	74	113	198	207	222	164	127	94	86	50	171	385	592	307	1448
1938	40	106	228	193	170	252	205	193	156	127	89	41	196	592	650	372	1801
1939	55	117	81	120	77	186	214	177	124	26	58	49	213	278	576	208	1284
1940	73	64	135	139	205	188	179	233	148	67	59	70	187	479	599	274	1559
	58	90	138	142	180	209	218	206	143	92	66	52	198	461	633	301	1594
1941	45	66	164	146	161	227	257	160	210	61	55	47	182	471	644	326	1601
1942	50	36	120	190	192	264	208	223	194	112	45	66	133	502	695	352	1699
1943	74	110	159	197	213	212	259	271	138	132	28	21	249	569	742	298	1813
1944	71	40	104	157	229	178	207	234	115	58	28	58	132	489	618	201	1477
1945	42	84	135	213	242	286	316	179	166	130	82	29	184	590	781	378	1904
1946	82	35	135	221	175	153	254	221	184	104	63	36	146	531	628	351	1663
1947	74	30	67	210	169	277	259	285	235	165	75	30	140	446	821	476	1876
1948	45	74	241	177	218	200	153	179	203	132	84	84	149	637	531	419	1789
1949	88	159	155	191	126	293	329	256	196	147	55	37	330	472	878	398	2030
1950	62	77	171	91	221	301	299	202	110	121	30	33	175	483	802	261	1717
	63	71	145	179	194	239	254	221	175	116	55	44	182	519	714	346	1757
1951	49	67	83	175	148	159	254	162	156	106	53	113	149	405	576	315	1525
1952	60	70	88	182	231	258	311	215	98	74	41	31	243	501	784	212	1658
1953	54	74	240	185	237	145	215	280	167	117	115	50	160	662	641	399	1881
1954	44	77	140	128	208	193	173	163	146	150	69	65	171	475	528	365	1553
1955	56	57	154	217	222	190	158	203	155	136	75	44	178	593	551	366	1667
1956	61	77	140	151	224	157	217	171	174	95	53	66	182	515	545	322	1586
1957	110	81	178	164	180	207	200	195	135	176	46	74	257	523	602	358	1747
1958	58	81	134	141	184	216	218	221	185	105	27	63	213	459	655	316	1631
1959	78	154	110	185	230	197	289	207	260	155	63	56	294	525	692	479	1983
1960	81	81	115	152	234	228	192	184	126	84	62	41	218	501	604	271	1580
	65	82	138	168	210	195	223	200	160	120	60	60	206	516	618	340	1681
1961	44	111	210	129	171	218	255	243	218	130	62	65	196	511	716	410	1856
1962	46	71	121	183	150	281	218	306	183	141	58	71	182	454	804	383	1828
1963	67	95	130	118	175	160	278	161	130	113	78	65	232	424	599	321	1570
1964	77	89	49	149	214	251	330	216	185	63	41	53	230	411	797	288	1715
1965	42	95	119	110	156	194	157	196	119	128	41	31	190	385	547	288	1388

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wi	Fr	So	He	Jahr
1966	66	62	142	123	218	232	175	153	160	107	39	32	159	483	560	306	1508
1967	62	102	116	185	187	210	273	190	145	153	70	39	195	487	673	368	1731
1968	71	80	138	184	136	197	215	139	143	121	50	40	189	457	551	314	1512
1969	52	60	99	138	212	172	241	192	158	186	92	41	152	450	604	437	1643
1970	50	26	96	104	153	183	205	185	213	106	95	46	117	353	573	413	1461
	58	79	122	142	177	210	235	198	165	125	63	48	184	441	643	353	1621
1971	93	81	100	219	141	137	301	220	210	179	63	85	219	459	657	452	1827
1972	46	61	168	102	117	198	192	184	165	157	94	107	192	387	573	415	1589
1973	49	72	133	135	214	216	196	231	200	118	112	52	227	482	643	430	1726
1974	69	50	79	209	191	207	257	218	130	38	55	63	170	479	681	223	1565
1975	65	153	61	147	178	177	282	207	128	134	56	76	281	386	666	319	1664
1976	51	115	175	217	256	337	257	256	129	108	64	58	242	649	850	300	2021
1977	34	66	120	105	179	164	226	189	157	135	60	75	157	404	579	352	1508
1978	53	60	107	154	146	218	210	221	197	131	138	54	187	407	650	465	1688
1979	61	51	60	144	224	195	245	195	168	107	56	58	166	428	635	331	1564
1980	56	100	93	140	190	139	145	233	213	105	65	77	214	423	517	383	1555
	58	81	110	157	184	199	231	215	170	121	76	70	205	450	645	367	1671
1981	86	112	83	168	161	185	185	235	122	73	116	42	274	413	604	311	1568
1982	54	99	115	223	249	204	228	181	179	87	92	36	195	587	614	357	1747
1983	80	83	111	107	130	210	333	202	172	129	106	96	199	348	745	407	1758
1984	48	88	163	186	89	243	284	205	116	113	99	63	232	439	732	329	1699
1985	51	105	78	163	142	220	285	274	224	179	42	73	219	383	778	444	1834
1986	64	56	108	67	168	239	259	225	176	137	116	73	192	343	723	428	1687
1987	38	40	127	201	170	152	203	227	170	100	66	47	151	498	582	336	1541
1988	61	83	61	172	175	209	265	254	141	106	90	50	191	408	727	338	1666
1989	120	100	159	62	298	254	230	246	141	147	132	92	270	519	730	420	1980
1990	125	122	177	116	268	170	286	274	186	128	58	54	367	561	730	372	1959
	72	89	118	147	185	208	256	232	163	120	92	63	229	450	696	374	1744

### 1.3. Die Bewölkung

#### 1.3.1. Probleme der Schätzung der Bewölkung

Die Bewölkungsmenge kann nicht gemessen werden; einzig bei cumulusartiger Bewölkung sind die Wolkenumrisse klar erkenntlich, sodass mit einer hemisphärischen Foto der Flächenanteil ausgemessen werden könnte. Bei stratusartiger Bewölkung besteht oft eine breite Übergangszone zwischen undurchsichtiger Bewölkung und offensichtlich klarer Luft. Cirrusartige Bewölkung ist immer teilweise durchsichtig - im Extremfall bei Cirrus nebulosus kann die Präsenz von Eiskristallen nur an Haloerscheinungen in einem blauen Himmel nachgewiesen werden. Zudem besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Bewölkung wie sie vom Boden aus in der Projektion auf die Himmelskugel gesehen wird und wie sie aus der Höhe vom Flugzeug oder gar vom Satelliten aus erkannt werden kann.

Nur durch eingehende Schulung von einer Beobachtergeneration zur nächsten kann eine einigermaßen homogene Bewölkungsstatistik gewonnen werden. In Basel wurden die Beobachtungen im ganzen Zeitraum in 1/10 der Himmelsbedeckung geschätzt.

Wie W. SCHÜEPP (Météo Congo juillet 1952) am Beispiel von Beobachtungen in Äquatornähe nachwies, können sich bei synoptischen Schätzungsmethoden (Spuren, 1/10, ... Lücken) oder in % der Him-

melsfläche unterschiedliche Mittelwerte gegenüber der Schätzung in 1/10 aus den gleichen Beobachtungen ergeben. Denn bei einer Schätzung in Zehnteln muss auch für Spuren von Bewölkung resp. 1 % Bewölkung jeweils 1/10 notiert werden und ebenso bei Wolkenlücken resp. 99 % Bewölkung muss 9/10 notiert werden. Da in einem sonnigen Monat der Fall von Spuren resp. 1 % sehr häufig ist, wird dann bei der Schätzung in Zehnteln eine zu hohe Bewölkungsmenge ermittelt. Umgekehrt bei sehr trübe Monaten kann es sehr häufig nur Wolkenlücken resp. 99 % haben, so dass eine zu geringe Wolkenmenge resultiert. Noch grösser werden die Abweichungen, wenn die Bewölkung nur in Okta = 12,5 % geschätzt wird.

### 1.3.2. Der scheinbare Tagesgang der Bewölkung

Wegen des unterschiedlichen Auflösungsvermögens je nach der Beleuchtung wird der Tagesgang der Bewölkung nur teilweise richtig erfasst. Nachts können teilweise durchsichtige Wolken nur bei hellem Mondschein erkannt werden, sodass in der Morgendämmerung die Schätzung in Basel um ca 9% zunimmt und in der Abenddämmerung um 6% zurückgeht; wobei nur ein kleiner Teil dieser Änderung "materiell" sein dürfte.

**Tab. 9:** Wird aus den 8 Beobachtungen am Flughafen Basel-Milhausen eine Kurve für den Tagesgang der Bewölkung ermittelt, so ergeben sich folgende Daten:

Zeit	Min		Max						Mittel	Diff	
	0045	0645	0730 ...	1245	1330 ...	1745	1845	1930			2130
Flugh vor 1970	58.5	67.0	(67.5)	63.2	(63.0)	(66.5)	65.2	(63.5)	60.7	63.2	%
1970-76			67.5		63.0				60.7	63.7	+0.5%
nach 1976		67.0	67.5	63.2	63.0		65.2	63.5		64.7	+1.5%
										65.1	+1.9%

Unter der Annahme, die Bewölkungsschätzungen von Flughafen und Observatorium seien den gleichen subjektiven Effekten unterworfen, muss also geschlossen werden, dass die neuen Beobachtungstermine im Basler Klima eine Überschätzung der Bewölkung um ca 2% bewirken.

Diese Tatsache ist von Bedeutung, wenn die Änderung der drei Beobachtungstermine seit 1970 berücksichtigt werden soll. Durch Vergleich mit den stündlichen Beobachtungen vom Flughafen ergibt sich 1970-1976 eine Überschätzung des Bewölkungsmittels um 1% und nach 1976 sogar um 2%. Da die lange Datenreihe nur auf je 3 Beobachtungen pro Tag basiert und zudem nach obigen Feststellungen die Schätzungen einen wesentlichen "optisch vorgetäuschten" Tagesgang enthalten; werden in dieser Publikation nur die Monatsmittel der Bewölkung mitgeteilt.

### 1.3.3. Einfluss des Standorts

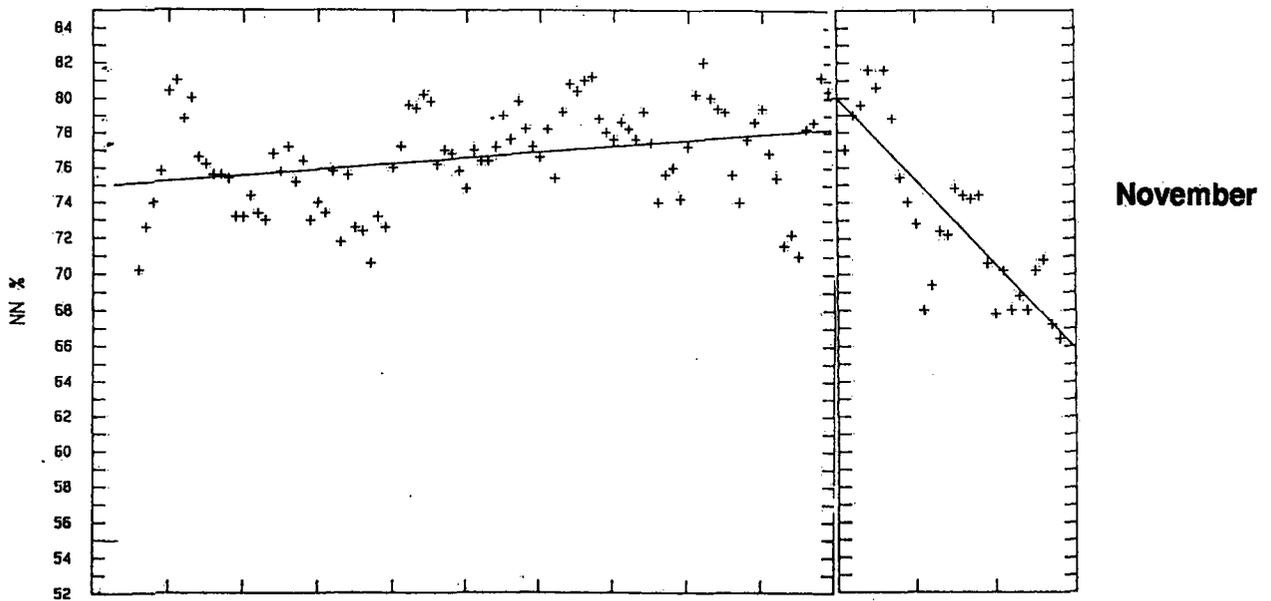
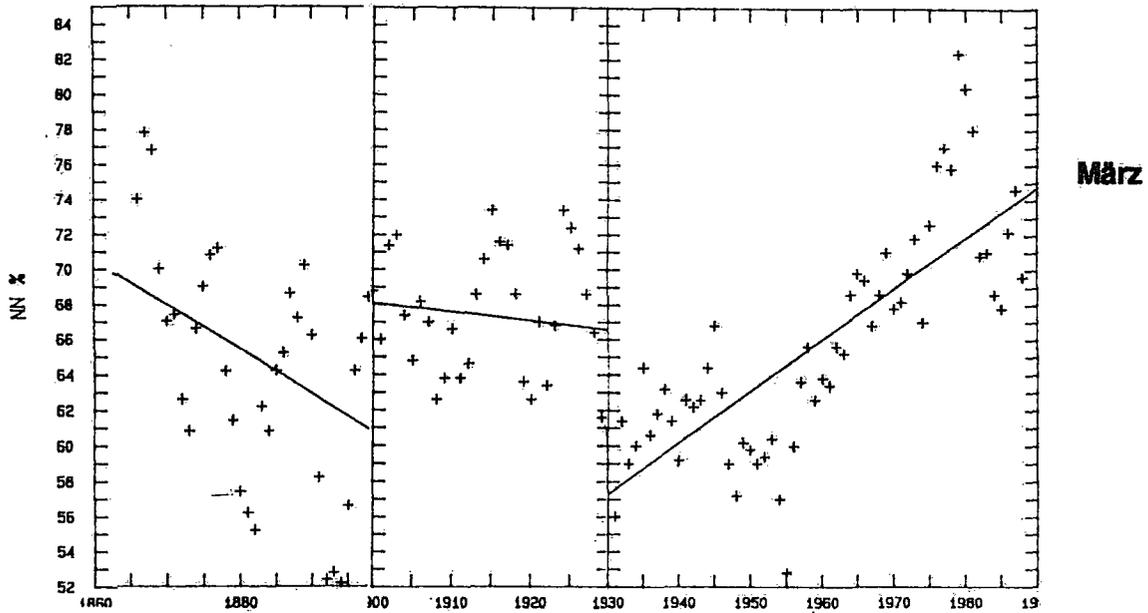
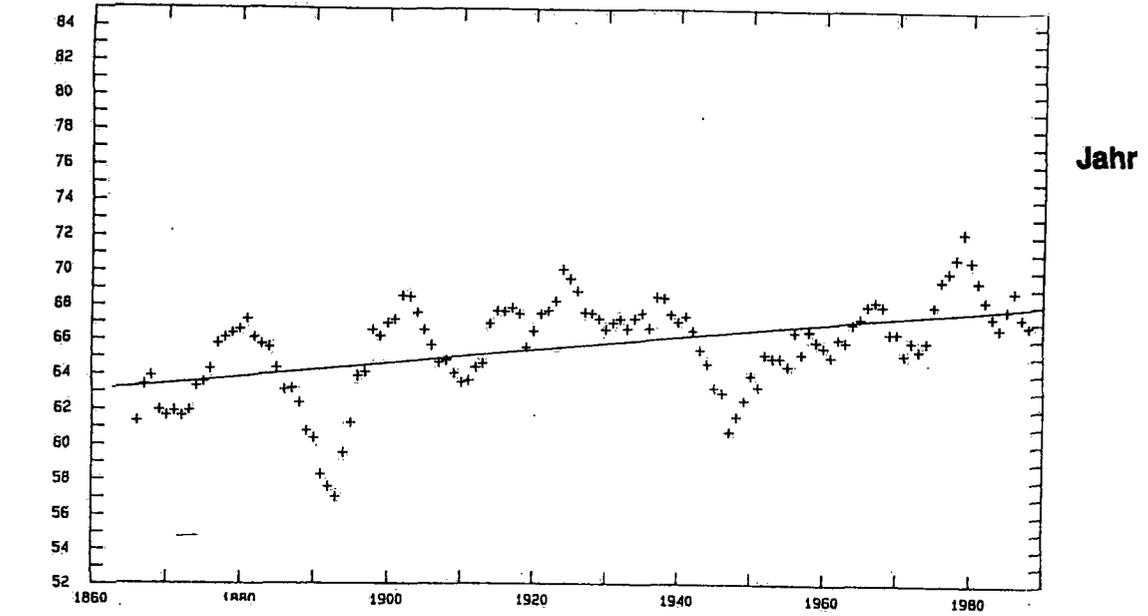
Andererseits zeigen die parallelen Beobachtungen am alten Standort im Stadtzentrum(Bernoullianum) und am neuen Standort(St.Margrethen) im Mittel über die zehn Jahre 1931-1940 in keinem Monat systematische Abweichungen über 2 Promille! sodass zumindest damals der Stadteinfluss auf die Bewölkungsmenge nicht nachweisbar ist. Während einer ca 1 Jahr dauernden Überwachung mit Filmkameras während der CLIMOD-Untersuchung konnten aber sehr wohl Wolkenbildungen über Industrieanlagen bis zu leichten "Industrie-Schneefällen" festgehalten werden, ebenso zeitlich unterschiedliche Auflösung von Boden- und Hochnebel. Drei unveröffentlichte Filme Super 8 mm der CLIMOD Dokumentation wurden diesbezüglich von H.R. MOSER 1977 zusammengestellt.

### 1.3.4. (Anhang säkulare Daten der Bewölkung 1864-1990)

In gleicher Weise wie für die Sonnenscheindauer sind die Monatsmittelwerte der Bewölkung wiedergegeben, ergänzt durch Quartals- und Jahresmittelwerte und Jahresdekaden-Mittelwerte. In Abb. 3 ist anhand von über 5 Jahren geglätteten Werten der säkulare Gang der Bewölkung dargestellt.

Abb. 3: Säkularer Gang der Bewölkung 1864 - 1990

(Gleitendes 5-er Mittel)



So zeigen sich für die Jahresmittelwerte Beträge zwischen 57 % im Jahre 1893, wo März, April, Juli, August und September sehr sonnig waren, und 72 % im Jahre 1979, wo März, April, Juni, Juli und August stark bewölkt waren. Ein säkularer Trend kann kaum erkannt werden. Beim Monat März haben wir extrem grosse Schwankungen zwischen 52 % im Jahre 1892 und 83 % im Jahre 1979. Zwischen 1866 und 1900 zeigt sich ein Trend mit einer Abnahme von 69 % auf 60 %; dann eine eher stabile Phase von 1900 bis 1930 bei 67 % und einer stetigen Zunahme von 1930 bei 57 % bis 1988 auf 75 % (Korr. 0.79). Beim Monat November könnte man von 1866 bis 1960 einen leicht ansteigenden Trend von 75 % auf 78 % ablesen, der einer steilen Abnahme zwischen 1960 von 80 % auf 67 % im Jahre 1988 gefolgt ist (Korr. 0.84). Insgesamt resultiert kein säkularer Trend. Wie im Teil 2 dieser Publikation für die Sonnenscheindauer untersucht wurde, dürften diese auffälligen Schwankungen in der Bewölkung auf Häufungen bestimmter Wetterlagen in diesen Perioden zurückzuführen sein.

#### 1.4. Bewölkung und relative Sonnenscheindauer in Prozent 1864-1990

In Abb. 2 werden die Jahresmittelwerte der relativen Sonnenscheindauer und der Bewölkung einzeln dargestellt, sowie deren Summe, welche im Idealfall jeweils 100% ergeben müsste. Da aber bei durchsichtiger Bewölkung wie As trans, Ci und Cs die Sonne zeitweise trotzdem eine Spur einbrennen kann, ergeben sich in Basel in allen Jahren Werte zwischen 100 und 110 %. Im Diagramm sind von 1) bis 4) Änderungen markiert.

Tab. 10: Monatsmittel der Bewölkung 1864 bis 1988 am Bernoullianum und 1929 bis 1990 am Observatorium Basel-Binningen in % der Himmelsfläche

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wi	Fr	So	He	Jahr
1864	39	66	62	43	55	53	41	28	42	57	73	63	-	53	41	57	52
1865	83	81	81	35	55	48	46	72	14	62	72	61	76	57	55	49	59
1866	65	81	81	63	62	52	56	70	66	67	77	69	69	69	59	70	67
1867	87	77	80	79	54	58	52	48	53	79	58	79	78	71	53	63	67
1868	73	56	66	70	42	56	52	56	42	75	71	75	69	59	55	63	61
1869	60	73	81	50	71	52	47	53	42	60	85	72	69	67	51	62	62
1870	67	72	76	47	48	43	47	63	49	67	79	82	70	57	51	65	62
	474	506	527	387	387	362	341	390	308	467	515	501(431)	434	364	430	430	430
1871	77	65	47	74	33	69	47	34	43	63	86	54	75	51	50	64	58
1872	79	51	65	65	81	66	39	60	46	79	81	73	61	70	55	69	65
1873	65	83	68	70	63	59	41	42	54	76	74	55	74	67	47	68	63
1874	68	65	57	56	63	56	46	50	46	60	74	89	63	59	51	60	61
1875	73	72	67	44	51	67	66	45	43	71	85	74	78	54	59	66	63
1876	73	75	76	68	61	58	45	46	62	64	69	78	74	68	50	65	65
1877	66	87	77	66	74	43	65	50	54	57	79	81	77	72	53	63	67
1878	66	61	77	66	67	64	59	63	55	67	71	79	69	70	62	64	66
1879	82	88	59	74	75	57	64	55	66	67	74	57	83	69	59	69	68
1880	68	65	32	74	52	71	51	62	58	76	84	86	63	53	61	73	65
	717	712	625	657	620	610	523	507	527	680	777	726	717	634	547	661	640
1881	67	71	62	72	54	70	41	63	75	79	58	79	75	63	58	71	66
1882	68	63	57	56	59	64	64	67	79	75	79	80	70	57	65	78	68
1883	76	68	71	62	63	72	73	44	69	70	77	86	75	65	63	72	69
1884	66	60	54	70	54	66	61	48	46	80	69	79	71	59	58	65	63
1885	69	64	67	52	67	45	44	51	58	80	82	77	71	62	47	73	63

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wl	Fr	So	He	Jahr
1886	83	59	55	60	49	80	48	58	49	69	77	93	73	55	62	65	65
1887	64	51	74	57	80	43	60	47	53	67	74	69	69	70	50	65	62
1888	62	86	76	79	42	54	67	56	54	47	84	49	72	66	59	62	63
1889	62	75	71	62	68	67	53	49	49	72	59	71	62	67	56	60	63
1890	63	46	60	56	58	50	52	51	49	60	88	74	60	58	51	66	59
	680	643	647	626	594	611	563	534	581	699	747	757	697	622	569	676	640
1891	65	35	70	68	71	61	58	48	37	50	60	61	58	70	56	49	57
1892	80	76	54	47	49	57	45	34	53	71	79	70	72	50	45	68	60
1893	61	68	36	16	58	43	59	31	61	62	81	56	66	37	44	68	53
1894	59	60	42	56	69	56	53	54	58	70	71	68	58	56	54	66	60
1895	75	56	62	51	52	53	49	48	20	58	68	80	66	55	50	49	56
1896	67	57	67	72	56	65	61	71	74	77	79	89	68	65	66	77	70
1897	89	77	76	76	67	59	60	62	72	58	64	57	85	73	60	65	68
1898	68	72	74	72	81	68	61	39	38	75	80	64	66	76	56	64	66
1899	78	51	51	76	65	54	58	39	71	52	62	72	64	64	50	62	61
1900	91	82	74	63	68	55	53	59	58	64	81	70	82	68	56	68	68
	733	634	606	597	636	571	557	485	542	637	725	687	686	613	538	635	613
1901	60	70	80	65	52	57	56	58	76	75	76	88	67	66	57	76	68
1902	75	84	65	70	75	63	56	68	62	85	81	79	82	70	62	76	72
1903	64	58	60	82	55	74	62	57	56	68	86	83	67	66	64	70	67
1904	72	83	78	73	63	63	42	47	69	77	74	72	79	71	51	73	68
1905	63	69	77	71	70	61	41	56	78	78	80	70	68	73	53	79	68
1906	68	78	57	61	62	64	58	40	51	56	80	82	72	60	54	62	63
1907	76	75	52	71	70	70	60	45	57	72	79	75	78	64	58	69	67
1908	51	74	77	74	62	55	56	52	58	44	68	81	67	71	54	57	63
1909	63	59	72	44	36	72	64	55	65	66	78	80	68	51	64	70	63
1910	75	70	55	67	67	67	67	61	71	65	79	76	75	63	65	72	68
	667	720	673	678	612	646	562	539	643	686	781	786	722	654	582	703	666
1911	69	67	63	58	70	58	32	34	47	65	75	74	71	64	41	62	59
1912	74	66	66	52	57	64	49	78	69	71	74	51	71	58	64	71	64
1913	71	41	63	67	58	66	67	52	58	62	79	74	54	63	62	66	63
1914	74	64	76	49	78	60	67	53	61	72	75	71	71	68	60	69	67
1915	84	71	75	65	66	59	60	56	61	73	79	84	75	69	58	71	69
1916	81	77	73	60	61	75	69	48	69	74	79	85	81	65	64	74	71
1917	83	60	80	72	61	56	58	65	50	78	83	74	76	71	60	72	68
1918	69	54	54	82	54	59	54	46	64	69	72	79	66	63	53	68	63
1919	86	69	75	77	46	50	73	34	54	84	86	79	78	66	52	75	68
1920	74	54	61	76	70	65	58	49	75	67	71	92	69	69	57	71	68
	765	623	686	658	621	612	587	515	608	715	778	763	712	655	571	700	661
1921	82	67	48	68	72	59	43	47	45	50	74	79	80	63	50	56	61
1922	90	67	75	85	51	66	65	51	75	85	80	82	79	70	61	80	73
1923	84	82	76	64	60	72	43	42	54	71	80	91	83	67	52	68	68
1924	63	79	57	79	72	63	61	68	63	70	72	76	78	69	64	68	69
1925	69	78	78	77	64	49	62	60	71	72	90	76	74	73	57	78	71

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mal	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	WI	Fr	So	He	Jahr
1926	74	71	81	59	72	72	70	47	48	83	82	84	74	71	63	71	70
1927	82	68	70	78	63	62	54	64	72	67	78	83	78	70	60	72	70
1928	74	52	70	66	67	59	34	56	60	67	83	88	70	68	50	70	65
1929	75	53	44	67	64	67	54	59	38	76	73	79	72	58	60	62	62
1930	61	66	67	71	83	60	70	58	71	76	78	82	69	74	63	75	70
	754	683	666	714	668	629	556	552	597	717	790	820	756	683	579	701	679
1931	80	79	57	66	65	53	69	74	72	56	78	74	80	63	65	69	69
1932	73	49	57	75	74	62	69	45	72	79	76	72	65	69	59	76	67
1933	74	70	55	62	77	71	49	42	58	72	88	83	72	65	54	73	67
1934	75	60	71	56	53	57	44	66	54	70	71	84	73	60	56	65	63
1935	80	74	55	83	67	51	41	57	50	92	75	84	79	68	50	72	67
1936	82	72	62	79	58	75	74	50	72	74	86	76	79	66	66	77	72
1937	63	83	79	74	57	60	57	64	67	73	67	79	74	70	60	69	69
1938	84	59	36	53	64	51	62	60	61	63	71	81	74	51	58	65	62
1939	74	59	77	73	83	65	60	68	69	91	79	76	71	78	64	80	73
1940	70	74	62	69	60	60	63	52	65	84	77	69	73	64	58	75	67
	755	679	611	690	658	605	588	578	640	754	768	778	742	653	590	721	675
1941	76	75	53	69	68	51	55	71	45	81	77	82	73	63	59	68	67
1942	80	86	68	57	62	50	63	57	53	66	82	71	83	62	57	67	66
1943	77	58	53	58	56	63	47	44	70	65	86	89	69	56	51	74	64
1944	72	85	75	66	51	67	62	42	67	80	88	67	82	64	57	78	69
1945	80	66	64	49	53	48	39	61	61	63	67	87	71	55	49	64	62
1946	60	85	62	42	64	70	47	54	51	64	74	82	77	56	57	63	63
1947	68	86	80	50	62	48	42	27	31	49	81	88	79	64	39	54	59
1948	87	67	34	57	61	63	71	67	50	64	68	60	81	51	67	61	62
1949	67	38	55	56	82	47	34	45	48	55	80	83	55	64	42	61	58
1950	76	71	55	75	58	38	48	62	73	61	85	88	77	63	49	73	66
	743	717	599	579	617	545	508	530	549	648	788	797	746	598	528	662	635
1951	82	78	77	58	72	70	51	66	63	64	79	49	83	69	62	69	67
1952	77	76	78	53	55	49	36	56	72	75	85	85	67	62	47	77	66
1953	78	75	30	54	51	77	57	41	54	64	55	75	79	45	58	58	59
1954	84	67	57	69	58	59	70	67	66	53	73	78	75	61	65	64	67
1955	75	83	60	44	62	62	72	56	63	58	66	77	79	55	63	62	65
1956	79	65	60	64	56	74	64	68	54	72	82	70	74	60	69	69	67
1957	57	74	57	67	70	64	61	59	67	46	79	69	67	65	61	64	64
1958	74	76	66	70	63	63	62	64	54	72	91	74	73	66	63	72	69
1959	73	50	75	59	64	69	46	53	28	52	75	81	66	66	56	52	60
1960	74	75	70	65	58	58	68	70	71	84	79	86	77	64	65	78	72
	753	719	630	603	609	645	587	600	592	640	764	744	739	614	611	665	657
1961	79	69	45	76	77	57	54	48	49	67	78	72	78	66	53	65	64
1962	77	76	63	61	68	48	62	40	55	54	77	70	75	64	50	62	63
1963	67	65	64	74	65	67	46	74	67	66	76	66	67	68	62	70	66
1964	69	73	86	76	61	50	27	51	48	85	85	75	69	74	43	73	66
1965	82	62	68	74	70	67	69	58	69	60	82	85	73	71	65	70	71

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mal	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wl	Fr	So	He	Jahr
1966	72	74	62	71	57	59	64	67	59	73	88	89	77	63	63	73	70
1967	79	62	69	57	62	59	46	56	70	56	72	84	77	63	54	66	64
1968	74	76	62	59	76	66	56	75	62	70	81	85	78	66	66	71	70
1969	76	79	73	66	65	69	50	58	57	53	71	84	80	68	59	60	67
1970	76	92	77	80	72	59	59	60	45	70	65	75	84	76	59	60	69
	751	728	669	694	673	601	533	587	581	654	775	785	758	679	574	670	669
1971	59	74	74	53	73	76	42	54	40	45	81	66	69	67	57	55	61
1972	78	78	53	80	73	64	65	67	55	48	66	46	74	69	65	56	64
1973	76	76	64	72	62	60	61	53	46	65	57	75	66	66	58	56	64
1974	74	83	81	52	68	65	54	58	70	89	78	75	77	67	59	79	71
1975	74	42	87	67	67	70	51	62	69	63	80	68	64	74	61	71	67
1976	80	70	50	55	57	39	60	53	73	73	80	77	73	54	51	75	64
1977	87	81	81	86	72	77	67	70	68	66	79	68	82	80	71	71	75
1978	80	86	81	72	78	71	65	67	60	61	55	78	78	77	68	59	71
1979	76	84	86	77	64	71	61	69	59	74	77	79	79	76	67	70	73
1980	75	68	81	74	71	79	69	60	49	72	81	68	74	75	69	67	71
	759	742	738	688	685	672	595	613	589	656	734	700	736	704	627	660	681
1981	64	62	83	64	77	71	73	55	74	81	61	89	65	75	66	72	71
1982	79	65	71	60	58	68	59	70	55	78	65	79	78	63	66	66	67
1983	69	65	69	85	85	68	35	62	59	62	67	57	71	80	55	63	65
1984	77	70	50	61	87	60	53	60	83	69	66	75	68	66	58	73	68
1985	80	64	82	67	76	73	48	51	39	50	85	73	73	75	57	58	66
1986	82	81	71	87	74	56	55	59	58	64	57	70	79	77	57	60	68
1987	85	87	67	57	71	81	66	64	65	76	76	79	81	65	70	72	73
1988	73	68	91	67	76	68	55	55	70	72	70	83	73	78	59	71	71
1989	57	65	62	90	45	59	60	62	60	51	48	59	68	66	60	53	60
1990	55	61	57	79	56	74	46	44	61	66	81	78	58	64	55	69	63
	721	688	703	717	705	678	550	582	624	669	676	742	714	708	603	656	671
Min	39	35	30	16	33	38	27	27	14	44	48	46	54	45	39	49	52
Max	91	92	91	90	87	81	74	78	83	92	91	93	85	80	71	80	75

## 2. Die 100jährige Messreihe der Sonnenscheindauer von Basel (Charlotte Urfer-Henneberger)

### 2.1. Allgemeines

Es ist ein Privileg, mit einer homogenisierten Messreihe von mehr als 100 Jahren Sonnenscheindauer arbeiten zu dürfen. Die Forschung, die gerade in der heutigen Zeit besonders sensibel auf Klimaschwankungen reagiert und sehr sorgfältig echte von vorgetäuschten unterscheiden muss, dürfte an den Messungen eines so gewichtigen Elementes interessiert sein. In dem Fall erweist es sich nämlich, dass für den Jura-Nordfuss resp. den Süden der Oberrheinischen Tiefebene - vermutlich weil man eben mit weit zurückliegenden Werten vergleichen kann - statt eines erwarteten Trends eine überraschende Konstanz festgestellt werden kann.

Die vollständige Messreihe von 1886 bis 1990 sowie die Mittel über verschiedene, uns wichtig erscheinende oder in der Klimatologie häufig verwendete Zeitspannen sind auf den Seiten 16 - 20 aufgeführt. - Über Vor- und Nachteile der Sonnenregistrierung mit Campbell-Stokes, besonders im Vergleich mit den neueren und zur Zeit verwendeten Instrumenten, bin ich in einem Arbeitsbericht für die SMA näher eingegangen (Urfer Ch., Nr. 172, 1992).

Die "Glättung" der Reihe, die besonders die graphischen Darstellungen übersichtlicher erscheinen lassen, habe ich nach der altbewährten Methode der "übergreifenden Mittel" vorgenommen, also die Jahre  $(1+2+3+4+5)/5$  dem Jahr "3", die Jahre  $(2+3+4+5+6)/5$  dem Jahr "4" u. s. w. zugeordnet. Später hat Diplomand M. Wüthrich die Daten mit dem Computer des geographischen Institutes geplottet (Abb. 4 - 6).

An einem herausgegriffenen Beispiel sei gezeigt, dass man sich von den geglätteten Kurven nicht täuschen lassen darf: Ausgerechnet in den stetigen Anstieg der Jahressummen von 1938-1947 fallen der absolut tiefste Wert von 1284 Stunden des Jahres 1939 sowie auch der relativ niedrige von 1477 Stunden (Jahr 1944), weil eben auch die relativ hohen von 1813 und 1904 Stunden der Jahre 1943 resp. 1945 in dieselbe Reihe der 5er-Mittel eingehen.

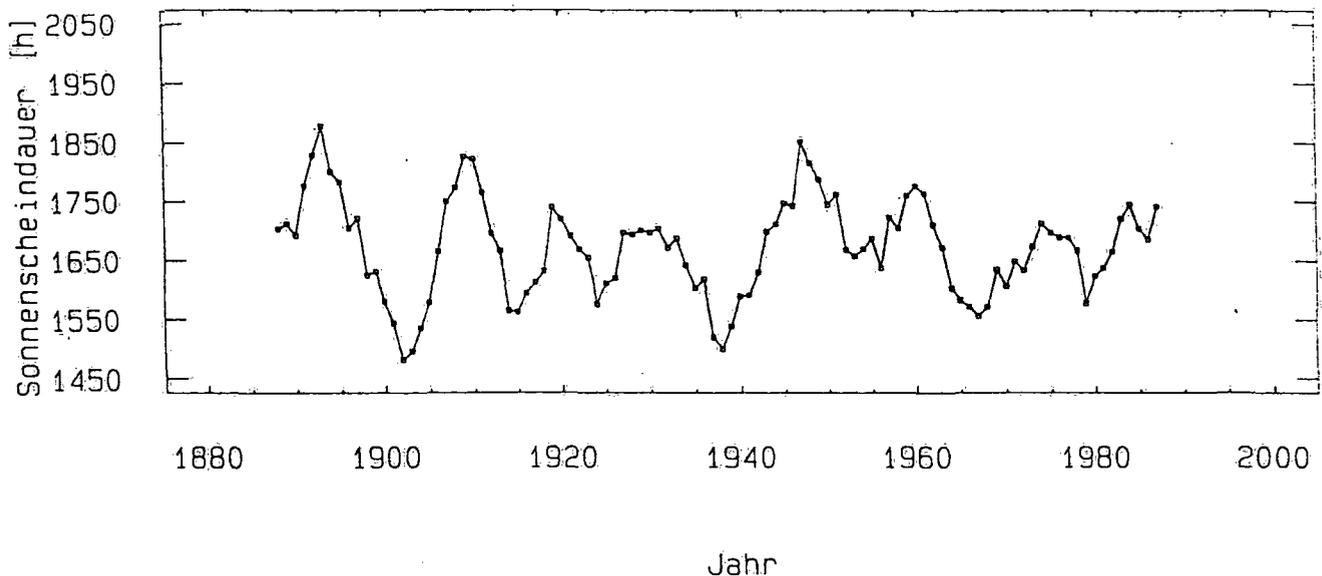
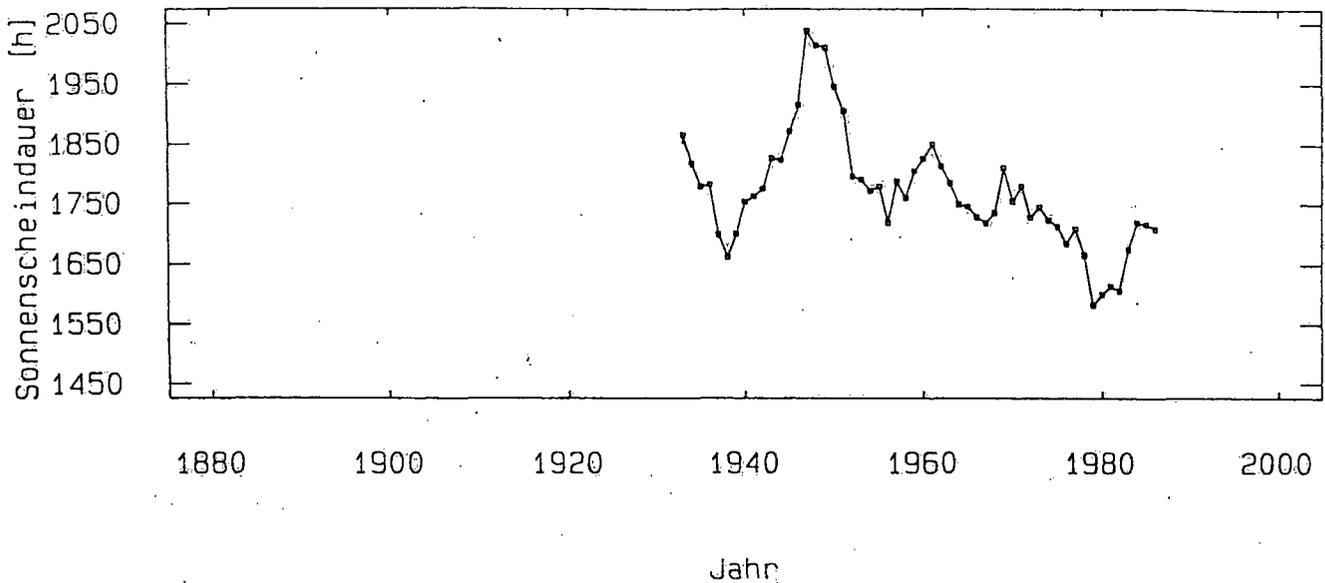


Abb. 4a: Fünffach übergreifende Jahresmittel der Sonnenscheindauer (Jahre  $\frac{1+2+3+4+5}{5}$  = Jahr "3" etc.) , Station Basel (-Binningen) 1888 - 1987



**Abb. 4b:** Fünffach übergreifende Jahresmittel der Sonnenscheindauer (Jahre  $\frac{1+2+3+4+5}{5}$  = Jahr "3" etc.), Station Freiburg 1933 - 1985

## 2.2. Der Verlauf der geglätteten Kurven

### 2.2.1. Die Jahressummen der Sonnenscheindauer

Der Verlauf über die 100 Jahre Sonnenscheindauer in Basel ist in Abb. 4a eingezeichnet und zwar, wegen der 5jährig-übergreifenden Mittel, mit 1888 beginnend und 1987 endend. Wegen der zahlreichen Diskussionen um eine beginnende Klimaänderung gilt das primäre Interesse den letzten paar Jahrzehnten. Aber entgegen anderer Messresultate, u. a. im schweizerischen Mittelland, aber auch in Freiburg i. Br. - dessen Ergebnisse uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt worden sind (Abb. 4b) - ist keine generelle Abnahme der Sonnenscheindauer ersichtlich. Viel eher erkennt man, dass seit dem Tiefstand von 1967 eine allmähliche Zunahme festzustellen ist, die um 1979 nur kurzfristig unterbrochen worden war. Aber beide Minima sind nicht zu vergleichen mit denen von 1902 (geglättete Jahressumme 1481 Stunden) und 1938 (1500 Stunden). Sicher darf man nicht übersehen, dass es auch kürzere und längere noch sonnigere Perioden gegeben hatte, zuletzt um 1947 (mit 1852), zuvor 1909 (mit 1826) und insbesondere 1893 mit geglätteten Jahressummen von 1878 Stunden. Gesamthaft betrachtet erscheint das Auf und Ab der Reihe verblüffend regelmässig und mit einer grob geschätzten Periodenlänge von etwa 13 Jahren. Sucht man nach einem rückläufigen Trend, so kann man einen deutlichen zwischen 1893 und 1938 erkennen. Nach einem rasch erfolgten Ausgleich findet sich ein weniger stark ausgeprägter zwischen 1947 und 1967. Sie passen aber nicht ins Bild der häufig diskutierten Klimaänderungen und dürften eher Schwankungen im Witterungsablauf zuzuschreiben sein.

Aus den effektiven Jahreswerten seien noch die sonnenreichsten und die trübsten hervorgehoben: 1939 waren nur gerade 1284 und 1965 auch nur 1388 Sonnenstunden registriert worden; denen gegenüber waren es 1893 deren 2051, 1949 auch noch 2030 und 1976 nur gerade 9 Stunden weniger gewesen.

Wenn man Detail-Untersuchungen an einem Element durchführen will, von dem eine so lange Messreihe zur Verfügung steht, so wird man mit Mitteln über Perioden arbeiten, die zum Problem am besten passen.

Zweckmässig sind sicher die International festgelegten Klimaperioden

1901-1930  
1931-1960  
1961-1990

Für andere Schweizer Stationen galten die zu ergänzen sind durch

1901-1940  
1941-1980

Unsere Reihe von 4 Perioden zu 25 Jahren	1886-1910	
	1911-1935	
	1936-1960	
	1961-1985	
Schliesslich die Mittel über 105 Jahre	1886-1990	(Seite 16, Tab. 7)

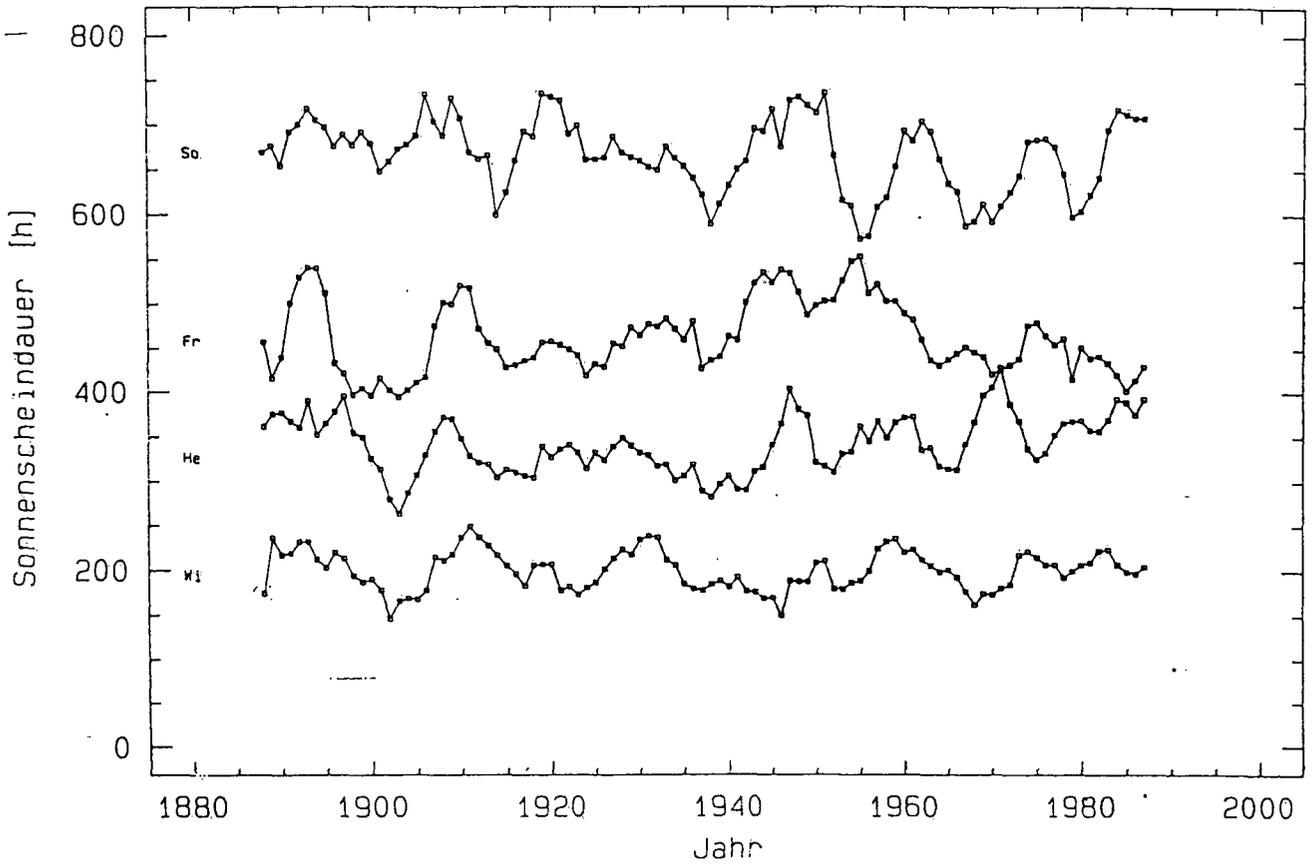
In Freiburg i. Br. hat man erst 1931 mit der Registrierung der Sonnenscheindauer begonnen. Vom Leiter des Instituts sind wir darauf aufmerksam gemacht worden, dass die rund 55jährige Reihe keiner Homogenitätsprüfung unterzogen worden ist. Weil man von dort die früheren Werte also nicht besitzt, wird man aus den vorliegenden Ergebnissen für die Jahressumme auf einen "stetigen Rückgang der Sonnenscheindauer" schliessen. Auf dieses Problem komme ich bei der Besprechung der Jahreszeitsummen noch eingehender zurück.

Noch ist nicht exakt erwiesen, dass unser Eingriff in unsere Umwelt eine Klimaänderung zur Folge haben wird. Für Basel kann man feststellen, dass für die Sonnenscheindauer noch keine irreversible Zu- oder Abnahme beobachtet werden kann.

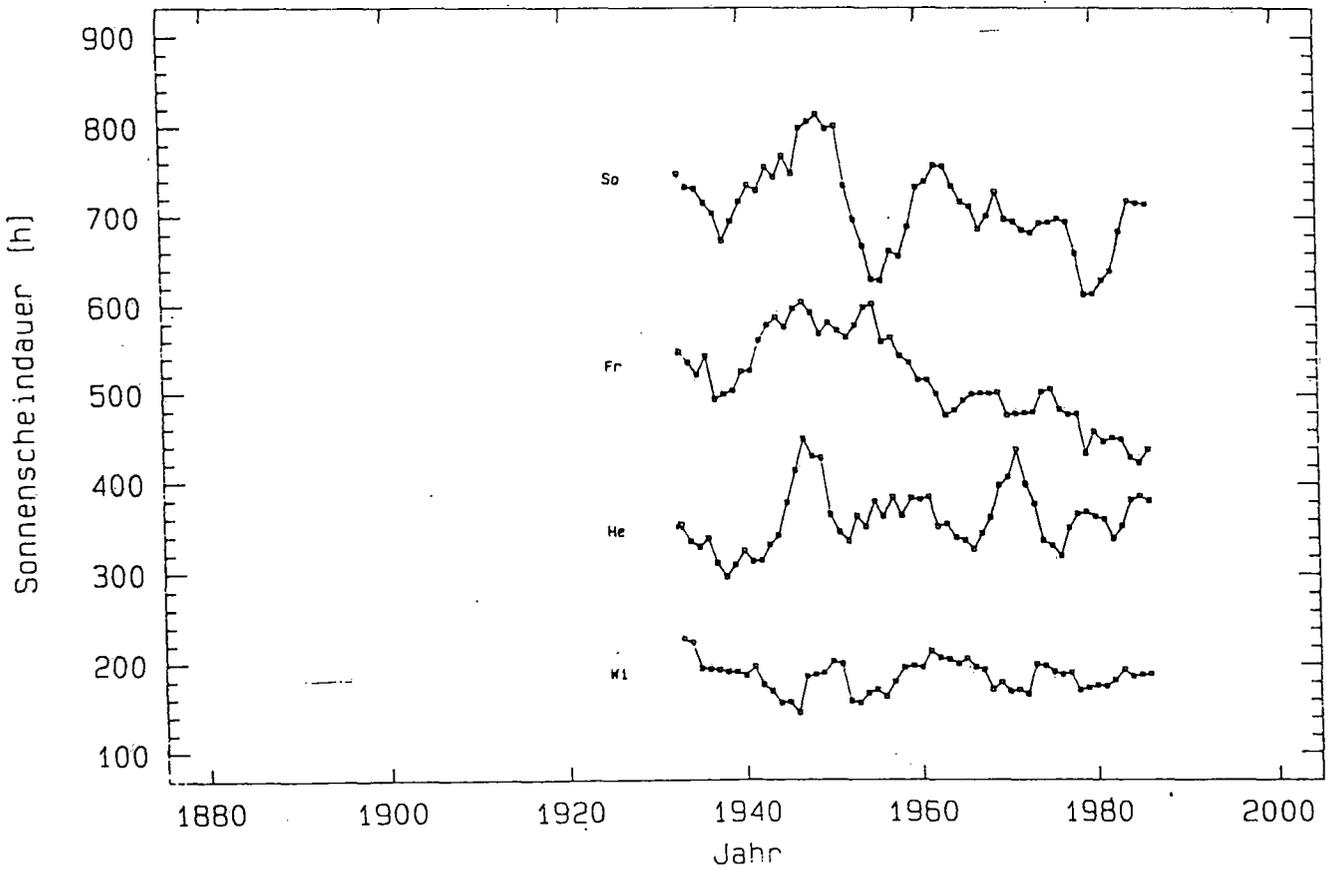
### 2.2.2. Die Jahreszeitsummen der Sonnenscheindauer

Rein gefühlsmässig liegen uns die Summen der Sonnenscheindauer über eine Jahreszeit näher als diejenige über ein ganzes Jahr. In Abb. 5a sind sie im geglätteten Verlauf für die 100 Jahre aufgetragen. Besonders im Frühling und im Herbst erkennt man relativ stetig vor sich gehende Änderungen im einen oder anderen Sinn, die über Jahrzehnte andauern. Wenn man ihm besondere Beachtung schenkt, so fällt tatsächlich der Abfall der Sonnenscheindauer im Frühling seit 1955 besonders auf. Über 100 Jahre zurück erkennt man allerdings zwischen 1898 und 1904 einen Tiefstand, der mit dem momentanen zu vergleichen ist. Ihm war eine sehr sonnige Periode vorausgegangen und danach, in verschiedenen Schüben, ein Wiederanstieg gefolgt. Der Herbst ist in den letzten 5 Jahrzehnten insgesamt durch einen Anstieg der Sonnenscheindauer gekennzeichnet, auch wenn daraus Zacken nach unten und oben herausragen. Zuvor war die Sonnenscheindauer - mit Ausnahme des Tiefstandes von 1903 - seit 1890 fast unmerklich und stetig abgefallen. Dieses Phänomen scheint mir wichtig genug, um ihm im nächsten Kapitel eingehender nachzuforschen. Die Wintersummen sind, allein schon wegen ihrer kleineren möglichen Dauer, über die ganzen 100 Jahre sehr ausgeglichen. Aber auch hier, wie schon bei den Jahressummen, überrascht ein fast regelmässiger Wechsel zwischen trüberen und sonnigeren Perioden. Davon, dass durch zunehmenden winterlichen Smog in Basel die Sonne auf dem Streifen des Campbell-Stokes kürzere Spuren hinterliesse, ist nichts zu erkennen. Das Messgerät ist südlich der Stadt, bei Binningen, aufgestellt, und es wäre immerhin denkbar, dass die tiefstehende Wintersonne unter einer Dunstwolke durchzudringen vermöchte. Der Vergleich mit Freiburg i.Br. könnte da einen gewissen Aufschluss geben. Doch können wir nur erkennen (Abb. 5b), dass auch für jene Lage in der Rheinischen Tiefebene dieselbe Feststellung gemacht werden kann: Es ist keine abnehmende Tendenz der Sonnenscheindauer im Winter ersichtlich! Auffällige Parallelen zwischen beiden Stationen sind auch in anderen Jahreszeiten vorhanden. Ein Trend zum Anstieg der Sonnenscheindauer im Herbst und der markante Rückgang im Frühling in den letzten 30 Jahren fallen noch mehr auf, weil man in Freiburg über die vorangegangenen 45 Jahre nichts weiss. An beiden Stationen ist der Verlauf der Sonnenscheindauer im Sommer sehr variabel, und um einen Trend in die eine oder andere Richtung herauszulesen, brauchte es - besonders am Beispiel von Basel - einige Phantasie. Da wegen des hohen Sonnenstandes die Strahlung an sich schon während der meisten Stunden des Tages intensiv ist, genügt eine Trübung der Atmosphäre durch "Sommersmog" allein nicht, um das Einbrennen auf dem Campbell-Stokes-Streifen zu verhindern und einen stetigen Rückgang der Sonnenscheindauer vorzutäuschen.

Als besonders sonnige oder trübe Jahreszeiten seien erwähnt: Der Sommer 1911, der fast schon Legende geworden ist, erreichte eine Summe von 901 Stunden; am nächsten kommen ihm der von 1949 mit 878 sowie 1976 mit 850 Stunden. Als trübste sind zu nennen 1936 mit 529, dann 1954 mit 528 und 1980 mit nur 517 Stunden für Juni, Juli und August zusammen. Aus einer nicht geglätteten Darstellung kann man herauslesen, dass auf einen sonnenreichen Sommer fast ausnahmslos ein eher trüber folgt, dass aber sonnenarme oftmals gehäuft auftreten. Der Herbst 1895 fällt mit seinen 529 Stunden aus allen anderen heraus; 1891 hatte es nur gerade noch auf 481 Stunden gebracht. Den trübsten finden wir

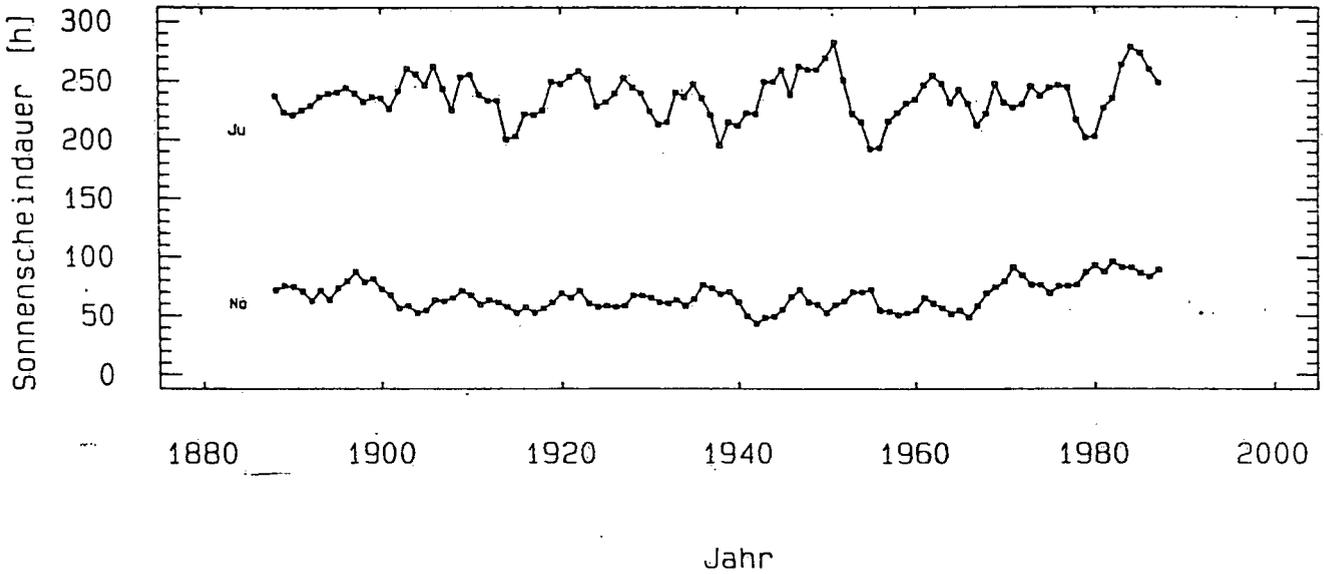


**Abb. 5a:** Übergreifende Mittel für die 4 Jahreszeiten  
So = Sommer, Fr = Frühling, He = Herbst, Wi = Winter  
Basel 1888 - 1987

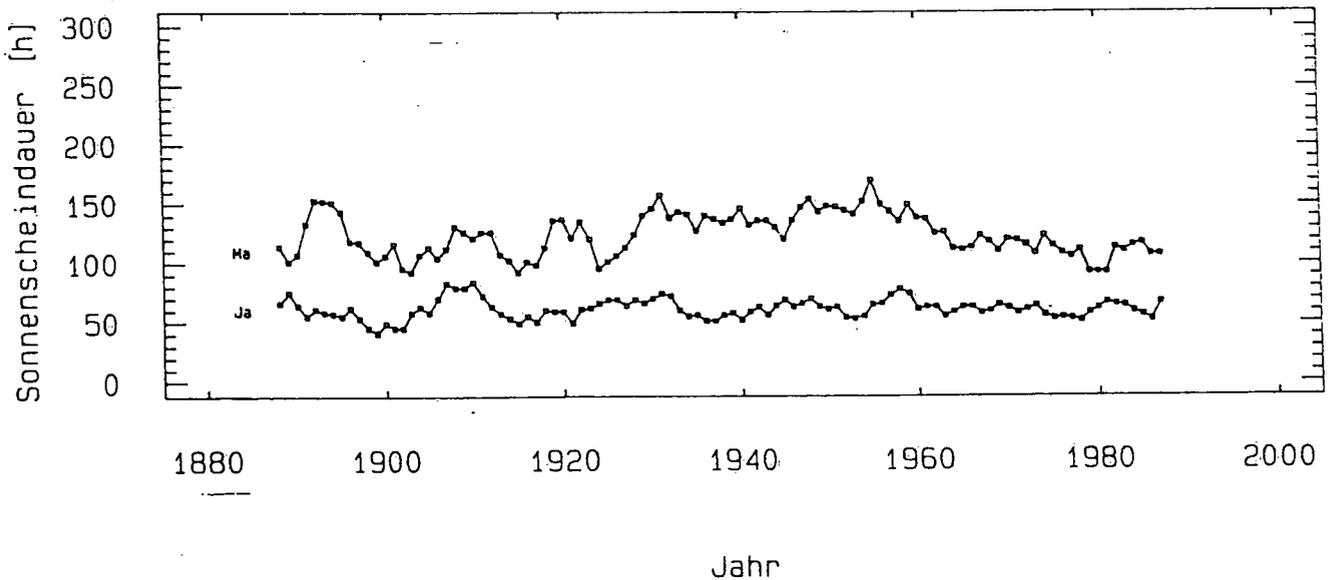


**Abb. 5b:** Übergreifende Mittel für die 4 Jahreszeiten  
So = Sommer, Fr = Frühling, He = Herbst, Wi = Winter  
Freiburg 1933 - 1985

1944 mit 201, gefolgt von 1939 mit 208 Stunden. Interessant ist auch der Herbst 1974, der mit 223 Stunden zwar nur an viertletzter Stelle steht, sich aber mitten in einer Periode stetigen Anstieges der Sonnenscheindauer befindet. In den 3 Wintermonaten 1903/04 zusammen wurden nicht einmal ganze 90 Sonnenstunden registriert. Umgekehrt halten die von 1948/49 den Rekord mit 330 Stunden<sup>2</sup>. Als son- nigster Frühling ist der von 1893 mit 722 zu nennen, gefolgt von 1953 mit 662 Stunden. Auch 1976 - inmitten der Periode stetigen Rückgangs - weist noch 649 Stunden auf. Besonders sonnenarm war der Frühling 1939 mit einer Summe von nur 278 Stunden; ihm am nächsten kommen der von 1898 mit 331 und die zwei späten von 1983 mit 348 und 1986 mit 343 Stunden.



**Abb. 6a:** Übergreifende Mittel für 4 ausgesuchte Monate Basel 1888 - 1987  
Ju = Juli, No = November



**Abb. 6b:** Übergreifende Mittel für 4 ausgesuchte Monate Basel 1888 - 1987  
Ma = März, Ja = Januar

<sup>2</sup>Inzwischen ist er vom Winter 1989/90 mit einer Summe von 339 Stunden gebrochen worden!

### 2.2.3. Ein typischer Monat aus jeder Jahreszeit

Noch mehr Besonderheiten finden sich natürlich in den einzelnen Monaten, von denen wir für jede Jahreszeit einen besonders typischen herausgreifen. Der Januar, der gegenüber dem Dezember bereits eine grössere mögliche Sonnenscheindauer besitzt, wirkt in der geglätteten Reihe besonders ab ca. 1912 ausserordentlich ausgeglichen.

Der März ist der Monat, in dem der Rückgang der Frühlingssumme am deutlichsten zum Ausdruck kommt, wobei man allerdings zum Minimum von 1979-1981 lakonisch beifügen darf, "dass alles auch schon einmal dagewesen ist", u. a. von 1915-1917. Die Einzelwerte variieren sehr stark und schwanken oft von einem Jahr zum nächsten über die Bandbreite zwischen Minima und Maxima, die bei 50 bis 70 resp. 220 bis 240 Stunden liegen. Bis zum Hochsommer, Juli, wird diese Tatsache noch ausgeprägter, indem sich unvermittelt Monatssummen von über 300 und solche von knapp 150 Stunden folgen und umgekehrt. Die Höchstwerte finden wir im Juli und nicht etwa im Juni. Der Unterschied von rund 7 Prozent geht nicht allein auf die Differenz von 31 statt nur 30 Tagen zurück. Die grosse Variabilität des Hochsommers ist auch noch in der geglätteten Kurve deutlich erkennbar. Sicher ist der November nicht allein wegen der bereits wieder kürzeren möglichen Sonnenscheindauer über die ganzen 100 Jahre sehr ausgeglichen. Deutlich zu erkennen ist auch die Stufe um ca. 1968, mit welcher die Werte allgemein ansteigen.

## 2.3. Ursachen für stetige Zu- und Abnahmen der Sonnenscheindauer

### 2.3.1. Allgemeines

Wenn sich ein grundlegendes Element der Klimatologie über Jahrzehnte hinweg in der einen oder anderen Richtung stetig ändert, so erweckt dieses Phänomen unsere ganze Aufmerksamkeit. Aber bereits haben wir erkennen müssen, dass wir in Basel in bezug auf die Sonnenscheindauer mit dem Begriff "Klimaänderung" nicht übereilig argumentieren dürfen. Vorläufig erleben wir auf diesem Gebiet noch nichts, was in den vorangegangenen 100 Jahren nicht auch schon vorgekommen wäre. In der Jahressumme scheint sich nichts Wesentliches abzuzeichnen, weil sich Abnahme im Frühling und Zunahme im Herbst im grösseren Rahmen auszugleichen vermögen.

An dieser Stelle möchten wir auf 1.3.4. und Abb.3 von Teil 1 hinweisen. Ein analoger bzw. gegenläufiger Trend ist bei den Beobachtungen der Bewölkung zu erkennen. Allerdings nimmt die Bewölkung generell ab ca. 1930 im Monat März zu, während eine Abnahme der Sonnenscheindauer erst ab ca. 1955 sichtbar wird. Eine Abnahme der Bewölkung im November kann auf ca. 1960 angesetzt werden, während der Anstieg der Sonnenscheindauer erst ab 1965 erfolgt. Wegen der Problematik der Bewölkungsbeobachtungen darf man sowieso keine strenge Gegenläufigkeit der Resultate beider Elemente erwarten. Aber sicher ist es kein Zufall, dass ein Trend in den letzten Jahrzehnten bei Sonnenscheindauer und Bewölkung auszumachen ist.

Es ist daher naheliegend, die Gründe für diese Änderungen in der Synoptik zu suchen. Es wird bei uns der Eindruck erweckt und durch vereinzelte konkrete Erinnerungen verstärkt, dass in den letzten Jahren der Frühling oft unverhältnismässig lang auf sich warten lasse; aber wir geniessen es, wenn sich das stabile Herbstwetter lange hält und gelegentlich sogar in den Winteranfang hineinzieht. Mit Hilfe des "Wetterlagen-Kalenders" sollte sich dies beweisen lassen können.

Im folgenden möchte ich daher Korrelationen zwischen der Sonnenscheindauer und Witterungslagen, in ihrer einfachsten Definition, herausarbeiten.

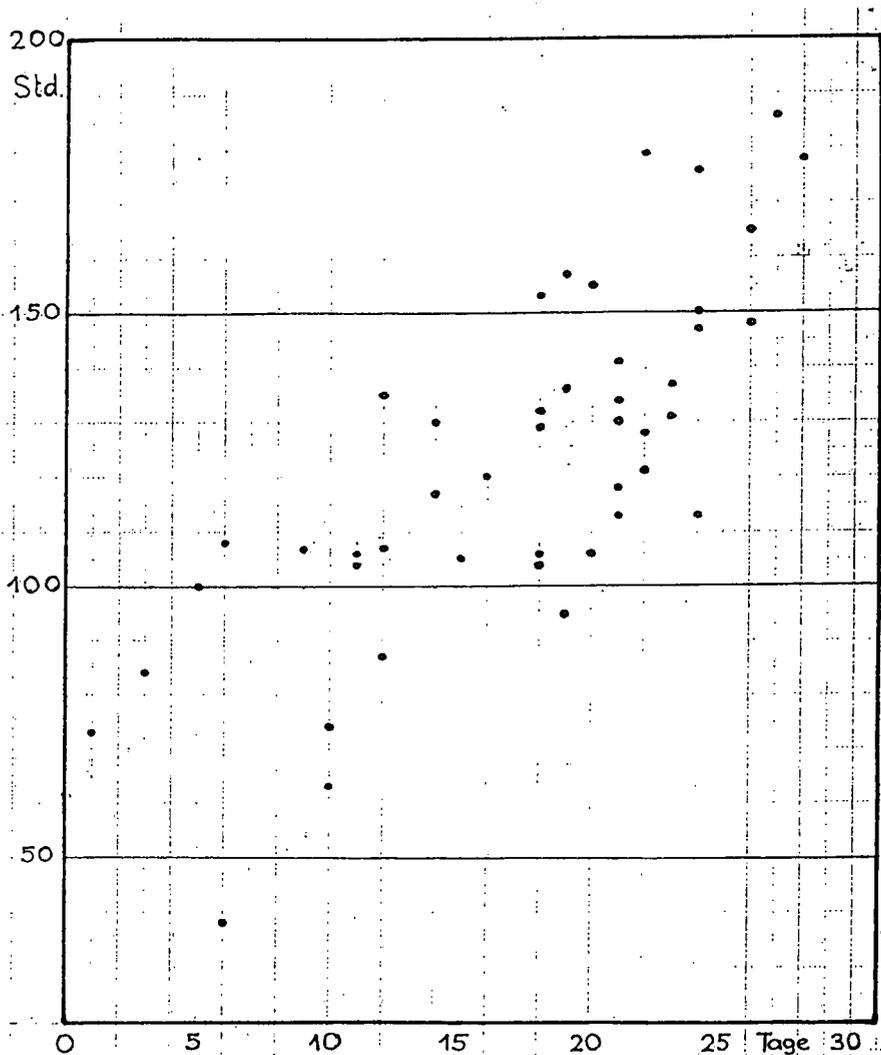
### 2.3.2. Auswahl der Witterungslagen

Die systematische Witterungsstatistik nach M. Schüepp geht zurück bis zum Jahr 1945. Der Verfasser definierte 1968 und 1985 zwei einfache Parameter, 1. die Witterung und 2. die Anströmrichtung des geostrophischen Windes. Antizyklonal ("+"), indifferent (leer, von uns zum besseren Verständnis mit "." bezeichnet) und zyklonal ("-") werden aus Sonnenscheindauer und Bewölkung der Stationen

- Interlaken, Engelberg, Säntis für die Alpennordseite;
- Sitten, Zermatt, Davos für die inneren Alpen;
- St. Moritz, Locarno, Mte. Brè für die Alpensüdseite

definiert (anstelle von aufgehobenen Stationen treten sukzessive Rigi-Kaltbad, Montana-Vermala, Disentis, Lugano). Die Anströmrichtung des Windes (später wird nach Boden- und Höhenströmung getrennt unterschieden) ist in der 8-teiligen Skala angegeben. Bei Winden unter 15 kts im Bereich der Schweizer Alpen wird die charakteristische Lage angegeben: "H" für Hoch, "T" für Tief, "F" für flache Druckverteilung. "Sattel" und "Wirbel" sind in unserer Auszählung nie vorgekommen. Wetterlagenklassifikationen, die mehr ins Detail gehen, nützen uns insofern nichts, als wir doch für jede Lage eine signifikante Anzahl von Beispielen benötigen.

Auf Grund meteorologischer Erfahrungen wird man die Witterung aus den Sektoren SW (SE-SW-NW) und NE (NW-NE-SE) getrennt betrachten. Die "+", ".", "-" helfen bei der Klassierung der Übergangslagen SE und NW, wobei man aber nie übersehen darf, dass sich "sonnig", "bewölkt" und "trüb" auf den Alpenraum bezieht. Die -T und -F passen zu den trüb-nassen SW-, die +H und +F zu den trocken-sonnigen NE-Lagen. Erste Versuche am Monat März hatten ergeben, dass man mit dieser groben Einteilung bereits brauchbare Resultate erhält. Die Möglichkeiten von anderen Kombinationen der Witterungslagen hatte ich mir offen gelassen.



**Abb. 7:** Monatssummen der Sonnenscheindauer im Oktober als Funktion der Anzahl Tage "+" aller Richtungen, "+H", "+F", "." (NW-E) (1945 - 1989)

Versuche mit der Differenz oder dem Quotienten aus 2 Gruppen verliefen unbefriedigend. Auch die zusätzliche Angabe über Luftmassen bereichern die Analyse nicht. An den vielen Tagen mit Frontdurchgängen ist die Zuordnung zu nur einer Luftmasse notwendigerweise mit Fehlern behaftet, die in die Untersuchung nur zusätzliche Unsicherheitsfaktoren einbringen. (An dieser Stelle sei mir eine Anmerkung erlaubt: Kurzfristig hatte ich selber vor Jahren an der Rückwärtsklassifikation mitgearbeitet und feststellen müssen, wie schwer es ist, 1 Tag auf 1 Minimum von Charakteristika festzulegen, wenn auch noch verschiedene andere Möglichkeiten in Betracht kämen.)

### 2.3.3. Sonnenscheindauer und Witterung im Oktober

Da sich die Zunahme der Sonnenscheindauer im Oktober bereits ab ca. 1940 abzeichnet, kann ihre Entwicklung durch die weniger weit zurückreichende Witterungsstatistik nicht geklärt werden. Jedoch kann man am Beispiel dieses Herbstmonats nach Korrelationen zwischen Monatssummen der Sonnenscheindauer und verschiedenen Witterungslagen suchen. Wählt man die Kombination der "+"Tage aus allen Anströmrichtungen sowie +H und +F zusammen mit den "." aus (NW-E) und setzt ihre Anzahl in Abhängigkeit zur Monatssumme der Sonnenscheindauer (Abb. 7), so erhält man einen Korrelationskoeffizienten von 0,76. Wählt man alle "-"Tage und zählt noch die "." (SE-W) dazu, so erhält die negative Korrelation noch einen Koeffizienten von 0,70. Diese Resultate sagen aus, dass es im Oktober bei schönem resp. schlechtem Wetter in den Alpen und am Alpenrand gleichzeitig auch in Basel sonnig resp. trüb ist. Aus der 100jährigen Reihe der Sonnenscheindauer von Basel kann man schliessen, dass in unserem Land die Witterung seit ca. 1944 im Oktober häufiger antizyklonal war als in den 30 Jahren zuvor. Noch früher muss die Witterung oft veränderlich gewesen sein.

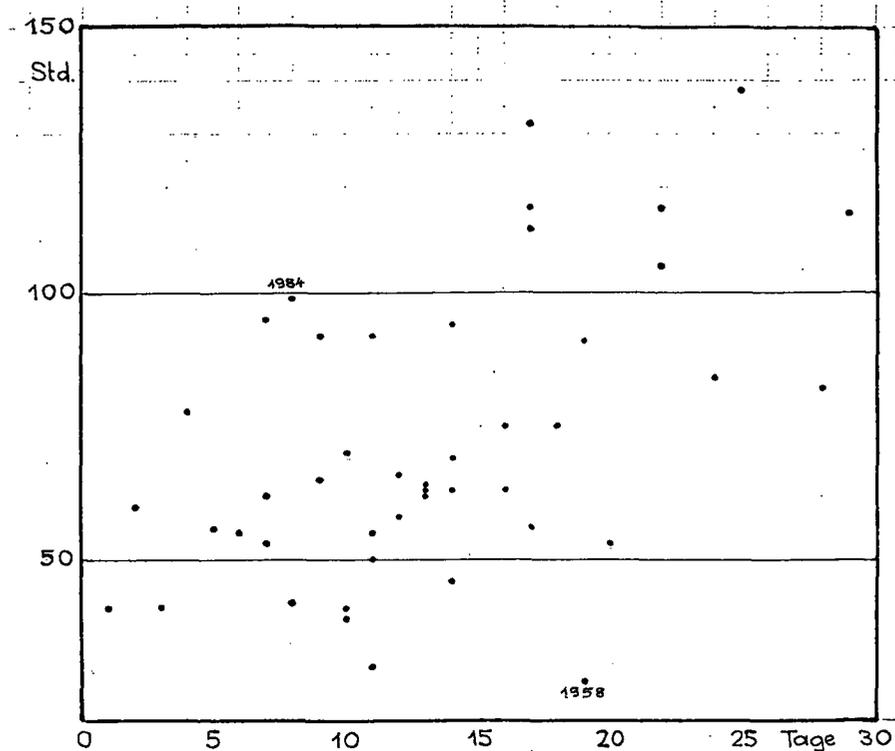
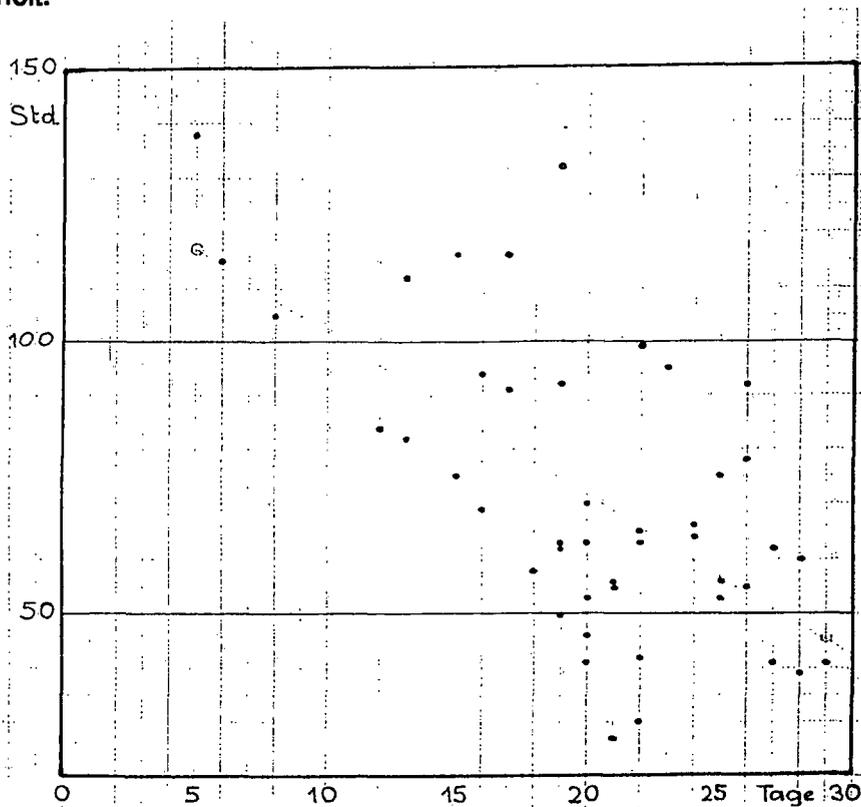


Abb. 8: Monatssummen der Sonnenscheindauer im November als Funktion der Anzahl Tage "+" aller Richtungen, "+H", "+F", "." (NW-E) (1945 - 1989, doppelter Masstab wie Oktober)

### 2.3.4. Sonnenscheindauer und Witterung im November

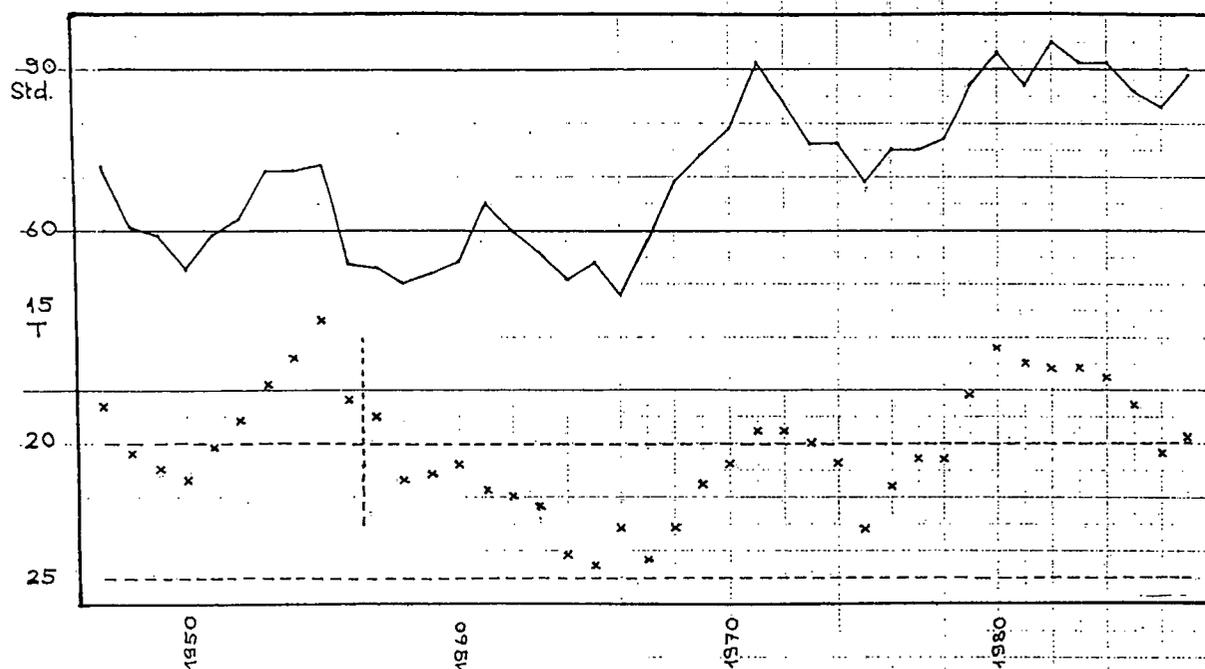
Auch wenn das übergreifende Mittel im November seit 1968 auf höherem Niveau verläuft als in den Jahren zuvor, so finden sich doch auch dann noch extrem hohe und tiefe Einzelwerte, so dass wir unsere vergleichende Statistik auch auf diesen Monat anwenden können.

Im Spätherbst ist es bei schönem Wetter im Alpenraum nicht unbedingt auch am Juranordfuss sonnig. In Abb. 8 sind für den November die gleichen Abhängigkeiten wie in Abb. 7 für den Oktober aufgetragen, wobei nun keine eindeutige Korrelation zum Ausdruck kommt. Besonders ausgefallene Beispiele geben der November 1958 sowie 1984 ab. Im ersten wurden total 27 Sonnenstunden registriert bei unter anderem 19 "schönen" Tagen; im zweiten genügten 8 "schöne" Tage aus dem SW-Sektor neben 12 "indifferenten", um 99 Stunden einzubrennen. Im zweiten Fall dürfte es sich um die Folgen von Föhn gehandelt haben, der im Wolkenniveau bis in die Gegend von Basel reicht oder sich am Juranordhang nochmals wiederholt.



**Abb. 9:** Monatssummen der Sonnenscheindauer im November als Funktion der Anzahl Tage "-", "." aller Richtungen, "-F" (1945 - 1989)

Probeweise habe ich in Abb. 9 eine entgegengesetzte Beziehung, graphisch aufgetragen, nämlich die zwischen der Sonnenscheindauer und der Summe aller "-"Tage und "."Tage. Als lineare Regression erhält sie zwar nur den Koeffizienten von -0,62. Aber ihre Aussage hat mich dazu bewogen, für diese Anzahl von Tagen das übergreifende Mittel zu berechnen und es - im abfallenden Massstab - demjenigen der Sonnenscheindauer gegenüberzustellen (Abb. 10). Besonders nach 1958 ist im Verlauf beider Kurven eine auffallende Parallelität zu erkennen: In dem Masse, wie die Sonnenscheindauer im November zunimmt, verringert sich auch die Zahl zyklonaler und indifferenter Wetterlagen! Das würde unseren subjektiven Eindruck bestätigen, dass der Spätherbst in den letzten Jahren häufig durch antizyklonale Witterung gekennzeichnet sei. Es darf nicht verwundern, dass diese Tatsache am Juranordfuss besser nachgewiesen werden kann als im Schweizerischen Mittelland. Wie es scheint, profitiert ja auch Freiburg i. Br. weniger vom schönen Wetter, weil sich der herbstliche Morgennebel dort wohl auch weniger rasch auflöst als am Südrand der Oberrheinischen Tiefebene.



**Abb. 10:** Uebergreifende Monatsmittel der Sonnenscheindauer für November (1947 - 1987) [ausgezogene Kurve] und der übergreifenden Anzahl Tage [x] "-" und "." aller Richtungen, "-F". (Anzahl Tage in absteigendem Massstab gewählt)

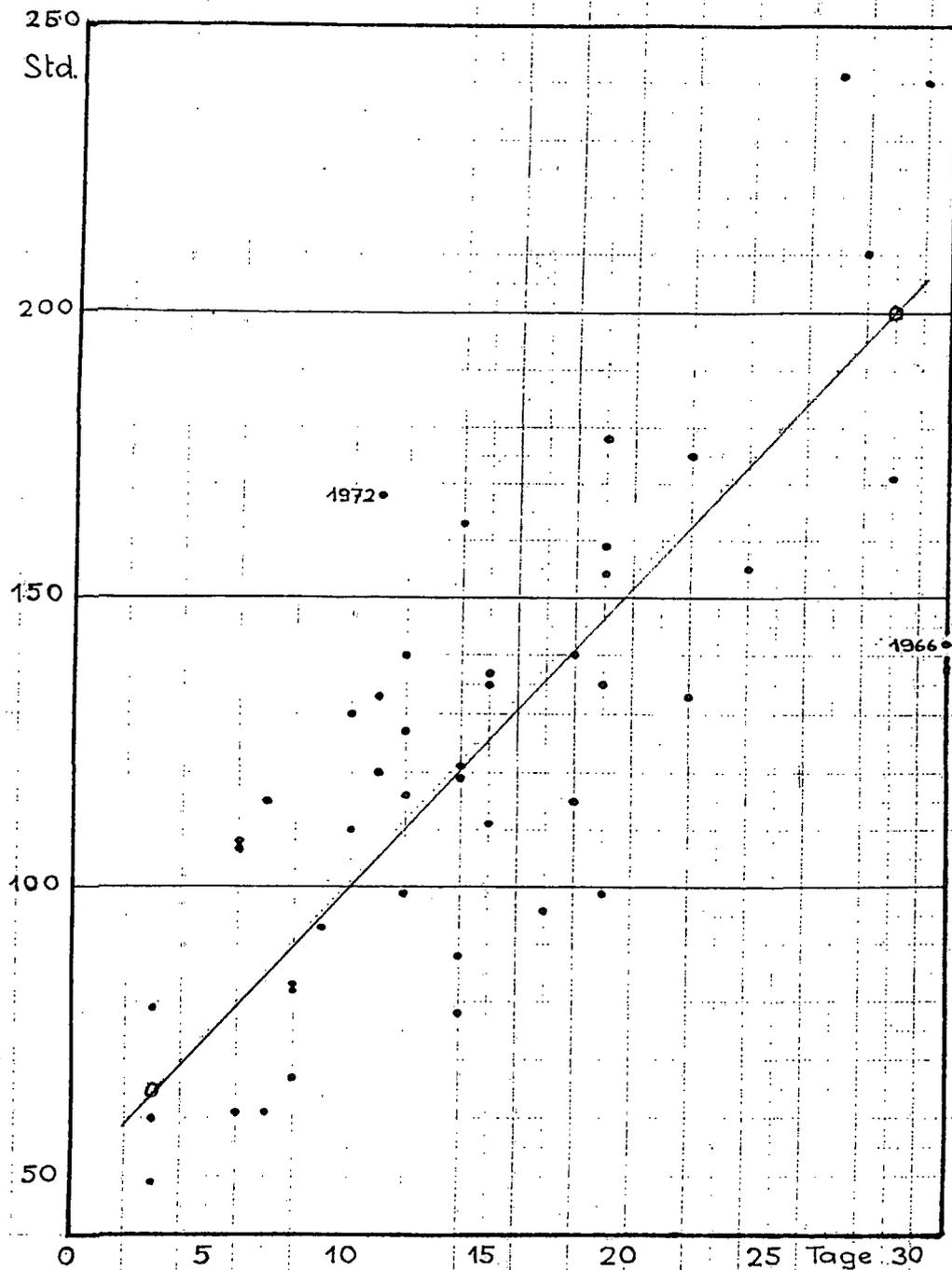
### 2.3.5. Sonnenscheindauer und Witterung im März

Mit demselben Vorgehen bearbeitete ich natürlich auch den Monat März. Die Korrelationen zwischen Sonnenscheindauer und Anzahl der "+"Tage dürften wieder enger werden, weil im Frühling in den Niederungen des Juranordfusses kaum mehr Morgennebel die Sonneneinstrahlung beeinträchtigen. Der Koeffizient dafür beträgt denn auch 0,83. In Abb. 11 sind die "." (NW-E)-Tage mitgezählt, weil sie auch zum "schönen" Wetter gehören; dadurch sinkt allerdings der Korrelationskoeffizient auf 0,78. Wieder fallen zwei Beispiele aus dem Kollektiv. Im März 1966 wurden nur 142 Sonnenstunden registriert bei doch 10 "+"Tagen aus NE und weiteren 21 "." (NW-E); vielleicht war Hochnebel mit im Spiel. Umgekehrt wurden 1978 168 Sonnenstunden gezählt bei 9 "-"Tagen aus (SE-SW-NW) und 11 indifferenten aus (SE-W) und nur 11 "+"Tagen aus Sektor NE; es könnte sich wieder um föhnige Aufhellungen handeln. Übergeht man diese zwei Jahre, so steigt der Korrelationskoeffizient wieder auf 0,83 an.

Daraufhin habe ich auch für den März die Darstellung mit den übergreifenden Mitteln (Abb. 12) ausprobiert, und zwar a) die Anzahl der "+"Tage aus NE, "." aus (NW-E) [ "." ist gleichzusetzen mit "indifferent" ] sowie +H und +F und b) (im absteigenden Massstab) die Anzahl der "-"Tage aus SW, "." aus (SE-W) mit -F. Auch bei dieser Graphik fallen Parallelitäten auf. Wie schon im Beispiel vom November sind Diskrepanzen zwischen 1953 und 1957 auffällig, die ich aber auf die Witterungsanalyse zurückführe, da diese zwischen 1954 und 1968 Wechseln unterworfen gewesen war.

Was wir aber mit unserer Untersuchung beweisen wollen, kommt zum Ausdruck: Die Sonnenscheindauer nimmt gesamthaft betrachtet in den letzten Jahrzehnten im März deshalb ab, weil Antizyklonalagen seltener und zyklonale häufiger geworden sind. Es trägt nicht nur das Gefühl, wenn wir uns in den letzten Jahren um den Frühling betrogen vorkommen. Unsere 100jährige Statistik sagt aber aus (Abb. 5), dass dies auch schon früher der Fall gewesen war, so etwa zwischen 1898 und 1907, 1914 und 1917 und um 1924. Dazwischen haben sich jeweils sonnigere Perioden geschoben, letztmals vor 1956. Nicht immer haben sich Frühling und Herbst in dem Mass ausgeglichen wie in den letzten Jahrzehnten, in denen man eher das Gefühl von einer Verschiebung, einer "Rotation" der antizyklonalen Wetterlagen, hat.

**Abb. 11:** Monatssummen der Sonnenscheindauer im März als Funktion der Anzahl Tage "+" aller Richtungen "+H", "+F", "." (NW - E) (1945 - 1989)

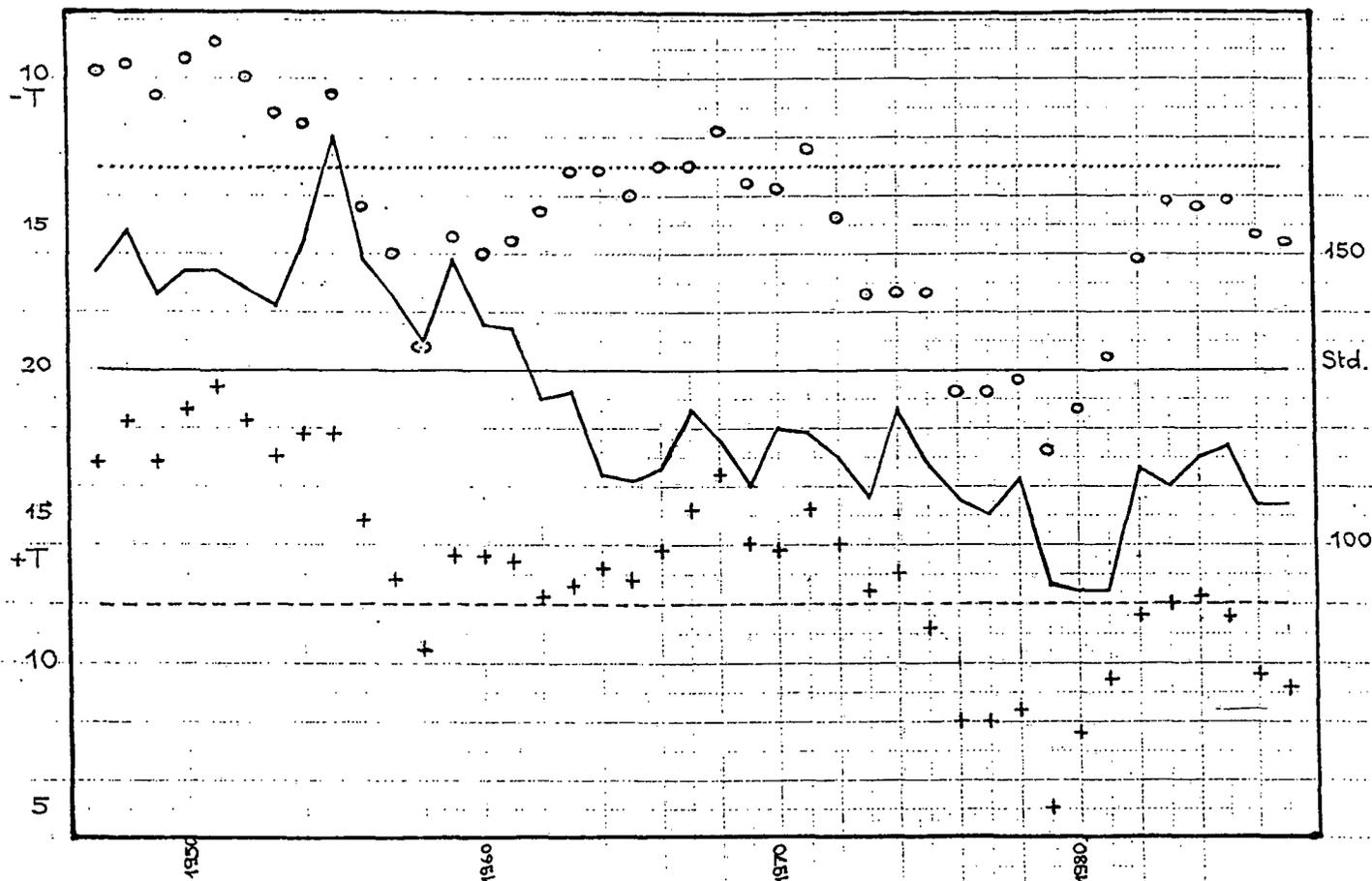


## 2.4. Tagesgänge der Sonnenscheindauer

### 2.4.1. Allgemeines

In Heft I (i) der Klimatologie der Schweiz (Schüepp M., 1962, 35) sind für Basel neben Mitteln und Extremen unter anderem auch die Tagesgänge der Sonnenscheindauer im Mittel über die Jahre 1931-1960 publiziert. Als "Vergleichsbasis" werde ich mich im folgenden auf diese Werte beziehen (am Ergebnis würde sich nichts Wesentliches ändern, wenn man neue mittlere Tagesgänge über spätere oder längere Perioden berechnen würde). Ich will sie vergleichen mit den Tagesgängen extrem sonniger und trüber Monate ab 1929, also am neuen Standort des Campbell-Stokes in Basel-Binningen.

**Abb. 12:** Uebergreifende Monatsmittel der Sonnenscheindauer für März (1947 - 1987) [augezogene Kurve], der übergreifenden Anzahl der Tage (+) "+" (NW - NE - SE), "+H", "+F", "." (NW - E) sowie [o, in absteigendem Masstab] "-" (SE - SW - NW), "-F", "." (SE - W)



Fast in allen Beispielen verlaufen die mittleren Tagesgänge asymmetrisch zum wahren Mittag. Im Herbst und Winter wird die Sonnenscheindauer am Vormittag oft durch Nebel oder Hochnebel reduziert; im Frühling und Sommer werfen die Quellwolken besonders am Nachmittag und Abend häufiger Schatten auf das Instrument (Schüepp M. und andere, 1978 und 1979).

Für die Diskussion einzelner Beispiele läge es nahe, dafür die Monate mit den kürzesten und längsten Tagen sowie die Zeit der Aequinoktien auszuwählen. Wegen seines Trends wollen wir jedoch den März für eine Gegenüberstellung mit dem November reservieren. Aber Februar und April bringen ebenso interessante Resultate. Den Juli ziehe ich dem Juni vor, weil seine Monatssummen extremer ausfallen.

Aus den rund 60 Jahren habe ich die Monate mit den extremsten Summen herausgegriffen und nicht darauf geachtet, dass es sich jeweils immer um dieselbe Anzahl von Beispielen handelt. Separat hebe ich auch hervor, wenn vereinzelt ganz extreme Werte aufgetreten sind.

## 2.4.2. Tagesgang der Sonnenscheindauer ausgewählter Monate

### 2.4.2.1. Dezember

Im Dezember (Abb. 13, oben) ist der Nachmittag im Durchschnitt etwas sonniger als der Vormittag. Im letzten noch relativ hohen Wert zwischen 14 und 15 Uhr sehe ich einen reellen Zusatz der Sonnenscheindauer, der dadurch entsteht, dass sich im Laufe des Tages, nach einem Störungsdurchgang am Vorabend oder in der Nacht, eine Wetterbesserung anbahnt und es dabei kurz vor Sonnenuntergang noch zu ein paar Strahlen reicht.



In Basel pflegt der Stau, gleich wie in der Westschweiz, nicht so lange zu dauern wie in der Zentral- und Ostschweiz. Der mittlere Tagesgang der acht trübsten Monate (Summen zwischen 21 und 33 Stunden) weist wohl nur zufällig eine minim grössere Summe am Nach- als am Vormittag auf: An vorwiegend nebligen Tagen reisst der Stratus im Dezember auch am Nachmittag kaum auf; bei zyklonalem Wetter konzentrieren sich die Aufheiterungen im Winter nicht unbedingt auf den Nachmittag. Der Tagesgang über die acht sonnigsten Dezember (Summen zwischen 76 und 114 Stunden) gipfelt in einem zum Mittag fast symmetrischen Maximum. Später am Nachmittag, zwischen 14 und 16 Uhr, zählt man etwas mehr Sonnenschein als am Vormittag. Meist ist es eben an schönen Wintertagen auch schon am Vormittag sonnig. Greift man allein die Tagesgänge von 1951 und 1972 (Summen von 107 und 114 Stunden) heraus, so erkennt man einen Gewinn in der Mitte des Nachmittags noch besser.

#### 2.4.2.2. Februar

Im Februar sind die Tage bereits merklich länger (Abb. 13, Mitte), aber der Verlauf des mittleren Tagesganges und desjenigen über die acht trübsten Monate (Summen zwischen 30 und 50 Stunden) sind denen vom Dezember ähnlich. Das Mittel über die fünf sonnigsten (Summen zwischen 138 und 159 Stunden) zeigt einen deutlichen asymmetrischen Tagesgang. Zwischen 12 und 15 Uhr steigt das Stundenmittel auf fast 70 Hundertstel oder rund 40 Sonnenminuten pro Stunde. Verglichen mit dem Herbst (Abb. 14, unten) stellt man fest, dass zwar auch im Februar viele schöne Tage mit Nebel oder Hochnebel beginnen, dass aber dessen Neubildung erst nach Sonnenuntergang oder erst im Laufe der Nacht erfolgt.

#### 2.4.2.3. April

Im zweiten Frühlingsmonat, im April (Abb. 13, unten), sind alle drei Kurven nach links verschoben, der Vormittag also sonniger als der Nachmittag. Die Unterschiede im Verlauf zwischen dem Mittel, den zehn sonnigsten (Summen zwischen 200 und 218 Stunden) und den acht trübsten (Summen zwischen 67 und 107 Stunden) sind nicht signifikant. Die Maxima aller befinden sich in der Stunde vor dem wahren Mittag. Sowohl bei schönem wie bei schlechtem Wetter nimmt die Bewölkung im Laufe des Nachmittags weiter zu.

#### 2.4.2.4. Juli

Im Gegensatz zu den Bergstationen (Jurahöhen, Voralpen, Alpen, aber auch Vogesen und Schwarzwald) ist der mittlere Tagesgang im Hochsommer, Juli (Abb. 14, oben), in Basel zum Mittag fast symmetrisch. Das Mittel über die sechs trübsten Monate (Summen zwischen 144 und 164 Stunden) hat ein in den frühen Nachmittag verschobenes Maximum. An den Schlechtwettertagen löst sich die Bewölkung hinter einer Störung etwa von 10 Uhr an auf, und das neue Gewölk einer nächsten zieht bereits wieder im Laufe des Nachmittags auf. In den sieben sonnigsten Monaten (Summen zwischen 300 und 333 Stunden) ist zu erkennen, dass sich doch an vielen schönen Tagen die Quellbewölkung gegen Abend bis Basel bemerkbar macht, handle es sich nun um Ausbreitungen von den Vogesen oder vom Jura her, oder um abgeschwemmte Konvektionswolken vom Schwarzwald bei östlichen bis nordöstlichen Winden.

#### 2.4.2.5. September

Im September (Abb. 14, unten) ist nun das 30jährige Mittel wieder deutlich asymmetrisch, da die Morgennebel gehäuft auftreten. Rein von ihren Werten her ist man versucht, die sonnigsten Monate in zwei Gruppen zu unterteilen: drei vor 1960 (Summen zwischen 235 und 260 Stunden) und fünf nach 1960 (Summen zwischen 210 und 224 Stunden). Im gemittelten Tagesgang unterscheiden sie sich nur in den Vormittagsstunden, weshalb ich die Mittel der drei extremsten nur als Kreise bis 15 Uhr eingezeichnet habe. Man erkennt daraus, dass sich besonders sonnige Tage ähnlich denen vom Sommer verhalten, am Vormittag praktisch nebelfrei sind und gegen Abend etwas Quellbewölkung erhalten. Auch in der Gruppe der fünf ziemlich sonnigen Monate ist am Nachmittag noch Konvektionsbewölkung angedeutet, und am Vormittag ist die Einstrahlung durch Morgennebel bis gegen 11 Uhr beeinträchtigt. Bei den trübsten Monaten finden sich auch vor 1953 die fünf extremsten (Summen zwischen 98 und

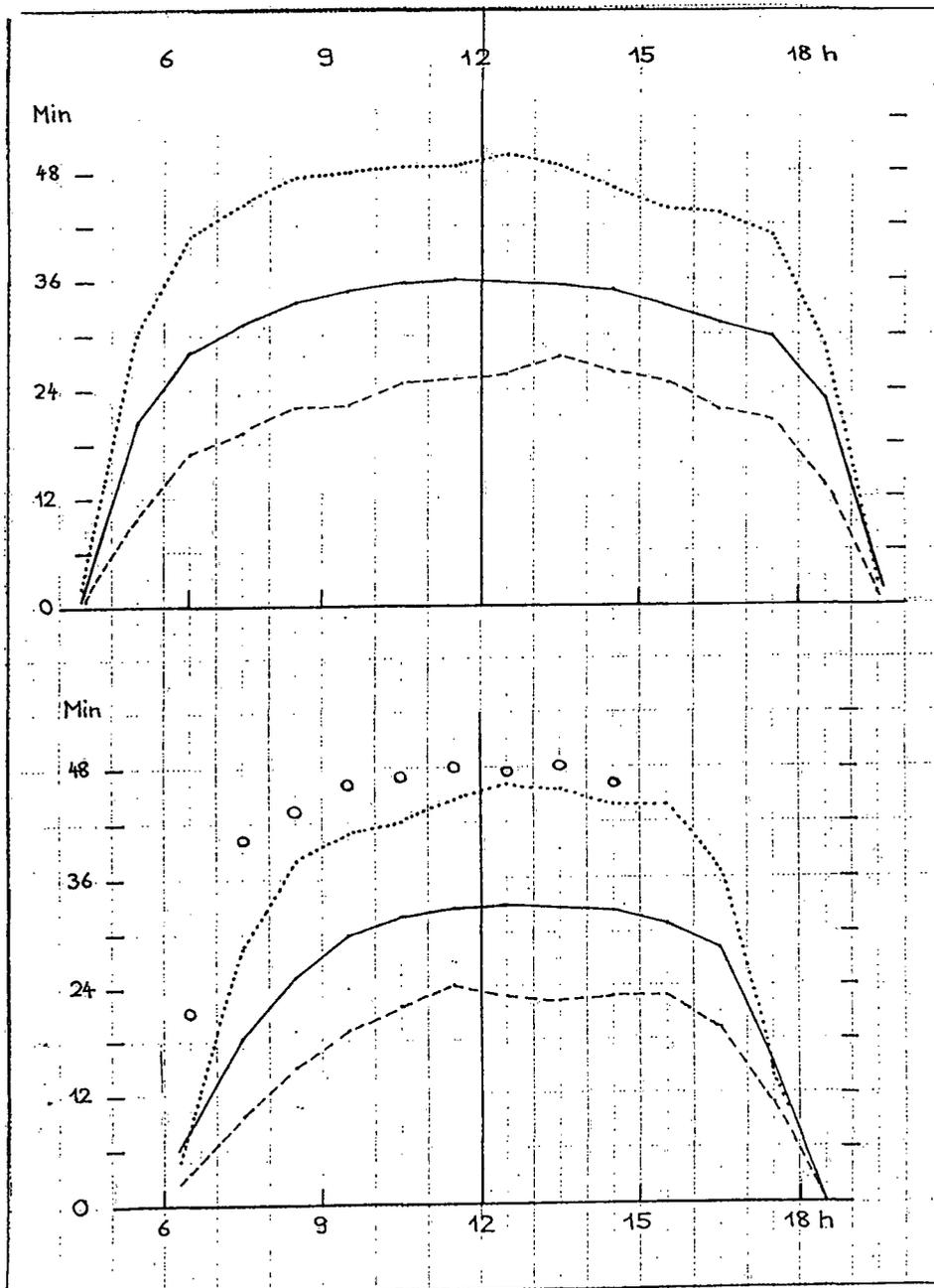
115 Stunden) und nach 1960 sechs weitere mit 116 bis 129 Stunden. Eingezeichnet habe ich nur erstere. Ihr Tagesgang fällt durch eine Depression nach Mittag auf, die man vielleicht mit einer Häufung von Regenschauern nach den Stunden intensivster Einstrahlung in Verbindung bringen kann. Für die Gruppe der weniger trüben September verläuft der Tagesgang bedeutungslos einfach zwischen der Norm und den Tiefstwerten.

Es ist eigenartig, dass sich vor 1960 die sonnigsten und die trübsten Monate stärker voneinander unterscheiden als in der anschließenden Periode. Auf Anhieb sehe ich keine plausible Erklärung dafür.

**Abb. 14:** Tagesgänge der Sonnenscheindauer im Mittel über extrem sonnige resp. trübe Monate, verglichen mit dem Mittel 1931 - 1960 (Schüpp M., 1962, 34; ausgezogene Kurve)

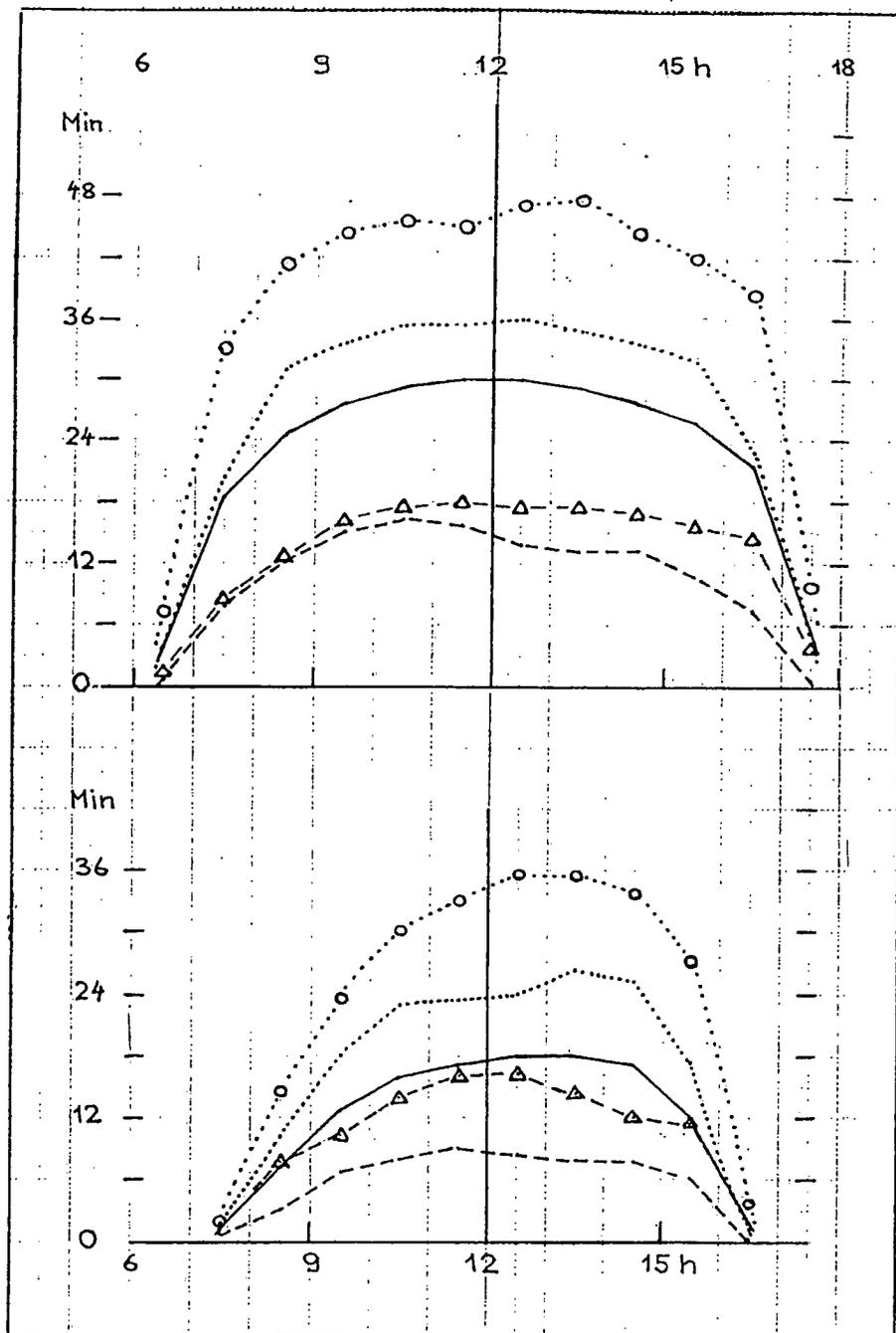
oben: Juli            ····· Mittel 1935 + 1945 + 1949 + 1952 + 1964 + 1971 + 1983  
                      - - - - Mittel 1932 + 1936 + 1948 + 1955 + 1965 + 1980

unten September ····· Mittel 1929 + 1947 + 1959  
                      ····· Mittel 1961 + 1970 + 1971 + 1980 + 1985  
                      - - - - Mittel 1931 + 1936 + 1944 + 1950 + 1952



**Abb. 15:** Tagesgänge der Sonnenscheindauer im Mittel über extrem sonnige resp. trübe Monate, verglichen mit dem Mittel 1931 - 1960 (Schüepp M., 1962, 34; ausgezogene Kurve)

oben: März	o---o-Mittel	1938 + 1948 + 1953 + 1961	(vor 1962)
	..... Mittel	1972 + 1976 + 1984 + 1989	(nach 1971)
	Δ---Δ-Mittel	1934 + 1937 + 1939 + 1947 + 1951 + 1952	(vor 1953)
	----- Mittel	1964 + 1974 + 1975 + 1979 + 1985	(nach 1963)
unten: November	o---o-Mittel	1953 + 1973 + 1978 + 1981 + 1986	(nach 1950))
	..... Mittel	1935 + 1937 + 1938 + 1945 + 1948	(vor 1950)
	Δ---Δ-Mittel	1974 + 1975 + 1979 + 1985	(nach 1970)
	----- Mittel	1933 + 1943 + 1944 + 1950 + 1958	(vor 1960)



### 2.4.2.6. März und November

März und November: Nachdem im 3. Kapitel gezeigt werden konnte, dass sich die Witterungsverhältnisse dieser beiden Übergangsmonate in den letzten Jahrzehnten modifiziert hatten, wird man untersuchen, ob sich allenfalls auch in den Tagesgängen der Sonnenscheindauer etwas abzeichnet. Ich habe für den Anfang und den späteren Abschnitt der 60jährigen Periode für diese beiden Monate die besonders sonnigen resp. trüben Monate getrennt herausgesucht. Dabei verliert nun allerdings das Vergleichsmittel von 1931 - 1960 seine Bedeutung in bezug auf seinen Absolutwert. Aber als Vergleichsbasis genügt die Kurve.

Im März gleichen sich die Tagesgänge der sechs trübsten Monate vor 1953 (Summen zwischen 67 und 97 Stunden) und den fünf nach 1963 (Summen zwischen 48 und 80 Stunden) in den ersten Tagesstunden (Abb. 15, oben) an. Erstere erreichen ihr Maximum um 11.30 Uhr, letztere um 10.30 Uhr. Sie unterscheiden sich erst in den Nachmittagsstunden um drei bis sieben Minuten pro Stunde. Daraus darf man schliessen, dass sich die Zyklonalität in dichter Bewölkung und damit wohl auch grösserer Niederschlagsneigung im Verlaufe des Nachmittags und Abends auswirkt. Die vier sonnigsten Monate nach 1971 (Summen zwischen 159 und 175 Stunden) verlaufen nahe und auffallend parallel zum Bezugsmittel. Die vier sonnigsten vor 1962 (Summen zwischen 210 und 242 Stunden) übersteigen dieses bei weitem. Auffällig ist die Symmetrie zum Mittag bis um 10 Uhr und ab 14 Uhr. Weil in den einzelnen Beispielen das Tagesmaximum fast willkürlich irgendwo zwischen diesen Terminen liegt und auch sekundäre Minima in der Stunde vor Mittag auftreten, resultiert im Mittel eine leichte, eher zufällige Welle. Zu bemerken ist noch, dass der Unterschied zwischen den mittleren Maxima von der früheren zur späteren Kurve mehr als zehn Minuten (auf diese bestimmte Stunde) ausmacht.

Für den November fallen die sechs sonnigsten Monate (Summen zwischen 112 und 138 Stunden) in die Zeit nach 1950 (Abb. 15, unten). In ihren maximalen mittleren Stundenwerten kommen sie acht bis zwölf Minuten höher zu liegen als die betreffenden der fünf sonnigsten November vor 1950 (Summen zwischen 82 und 90 Stunden). Je schöner die Witterung, um so kürzer der Morgennebel. Im Standardmittel ist die Asymmetrie zum Mittag nicht stark ausgeprägt. Sein Absolutwert stimmt fast überein mit dem Mittel der vier trübsten Monate nach 1970 (Summen zwischen 55 und 57 Stunden und isoliert 1985 mit 40 Stunden). Vor 1960 finden sich fünf wesentlich sonnenärmere (Summen zwischen 26 und 32 Stunden), die in ihrem mittleren Maximum um 12 Uhr auf knapp neun Minuten Sonnenschein pro Stunde kommen. Die Fastsymmetrie zum Mittag dürfte bei vorwiegend schlechtem Wetter rein zufällig zustande gekommen sein.

Das hervorsteckende Resultat dieses Vergleichs der beiden Monate, für die man eine unterschiedliche Entwicklung in den Häufigkeiten der Wetterlagen beobachten kann, ist sicher die auffällige Verschiebung der Absolutwerte der extremen Monate. Im März sind nach 1965 die sonnigsten Monate tatsächlich nicht mehr so sonnenreich wie in der Periode zuvor, und im November sind nach 1960 die trüben Monate bei weitem nicht mehr so sonnenarm wie zuvor. Dafür erreichen die sonnigsten überraschend hohe Absolutwerte. Den kleinen zeitlichen Verschiebungen der Maxima und der sekundären Minima möchte ich keine grosse Bedeutung beimessen. Ich sehe darin lediglich den Unterschied der Tagesgänge an trüben gegenüber noch trüberem und an sonnigen gegenüber noch schöneren Tagen der jeweils zur Diskussion gestellten Jahreszeit.

## 2.5. Jahrgang der Sonnenscheindauer

### 2.5.1. Allgemeines

In der Klimatologie gibt man sehr oft den Jahrgang eines Elementes allein durch die zwölf Monatsmittel an. In den Tabellen 7 und 8a, Seiten 16 - 20, fände sich dafür reichlich Material, besonders durch den Vergleich der vier aufeinanderfolgenden 25-Jahres-Mittel, aus dem hervorgeht, in welchem Masse sowohl die einen als auch die anderen Monate durch grössere oder kleinere Sonnenscheindauer auffallen. Bei dem in verschiedenen Computern gespeicherten Material ist es möglich, die 365 Tagesmittel, die sog. "Singularitäten", rechnen zu lassen.

In der Literatur findet man vorwiegend die Singularitäten der Temperatur, gemittelt über vier bis fünf Dezzennien (Uttinger H., 1940, 47; Götz P., 1954, 16/17; Urfer Ch., 1954, 388). Besser als im ausgeglicheneren Monatsmittel erkennt man darin etwa die Verzögerungen oder Rückfälle im Anstieg oder Abfall, sekundäre Minima zwischen den Höchst- und Maxima unter den Tiefstwerten. Verlässliche Daten für "Weihnachtsdepression", "Eisheilige" und "Schafskälte" kann man von den Untersuchungen nicht erwarten, auch nicht die Gewissheit, dass diese oder andere Ereignisse in jedem Jahr zu erwarten sind. Aus den 30jährigen Mitteln von Bider M. und Kramer M. (1961) über eine fast 200jährige Reihe von Temperatur und Luftdruck lässt sich erkennen, in welchem Masse sich die Gesetzmässigkeiten in der Witterungsabfolge stetig wandeln.

Im vorliegenden Fall wird es von Interesse sein, an Hand von Tagesmitteln die Differenzen herauszuarbeiten, die sich in trüberen Frühlings- und sonnigeren Herbstmonaten in den letzten rund 50 Jahren abzuzeichnen begonnen hatten. Geeignet scheinen dafür zwei aufeinanderfolgende 20-Jahresperioden zu sein, nämlich 1943-1962 und 1963-1982. Sollte sich zu irgendwelchen Zeitabschnitten des Jahres zwischen beiden Reihen gute Übereinstimmung ergeben, so dürfte man über dieses 40jährige Mittel von einer "Singularität" sprechen.

Herr H. Bantle von der SMA, Zürich, war so freundlich, mir diese zweimal 366 Werte auf dem Computer der ETH Zürich abzurufen. Dabei müssen wir allerdings die Einschränkung in Kauf nehmen, dass dort ab 1978 die mit der Asta registrierten Tageswerte gespeichert werden, die mit den Messungen mit Campbell-Stokes nicht streng vergleichbar sind (Urfer Ch., Nr. 172, 1992).

### 2.5.2. Vergleiche der Monatsmittel

Am Monatsmittel sollen die beiden ausgesuchten Perioden miteinander verglichen werden. Erstmals fügen wir auch für diesen Zweck die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer an (nach Schüepp M., 1962, 3) und berechnen die relative Sonnenscheindauer in Prozenten, alles ausgedrückt in Zehntelstunden und auf das Tagesmittel bezogen:

I. = Periode 1943 - 1962, II. = Periode 1963 - 1982

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
I.	17	21	28	46	57	65	73	77	71	56	40	19
II.	18	19	28	35	50	58	64	72	63	54	37	24
Astronomisch möglich												
	78	82	95	110	128	143	150	147	135	117	101	86
Relative Sonnenscheindauer												
I.	22	26	29	42	45	46	49	52	53	48	40	22
II.	23	23	29	32	39	41	43	49	47	46	37	28

Wie nicht anders erwartet, sind die Differenzen zwischen der I. und II. Periode im Frühling am grössten, im Sommer allerdings nicht wesentlich kleiner. Nur die Herbst- und Wintermittel sind sich praktisch gleich geblieben.

Bereits erhält man einen ersten Eindruck, wie die relative Sonnenscheindauer vom Dezember zum Januar fast gleich bleibt und zum Februar nur wenig zunimmt. In der I. Periode ist die Stufe zum März deutlich, steigt aber in den folgenden Frühlingsmonaten kaum mehr an. In der II. erfolgt der Anstieg eher vom März zum April, und der Wert bleibt bis zum Juni tief. Um 50 Prozent beträgt die Sonnenscheindauer erst im Juli und August. Der September ist wesentlich sonniger als der März, besonders in der II.

Periode. Über den Oktober nimmt die Summe bis zum November stark ab, so dass in der I. Periode danach zum Dezember kein Unterschied mehr besteht.

### 2.5.3. Vergleich der Jahrgänge im Tagesmittel

Der Computer kann zwar die Jahreskurve der Tagesmittel gestochen scharf aufzeichnen, aber nur in einer Farbe und einer Signatur. Übereinander resp. nebeneinander aufgetragen heben sich die zwei Perioden nicht mehr erkennbar voneinander ab. Darum habe ich sie in die Abb. 15-18 von Hand umgezeichnet.

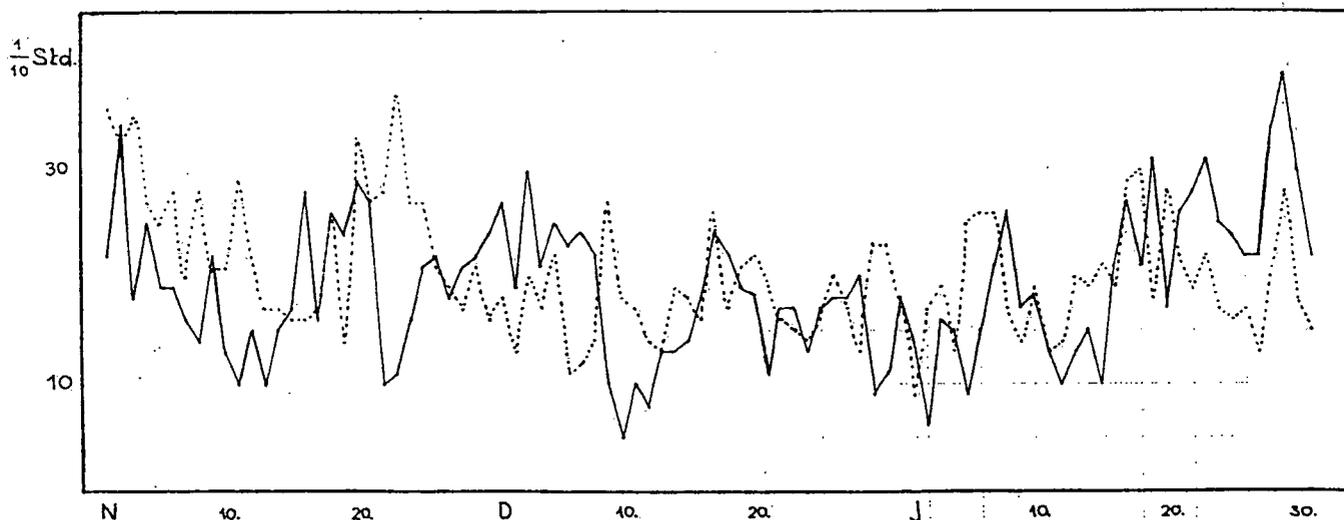
Ganz generell kann man feststellen, dass die Kurven über die erste (ausgezogen) und zweite (punktiert) Periode zeitweise untereinander fast identisch sind, dass sie manchmal parallel zueinander verlaufen - wobei einmal die eine, ein andermal die andere obendrüber zu liegen kommt - dass sie zeitlich gegeneinander verschoben sind oder aber ein ganz entgegengesetztes Verhalten dokumentieren. Wo sie einander ähnlich sind, darf man von Singularitäten sprechen.

#### 2.5.3.1. November

In Abb. 16 - kürzeste Tage - kommen bereits fast alle diese Möglichkeiten vor. Zu Beginn des Novembers, besonders vom 4. bis zum 14., laufen die Kurven recht parallel zueinander, in der II. aber deutlich oberhalb der I. Periode. Auf diese Zeit sowie auf die erste Hälfte der dritten Dekade konzentriert sich die in Kap. 2.3.4 besprochene Zunahme von sonnigen Tagen. Beiden Kurven ist ein fast stetiger und markanter Rückgang der Sonnenscheindauer überlagert von Monatsanfang bis über die erste Dekade hinaus; der Wiederanstieg ist ebenso deutlich, führt aber nur in der II. Periode zum Monatsmaximum von 3,7 Stunden (oder 44 Prozent) am 23. November.

Abb. 16: Jahrgang der Sonnenscheindauer im Tagesmittel November-Dezember-Januar

— Periode I 1943 - 1962  
- - - Periode II 1963 - 1982  
in Zehntelstunden (1/10 Std.)



#### 2.5.3.2. Dezember

Zwischen dem 5. und 13. Dezember gleichen sich je eine Häufung trüber Tage in beiden Perioden praktisch aus. Dann besteht relativ gute Übereinstimmung zwischen dem 15. und 27., also vor und während der "Weihnachtsdepression". In dieser Zeit der kürzesten Tage variieren die mittleren Tagessummen

um 1,5 bis 2 Stunden (oder 20 - 25 Prozent der relativen Dauer). Zum wechselhaften West- bis Südwestwindwetter gehören in Basel auch immer wieder kürzere oder längere Aufhellungen. Die trübsten Tage des Jahres finden sich deshalb vor- oder nachher, in der I. Periode am 10. Dezember mit 0,5 Stunden, in der II. Periode am

### 2.5.3.3. Januar

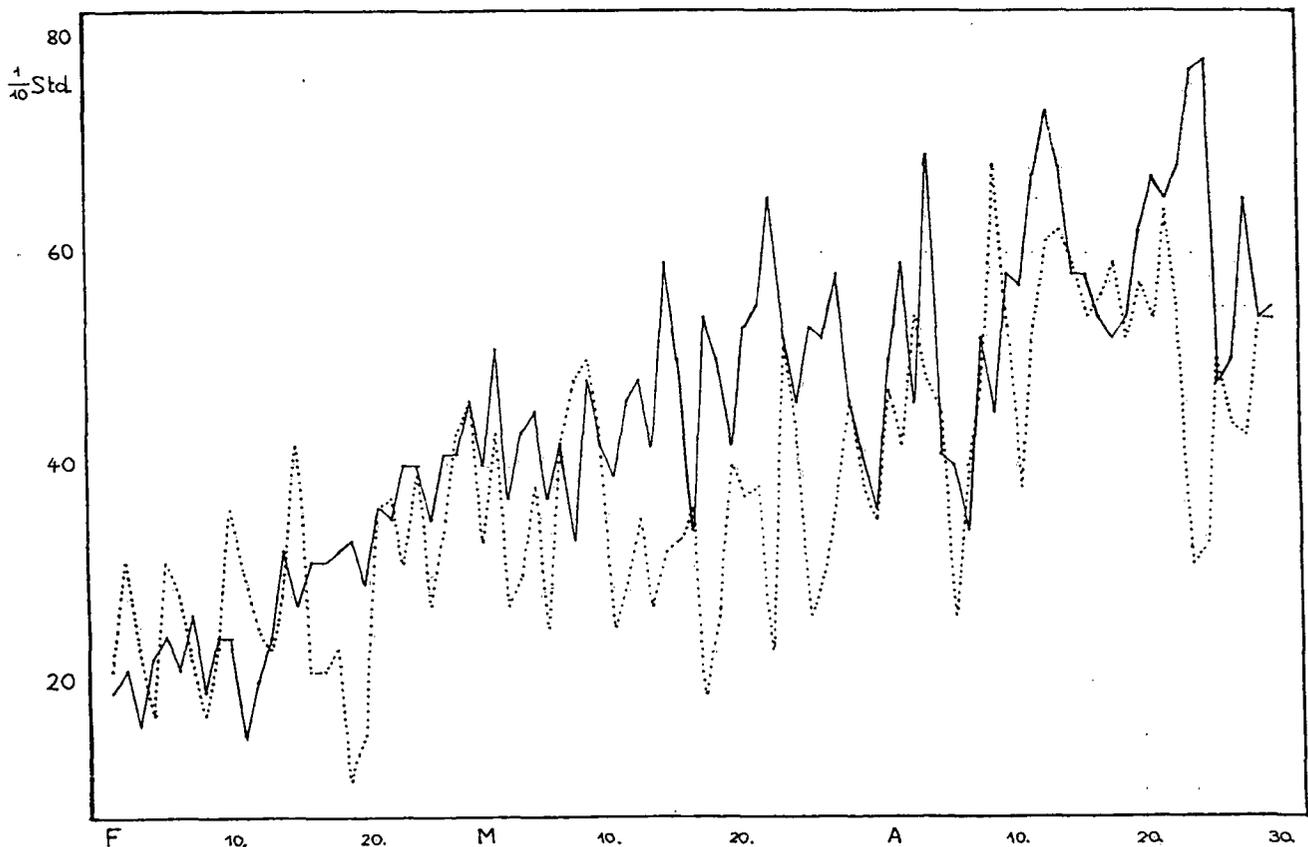
1. Januar mit 0,9 Stunden (11 Prozent relativer Sonnenscheindauer), während die 0,6 Stunden der I. Periode am 2. Januar das sekundäre Minimum bedeuten. Abgesehen von einem Unterbruch zwischen dem 5. und 8. Januar zieht sich diese trübe Zeit bis in die Mitte der zweiten Dekade. Danach erfolgt ein Anstieg auf drei und mehr Stunden pro Tag, der in der I. Periode am 29. Januar bei 3,9 Stunden gipfelt, in der II. Periode nochmals zurückgehalten wird.

### 2.5.3.4. Februar

Diese weist dafür Anfang Februar (Abb. 17) höhere Spitzenwerte auf. Nach wechselvollem Auf und Ab gleichen sie sich in der dritten Dekade wieder einander an.

Abb. 17: Jahrgang der Sonnenscheindauer im Tagesmittel Februar-März-April

— Periode I 1943 - 1962  
- - - - Periode II 1963 - 1982  
in Zehntelstunden (1/10 Std.)



### 2.5.3.5. März

Nächste Spitzen sind dann wieder am 2. März mit 5,1 resp. am 9. mit 5,0 Stunden oder rund 45 Prozent relativer Sonnenscheindauer.

Den grossen Vorteil der Graphik sehe ich darin, dass sich daraus ablesen lässt, wie sich die in Kap. 2.3.5 besprochene Verschlechterung der Witterung im Monat März ab ca. 1960 effektiv nur auf die Zeit

vom 11. bis 28. beschränkt, sich dafür aber später im Frühjahr und im Sommer noch mehrmals abzeichnet. Beide Kurven werden vom Frühjahr an unruhiger. In der zweiten und dritten März-Dekade pendeln die Tagesmittel der I. Periode um rund 5, in der II. zuerst um 3, erst später um 4 Stunden.

### 2.5.3.6. April

Vom 29. März bis 22. April folgen sich sonnige und trübe Abschnitte in beiden Perioden einigermassen übereinstimmend. Am Ende des Monats stehen sich das Maximum von 7,8 Sonnenstunden in der I. Periode und ein Minimum von 3,1 Stunden in der II. gegenüber! Diese grossen Differenzen halten bis zum

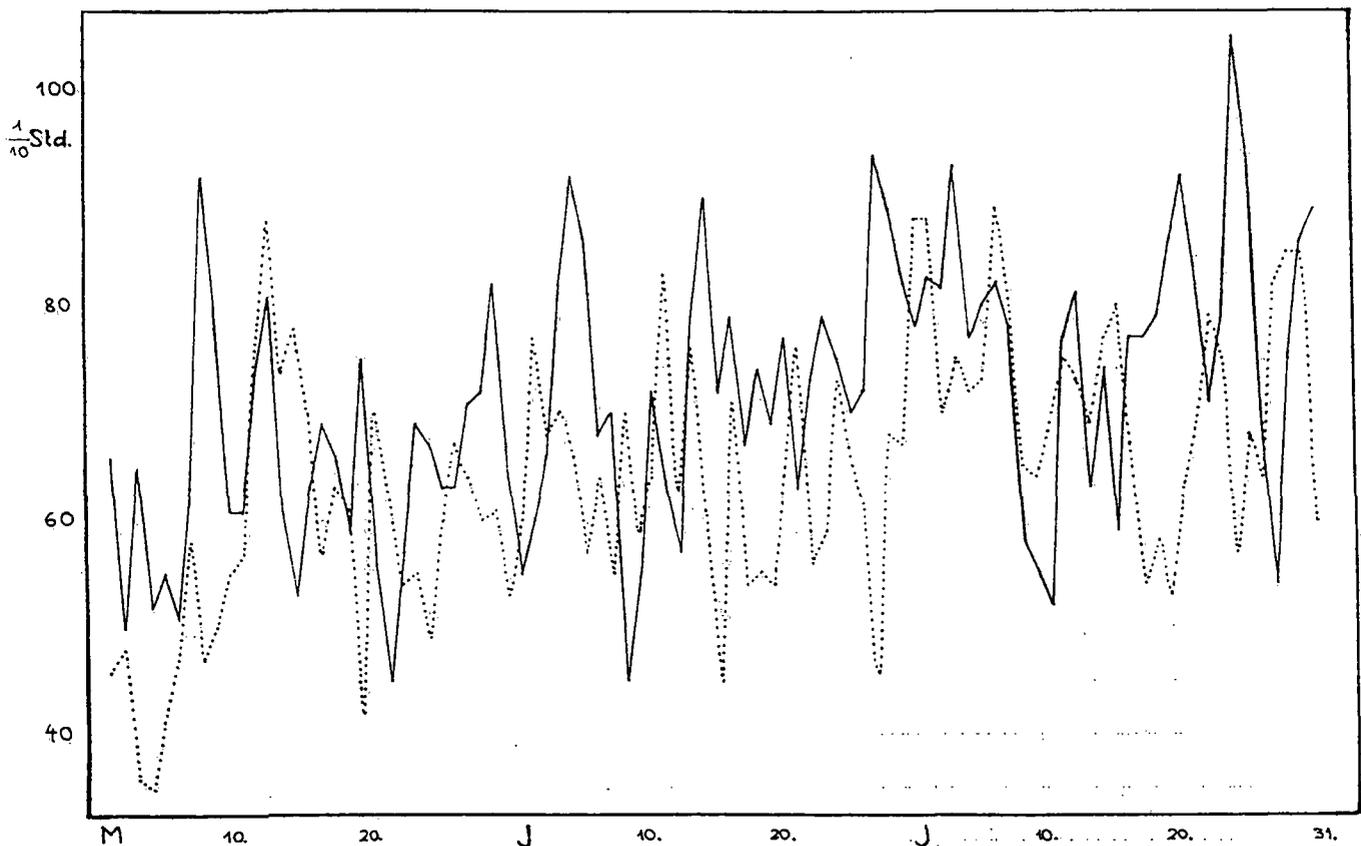
### 2.5.3.7. Mai

10. Mai an. Weil sie sich aber auf zwei Kalendermonate verteilen, sind sie uns bisher nicht besonders aufgefallen. Insgesamt dürften sie aber gleich grosse Bedeutung besitzen wie die für den Monat März festgestellte Verschlechterung.

Erste richtig sonnige Tage mit Mitteln von 9,2 Stunden (oder 65 Prozent) resp. 8,8 Stunden (oder 61 Prozent) finden sich in der I. Periode erstmals am 8., in der II. am 13. Mai (Abb. 18). Sie stehen auch für den ganzen folgenden Sommer stets vereinzelt da. Stärker ins Gewicht fallen kürzere oder längere trübe Zeitabschnitte mit mittleren Minima von 4,5 Stunden. In beiden Perioden beobachtet man einen stufenweisen Rückgang der Sonnenscheindauer bis zum 20. resp. 22. Mai. Es dürfte sich um die "Eisheiligen" handeln, von denen sich die Bewölkung hinter den Störungsdurchgängen weniger rasch erholt als die Temperatur.

Abb. 18: Jahrgang der Sonnenscheindauer im Tagesmittel Mai-Juni-Juli

— Periode I 1943 - 1962  
- - - Periode II 1963 - 1982  
in Zehntelstunden (1/10 Std.)



### 2.5.3.8. Juni

In der I. Periode würde man im Juni die "Schafskälte" vom 7. - 14. - oder weniger extrem und dafür länger - vom 16. - 27. vermuten; für die II. Periode käme, mit wenigen Ausnahmen, fast der ganze Monat dafür in Betracht!

### 2.5.3.9. Juli

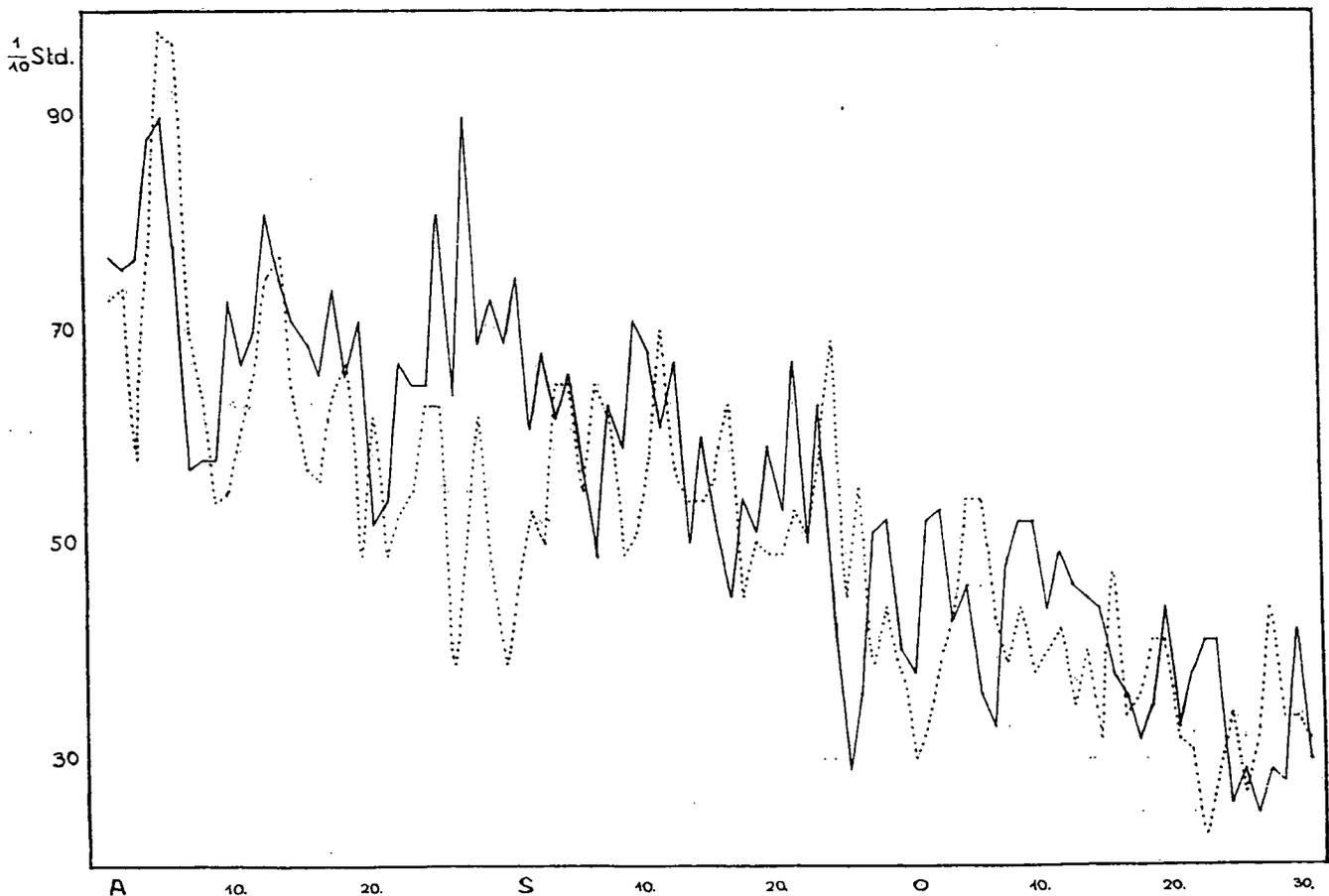
Weniger unfreundlich ist es in den ersten 8 Tagen vom Juli, und das in beiden Perioden. Danach wird es, allerdings nach einem markanten Minimum, nur in der I. Periode nach dem 20. noch dreimal wirklich sonnig. In der Tabelle finden wir bestätigt, dass im Mittel über 1943 - 1962 alle Monate von März bis August sonniger waren als im Mittel über 1963 - 1982.

### 2.5.3.10. August

Im August (Abb. 19) zeigt sich in den ersten beiden Dekaden noch relativ gute Übereinstimmung. In diese Zeit (5.) fällt das absolute Maximum der II. Periode mit einem Tagesmittel von 9,8 Stunden (oder 64 Prozent relativer Sonnenscheindauer); in der I. findet man es schon am 25. Juli mit 10,5 Stunden (oder 73 Prozent). Die Unterschiede zwischen beiden Perioden konzentrieren sich auf die letzte August-Dekade und die ersten drei Tage im September.

Abb. 19: Jahrgang der Sonnenscheindauer im Tagesmittel August-September-Oktober

— Periode I 1943 - 1962  
- - - - Periode II 1963 - 1982  
in Zehntelstunden (1/10 Std.)



### 2.5.3.11. September

September: während in der I. Periode das Mittel nochmals auf 9 Stunden anwächst, sinkt die Tagessumme in der II. auf 3,9 Stunden oder 30 Prozent ab. Daran schliesst sich für beide Kurven eine Zeit relativer Ausgeglichenheit an, sowohl was die Veränderlichkeit der Tagesmittel als auch den Unterschied zwischen beiden Perioden anbelangt. Es ist bekannt, wenn auch weniger häufig im Gespräch, dass die Witterung von ca. 5. bis fast 25. September oft ausgeglichen und häufig antizyklonal ist. Erst in der letzten Dekade fällt die Sonnenscheindauer in einer markanten Stufe ab und pendelt sich bis

### 2.5.3.12. Oktober

Mitte Oktober zwischen 3 und 5 Stunden ein. Der nächste Rückgang zieht sich in beiden Perioden über gut 10 Tage hin und endet bei 2,5 bis 4 Stunden oder 25 bis 40 Prozent der möglichen Dauer. Die nicht stark ausgeprägten Gegenläufigkeiten in den Monaten September und Oktober heben sich praktisch auf. Wie wir in Kap. 2.2.2 feststellen konnten, hatte der Übergang zu sonnigeren Oktobern schon vor 1945 stattgefunden, und in den zur Diskussion stehenden 20jährigen Mitteln setzt er sich nur noch schwach fort.

Nach dem, was wir schliesslich aus den Graphiken haben entnehmen können, sehe ich davon ab, ein 40jähriges Mittel zu berechnen. Ausgeprägte Singularitäten können an den beiden gleichsinnig verlaufenden Kurven erkannt werden. Wichtig ist es daneben aber auch, zur Kenntnis zu nehmen (gerade auch in Anlehnung an Bider M. und Kramer M., 1961), dass sich die Witterung im Laufe der Jahrzehnte verändern kann, in welchem Masse sie das tut und welche Monate dafür anfällig sind.

Die Gesetzmässigkeiten der Sonnenscheindauer sind nur bedingt mit denen der Temperatur vergleichbar. Im Winter muss es bei klarem Wetter in Basel nicht unbedingt neblig, kann dafür in klaren Nächten extrem kalt werden. Im Frühling und Frühsommer steigt bei heiterem Himmel die Temperatur tagsüber stetig, während es erst im Sommer dabei nachts nicht mehr abkühlt. Ausser dichten Schlechtwetterwolken, die trotz der zunehmenden Strahlungsintensität im ersten Halbjahr eine Erwärmung stark unterdrücken, fallen in diese Zeit auch die Kaltluftinbrüche. Nur wenn bis zum Sommer das Kältereservoir geleert ist, können sonnige Tage eine durchgreifende Erwärmung bewirken. Wie uns die unruhigen Kurven vom Sommer vor Augen führen, trifft dies viel seltener zu, als wir vom Gefühl her erwarten. Bei weniger Sonne und nicht mehr so hohen Temperaturen ist ein Gleichgewicht viel eher im Herbst möglich. Die Klimatologie fährt gut, wenn sie sich auch die Erfahrungen der Synoptik zunutze macht!

### 3. Literaturverzeichnis

- Bider M., 1935 Beiträge zur Kenntnis des Jahresganges der Niederschlagsverhältnisse in Basel. Verh. Natf.Ges.Basel XLVI,122-162
- Bider M., 1948, Vom Basler Klima. Wirtschaft und Verwaltung H.4. Basel
- Bider M., 1958, Ueber die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes . Archiv Met.Geoph.Biokl. B 9,199
- Bider M., Kramer M. , 1961, Untersuchungen an den 200-jährigen Basler Reihen der Temperatur und des Luftdruckes. Verh.Schw.Natf.Ges. 86-90
- Götz P., 1954, Klima und Wetter in Arosa, Huber & Co AG Frauenfeld
- Ikwa B., 1962, Publication du dépouillement de l'héliographe Campbell-Stokes, Centre Météorologique Léopoldville-Binza Congo/Zaire
- Maurer J.,1914, Der Sonnenscheinautograph, Met.Z. 31, 193
- Schüepp M., 1954, Witterungsklimatologie der Schweiz. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, H.Flohn, Würzburg
- Schüepp M., 1962, Sonnenscheindauer, Schweiz.Meteorologische Anstalt, Klimatologie der Schweiz, Beilage zu den Annalen 1961 (Heft 3, I/I)
- Schüepp M., 1968, Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955-1967, Veröffentlichung Nr. 11 der Schweiz.Meteorologischen Anstalt
- Schüepp M. und andere, 1978, Regionale Klimabeschreibungen 1. Teil, Schweiz.Meteorologische Anstalt, Klimatologie der Schweiz, Beilage zu den Annalen 1977 (Heft 18, II)
- Schüepp M. und andere, 1979, Regionale Klimabeschreibungen 2.Teil, Schweiz.Meteorologische Anstalt, Klimatologie der Schweiz, Beilage zu den Annalen 1978 (Heft 19, II)
- Schüepp M., 1985, Alpenwetterstatistik - Witterungskalender. Interner Arbeitsbericht Schw.Met.Anst.
- Schüepp W., 1952, Les limites subjectives et méthodiques des observations de la nébulosité, Météo-Congo Juillet 1952, Léopoldville
- Urfer Ch., 1954, Nouvelles moyennes de la température à Genève pour la période 1901-1950. Archives des sciences, Genève
- Urfer Ch., 1992, Vergleich der Sonnenscheindauer des automatischem Messnetzes (ANETZ) mit den Auswertungen von Campbell-Stokes (Konventionelles Klimanetz). Arbeitsbericht Nr. 172 der Schweiz. Meteorologischen Anstalt
- Uttinger H., 1940, Vom Zürcher Klima, Zürcher statistische Nachrichten N.2.

Adressen der Autoren:

Dr. Walter Schüepp  
Bruderholzstrasse 49

4153 Reinach

Dr. Charlotte Urfer-Henneberger  
Gellertstrasse 21

4052 Basel

