

Nr. 172

**VERGLEICH DER SONNENSCHENDAUER DES AUTOMATISCHEN
MESSNETZES (ANETZ) MIT DEN AUSWERTUNGEN VON
CAMPBELL-STOKES (KONVENTIONELLES KLIMANETZ)**

von

Ch. Urfer - Henneberger, Basel

Dezember 1992

**Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute**



VERGLEICH DER SONNENSCHINDAUER DES
AUTOMATISCHEN MESSNETZES (ANETZ) MIT DEN AUSWERTUNGEN VON
CAMPBELL-STOKES (KONVENTIONELLES KLIMANETZ)

von

Ch. Urfer - Henneberger, Basel
Dezember 1992

Zusammenfassung

Zwischen der Registrierung der Sonnenscheindauer mit dem im ANETZ eingesetzten Haenni-Heliometer mit 200 W/m^2 Ansprechschwelle (A) und der Auswertung des Campbell-Stokes (C) bestehen in einigen Monaten und damit auch in der Jahressumme beachtliche Unterschiede, und das trotz der Vielzahl von Tagen mit guter Übereinstimmung.

Im 1. Teil werden für 5 Stationen über 3-5 Jahre die Ursachen herausgearbeitet, die zu den kleineren und grösseren Unstimmigkeiten führen. Der grösste Aufwand bestand im kritischen Ausschleiden und Begründen von Fehlmessungen. Für das monatliche Mittel der Differenzen (A-C) werden nur noch die verbleibenden Tage verwendet, so dass sich diese nur noch auf die spezifischen Unterschiede zwischen den Instrumenten beschränken.

Der Jahresgang der Differenz (A-C) ist geprägt durch die unterschiedliche Erfassung der Sonnenscheindauer bei intermittierender Bewölkung, die im Sommer häufiger ist als im Winter. Im Tiefland mit flacherem Horizont macht sich zur Zeit der Aequinoktien die Beschattung der Kugel durch den Papierhalter auffallend bemerkbar.

Im 2. Teil werden für 3 Stationen über 2 Jahre die Monatsmittel der spezifischen Unterschiede berechnet. Auch hier nimmt die Diskussion um das Vorgehen den breitesten Raum ein.

Die Stundendifferenzen bei wechselnd bewölktem Himmel weisen einen Jahresgang auf; im Sommer wechseln Licht und Schatten häufiger als im Winter, was Haenni 200 besser erfasst als Campbell-Stokes, wobei noch die Auswertemethode Unterschiede zwischen den Stationen zur Folge hat.

Bei Sonnenauf- und -untergang summieren und subtrahieren sich die Unterschiede, die bei mehr oder weniger Dunst durch unterschiedliche Ansprechschwelle und Auswertemodi entstehen, zu denen, die der Schatten des Papierhalters sowie allfälliges Vorhandensein von Tau oder Reif bewirken. Die Differenz (A-C) ist gekennzeichnet durch auffallende Spitzen zur Zeit der Aequinoktien und durch meist negative Werte in den restlichen Monaten.

Kurz wird der Vergleich von 1 Jahr Haenni mit Ansprechschwelle bei 200 sowie 120 W/m^2 in Davos erwähnt: Bei Sonnenauf- oder untergang sind kaum Unterschiede auszumachen, weil

der Horizont an sich relativ hoch ist. Für intermittierende Bewölkung wird mit Haenni 120 der Unterschied zu Campbell-Stokes im Winterhalbjahr positiv.

Résumé

Malgré le nombre élevé de jours où règne une bonne concordance, les mesures de la durée d'ensoleillement avec l'appareil Haenni (A) avec un seuil de 200 W/m^2 et celles du Campbell-Stokes (C) présentent d'importantes différences durant plusieurs mois et de ce fait également dans la somme annuelle.

Dans la première partie du rapport on cherche à définir les causes des petites et des grandes inexactitudes pour 5 stations sur une période de 3 à 5 ans. Le travail le plus difficile fut l'élimination objective et l'explication des mesures inexactes. La moyenne mensuelle des différences (A-C) a été établie seulement sur la base des jours restants: celles-là ne sont donc dues qu'aux différences spécifiques entre les deux instruments.

L'évolution annuelle des différences (A-C) est marquée par les différences dans les mesures de la durée d'ensoleillement lors de passages nuageux intermittents, plus fréquents en été qu'en hiver. En plaine, où l'horizon est plus plat, l'ombre provoquée sur la boule par le porte-papier est particulièrement bien visible durant les périodes équinoxiales.

Dans la deuxième partie on calcule les moyennes mensuelles des différences spécifiques pour 3 stations sur une période de 2 ans. Comme avant, c'est l'établissement de la procédure qui a demandé le plus de travail et de discussions.

Les différences dans les relevés horaires, lors d'un ciel avec des passages nuageux, font apparaître une évolution annuelle; en été les changements lumière/ombre sont plus fréquents, ce que Haenni relève mieux que Campbell-Stokes: de plus, le choix de la méthode d'exploitation cause également des différences entre les stations.

Lors du lever et du coucher du soleil, les différences apparaissant lors de conditions plus ou moins brumeuses à cause des différents seuils de réception et des différentes méthodes d'exploitation viennent s'ajouter à celles provoquées par l'ombre du porte-papier et par l'éventuelle présence de rosée ou de givre. La différence (A-C) est caractérisée par des pointes frappantes durant les périodes équinoxiales et par des valeurs pour la plus part négatives durant les autres mois.

La comparaison faite à Davos pendant une année avec un deuxième appareil Haenni dont le seuil était fixé à 120 W/m^2 , est brièvement mentionnée: lors du lever et du coucher du soleil, les différences sont presque imperceptibles, l'horizon étant relativement haut. Lors de passages nuageux intermittents, les différences entre les mesures du Haenni 120 et C sont positives durant le semestre d'hiver.

Riassunto

La misurazione della durata dell'insolazione con l'Haenni (Asta, A) di 200 W/m^2 di sensibilità si differenzia notevolmente da quella ottenuta con lo strumento convenzionale Campbell-Stokes (C) in certi mesi e di conseguenza nella somma annuale. Tuttavia le differenze giornaliere si mostrano per lo più di scarsa importanza.

Nella prima parte del rapporto l'esame di 5 stazioni per un periodo di 3-5 anni porta alla conoscenza delle cause di queste variazioni. La parte più difficile del lavoro fu l'eliminazione e la spiegazione dei errori di misurazione. Per la media mensile della differenza (A-C) si presero solo i giorni restanti, quindi le differenze sono dovute soltanto alle caratteristiche specifiche dei due strumenti.

L'andamento annuale della differenza (A-C) è caratterizzato dalla differente registrazione della durata dell'insolazione quando c'è una nuvolosità intermittente, più frequente d'estate che nell'inverno. In pianura, dove l'orizzonte è più piatto, l'oscuramento della sfera causato dal portastriscia diventa particolarmente notevole durante i equinozi.

Nella seconda parte si calcolarono le medie mensili delle differenze specifiche di 3 stazioni per un periodo di 2 anni. Come prima, la parte più difficile del lavoro fu lo stabilimento della procedura.

La differenza delle misurazioni orarie in presenza di nuvolosità intermittente ha un andamento annuale: la luce e l'ombra oscillano più frequentemente d'estate che d'inverno, e quest'effetto è registrato più precisamente dall'Haenni 200 che dal Campbell-Stokes. Inoltre il metodo di valutazione causa anche delle differenze fra le stazioni.

Durante il levar del sole e al tramonto, le differenze causate dalle diverse sensibilità dei due strumenti e dai differenti metodi di valutazione in presenza di foschia più o meno densa, si aggiungono a quelle causate dall'ombra del portastriscia e dall'eventuale presenza di rugiada o di brina. La differenza (A-C) è caratterizzata da punte notevoli durante i equinozi e da valori per lo più negativi durante i mesi restanti.

Si discute brevemente la comparazione fatta durante un anno a Davos con un secondo strumento Haenni la cui sensibilità fu fissata a 120 W/m^2 . Le differenze al levar del sole e al tramonto sono minime, perchè l'orizzonte della stazione è relativamente elevato. Durante i periodi con nuvolosità intermittente, la differenza fra le misurazioni del Haenni 120 e del Campbell-Stokes diventa positiva durante il semestre invernale.

Summary

The duration of sunshine measured by Haenni (A) with a sensitivity threshold of 200 W/m^2 and by Campbell-Stokes (C) agrees fairly well for many days of the year, yet there is a remarkable difference in the resulting totals of certain months and, consequently, of the year.

In the first part of the report the author explores the reasons that lead to minor or major deviations at five stations during a period of three to five years. The hardest task was to eliminate and explain faulty measurements. Only the remaining days were used for the calculation of the monthly mean difference (A-C), so the latter is due only to the specific differences between the two instruments.

The annual evolution of the difference (A-C) distinctly reveals differences in the recording of the duration of sunshine during conditions of intermittent cloudiness, which are more frequent in summer than in winter. In the lowland with a flatter horizon, a remarkable shading of the glass sphere caused by the paper holder of the instrument was found during the equinoctial periods.

In the second part the monthly mean values of the specific differences are calculated for three stations over a period of two years. Here again, ample discussions were devoted to the procedure of the study.

The differences of the hourly measurements in conditions of intermittent cloudiness show an annual evolution. During the summer, light and shade change more often than in winter. Haenni 200 follows these changes better than Campbell-Stokes, while further differences between the stations are caused by the choice of the method of evaluation.

At sunrise and sunset, variations at different degrees of haziness caused by different sensitivity thresholds or methods of evaluation are added to or subtracted from those due to the shade of the paper holder or to the presence of dew or hoar-frost. Remarkable peaks of the difference (A-C) were found during the equinoctial periods while mostly negative values were recorded in the remaining months.

The comparison carried out between two Haenni instruments with sensitivity thresholds of 200 and 120 W/m^2 during a period of one year at the station of Davos is briefly mentioned: at sunrise and sunset almost no difference was found, because this station's horizon is relatively high. In conditions of intermittent cloudiness during the winter half-year the difference (A-C) is positive with Haenni 120.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Monatsmittel der Differenzen	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Vorgehen	2
1.3 Ergebnisse	7
2. Mittel der spezifischen Differenzen	10
2.1 Einleitung	10
2.2 Intermittierende Bewölkung	11
2.2.1 Vorgehen	11
2.2.2 Mittlere stündliche Differenz	14
2.3 Differenzen bei Sonnenauf- und -untergang	16
2.3.1 Vorgehen	16
2.3.2 Ergebnisse	19
2.4 Sonnenauf- und -untergang hinter Wolken	21
3. Vergleich unserer Resultate mit denen anderer Arbeitsberichte	23
Literatur	26
Adresse der Autorin	27
Abbildungen	1-11
Tabellen	1-19

1. Monatsmittel der Differenzen

1.1. Einleitung

In der Klimatologie ist es notwendig, bei jedem Instrumentenwechsel die Unterschiede zwischen den Resultaten von alten und neuen Messmethoden zu kennen. Man hat einen möglichst homogenen Uebergang von früheren zu späteren Messreihen zu suchen, um nicht in den langjährigen Klimareihen mit instrumentell verursachten "Klima-Aenderungen" weiterzuarbeiten. In der vorliegenden Untersuchung geht es darum, die Registrierungen der Sonnenscheindauer durch das im ANETZ eingesetzte Instrument Haenni mit einer Ansprechschwelle von 200 W/m^2 (A, in den Abbildungen und Tabellen als A, ASTA oder Haenni I bezeichnet) mit den Auswertungen von Campbell-Stokes (in den Abbildungen und Tabellen als C bezeichnet) zu vergleichen, und zwar für 5 Stationen von verschiedener Exposition und z.T. unterschiedlichen Auswertemethoden aber mit mehreren Jahren Parallelmessungen.

Auch wenn das Ziel, generelle und leicht anwendbare Umrechnungsfaktoren für das Element "Sonnenscheindauer" zu ermitteln, nicht in Reichweite liegt, so sollen doch Regeln aufgezeigt werden, in welchem Sinne Aenderungen mit der Einführung des Haenni 200 (A) zu erwarten sind, wie der Vergleich mit Campbell-Stokes (C) zu deuten ist, und welches Gewicht den jeweiligen Unterschieden beigemessen werden soll. Von allem Anfang an war ersichtlich, dass das Gerät Haenni 200, welches der ASTA angeschlossen worden ist, weniger empfindlich auf die Sonneneinstrahlung reagiert als die vorher als Standardmodell anerkannte, weit verbreitete und auch in der Schweiz benützte farblose Kugel des Campbell-Stokes. An Tieflandstationen (insbesondere der Alpensüdseite) waren schon bald die grossen Unterschiede in der Sonnenscheindauer an Tagen mit starkem Dunst aufgefallen; in Basel zeigen sich grosse Differenzen während der Auflösung oder Neubildung von Stratus/Stratocumulus sowie - was zuvor schon für Davos vermutet worden war - bei Cirren vor der Sonne. Aber wenn auch der eine Effekt an einen, der andere an einem anderen Messort auffälliger zu Tage tritt, so wirken sie sich doch alle überall und additiv in der Registrierung der Sonnenscheindauer aus. Da Haenni 200 eine bessere zeitliche Auf-

lösung der Sonnenscheindauer ermöglicht - in diesem Sinne vergleichbar mit dem Sonnenschein-Autographen nach Maurer - fällt hier das bei Campbell-Stokes störende "Ueberbrennen" weg, was eine exaktere Messung der Sonnenscheindauer bei stark wechselnder Bewölkung erlaubt, die Vergleichbarkeit mit der früheren Reihe jedoch erschwert.

Ein Effekt in entgegengesetzter Richtung trat im Verlauf der Untersuchungen zu Tage: bei mangelhafter Betreuung bleibt die Kugel des Campbell-Stokes länger bereift oder auch schneebedeckt als der geheizte Haenni; auf tau- und regennassen Papierstreifen hinterlässt die Sonne ebenfalls keine Brenns spur. Diese Ausfälle in der Sonnenscheindauer während der Dauer der Parallelmessungen wären vermutlich kleiner ausgefallen, wenn auch nach Inbetriebnahme der ASTA die Betreuungsvorschriften für Campbell-Stokes weiterhin peinlichst genau befolgt worden wären.

1.2. Vorgehen

Erste Vergleiche wurden an den Monatssummen der Sonnenscheindauer vollzogen und die Differenz in Prozent der registrierten Summe ausgedrückt (6). Die Ergebnisse fielen besonders für die Sommermonate erschreckend aus. Aber über Art und Deutung der Unterschiede sagt dieses summarische Vorgehen nicht mehr aus, als dass im Sommer zwischen beiden Messmethoden grössere Abweichungen bestehen als im Winter. Immerhin rechtfertigten diese ersten Zusammenstellungen ein Weiterforschen in detaillierter Weise.

Zunächst beschränkten wir uns auf die 4 Stationen Zürich-SMA, Lugano und Säntis für die Jahre 1979-1982 sowie Davos von 1979-1981. Die Campbell-Stokes-Streifen dieser Stationen wurden vom Klimadienst-SMA zu Stunden-, Tages- und Monatswerten ausgezählt und dann den entsprechenden Werten des ANETZes gegenübergestellt.

Aus dem Vergleich der Tagessummen geht hervor, dass die Werte meist recht gut übereinstimmen und eigentlich nur einzelne Tage ganz markant aus dem Kollektiv der Differenzen des betreffenden Monats herausfallen. Dies wird noch verdeutlicht, wenn man graphisch die Differenz (A-C) in Funktion der ASTA-Tagessumme über jeden einzelnen Monat aufzeichnet

(Abb. 1, als Beispiel herausgegriffen). Im Winter pendeln die Werte, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, meist um die Null-Linie; im Sommer liegen sie mehr oder weniger unterhalb davon. In einzelnen Monaten ist mit wenig Phantasie eine Korrelation von verschiedenstem Verlauf zu erkennen, ohne dass dahinter ein tieferer Sinn vermutet werden könnte (Abb. 2). Werden aber die Werte desselben Monats alle Jahre ins gleiche Koordinatensystem gelegt (nur 1979-1981 aufgezeichnet, Abb. 3), so lässt sich durchwegs eine tagessummenunabhängige Verschiebung herauslesen, von der sich nur noch einzelne "Ausreisser" nach der einen oder anderen Seite abheben. Diese "Ausreisser" wurden dann einer noch detaillierteren Untersuchung unterzogen, indem man Sonnenscheindauer der einzelnen Stunden miteinander verglich. Dabei zeigten sich Falschmessungen des einen oder anderen Instruments oder spezifische Unterschiede, die sich immer wiederholten. Oft konnten durch Bezug der Globalstrahlung, evt. Niederschläge, der relativen Feuchtigkeit und der Minimaltemperaturen vor Sonnenaufgang Schlüsse über die Witterungsbedingungen gezogen werden.

Als Gründe für ausgefallene positive oder negative Tagesdifferenzen der Sonnenscheindauer, die sich mehrmals wiederholen, kommen in Betracht:

T: sog. technische Fehler. Dazu zählen wir ANETZ-Uebermittlungsausfälle oder sonstige Pannen, dann aber auch fehlende Campbell-Stokes-Streifen (bes. auf dem Säntis), nicht oder zu früh gewechselte Streifen (sofern sich der Verlust nicht ausrechnen lässt), aber auch einige unerklärliche, ausgefallene Stundendifferenzen.

B: mit Tau oder Reif beschlagene Campbell-Stokes-Kugel am Anfang eines heiteren Morgens. Seltener störte im Tiefland eine Schneedecke, oder der Streifen blieb nach einem letzten stärkeren Schauer noch nass.

H: manchmal deutet alles daraufhin, dass vor dem Campbell-Stokes ein Hindernis gestanden haben muss. In Zürich geriet ein Baukran in den Verdacht, während einer Nachmittagsstunde zeitweise Schatten geworfen zu haben.

Inzwischen waren meine Pensionierung und bald danach März 1984 mein Wohnortswechsel nach Basel erfolgt. Im Kontakt mit den hiesigen Kollegen erkannte ich bald, dass sie mit den gleichen Problemen konfrontiert sind: mit der Einführung der ASTA "nimmt auch in Basel die Sonnenscheindauer merklich ab"! (Die Campbell-Stokes-Streifen werden vom Institut selber ausgewertet). So dehnte ich denn die Vergleiche - gleich von Anfang an detailliert für alle Tage und 5 Vergleichsjahre - auch auf diese fünfte Station aus.

In Basel hatte uns ein "Hindernis" abends zur Zeit der Aequinoktien verwirrt. Einen entsprechenden, ähnlich grossen Verlust am Morgen hatten wir dem Tau zugeschrieben und uns höchstens gewundert, wie hartnäckig der sich vorwiegend im März und September - wegen "grösserer relativer Feuchtigkeit" - halte und über die ganze Kugel ausbreite. An Ort und Stelle war aber weit und breit kein Hindernis auszumachen, bis Kollege Walter Schüepp auffiel, dass bei diesem Sonnenstand - wie sonst nie während des übrigen Jahres - rund ein Drittel der Kugel durch den Papierhalter beschattet wird. In der Literatur fand er denn auch bei Maurer (1) und Bider (2) Bemerkungen, die in diese Richtung gehen, aber im Verlaufe der Zeit wieder in Vergessenheit geraten waren. Die bei tiefem Sonnenstand ohnehin schwache Strahlungsintensität wird durch den Schattenwurf der Metallappen zusätzlich vermindert, so dass ganz generell die zu dieser Zeit mit Campbell-Stokes gemessene Sonnenscheindauer zu klein ausfällt. Der Unterschied zu Haenni 200 ist also reell und muss berücksichtigt werden. Wie in besonders typischen Einzelfällen, an praktisch wolkenlosen Tagen, die Arbeitsblätter aussehen, wird in Tab. 1 an 3 Beispielen gezeigt. Beim Vergleich der Registrierungen von Campbell-Stokes mit den ASTA-Stundenwerten von Hänni 200 hat man allerdings eine Zeitkorrektur anzubringen: Für Campbell-Stokes ist 12 h mittlere Ortszeit der "wahre Mittag", während bei ASTA diese Zäsur auf 1140 UTC fällt. Der Zeitunterschied ist für jeden Tag und jeden Ort verschieden und kann z.B. für Basel bis 30 Minuten betragen. Es genügt in der Praxis aber, pro Monat eine mittlere Zeitkorrektur anzubringen, um damit die Registrierungen abzustimmen und die praktisch symmetrische Zeitdifferenz am Morgen und am Abend zu erkennen. Von Maurer und Bider waren für die möglichen, mittleren und extremen Unterschiede Verluste in der Tagessumme von 40 resp. 80 Minuten angegeben worden, was stark von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abhängt (im zweiten Teil der Arbeit wird auf die Differenz zu Haenni 200 näher eingegangen).

Aufgrund dieser Feststellungen in Basel haben wir nachträglich noch einmal alle Fälle von "Hindernissen und Tau am Morgen z.Z. der Aequinoxtien" nachgeprüft und die mittleren Differenzen neu berechnet (für Basel, Lugano und Zürich; Davos kommt wegen des höheren Horizontes für diese Fehlerquelle nicht in Betracht; die Vergleiche auf dem Säntis sind generell mit so vielen Unstimmigkeiten behaftet, dass wir von einer Ueberprüfung und evtl. Neuberechnung absahen). Im Endresultat haben sich für Basel die Werte von März und September deutlich verschoben. Ebenso erfreulich ist der Umstand, dass sehr viel weniger Tage für die Mittelbildung (Tab. 3) beiseite gelassen werden mussten (für Zürich im März total 4, für April 5, September 9 und Oktober 1; für Basel lauten die entsprechenden Zahlen 15, 10, 20 und 2; in Lugano gewann man nur 1 zusätzlichen Tag).

E: wegen der ungleichen Empfindlichkeit der beiden Instrumente fallen an wechselnd bewölkten Tagen während kürzerer oder längerer Perioden Stundendifferenzen von 20, 30 vereinzelt 40 und in Lugano sogar 60 (Haenni 200 registriert überhaupt nicht) Minuten auf. Dabei beobachtete man in Lugano starken Dunst, in Basel Stratus/Stratocumulus in Auflösung sowie, gleich wie in Davos vermutet, Cirren vor der Sonne. In Basel hatte Kollege Walter Schüepp verdächtige Campbell-Stokes-Streifen nachgeprüft und dabei festgestellt, dass in vielen Fällen grosser zeitlicher Unterschiede - sehr oft auch bei Sonnenauf- und -untergang - die Brennspur an der Grenze dessen angelangt ist, was noch als "Sonnenschein" ausgewertet werden darf. Tab. 2 zeigt typische Beispiele grosser Unterschiede in der Empfindlichkeit für Basel. Am 8.7.1983 traten zwischen heiteren Stunden am Vor- und Nachmittag 9 Zehntel Ci, Cs und etwas Cu auf; am 9.7. sind über Mittag (bei 8 Zehntel Sc, Cu) die stündlichen Differenzen gering, am Morgen bei Dunst (Sicht 5 - 10 km) und am Abend mit aufkommenden Cirren jedoch beträchtlich; der 10.7. war ein "normaler heiterer" Tag mit durchschnittlichen Empfindlichkeitsunterschieden bei Sonnenauf- und -untergang. Der 13.2.1980 hatte unseren Verdacht erweckt, weil seine Differenz der Tagessummen 0 beträgt (Vermutung: Ausfall ANETZ, Einsetzen auf Grund der Campbell-Stokes-Werte); der Fall ist aber durchaus reell, was bei wechselnder

Bewölkung also auch vorkommen kann. In Zürich und Basel werden schwache Spuren auf dem Campbell-Stokes-Streifen ungleich bewertet, was eine Problematik früherer Messungen aufdeckt. Darum liessen wir die kritischen Werte vom 19.6.1983 zusätzlich vom Klimadienst der SMA auszählen. An diesem Tag sind vorwiegend erst Ac, später mehr und mehr As beobachtet worden. Die beiden Auswertemethoden geben die in Abb. 4 dargestellten Stundenwerte, die von Haenni 200 stark abweichen, immerhin für Zürich etwa 25 Prozent weniger als für Basel.

In Lugano treten die Tage mit starkem Dunst in Gruppen auf. Die Wettertage kann über Tage anhalten und wird auch gelegentlich im Wetterbericht hervorgehoben. Aus der Poebene strömt Luft gegen den Südrand der Alpen, meist nur mit einem antizyklonalen Gebirgswind, ohne dass es direkt zu Wolkenbildung kommt. Meist überwiegen die Partikel aus Industrieemissionen in die Atmosphäre gegenüber den feinen Wassertröpfchen.

Alle diese Tage - mit vielen oder wenigen - grossen Stundendifferenzen haben wir aus dem Kollektiv ausgeschlossen, weil sie insgesamt nicht so zahlreich sind, die Mittelbildung aber doch sehr stark beeinflussen könnten.

K: konsequenterweise hat man auch alle Tage ausgeschlossen, an denen Haenni 200 gar nicht angesprochen, Campbell-Stokes hingegen wenige Minuten eingebraunt hat. Sie beruhen auch auf der ungleichen Empfindlichkeit beider Instrumente, würden aber durch ihre kleine Differenz die mittlere Fehldifferenz und ihre Streuung merklich verkleinern. Nebenbei ist zu bemerken, dass aus dieser Anzahl der "K-Tage" hervorgeht, um welchen mittleren Betrag sich die "Zahl der sonnenlosen Tage" - auch einem Element der klimatologischen Statistik - durch den Uebergang von Campbell-Stokes zu Haenni 200 erhöht!

wb: in der Mittelwertbildung beibehalten, aber in den Extremfällen in den Arbeitsblättern und -diagrammen mit wb bezeichnet, hat man alle Tage, an denen zwar gesamthaft die Differenz der Tagessummen zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes relativ gross ausfällt, sich aber auf zahlreiche kleine Stundendifferenzen über den wechselnd bewölkten Tag verteilt. In vielen Monaten handelt es sich um die monatlichen Extreme, die in Tab. 5 angeführt werden und auf den Abb. 5 eingezeichnet sind. Die grossen

negativen Differenzen in den Sommermonaten haben ihre Ursache im "Ueberbrennen" beim Campbell-Stokes, was beim Auswerten nicht eliminiert werden kann. Ungeklärt sind bisher die positiven Differenzen vorwiegend im Winter, die nicht nur - wie zuerst vermutet - bei schneebedeckter Unterlage vorkommen.

In den Tab. 3 a-e sind für jede Station die jeweils für die Mittelbildung der Tagesdifferenz verwendete Anzahl von Tagen aufgeführt, dazu die der sonnenlosen Tage, die wegen ihrer trivialen Differenz von Null wegfallen, und ausserdem diejenige der ausgeschiedenen Tage. Letztere werden in den Tab 4 a-e nach dem Grund des Ausscheidens zusammengestellt, benannt nach T, B, H, E und K wie vorgängig beschrieben.

Den Endresultaten muss noch eine weitere Bemerkung vorausgeschickt werden: Bei aller angewandten Sorgfalt und ausgeübten Kritik muss von eigentlichen "Zufallsergebnissen" gesprochen werden! Für Basel hatten wir gleich von Anfang an die Untersuchungen detailliert durchgeführt und dabei oft bemerkt, dass gewisse Tage nur deshalb nicht aus dem Kollektiv herausfallen, weil sich zwei verschiedene Fehler nahezu aufheben! Im Winter kann sich der Verlust von Campbell-Stokes am Morgen durch Beschlag dann am Abend durch den Empfindlichkeitsunterschied der Instrumente ausgleichen. Im März und September können Tagesdifferenzen minimal werden, weil sich der Verlust durch den Schattenwurf des Papierhalters am Morgen und Abend wieder ausgleicht durch Gewinn beim Ueberbrennen tagsüber. An anderen Stationen sind wir rein zufällig auf solche Effekte gestossen. Dennoch erachten wir es für den Klimadienst als nützlich, dass er sich schon aus den 4 Vergleichsjahren von 5 Stationen eine Vorstellung darüber machen kann, in welchem Rahmen und unter welchen Bedingungen sich die Unterschiede beider Messmethoden bewegen und wie sie zu deuten sind.

1.3. Ergebnisse

Auf Diagrammen (Abb. 5) und Tabelle 5 sind die Resultate der Untersuchungen aufgezeichnet; ober- und unterhalb vom Mittelwert sind die Standard-Abweichungen eingetragen. Die extremsten negativen Werte kommen im Sommer meist an wechselnd bewölkten Tagen vor, die positiven zur Zeit der Aequinoktien entstehen durch den Schattenwurf des Papierhalters am Campbell-

Stokes. Sie zeigen etwas von der effektiv asymmetrischen Verteilung an (Davos im August haben wir im Hinblick darauf noch einmal nachgeprüft) und relativieren den statistischen Wert der Standard-Abweichung.

Nach allem bisher Erwähnten erstaunt es nicht, dass die mittlere Differenz zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes einen Jahresgang aufweist: Im Winter - September bis März - ist sie sehr klein, in Zürich praktisch gleich null, in Lugano und in Basel negativ und in Davos sowie auf dem Säntis positiv. Im Sommer ist sie an allen Stationen negativ und gleichzeitig auch sehr viel variabler. Den Grund für die Parallelverschiebung der Jahreskurven von Lugano, als Vertreter milden Klimas, über Zürich und Davos bis zur Bergstation Säntis sehen wir in der Zunahme von kälteren Temperaturen mit der Höhe, entsprechend häufigerem und anhaltendem Beschlag der Kugel, besonders von Reif und Schnee. Zwar hat man auffällige Tagesdifferenzen, die sich nachträglich durch eingeschneites Instrument oder hartnäckigen Reif erklären liessen, aus dem Kollektiv ausgeschieden. Wenn aber die Mehrzahl aller Tage mit solchen Fehlmessungen behaftet ist (Abb. 3), dann fallen viele nicht mehr auf und verschieben in der Rechnung das Monatsmittel nach positiven Werten.

Deutlich sticht in Lugano, Zürich und Basel das primäre Maximum vom März heraus, das von der Beschattung des Campbell-Stokes am Morgen und Abend herrührt. Im September ist deswegen nicht unbedingt ein sekundäres Maximum zu erkennen; die Schönwettertage beginnen dann am Morgen oft mit Nebel oder doch sehr starkem Dunst, so dass das dadurch entstehende Defizit bei Haenni 200 am Abend gerade etwa kompensiert wird. Im Sommer sind es die häufigen und langen Tage mit wechselnder Bewölkung, die das Minimum prägen. Auf dem Säntis, in Davos und Zürich kommt es auf den August resp. Juli zu liegen mit 0,5 resp. 0,75 Stunden Differenz pro Sonnentag. Von Mai bis Juli bewegt es sich bei 0,3 bis 0,5 Stunden. Dies schreiben wir der Tatsache zu, dass an diesen 3 Stationen der Sommeranfang durch häufig trübes Wetter mit stark bewölktem Himmel charakterisiert ist. In Lugano und Basel findet sich ein breites Minimum von Mai bis Juli, dem man den August fast noch zuzählen könnte. Zur Tagesdifferenz von 0,8 bis 0,9 Stunden pro Sonnentag in Lugano bei relativ kleiner Streuung trägt wohl auch die stabile Witterung auf der Alpensüdseite im Sommer bei. In Basel steigen

die Werte bei merklich grösserer Streuung auf 0,8 bis 1 Stunde im Mittel an. Dass dabei der unterschiedliche Auswertemodus eine Rolle spielt, zeigt sich vor allem in der grossen Variabilität der absoluten Extreme. Tage mit Differenzen von rund 3 Stunden sind in Basel im Sommer nicht selten; in Zürich reduziert sich dieser Wert auf rund 2 Stunden (siehe Abb. 5).

Es ist sicher nicht unwichtig, dass aufgrund der vorliegenden Untersuchung im Interesse der ASTA ein altes Auswerte-Problem wieder ans Licht gezogen wird. Trotz guten Willens und verschiedenster Versuche zwischen den interessierten Instituten für eine Vereinheitlichung ist eine gewisse Individualität in den Begutachtungen nicht zu vermeiden! Leichte Verfärbungen werden unterschiedlich eingestuft, Beginn und Ende der Brennspur um Minuten anders beurteilt, und der kleinsten Einschnürung der Spur beim Vorbeizug von Wolken wird ungleiche Beachtung geschenkt. Im Observatorium von Basel hält man sich an die Instruktionen, die von Kleinschmidt (3) beschrieben und eingeführt, und die im "Internationalen Geophysikalischen Jahr" an Strahlungskonferenzen weltweit übernommen worden waren. An der SMA in Zürich wird gemäss einer leicht veränderten Anleitung, verfasst von der SMA und dem Phys. Meteorol. Observatorium Davos aus dem Jahre 1962, ausgewertet. Da an beiden Instituten jedoch über Jahre zurück konsequent nach den instituteigenen Prinzipien verfahren worden ist, sollte es dennoch möglich sein, nach den vorliegenden Ergebnissen dieses Arbeitsberichtes zwischen den mit Campbell-Stokes gemessenen und später mit Haenni 200 registrierten Sonnenscheindauer die Brücke zu schlagen. Für viele Fälle dürfte die mittlere Korrektur pro Sonnentag genügen; Einzelfälle sind nach den entsprechenden Fehlerkategorien zu behandeln (siehe Teil 2).

2. Mittel der spezifischen Differenzen

2.1. Einleitung

Im Anschluss an den ersten Teil möchte ich in einem zweiten auf einige der aufgetretenen Probleme näher eingehen. Bei der Analyse der Unterschiede in der Sonnenscheindauer, gemessen mit Haenni 200 (A) oder registriert mit Campbell-Stokes (C), kommt man zum Schluss, dass sich diese im Grunde auf wenige Ursachen reduzieren lassen:

- 1) unterschiedliche Erfassung der Sonnenscheindauer bei intermittierender Bewölkung
- 2) Beginn und Ende durchgehender Sonnenscheindauer differieren je nach Tiefe des Horizontes um etliche Minuten bei heiterem Himmel bei Sonnenauf- und -untergang
- 3) bei ab- oder aufziehender Bewölkung reagieren die beiden Instrumente verschieden rasch
- 4) Zur Zeit der Äquinoktien wird der Vergleich noch dadurch erschwert, dass bei tiefem Horizont der Schattenwurf des Papierhalters bei Campbell-Stokes die Sonnenscheindauer verkürzt

Die Tatsachen als solche sind mir bei der Bearbeitung der 5-jährigen Vergleichsreihe von Basel, die sehr detailliert durchgeführt worden war, aufgefallen, und dabei auch, dass sich die Grössen dieser spezifischen Differenzen untereinander, besonders an benachbarten Tagen, relativ ähnlich sind. Versuchsweise habe ich für jede der Kategorien Mittelwert und Standard-Abweichungen berechnet und dabei für die Ursachen 1) und 2) einen Jahresgang gefunden. Um abzuklären, ob sich diese Eigenheiten vielleicht auf Basel allein beschränken, habe ich die Untersuchung auf Zürich-SMA sowie Locarno-Monti ausgedehnt, beides Stationen, deren konventionelle Auswertung nach der Methode des Klimadienstes der SMA durchgeführt wird. Sie haben beide ausserdem den Vorteil, dass für sie tagsüber alle 3 Stunden zusätzliche Augenbeobachtungen von Wolkenmenge, Art und Dichte sowie Sicht und Dunst vorliegen. Dafür reduzierte ich das ausgewertete Material auf 2 Jahre, 1983 und 1984 für Zürich und Locarno, beziehungsweise Juli 1982 bis Juni 1984 für Basel.

Ich schrieb für die 3 Stationen alle Tage heraus, für welche das eine oder andere Instrument Sonne angezeigt hatte und sichtete erst danach,

für welchen Fehlervergleich sich der eine oder andere Tag oder Teile davon eignen könnten.

In den letzten Jahren ist die Schwelle der Ansprechbarkeit des Instrumentes zur Messung der Sonnenscheindauer ganz generell zur Sprache gekommen: die bei Haenni 200 im ANETZ verwendete Grenze von 200 Watt/m² entspricht nicht der internationalen Norm und Vorschrift! Rasch waren die Verantwortlichen bereit, einen Haenni auf die Ansprechschwelle von 120 Watt zu modifizieren, probeweise am Weltstrahlungszentrum in Davos zu installieren und zum Vergleich an der Station auch wieder einen Campbell-Stokes in Betrieb zu nehmen. Ueber die Vergleichbarkeit der beiden Haenni berichtet A. Heimo im Arbeitsbericht No. 144, Juli 1987 (7).

Im Stillen hatte man sich vom modifizierten Instrument erhofft, dass es mit Campbell-Stokes besser übereinstimmen werde. Um dies nachzuprüfen, hatte ich nach 1 Jahr Parallelmessung die Sonnenscheindauer sowohl nach Haenni 200 als auch 120 mit den vom Klimadienst ausgewerteten Campbell-Stokes-Registrierungen verglichen. Vorgegangen bin ich auch hierbei nach demselben Prinzip. Gewiss ist ein Vergleichsjahr (März 1986 - Februar 1987) kurz; aber eine gewisse Aussage kann man sich dennoch davon erhoffen.

So werden denn den Vergleichen zwischen den Differenzen (A-C) an den 3 Stationen Zürich-SMA, Locarno-Monti und Basel-Binningen jeweils auch die betreffenden von Haenni 200 und 120 in Davos in Tabellen sowohl als auch graphischen Darstellungen gegenübergestellt und die leider nicht ausgemerzten Probleme diskutiert.

2.2. Intermittierende Bewölkung (Ursache I)

2.2.1 Vorgehen

Zuerst suchte ich aus der Registrierung von Haenni 200 Perioden von ähnlicher stündlicher Sonnenscheindauer mit wechselnder Bewölkung heraus, die zwei oder mehr Stunden einheitlich andauerten. Ebenso berücksichtigte ich Folgen von zu- und dann wieder abnehmender Bewölkung oder auch umgekehrt. Selten sind Beispiele von wiederholter Zu- und Abnahme. Ausgelassen bleiben Beispiele von nur zu- oder abnehmender Bewölkung ("trend") Dabei wirkt sich die verschiedene Ansprechgrenze beider Instrumente oft so

stark aus, dass grosse, aber sehr zufällige Differenzen entstehen. Auf Umrechnungen auf gleichen Mittag verzichtete ich, da sie phantasievolle Stundensummen ergeben, die sich im Endresultat ohnehin wieder herausgemittelt hätten.

Da ich zuerst angenommen hatte, dass die stündlichen Differenzen (A-C) bei leichter oder starker Bewölkung kleiner ausfallen würden als bei einer mittleren, hatte ich die mittleren Stundendifferenzen der Sonnenscheindauer von $\leq 15'$ resp. $\geq 45'$ gesondert herausgeschrieben. Als sich aber für die 5-jährige Basler-Reihe kein Resultat ergab, das als signifikant-unterschiedlich bezeichnet werden könnte (Tab. 10), hatte ich das Vorgehen für Zürich und Locarno nur in den Arbeitsblättern belassen ohne weiter damit zu rechnen. Immerhin ist zu bemerken, dass es Tage gibt, an denen 2 Perioden von wechselnder Bewölkung getrennt herausgeschrieben werden, wie die Beispiele auf Tab. 6 zeigen. - Bleibt noch zu bemerken, dass einzelne Stunden mit 60' Sonne in mehrstündigen Perioden miteinbezogen bleiben; Lücken von nur 1 Stunde werden übersprungen, wenn vorher und nachher die Periode homogen aussieht; selbstverständlich bleiben angebrochene Randstunden unberücksichtigt.

In der Statistik übergangen sind die Tage mit einer Gesamtsumme von $\leq 30'$ im Winter und $\geq 50'$ von Mai bis August. Schon kleine Differenzen in der Sonnenscheindauer fallen dabei prozentual sehr stark ins Gewicht, und man müsste für diese Tage einen eigenen Korrektur-Modus ausarbeiten. Ebenso bleiben die Tage ausser Betracht, an denen Haenni 200 keine und Campbell-Stokes bis ein und mehr Sonnenstunden registriert hatte.

Wie schon in Kapitel 1 (Seite 5 sowie Tab. 2) besprochen, werden Stundendifferenzen von $\geq 20'$ (wenn Haenni während eines oder mehrerer 10-Minuten-Intervalle nicht registriert hatte) zu einem Problem. Verglichen mit der Mehrzahl der Differenzen (A-C) bei wechselnder Bewölkung entstehen ausgefallen grosse Werte.

Zum Beispiel wachsen in Locarno an 4 Tagen im Juli die stündlichen Differenzen bis auf 60' an, und auf den ganzen Tag fehlen bei Haenni 200 dann 5 bis 8 Stunden! In einer 5-stündigen Periode im Januar erzeugen 2 Differenzen von 30' und 45' eine Verschiebung nach sonst unüblichen Werten. An einem Tag im Mai verursacht die Bewölkung über Mittag, zwischen leichter

Bewölkung vor- und nachher, innert 6 Stunden 5 mal Differenzen von 20 bis 45 Minuten.

In Basel wäre ein Tag im Juni nach Campbell-Stokes fast heiter, nach Haenni 200 wechselnd bis stark bewölkt. Tabelle 7 enthält weitere drei Beispiele mit den zugehörigen synoptischen Erläuterungen. Weil sich in der Mehrzahl aller Beispiele wechselnd bewölkter Stunden die Differenzen (A-C) in engerem Rahmen halten, beschloss ich, für die Mittelbildung die ausgefallenen Werte zu übergehen. Man muss sich dann einfach bewusst bleiben, dass eine "mittlere stündliche Korrektur" (oder Umrechnung) nur angebracht werden darf, wenn bei der vorhandenen Bewölkung "Cirren" sowie "Stratus/Stratocumulus in Auflösung oder Bildung" ausgeschlossen werden können, und wenn vorhandener Dunst nicht als "stark" vermerkt ist. Innerhalb von 3 Wochen Arbeitszeit habe ich alle Beispiele der 3 Stationen gesichtet und diejenigen Perioden wechselnder Bewölkung (d.h. meist den betreffenden Tag als ganzen) ausgeschieden, von denen man behaupten kann, dass sie nicht mehr ins Kollektiv passen. Ihre Anzahl ist jeweils in der 4. Zeile auf Tabelle 8 vermerkt. Es hat sich dabei erwiesen, dass Ci- oder Cs-Bewölkungen besonders kritisch sind; aber auch Ac und As sowie Auflösung und Neubildung von Hochnebel und natürlich alle Kombinationen solcher Wolkenarten verursachen grosse Unterschiede in der gemessenen Sonnenscheindauer. Auf der Alpensüdseite verursacht starker Dunst bei wolkenlosem Himmel aufgrund der Augenbeobachtungen grosse Diskrepanzen in der registrierten Sonnenscheindauer! Andererseits muss das Auftreten von Ci oder Cs, Ac oder As oder solcher Wolken in Kombinationen mit anderen nicht unbedingt grosse Unterschiede zur Folge haben. Es kommt ja noch darauf an, wo sie sich am Himmel befinden und in welchem Mengenverhältnis sie zueinander stehen.

In der 4. Zeile der Tabelle 8 finden wir synoptische Beobachtungen bestätigt: in Zürich und Basel tritt besonders im Frühling und Sommer eine von Ci durchsetzte, komplexe Bewölkung auf; in Basel sind zudem im Herbst und Winter Fälle von St oder Sc in Auflösung häufig; auf der Alpensüdseite wird vorwiegend von Januar bis Hochsommer starker Dunst aus der Poebene beobachtet, während im Herbst der Nordföhn diesen wegbläst.

2.2.2. Mittlere stündliche Differenz (A-C) bei intermittierendem Sonnenschein

Dass zwischen den Registrierungen der beiden Instrumente Haenni 200 und Campbell-Stokes bei wechselnder Bewölkung Unterschiede auftreten werden, war zu erwarten gewesen. Wie ehemals bei Maurer setzt man auch bei Haenni 200 eine grössere Präzision voraus, die bei Campbell-Stokes wegen des unumgänglichen Effektes des "Ueberbrennens" nicht möglich ist. Ganz kleine Unterbrüche in der Sonnenscheindauer sind auf der Brennspur nicht auszumachen, und die erkennbaren werden in ihrer Dauer leicht unterschätzt. Bei allgemein kurzer Sonnenscheindauer hängt es wieder weitgehend vom Auswertemodus ab, von welcher Intensität der Brennspur an 3 (weniger als 0.05 Std. werden nicht ausgewertet) und mehr Minuten berücksichtigt werden. - Die Resultate sind auf Abb. 6 und Tab. 8 zusammengestellt. (Generell ist dazu zu sagen, dass von der Genauigkeit her ein Runden auf volle Minuten genügt. Im Einzelfall habe ich dennoch x,49 oder x,51 nicht ab- oder aufgerundet und zwischen x,41 und x,59 generell mit 1/2 stehen gelassen.)

In Abb. 6 sind die Ergebnisse für die 3 Stationen aufgezeichnet: um die Unterschiede zu erkennen, ist der Massstab im Verhältnis zu Abb. 5 stark überholt. An allen 3 Stationen finden wir denselben Jahresgang bei der erwarteten Parallelverschiebung zwischen Basel und den beiden von Zürich ausgewerteten Registrierungen. Eine beinahe Uebereinstimmung finden wir in Zürich-SMA von Januar bis März und in Locarno-Monti, von September bis Februar (Ausnahme Dezember). Im November und Dezember resp. Dezember und März sind die Differenzen sogar positiv. Das bedeutet, dass bei Campbell-Stokes weniger Sonne ausgezählt wird als Haenni 200 misst. Bei der eher zurückhaltenden Auswertung durch den Klimadienst in Zürich-SMA wachsen im Sommerhalbjahr die mittleren stündlichen Differenzen auf rund minus 5 Minuten an, und zwar für Locarno-Monti von Mai bis August und für Zürich-SMA von Mai bis September. Für Basel pendeln die Werte von April bis Juli um minus 7 1/2 Minuten, bleiben nahe bei minus 5 von August bis November und sind nahezu minus 2 1/2 Minuten von Januar bis März; fast kein Unterschied zwischen beiden Instrumenten wird hier nur für den Dezember berechnet. Vereinzelt fallen Monate durch besonders kleine oder aber grosse

mittlere und absolute Streuung auf, in einem Monat bei der einen, in einem anderen Monat an der andern Station, vermutlich rein zufällig. Juni und Juli von Basel und Juli von Locarno-Monti streuen vielleicht deshalb weniger, weil 5-6 Beispiele ausgeschieden worden waren. Dieser Schluss ist nicht auf Zürich-SMA zu übertragen, weil ich dort in April und Mai nur 1-2 Beispiele ausscheiden musste. Man darf wohl hinter dem Ergebnis über nur 2 Jahre nicht zu viel Gesetzmässigkeit suchen.

Die Ausweitung auf 3 Stationen lässt den Schluss zu, dass der Jahresgang der Differenz bei wechselnder Bewölkung wohl reell ist, jedoch kleinere und grössere Streuungen in verschiedenen Monaten zufällig sind. Die verschiedene Erfassung der Sonnenscheindauer im Sommer (Arbeitsbericht Teil 1) ist also nicht nur auf die grössere Anzahl wechselnd bewölkter Stunden pro Tag zurückzuführen. Wenn von klimatologischer Sicht keine Erklärung mehr möglich ist, so suchen wir die Ursache im spezifischen Verhalten der Instrumente: ist das eine oder andere abhängig von der Höhe des Sonnenstandes? Kennen diejenigen, die sich vorab mit den physikalischen Eigenschaften der Instrumente befassen, darauf eine andere Antwort?

Für die Vergleiche zwischen Haenni 200 und Haenni 120 in Davos wurde nach demselben Prinzip vorgegangen, nur dass für die Festlegung "einheitlicher Perioden von wechselnder Bewölkung" die Stundensummen des neuen Instrumentes zu Grunde gelegt worden waren. Die Ergebnisse sind auf Tab. 9 zusammengetragen, wobei auch wieder eine gewisse Anzahl ausgeschiedener Fälle und ihre mögliche Ursache aufgeführt sind. Graphisch sind sie dargestellt in Abb. 7. Sieht man zuerst nur die Resultate von Haenni 200 für Davos an, so erkennt man, dass sie, wie in Basel (Abb. 6), ganzjährig kleiner ausfallen als für Campbell-Stokes (durchwegs negative mittlere Differenzen (A-C)), von Mai bis September stärker negativ als an jeder anderen der 3 Stationen, und dies obwohl die Auswertungen der Campbell-Stokes-Streifen vom Klimadienst SMA vorgenommen worden waren. Da einzelne ausgefallene und für die Mittelbildung übergangene Differenzen mit der Art der Bewölkung in Zusammenhang gebracht werden, muss man sich fragen, ob die generelle Parallelverschiebung nach negativeren Werten mit anderen Erscheinungsformen der Wolken im Gebirge als im Tiefland zusammenhängt.

In erster Linie denkt man dabei wohl an dunstfreieren Himmel und somit schärfere Trennung zwischen von Wolken verdeckter oder freier Sonne. Mit Inbetriebnahme von Haenni 120 müsste dieser Effekt eher noch ausgeprägter werden. Aber gerade das Umgekehrte ist der Fall: im Jahresdurchschnitt werden die Differenzen fast Null; aber der Jahresgang ist wesentlich ausgeprägter als in jedem der anderen Diagramme! Ein einziges Vergleichsjahr gibt zwar erst eine grobe Uebersicht. Soll man nun aber sagen, mit Haenni 120 komme man näher ans Ziel oder entferne sich davon nur noch weiter?

Wie weiter oben schon angedeutet, hatte ich für Basel und über 5 Jahre konsequent nach "stark", "wechselnd" und "leicht" bewölkt unterteilt (dafür bin ich bei der Ausscheidung der ausgefallenen Stundendifferenzen für diese Periode nicht so streng und konsequent vorgegangen). Das Ergebnis aus diesen Mittelbildungen steht in Tab. 10. Es gibt vereinzelte Monate, in denen die Differenz für Stunden mit $\leq 15'$ sowie $\geq 45'$ kleiner sind als für die Stundensummen dazwischen, so im Januar, Mai und Juli bis September. In anderen Monaten findet man kaum einen Unterschied oder sogar für den einen oder andern Randbereich einen grösseren Wert. Bezieht man die Streuungen mit ein, so erkennt man, wie sich die Kollektive überschneiden. Schon die Einzelwerte ermutigten nicht zu dieser Spezifizierung. Es war dabei oftmals zu erkennen, dass das Anbringen einer Korrektur mit der mittleren Differenz zusammen mit der dazugehörenden Standardabweichung zu einer stündlichen Sonnenscheindauer von mehr als 60' geführt hätte! Ich habe die Zusammenstellung lediglich der Vollständigkeit halber bis zu Ende durchgerechnet.

2.3. Differenzen bei Sonnenauf- und -untergang (Ursache 2)

2.3.1. Vorgehen

Wichtig ist die Bestätigung der blossen Vermutung, dass der Himmel zur Zeit von Sonnenauf- und -untergang wirklich heiter bis höchstens leicht bewölkt war. Die Arbeitsblätter sehen sich ähnlich, wenn sich kurz nach Sonnenaufgang die Wolken verziehen oder während des Sonnenunterganges rasch bilden (von der Synoptik her durchaus vertretbare Situationen). Für Zürich und Locarno hatten mir für diesen 2. Teil des Arbeitsberichtes

die Beobachtungen zur Verfügung gestanden, die mit ihrem 3-stündigen Rhythmus reichlich Unterlagen liefern. Für Basel muss man - wie im 1. Teil - zwischen den Beobachtungen von Morgen und Mittag, resp. Mittag und Abend abschätzen. Die stündlichen ASTA-Werte mit den Angaben über die Feuchtigkeit und den Temperaturverlauf können immerhin wertvolle Hinweise geben. Für Basel hatte ich ja auch den Versuch gemacht, etwas über das Verhalten beider Instrumente bei abziehender (Morgen) und aufkommender (Abend) Bewölkung herauszufinden (2.4).

Als "heiter" hatte ich vorausgesetzt, dass womöglich 2 Stunden, ausser der Angebrochenen, eine Registrierung von 60 Minuten aufweisen müssen. In seltenen Fällen, vor allem an kurzen Wintertagen, tolerierte ich auch mehr als 50 Minuten für die nicht unmittelbar benachbarte Stunde.

Das Vorhandensein von Tau oder Reif habe ich zu jeder Morgendifferenz herausgeschrieben, jedoch keine unmittelbare Korrelation dafür bemerkt. Wichtiger wäre für Campbell-Stokes eine Notiz darüber, ob und wann er gereinigt worden sei! Der Beschlag gilt ja für den Boden und muss für das Dach nicht unbedingt zutreffen. - Die Korrektur des Campbell-Stokes auf 11h40 UTC ist für jeden Tag mit dem Monatsmittelwert vorgenommen worden.

Ausgefallene Differenzen zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes (Tab. 11) treten bei diesem Problem natürlich ebenfalls auf, so dass auch in der Zusammenstellung dieser Mittelwerte in Tab. 14-16 die Zahl der weggelassenen "Ausreisser" vermerkt ist. Für Basel hatte mein Kollege Walter Schüepp solche Fälle z.T. noch im Original nachgeprüft: für den 18. März 1984, an dem die Sonne gemäss Haenni 200 177 Minuten, und den 19., an dem sie erst 61 Minuten später erscheint, stellte er fest, dass die Brennspur auf dem Papierstreifen des Campbell-Stokes an der Grenze dessen liegt, was noch als "Sonne" zu definieren ist. Umgekehrt fand er im Tagesprotokoll des 11. Dez. 1983, an dem Haenni 200 72 Minuten vor Campbell-Stokes zu registrieren begonnen hatte, den Vermerk, dass eben erst dann die Kugel vom Reif befreit worden sei. In meinen eigenen Arbeitsblättern hatte ich auch hier über die aus dem Kollektiv ausgeschiedenen Beispiele Buch geführt. Daraus ist zu entnehmen, dass für grosse positive Differenzen im Herbst, Winter und Frühling am Morgen sehr oft Reif oder starker Tau die Ursache sind (im Frühling und Herbst ist dem Schattenentwurf des Papierhalters (Tab. 12) Rechnung getragen, vor allem durch Vergleich mit benach-

barten Tagen). Erste Bewölkung abends am westlichen Horizont (Ci, ev. Ac) sind häufige Vorläufer einer Störung; solche Beispiele müssen wegfallen. Sehr oft jedoch - in Locarno (Tab. 15) fast für jedes Beispiel - ist der Grund aus den Beobachtungen nicht zu erklären, und das trotz der Angaben über Sicht, Dunst, Wolken und Feuchtigkeit (für den Fall, dass Beschlag nicht vermerkt worden sein sollte). Gehe ich vielleicht zu weit, wenn ich voraussetze, dass von den Beobachtern die Campbell-Stokes-Streifen stets auf Minuten genau aufgelegt werden müssten?

Die Beispiele auf Tab. 11 oben und Tab. 13 sehen zunächst ganz so aus, als ob sie die Feststellungen von A. Zelenka/R. Dössegger bekräftigen würden, dass nämlich in den frühen Morgenstunden ein Windmast auf den Hänni 200 seinen Schatten werfe. Vor 04⁴⁰ UTC wären wenige Minuten Sonne registriert worden, in der daran anschliessenden Stunde 15 bis 20 Minuten ausgefallen. Man hätte dann nur diese erste volle Stunde auf 60 Minuten zu extrapolieren. Verschiedene Ueberlegungen sprechen allerdings dagegen. In den 4 beobachteten Beispielen - alle zwischen dem 18. und 27. Juni 1984, aber keines vom Juni 1983 - käme man auf Differenzen von +25 bis +34 Minuten zu Campbell-Stokes. Diese stehen im Gegensatz zu den Mittelwerten aus den restlichen Beispielen, die sich im Juni auf minus 2 Minuten (aus 7) und im Juli minus 16 (aus 21 Fällen) berechnen. An keinem anderen Tag ist vor 04⁴⁰ UTC Sonne registriert worden, weder von Hänni 200 noch von Campbell-Stokes. Letzterer, der fast immer vor der Asta einsetzt, hat vor 05⁴⁰ UTC im Maximum 45 Minuten aufgezeichnet. Wir glauben viel eher, dass wir es mit einer der unerklärten technischen Fehlmessungen zu tun haben, die von zuständiger Seite näher abgeklärt werden muss.

Für Fehlmessungen, wie sie z.B. Beck festgestellt hatte (Schattenwurf der Strahlungsbox auf den Solarigraphen), ist selbst der tiefe Horizont von Basel (auch schon von Beck so erkannt) bereits zu hoch. Ueber 5 Juni-Monate finden sich 24 Beispiele, an denen vor 04⁴⁰ UTC meist von beiden, manchmal auch nur von einem der Instrumente, Sonne registriert worden war. Am 21. Juni sollten es 67 Minuten sein; aber nur zweimal sind mehr als 30, total sechs mal mehr als 20 Minuten gemessen worden. Es dauert also immer

einige Zeit, bis Sonne aufgezeichnet wird. Analoges gilt für den Abend. Der nach Ausmessung von B. Beck störende Ring des Solarigraphen ist so tief, dass er aus demselben Grund die Registrierung des Hänni 200 nicht mehr beeinträchtigt, was wir an Ort und Stelle beobachten konnten.

2.3.2. Ergebnisse

In den Tab. 14-16 sind die mittleren Differenzen zwischen Haenni und Campbell-Stokes für Sonnenauf- und -untergang sowie die Summe beider - wenn an einem Tag Morgen und Abend heiter waren - zusammengetragen, ergänzt durch die Standard-Abweichung der Werte, die Anzahl der berücksichtigten und der als verdächtig ausgeschiedenen Fälle sowie die Extremwerte. In den Abb. 8 und 9 sind die Ergebnisse für Morgen und Abend aufgetragen; auf die graphische Wiedergabe der mittleren Differenzen der Summe beider möchte ich verzichten. Aus Tab. 14-16 geht hervor, dass man jeweils zu deren Mittelbildung nur wenige Beispiele zur Verfügung hatte, die Werte also wenig gesichert sind. In der Praxis fährt man sicher ebensogut, wenn man beim Umrechnen eines Tages je die Korrektur für Abend und Morgen getrennt anbringt. Hier möchten wir lediglich erwähnen, dass die extremen Differenzen zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes auch an Schönwettertagen fast eine Stunde oder wie in Basel - noch mehr betragen können!

Auch für diese Resultate finden wir an allen drei Stationen einen Jahresgang, der aber von einem Ort zum andern nicht schön parallel verschoben ist, und der in der Variabilität und Streuung verschieden verläuft. Es erstaunt, wie gross die mittleren und extremen Spitzen im März und April und dann wieder im September und Oktober überall vorhanden sind. Nicht nur in Basel-Binningen, mit dem relativ tiefen und flachen Horizont, sondern fast ebenso in Zürich-SMA im Mittel und Locarno-Monti. Im Extremfall kann die Beschattung durch den Papierhalter stark ins Gewicht fallen. Dazwischen kommt ein breites Minimum von Mai bis August zu liegen (die sekundäre Spitze in Zürich-SMA im Juni ist mit 7 Beispielen belegt).

Ebensowenig lässt sich das sekundäre Maximum in Basel vom Januar durch Beschlag am Campbell-Stokes erklären, sonst müsste wohl in Zürich-SMA

etwas Aehnliches angedeutet sein. Im weiteren erstaunt, dass der Verlust von Haenni 200 im Sommer in Locarno-Monti ähnlich klein ist wie in Basel, kleiner als in Zürich-SMA, und dies trotz des unterschiedlichen Kriteriums für die Ansprechschwelle bei der Campbell-Stokes-Auswertung.

Es ist selbstverständlich, dass in den Monaten der Aequinoktien die Streuungen sehr gross werden; denn neben den Beispielen, an denen die Campbell-Stokes-Registrierung durch den Schatten des Papierhalters zu kurz werden, finden wir noch genug Fälle, an denen der "Beginn" der Besonnung am Campbell-Stokes (besonders in Basel) früher abgelesen wird als am Haenni 200.

Die Darstellungen der Differenzen am Abend sind von denen am Morgen im Prinzip nur wenig verschieden. Im Detail betrachtet muss man hervorheben: Für Basel-Binningen: die Spitze von März und April ist im Mittel nur noch schwach ausgeprägt und auch in den Extremfällen etwas kleiner. Das sekundäre Maximum von Januar fällt weg, was die These vom Beschlag am Morgen erhärten würde; bis zum Abend ist er an sonnigen Tagen auf der Glaskugel verdampft.

In Locarno-Monti sehe ich im höheren Horizont gegen Westen den Grund dafür, dass der Effekt der vom Papierhalter beschatteten Kugel weniger stark zum Ausdruck kommt. Im Uebrigen zeichnen sich diese Ergebnisse durch grössere Ausgeglichenheit aus, möglicherweise aus demselben Grund.

Zürich zeigt grosse Aehnlichkeit im Verlauf wie Basel. Allerdings erstaunen die vorwiegend stark negativen Werte von April bis August. Darf man das kleinere März-Maximum, wie auch in Basel, dahin deuten, dass sich Verluste durch Schatten an vermutlich dunstigen Abenden weniger bemerkbar machen? Und wären die im Mittel in Zürich weniger negativen Differenzen im Januar dahin zu deuten, dass die Kugel auch am Abend bereits wieder einen Tau- und später einen Reif-Belag aufweisen würde?

Es geht mir ja weniger um eine Deutung aller möglicher Vorkommnisse als vielmehr um die Angabe einer Grössenordnung und eine Bestätigung für die Glaubwürdigkeit der Korrekturen, die man anbringen müsste, wenn man von der Messung mit dem einen Instrument auf diejenige mit dem anderen schliessen wollte.

Was bei Locarno-Monti andeutungsweise zum Ausdruck kommt, wird in Davos zur Gewissheit (Abb. 10 und 11, Tab. 17 und 18): je höher und näher der Horizont an die Station kommt, umso kleiner werden die Differenzen zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes bei Sonnenauf- und -untergang. Auch die mittlere Streuung wird so klein, dass das Diagramm unlesbar würde, wenn man sie zwischen die extremen und mittleren Differenzen hineinzeichnen wollte. Für Messstellen in grösserer Meereshöhe darf nicht ausser acht gelassen werden, dass die Intensität der Sonnenstrahlung - saubere Atmosphäre vorausgesetzt - auch bei niedrigem Sonnenstand grösser ist und genügen dürfte, trotz teilweiser Abdeckung der Kugel durch den Papierhalter eine Spur bei Campbell-Stokes einzubrennen. Der Jahresgang ist, besonders bei Sonnenaufgang, praktisch nicht mehr vorhanden. Man müsste den Horizont genauer kennen, um aus den grösseren Streuungen bei Sonnenaufgang im April und November so wie bei Sonnenuntergang im Februar auf tiefere Stellen zu schliessen, die gelegentlich vielleicht noch von lokalem Dunst getrübt sind.

Ebenso unbedeutend sind die Unterschiede zwischen den beiden Instrumenten. Grosse negative Differenzen (A-C) finden sich auch bei Haenni 120. Ausnahmen sind einige wenige positive Differenzen beim zweiten Instrument, die beim ersten einige Minuten kleiner ausfallen. Aber von signifikanten Unterschieden kann auch bei dieser Fehlerquelle nicht die Rede sein. Der erhoffte Effekt, dass ein Instrument mit Ansprechgrenze 120 Watt besser die konventionellen Messungen der Sonnenscheindauer wiedergeben würde, ist leider in diesen Vergleichen nicht auszumachen.

2.4 Sonnenauf- und -untergang hinter Wolken

Rein theoretisch müsste diese Differenz (A-C), wenn die Sonne hinter Wolken resp. Nebel oder Hochnebel hervorkommt oder dahinter verschwindet, nicht viel anders als beim Horizont sein. In der Praxis ist aber die Wolke selten eine kompakte Wand sondern, besonders im Randbereich, häufig ein mehr oder weniger sonnendurchlässiger Schleier. Um aber auch diesen Effekt überprüft zu haben, hatte ich in der 5-jährigen Basler Reihe solche Beispiele (zeitkorrigiert) - wenn der Tag nach anfänglicher Bewölkung heiter wurde oder weiter war, und die Sonne abends hinter Wolken ver-

schwand - herausgeschrieben und gemittelt. Die Variabilität der Ergebnisse drückt sich nicht nur in der grossen Streuung aus, sondern vor allem in den Extremwerten (Tab. 19), weshalb ich die mittleren Differenzen und ihre Streuung auch nicht in die Tabelle aufnehmen möchte. Es handelt sich um einen Versuch, dessen Resultat wenig statistischen Wert besitzt). Immerhin ist darin noch immer etwas vom Jahresgang wie in Abb. 8 und 9 zu erkennen, der etwas davon andeutet, in welcher Grössenordnung man die Ergebnisse einstufen darf. Der Grund für viele Maxima beim Erscheinen der Sonne dürfte auch hier der Beschlag am Campbell-Stokes sein. Ein Ueberwiegen der negativen Differenzen war für die Monate Mai bis August zu erwarten. Dieses Kapitel lässt wenig Exaktes erwarten. Deshalb lohnt es sich nicht, länger dabei zu verweilen.

3. Vergleich unserer Resultate mit denen anderer Arbeitsberichte

In institutsinternem Austausch hatte mir noch am OTL - vermutlich im Sommer 1981 - Herr P. Jeannet den graphischen Output seiner Vergleiche des "Tagesgangs der Differenz (A-C) in Payerne Dez. 1979 - Nov. 1980" zukommen lassen. Beim damaligen Stand meiner eigenen Berechnungen hatte ich die sehr unausgeglichene Kurven nicht zu deuten gewusst. Jetzt kann ich sagen, dass sie mir meine eigenen Resultate bestätigen. Im März und April sowie im September und Oktober sticht bei Sonnenauf- und -untergang der Effekt des Schattenwurfs des Papierhalters deutlich hervor. Die Morgenspitzen im Februar und November deuten auf reif- oder taubeschlagene Kugel des Campbell-Stokes. Im Maximum vom Dezember, einem ausnehmend sonnigen und daher sicher nebelreichen Monat, sehe ich wiederum die grossen Differenzen in den Registrierungen während der Auflösung des Stratus zwischen 11 und 12 UTC. Vom Mai an werden die Unterschiede zur Zeit nicht mehr maximaler Besonnung sehr stark negativ. Mit der Zunahme der Quellbewölkung, im Mai zwischen 11 und 17h, im Juli zwischen 9 und 16h, wird der Verlust des Haenni 200 bei intermittierender Bewölkung sehr ausgeprägt (oder umgekehrt: mit Campbell-Stokes wertet man eine zu grosse Sonnenscheindauer aus). Der Juni 1980 scheint allgemein eher trüb gewesen zu sein. Die negativen Stundendifferenzen bei intermittierender Bewölkung werden im Mittel gedämpft durch viele Null-Werte bei bedecktem Himmel. Für die ebenfalls nicht so stark negativen Stundendifferenzen im August sehe ich den Grund im schönen Wetter. Vermutlich war er der sonnenreichste Monat des Jahres gewesen. Bei wolkenlosem Wetter verschwinden tagsüber die Unterschiede in den Registrierungen beider Instrumente. Diese Art des Vorgehens wäre durchaus auch geeignet, den mittleren Unterschied in den Registrierungen im Tages- und Jahresgang zu berechnen. Voraussetzung wäre allerdings eine Vergleichsdauer, die auch von der Klimatologie anerkannt werden könnte!

Schon im Herbst 1976 hatte Herr J. Joss Vergleiche mit 2 Haenni von verschiedener Empfindlichkeit durchgeführt. Ihn hatte vor allem die Anlaufschwelle bei Sonnenauf- und das Abklingen bei Sonnenuntergang interessiert (Aktennotiz Jan. 1977). Uns interessieren daraus die Bemerkungen über die Unterschiede von klarem Föhnhimmel, Cirren und Dunst: sie bewirken Zeitdifferenzen je nach Festsetzung des Schwellenwerts. Vergleiche zwischen Locarno-Monti und Payerne zeigen, dass bei flacherem Horizont

die Sonnenscheindauer häufiger grosse Einbussen erleidet als in leicht gebirgiger Umgebung.

Am 30. Juni 1977 hatte Herr Joss schon geschrieben, dass man sich betreffend Uebertragbarkeit von einem Instrument auf Messtypen anderer keine allzu grossen Illusionen machen dürfe. Es ist auch die Rede von "weiteren Informationen über das lokale Klima", die den Anschluss an Campbell-Stokes verbessern könnten.

Unter der Leitung von Herrn P. Valko hat Herr Thomas Baumgartner 1979 einen Arbeitsbericht veröffentlicht (Nr. 84) über die "Schwellenintensität des Campbell-Stokes an wolkenlosen Tagen". Um dem Klimadienst eine Vergleichbarkeit zwischen Campbell-Stokes und Haenni 200 zu ermöglichen, wird in dieser Untersuchung ein mittlerer Schwellenwert an den Beispielen heiterer Sonnenauf- und -untergänge errechnet. Dafür war Zürich-Kloten als Station ausgewählt worden, weil dort die Messungen der Strahlungsintensität zur Verfügung stehen. Zudem ist der Horizont weit und übertrifft nie 2° Sonnenhöhe, so dass "nicht erwartet werden muss, dass die Strahlungsintensität der Sonne bei ihrem Aufgang bereits grösser wäre als die effektive Ansprechschwelle des Campbell-Stokes". Von 74 Tagesstreifen mit wolkenfreiem Sonnenauf- und 65 mit -untergang wurde der genaue Zeitpunkt für Beginn, resp. Ende der Sonnenscheindauer bestimmt. Dass dabei ein Zusammenhang zwischen Schwellenintensität und Art der Brennspur gefunden wurde, fällt zusammen mit unserer Feststellung, dass je nach Auswerte-Modus andere Differenzen zwischen Haenni 200 und Campbell-Stokes (beziehungsweise Basel und Zürich/Locarno/Davos) resultieren müssen. Wen dieses Problem beschäftigt, der findet bei Baumgartner eine Zusammenstellung über die Schwellenintensität in Abhängigkeit vom Brennspurtyp. Für seine Arbeit wird diese Tatsache zur Fehlerquelle, zu der noch apparative Fehler des Campbell-Stokes sowie meteorologische Einflüsse wie Tau, Reif und vorangegangene Niederschläge gehören. Eingehend wird auch der Einfluss des Horizontverlaufs besprochen, was auch wir zur Erklärung der Resultate von Locarno-Monti und Davos für wichtig erachten. Aus seinen Schlussbemerkungen möchte ich ebenfalls die Feststellung übernehmen, "die Werte (seine Resultate) sind schief verteilt. Eine Näherung durch einen Mittelwert ist über das ganze Jahr wohl möglich, jedoch für den Einzelwert mit einem relativ grossen Fehler behaftet". Da ich mit total 5 Stationen, 3

Fehlerquellen und 12 Monaten gearbeitet hatte, erkannte ich wohl beim Rechnen dieses Phänomen, konnte ihm aber nicht noch jeweils statistisch Rechnung tragen. Andererseits darf ich bei mir gerade deshalb die "grossen" Fehler relativieren, weil ich auf Einzelfehler hin sondiert und dazu in Kauf genommen habe, unerklärbare Einzelfälle zu eliminieren.

Herr B. Beck hatte in einem Bericht aus dem Jahr 1983 darauf aufmerksam gemacht, dass u.U. bei ganz tiefem Sonnenstand am Morgen der Schatten des Schutzgehäuses des Globalstrahlungs- und Helligkeitsgebers auf den Haenni 200 von Bedeutung werden könnte. Bei meinen Untersuchungen bin ich weder in Zürich noch in Basel auf eine Differenz gestossen, die von dieser "Fehlmontage" herrühren könnte. Bei beiden Instrumenten braucht es ja eine gewisse Sonnenhöhe, bis sie auf die Bestrahlung ansprechen. In Zürich jedoch konnte ich einige Tage im Juni ausmachen (Tab.11 und 13, Kopien von Arbeitsblättern), an denen Haenni schon vor 4⁴⁰ UTC angesprochen hatte, in der darauf folgenden Stunde aber wieder für rund 15 Minuten ausgefallen war. Dieser Unterbruch wird von Herrn A. Zelenka durch den Schattenwurf einer Windmesser- oder einer Leiterstange erklärt.

Literatur

- (1) Maurer: Met.Z 26, 461-463 (1909)
- (2) M. Bider: Ueber die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes
Archiv Met. Geoph. Biokl., Serie B, Bd 9,
2. Heft, (1958)
- (3) E. Kleinschmidt: Handbuch der Meteor. Instrumente (1935)
- (4) Th. Baumgartner: Die Schwellenintensität des Sonnenscheinauto-
graphen Campbell-Stokes an wolkenlosen Tagen,
Arb. Bericht Nr. 84 SMA, (1979)
- (5) SMA und Phys. Anleitung für die Auswertung der Registrierungen
Meteorol. mit dem Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes,
Observ. Davos: (1962)
- (6) Annalen SMA 1978 ff: Sonnenscheindauer: Monats- und Jahres-
summen
- (7) A. Heimo: Durée d'insolation
I: Etude de l'influence du seuil de sensibilité -
Nouveaux instruments (1987)

Adresse der Autorin:

Frau Dr. Charlotte Urfer-Henneberger.
Gellertstr. 21

4052 Basel

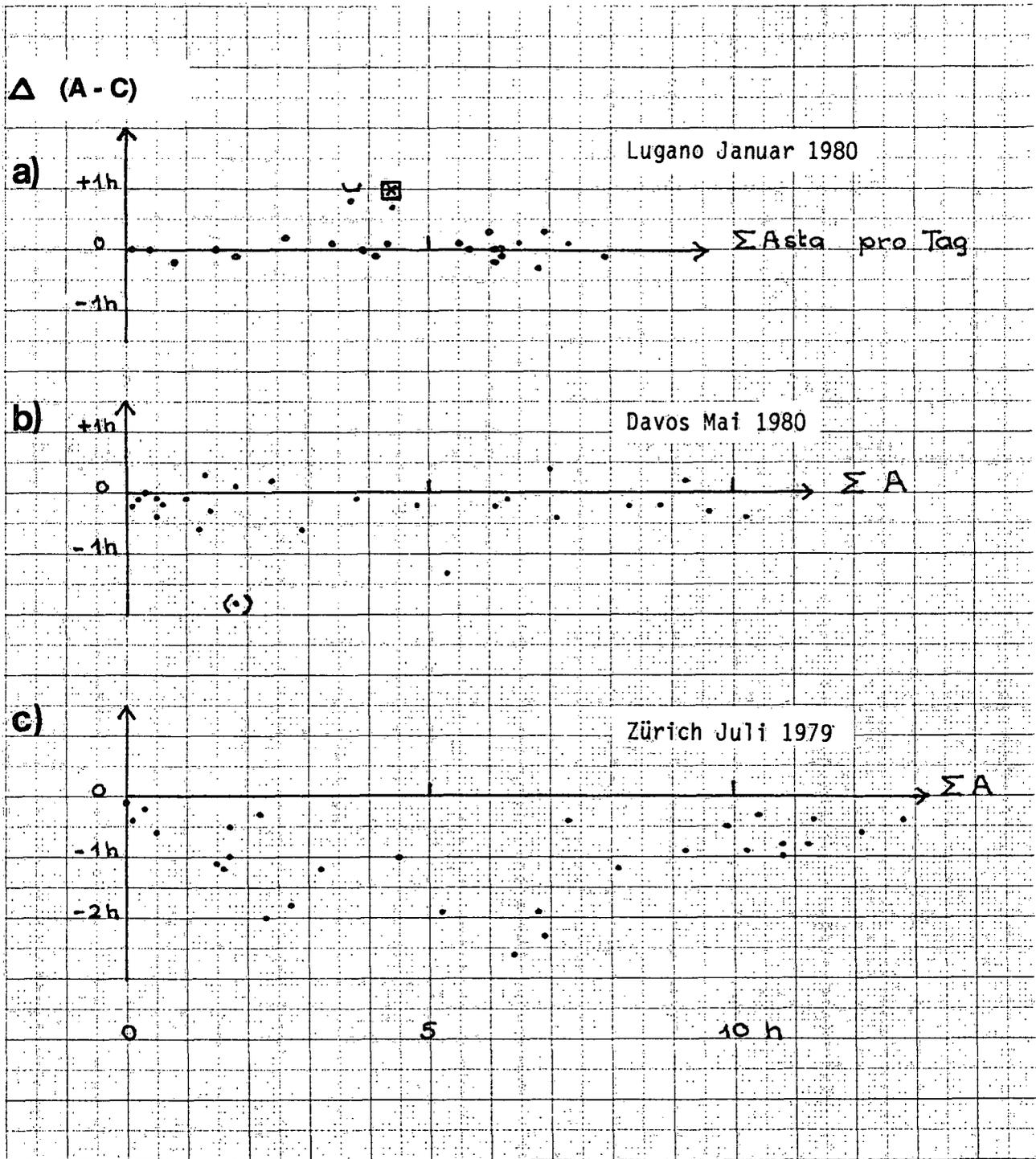


Abb. 1 Graphische Darstellung der Tagesdifferenzen der Sonnenscheindauer von A (Asta/Haenni) - C (Campbell-Stokes) in Abhängigkeit von der Tagessumme von A.
 Herausgegriffene Beispiele:
 a) Januar 1980 für Lugano
 b) Mai 1980 für Davos
 c) Juli 1979 für Zürich

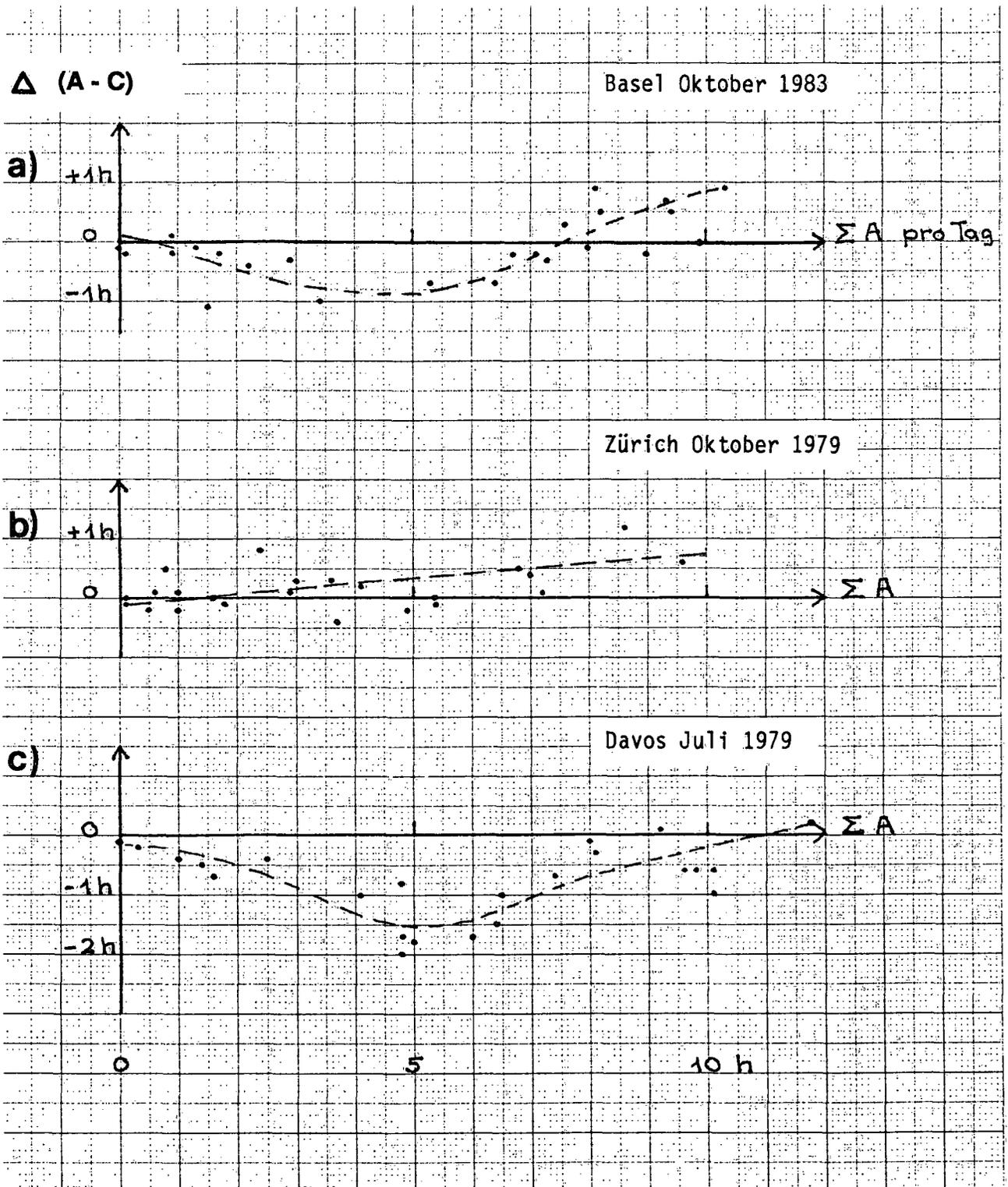


Abb.2 Graphische Darstellung der Tagesdifferenzen der Sonnenscheindauer (A-C) in Abhängigkeit von der Tagessumme von A. Herausgegriffene Beispiele von Monaten, die eine Korrelation andeuten:
 a) Oktober 1983 für Basel
 b) Oktober 1979 für Zürich
 c) Juli 1979 für Davos

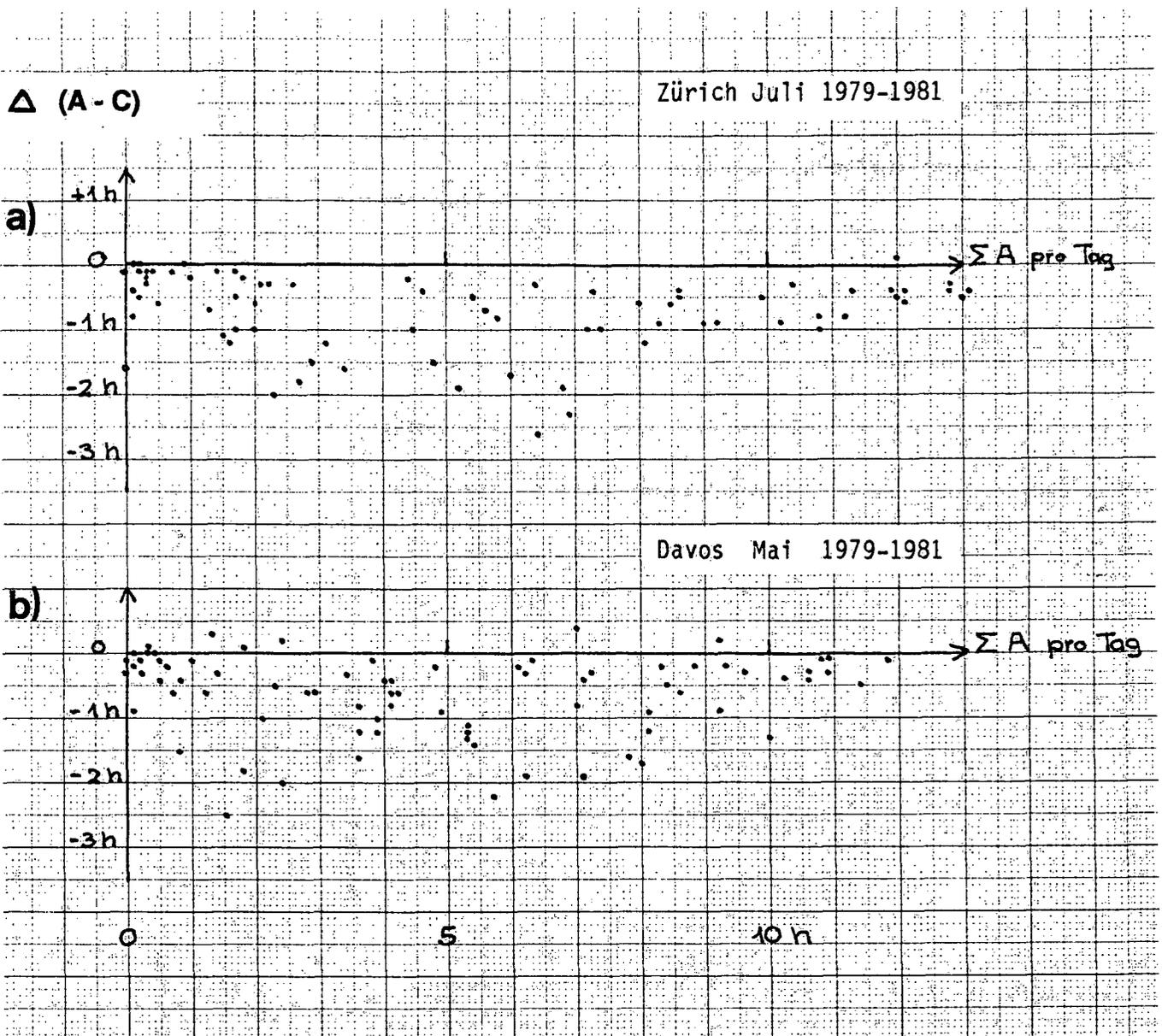


Abb. 3 Graphische Darstellung der Tagesdifferenzen der Sonnenscheindauer (A-C) in Abhängigkeit von der Tagessumme von A.
 Herausgegriffene Beispiele von je einem Monat mit den Ergebnissen über 3 Jahre:
 a) Juli 1979-1981 für Zürich
 b) Mai 1979-1981 für Davos

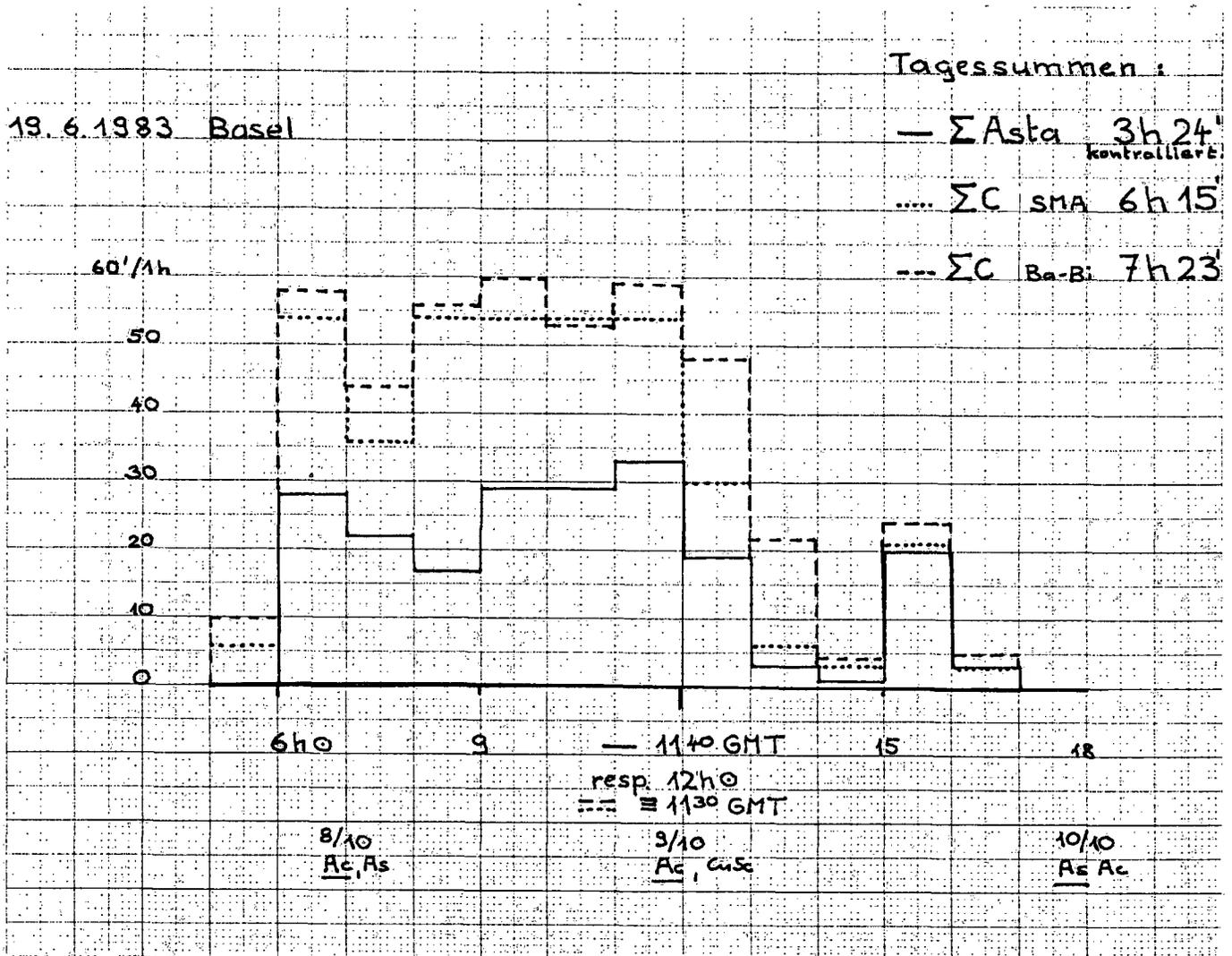


Abb. 4

Beispiel für Campbell-Stokes-Auswertung durch Klimadienst SMA und Observatorium Basel-Binningen im Vergleich mit Registrierung Haenni 200 (Stundenmessung).

An Tagen mit stark wechselnder Bewölkung wird die Sonnenscheindauer verschieden bewertet (siehe Seite 9).

Im vorliegenden Beispiel kommt man mit der in Zürich-SMA angewandten Methode der Asta-Registrierung nur wenig näher als mit der Auswertung durch Basel-Binningen.

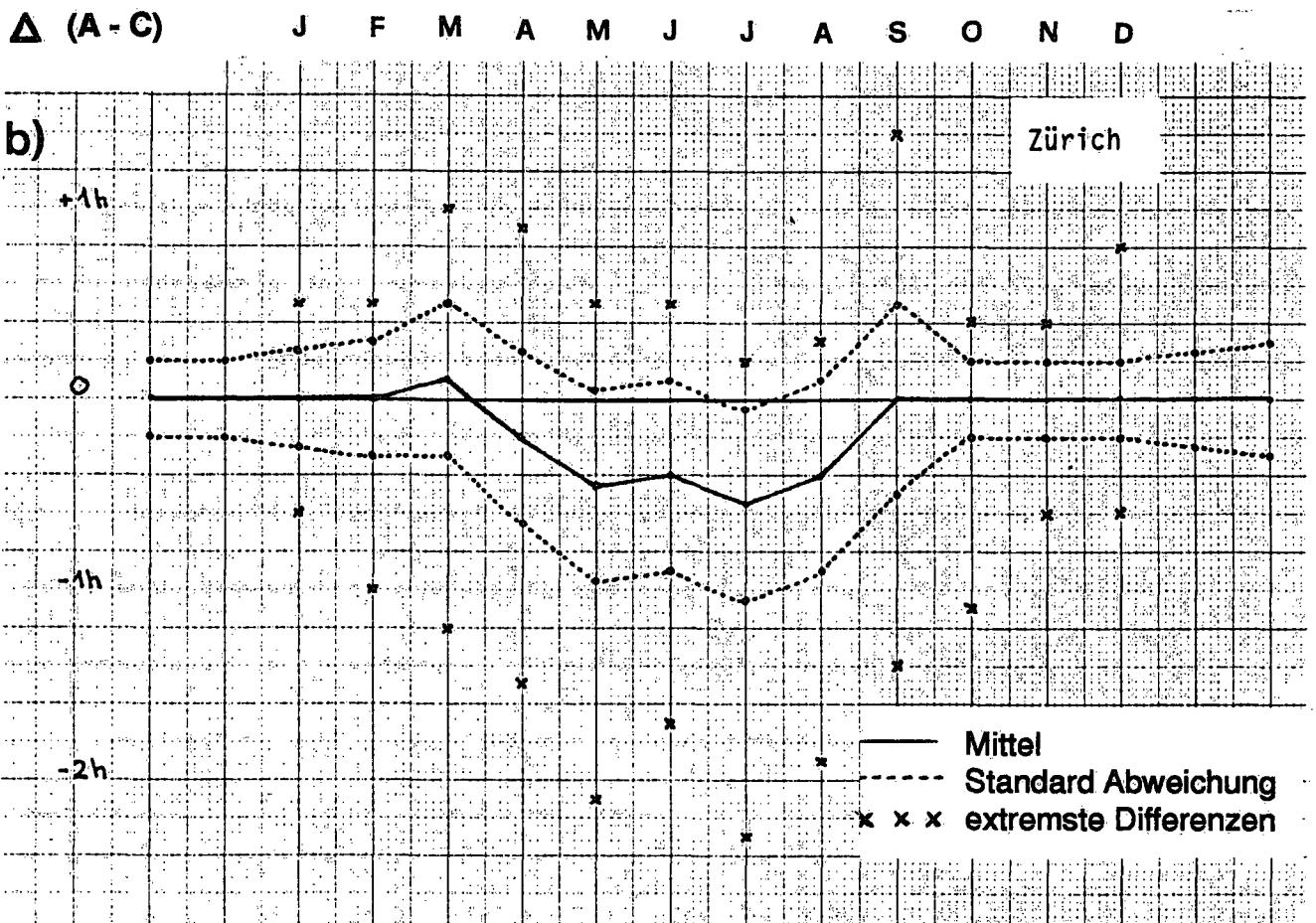
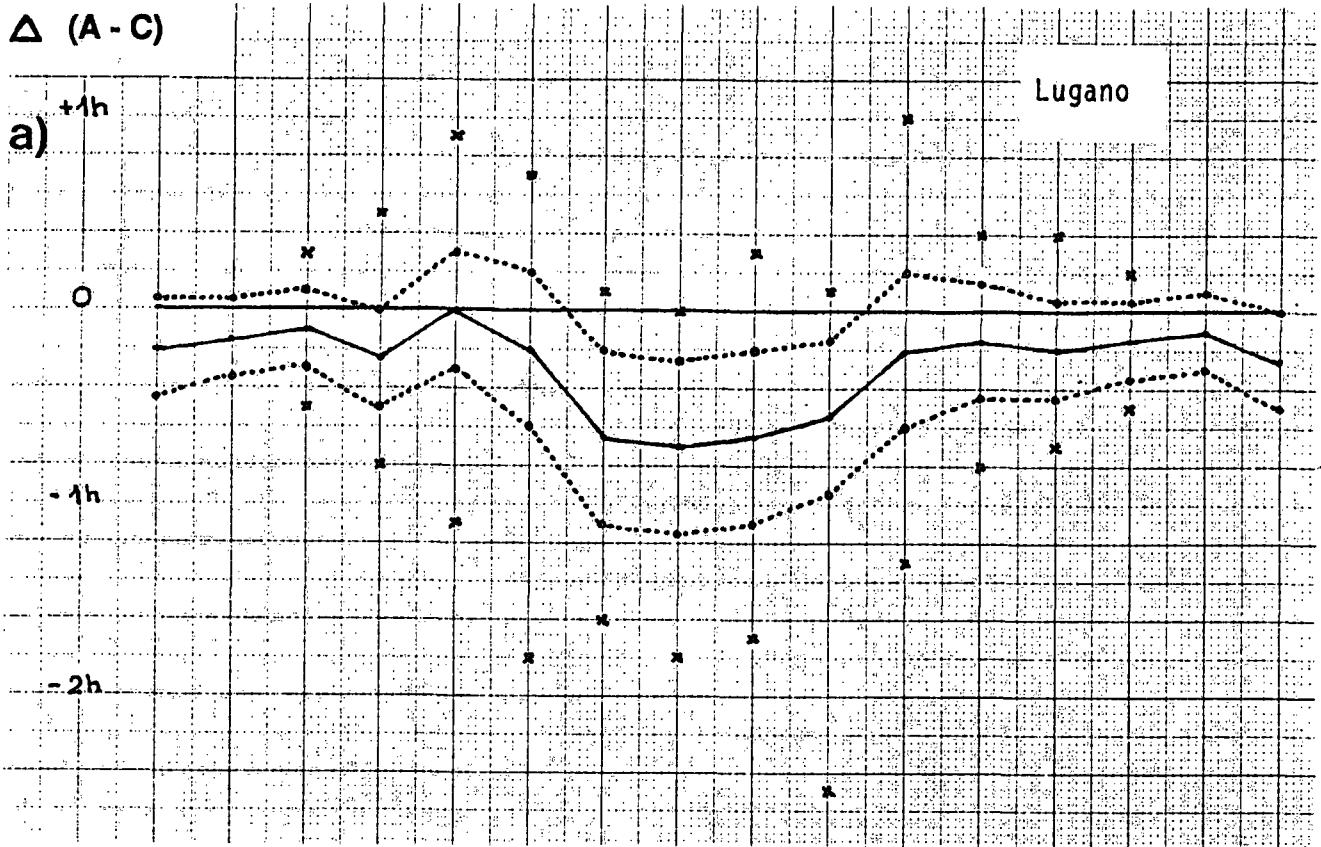


Abb. 5

Jahresgang der mittleren Differenzen (A-C) für die Tage mit Sonne bei Haenni und Campbell-Stokes (in Stunden).

— Monatsmittel

- - - Standard Abweichung

x x x x extremste positive und negative Differenzen

a) Lugano 1979-1982

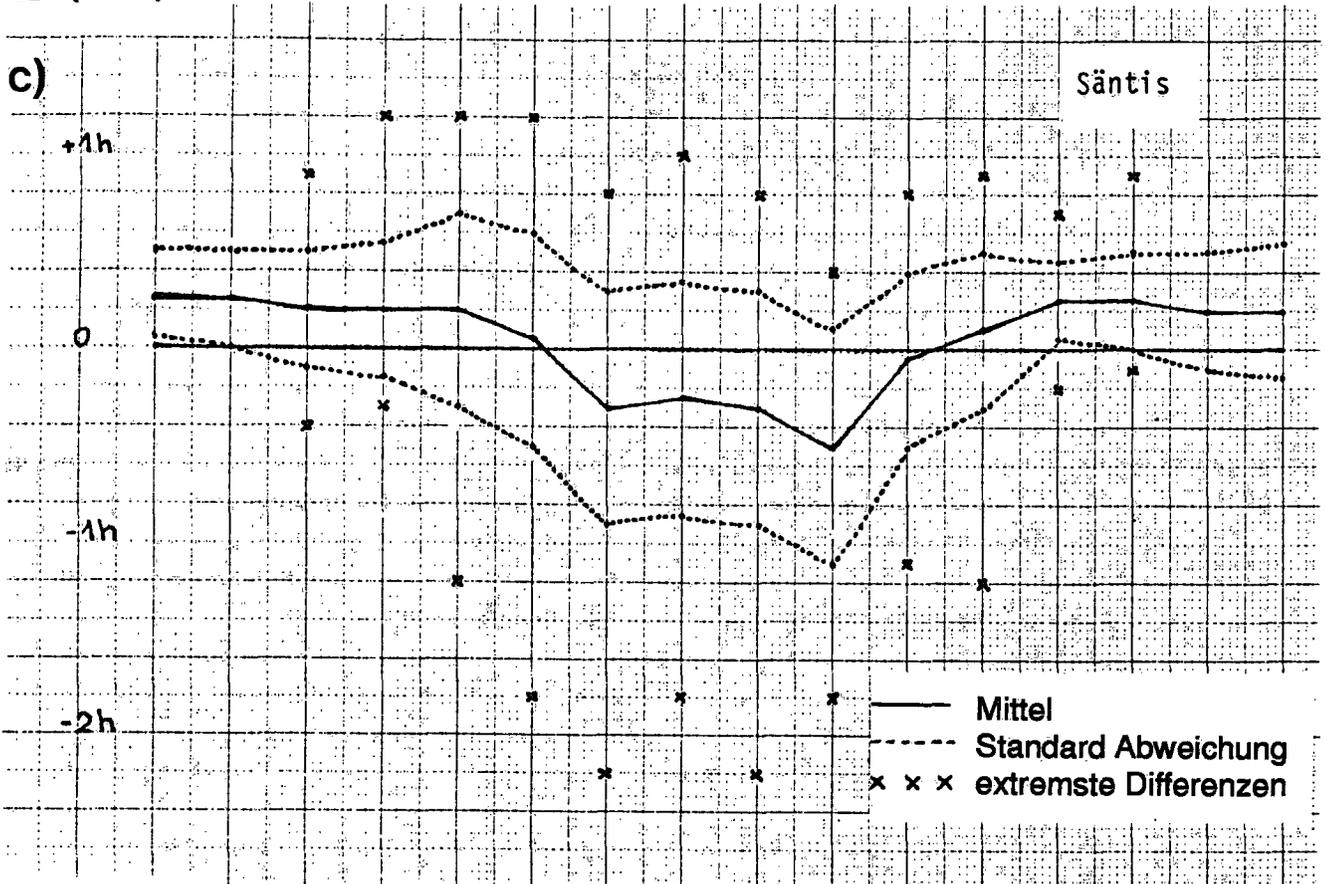
b) Zürich 1979-1982

c) Säntis 1979-1982

d) Davos 1979-1981

e) Basel Juli 1979-Juni 1983

Δ (A - C)



Δ (A - C)

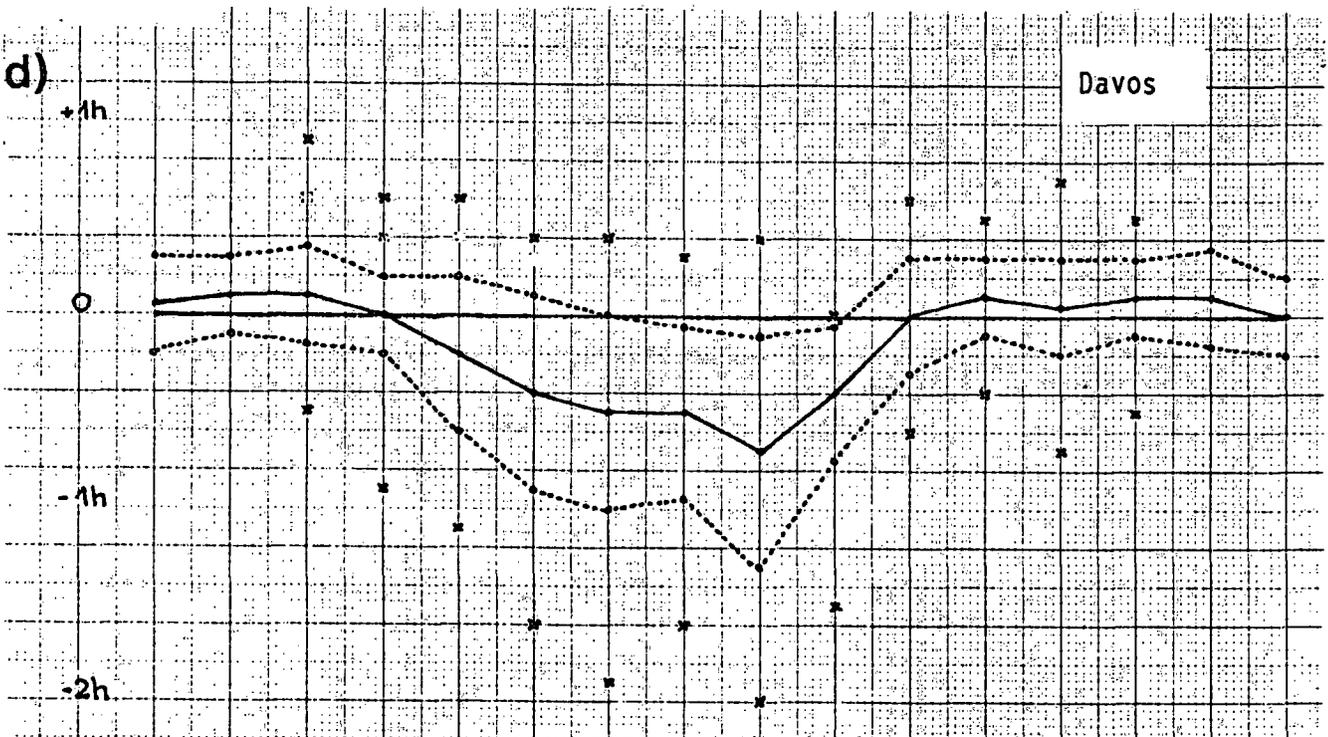


Abb. 5

Jahresgang der mittleren Differenzen (A-C) für die Tage mit Sonne bei Haenni und Campbell-Stokes (in Stunden).

- Monatsmittel
- - - Standard Abweichung
- x x x x extremste positive und negative Differenzen
- a) Lugano 1979-1982
- b) Zürich 1979-1982
- c) Säntis 1979-1982
- d) Davos 1979-1981
- e) Basel Juli 1979-Juni 1983

Δ (A - C)

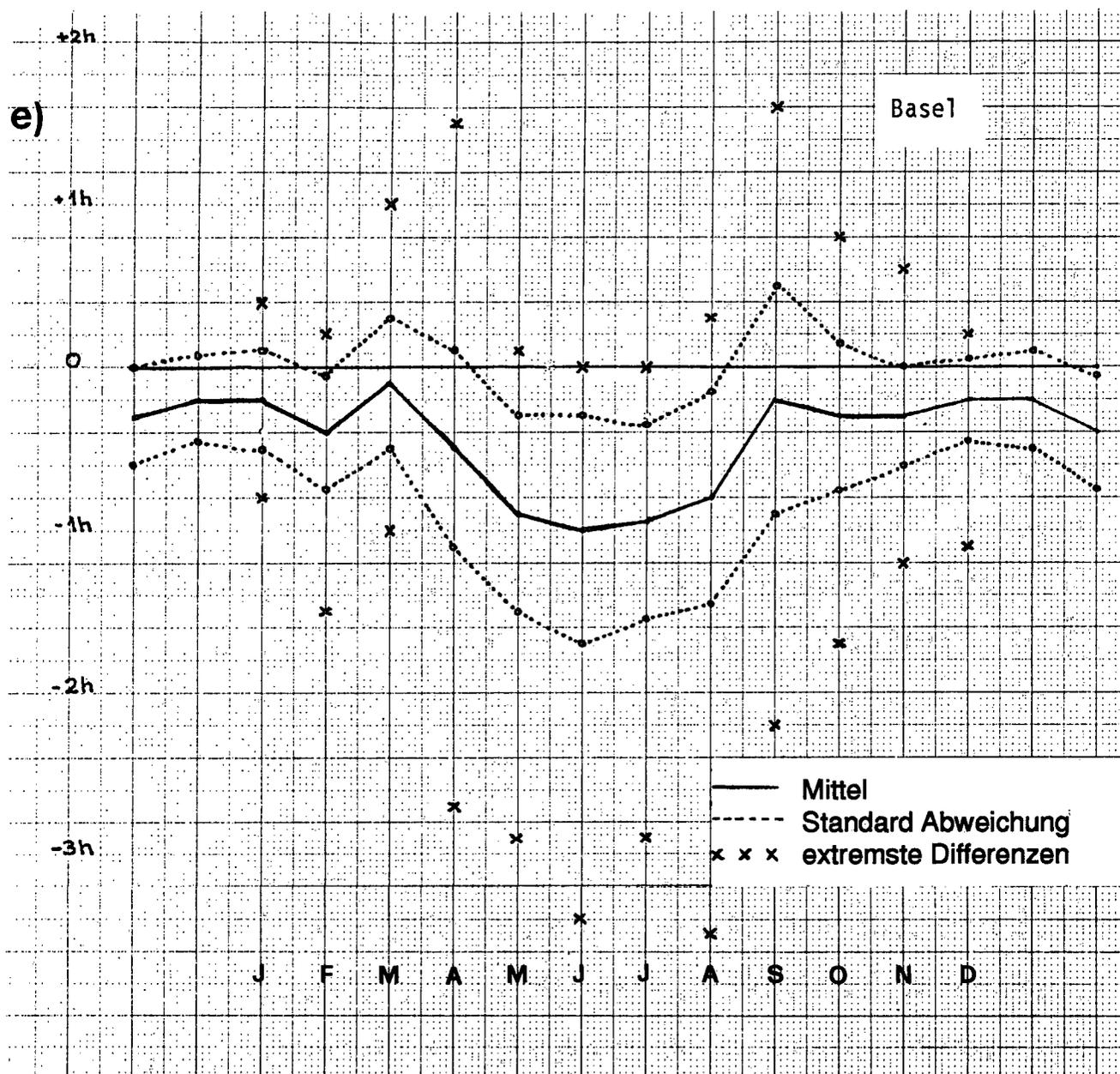


Abb. 5 Jahrgang der mittleren Differenzen (A-C) für die Tage mit Sonne bei Haenni und Campbell-Stokes (in Stunden).

- Monatsmittel
- - - Standard Abweichung
- x x x extremste positive und negative Differenzen
- a) Lugano 1979-1982
- b) Zürich 1979-1982
- c) Säntis 1979-1982
- d) Davos 1979-1981
- e) Basel Juli 1979-Juni 1983

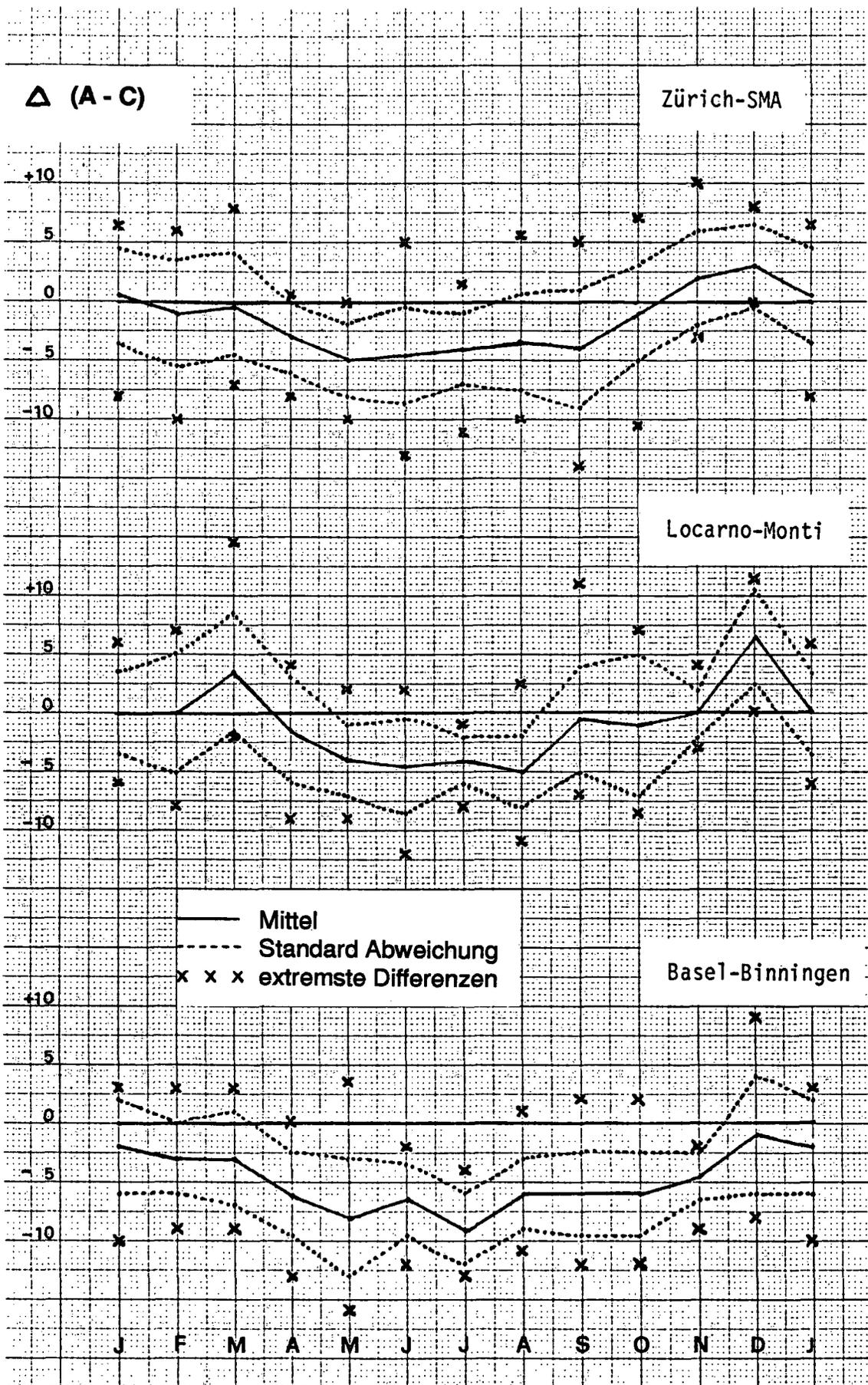


Abb. 6 Monatsmittel der stündlichen Differenzen (A-C) bei intermittierender Bewölkung (in Minuten) 1983-1984.

— Monatsmittel
 - - - Standard Abweichung Monatsmittel
 x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: für Zürich
 Mitte: für Locarno -Monti
 unten: für Basel-Binningen

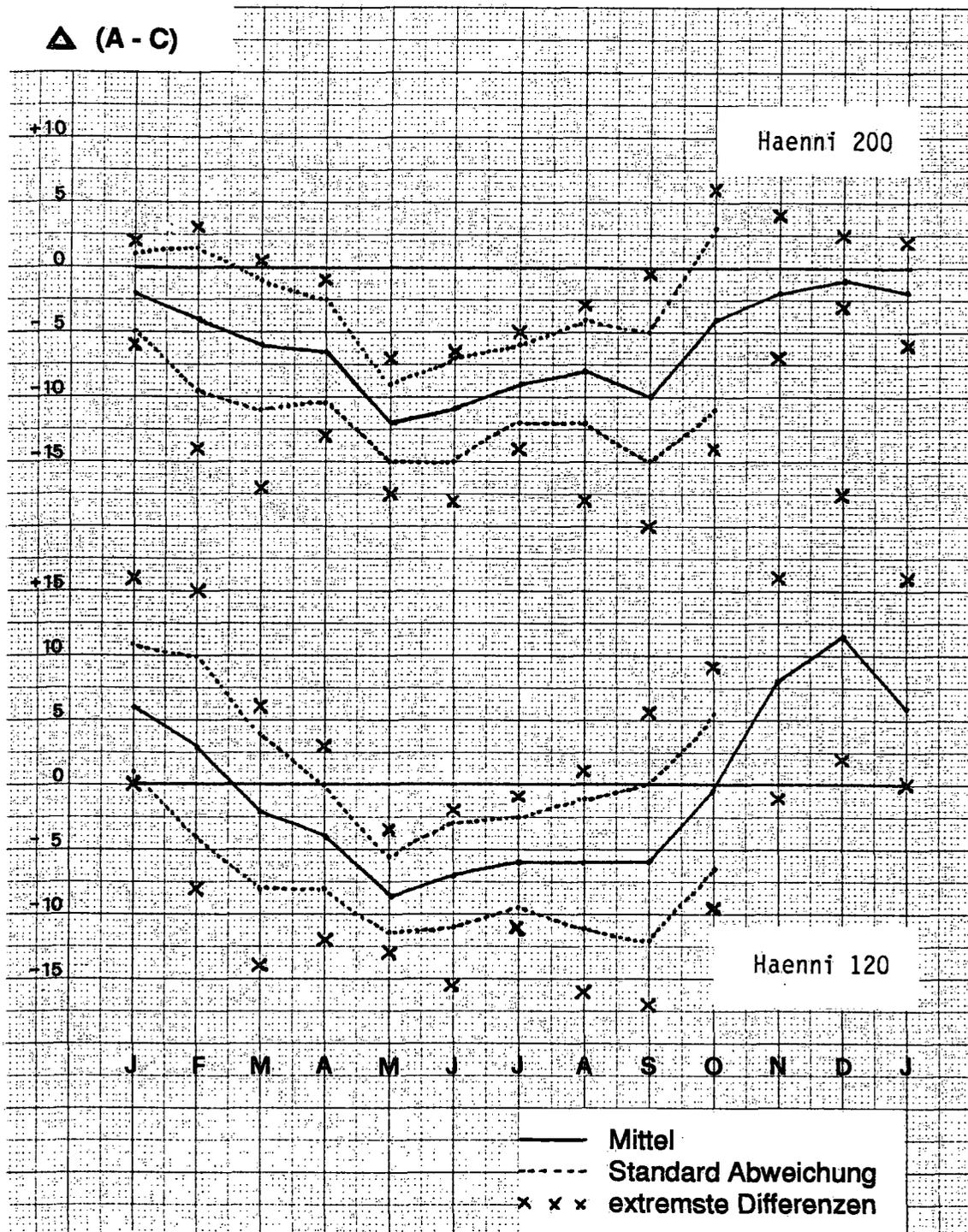


Abb. 7 Monatsmittel der stündlichen Differenzen (A-C) bei intermittierender Bewölkung (in Minuten) für Davos (März 1986 - Febr. 1987)

— Monatsmittel
 - - - Standard Abweichung
 x x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 200
 unten: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 120

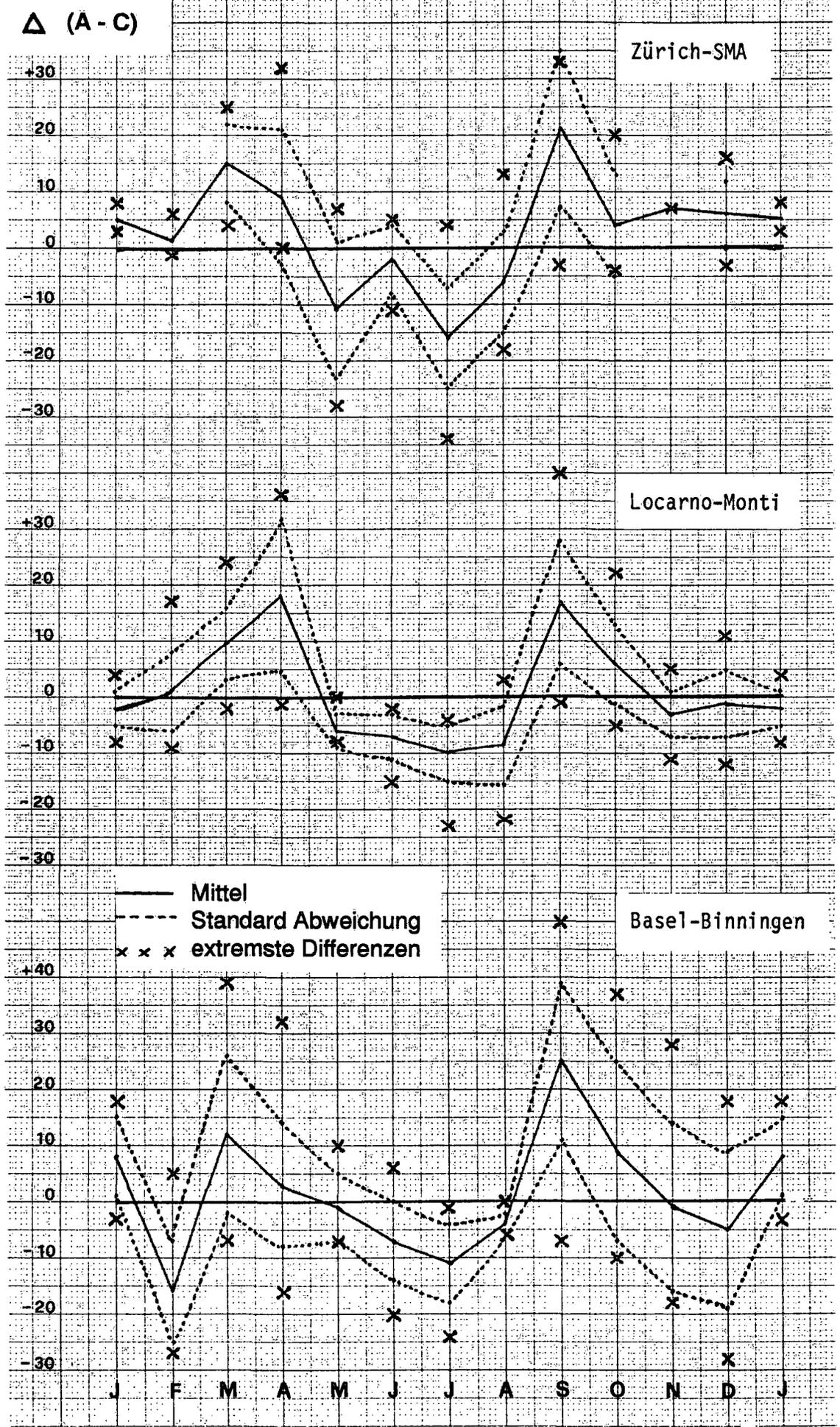


Abb. 8 Monatsmittel der Differenzen (A-C) bei heiterem Sonnenaufgang (in Minuten) 1983-1984

— Monatsmittel
 - - - Standard Abweichung
 x x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: für Zürich-SMA
 Mitte: für Locarno-Monti
 unten: für Basel-Binningen

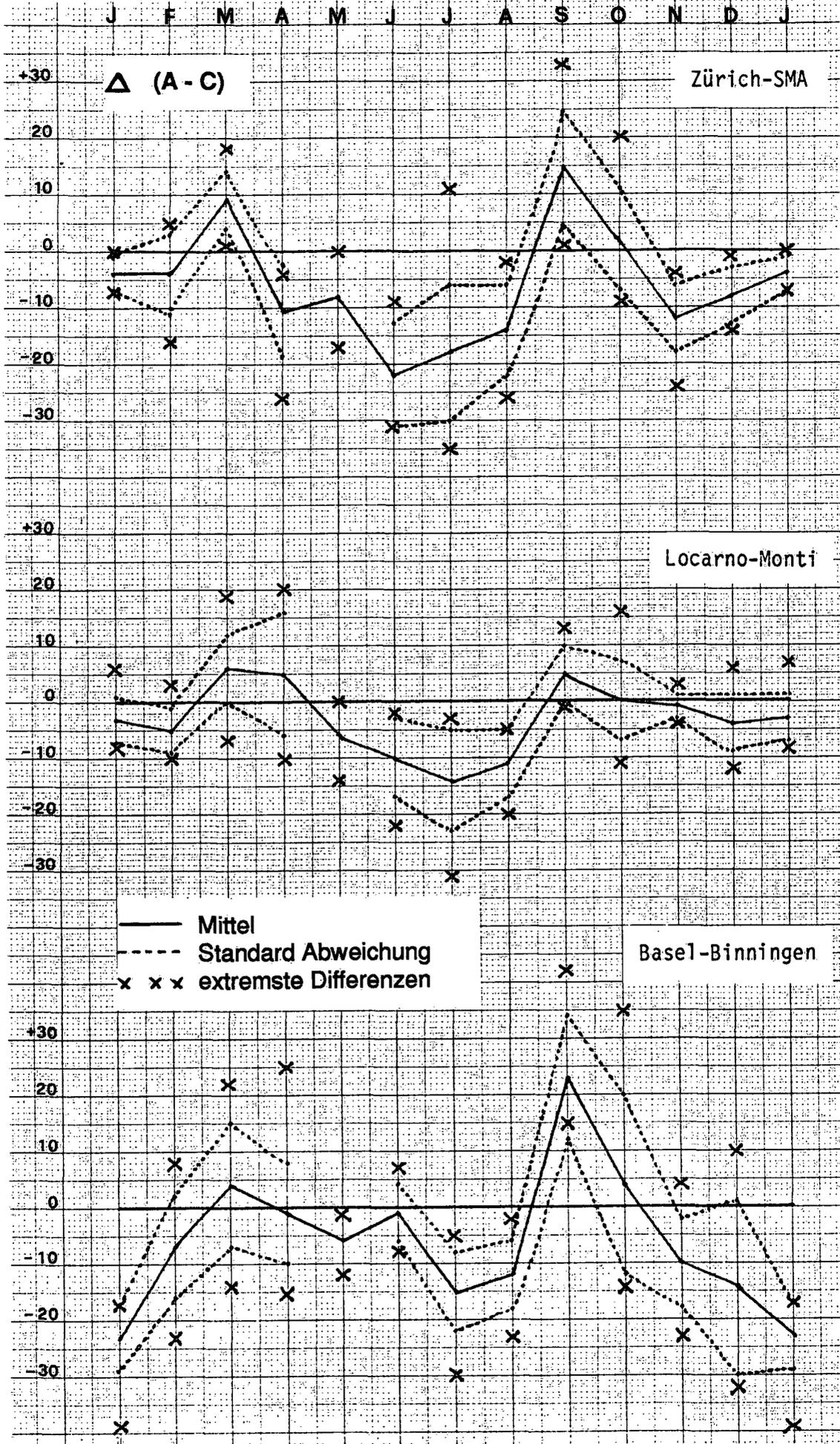


Abb. 9 Monatsmittel der Differenzen (A-C) bei heiterem Sonnenuntergang (in Minuten) 1983-1984

————— Monatsmittel
 - - - - - Standard Abweichung
 x x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: Zürich-SMA
 Mitte: Locarno-Monti
 unten: Basel-Binningen

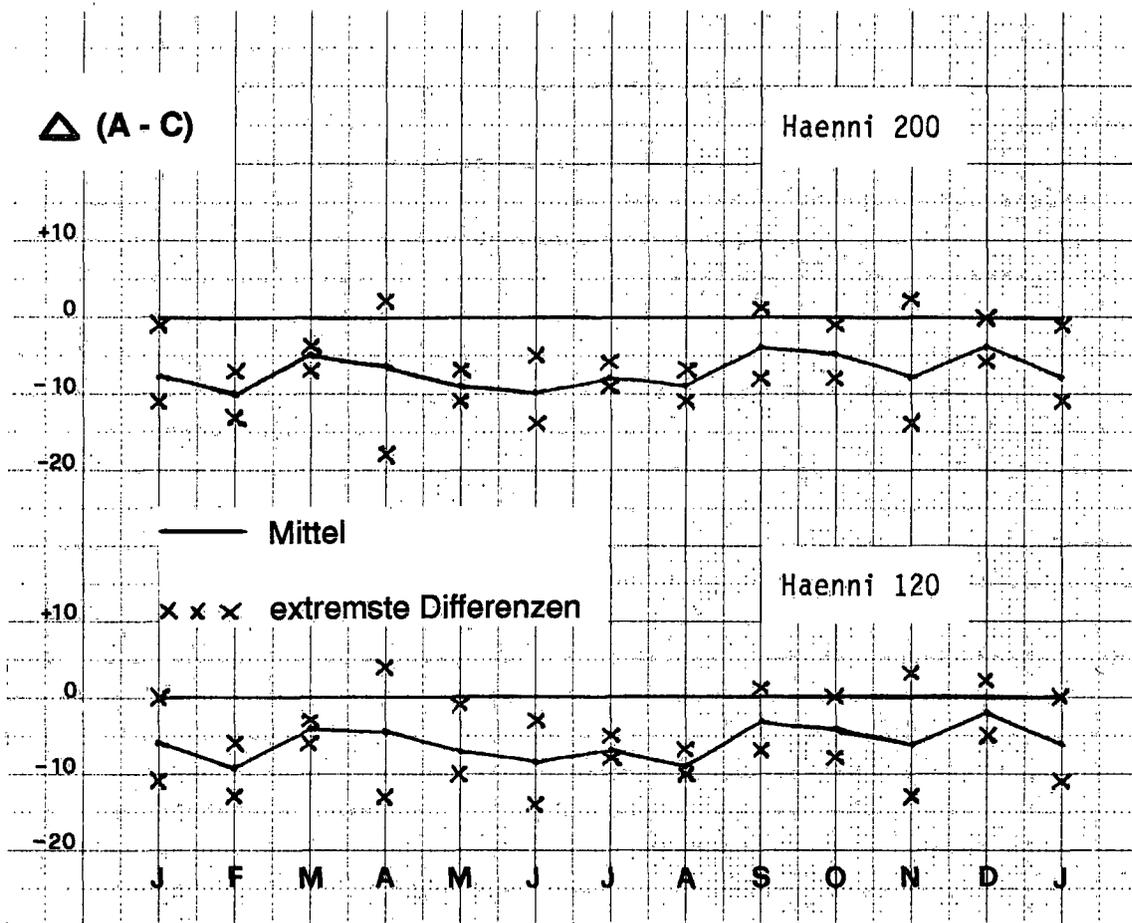


Abb. 10 Monatsmittel der Differenzen (A-C) bei heiterem Sonnenaufgang (in Minuten) für Davos März 1986 - Febr. 1989

— Monatsmittel
 x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 200
 unten: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 120

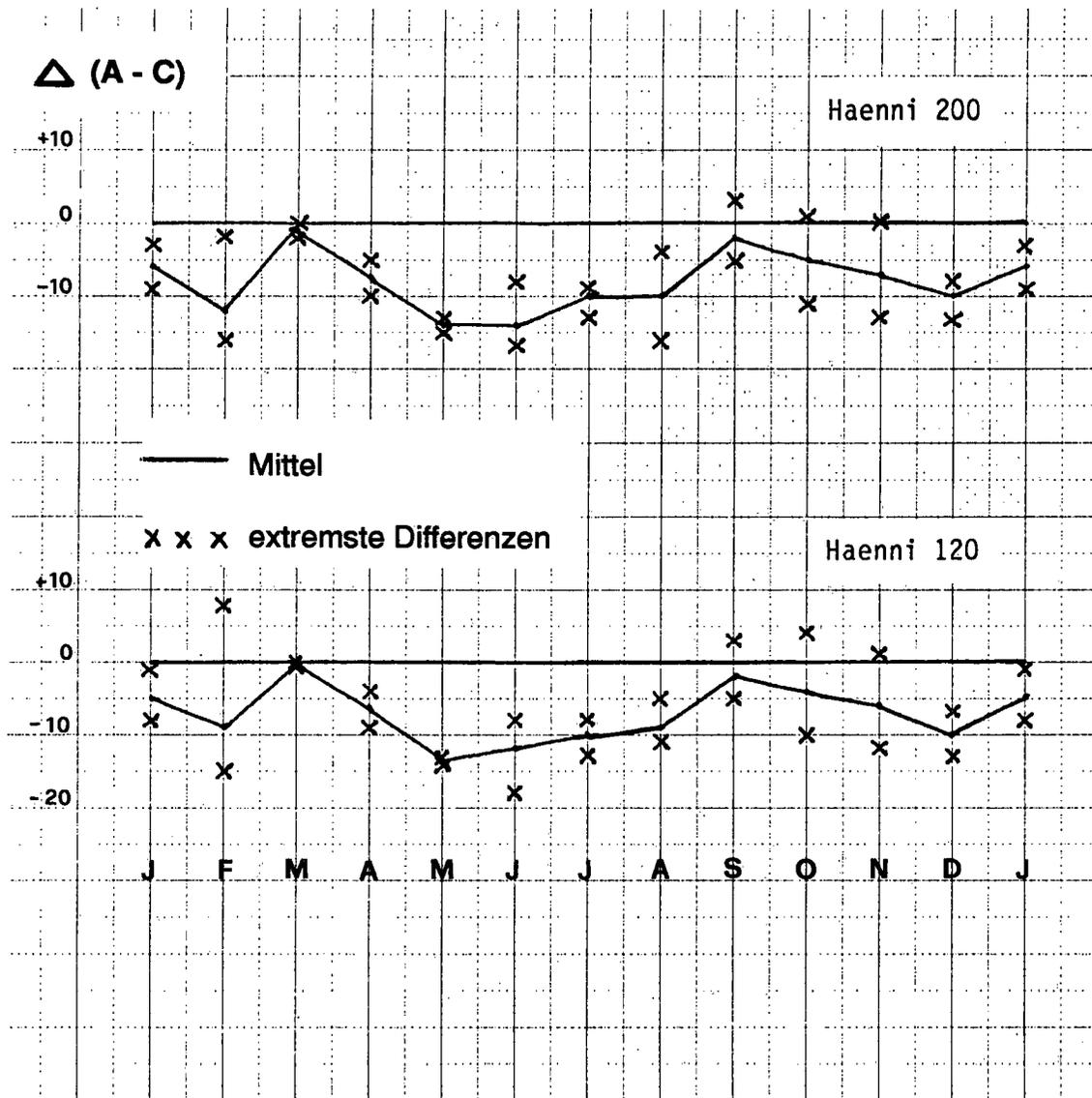


Abb. 11 Monatsmittel der Differenzen (A-C) bei heiterem Sonnenuntergang in (Minuten) für Davos März 1986 - Febr. 1987

— Monatsmittel
 x x x x extremste positive und negative Differenzen
 oben: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 200
 unten: Campbell-Stokes gegenüber Haenni 120

Sonnenzeit	8	10	12	14	16	C.S.	Tages
GMT	740	940	1140	1340	1540	Asta	Σ
<u>15. 3. 1982</u>							
C	60	60	60	60	60	10	Min pro Std
zeitkorrigiert	59	60	60	60	60	11	10h 10'
Asta	28	60	60	60	60	29	10h 57'
$\Delta(R-C)$	+28	0	0	0	0	+18	+47'
<u>10. 4. 1981</u>							
C	54	60	60	60	60	10	10h 04'
zeitkorrr.	4	60	60	60	60		10h 04'
Asta	26	60	60	60	60	26	10h 52'
$\Delta(R-C)$	+22	0	0	0	0	+26	+48'
<u>10. 9. 1983</u>							
C	18	60	60	60	60	18	10h 36'
zeitkorrr.	32	60	60	60	60	4	10h 36'
Asta	4	60	60	60	59	34	11h 37'
$\Delta(R-C)$	+4	0	0	0	-1	+30	+61'

Tab. 1

(aus Arbeitsblättern herausgegriffene Beispiele)

3 heitere Tage für Basel zur Zeit der Aequinoctien mit grossen Differenzen (A-C) bei Sonnenauf- und -untergang.

1. Zeilen jeweils: Auswertung des Campbell-Stokes "wahrer Mittag" um 12 Uhr
2. Zeilen: Campbell-Stokes-Werte so verschoben, dass der Mittag auf 11.40 UTC fällt
(am 15.03.82 -1'
am 10.04.81 +4'
am 10.09.83 +14')
3. Zeilen: Registrierung nach Asta
4. Zeilen: Stündliche Differenzen (A-C) in Minuten

	6	8	10	12	14	16	18	CS	Tages Σ
	5 ⁴⁰	7 ⁴⁰	9 ⁴⁰	11 ⁴⁰	13 ⁴⁰	15 ⁴⁰	17 ⁴⁰	Asta	
3. 7. 1982									
	A	1 60	60 60	55 52	49 58	43 60	36 60	C	9h 54'
		4 50	60 60	42 16	0 37	60 60	28	A	7h 33'
		+3 -10		-13 -36	-49 -21	-7	-8	A-C	-141'
	st. bew.			9/10 CS abwa. C			st. bew.		
9. 7. 1982									
	A	48 60	60 60	60 60	34 40	44 60	60 60	C	10h 52'
	Mo + Ab Zeitkorr.	53 60					60 1	C korr.	
		0 42	60 60	57 25	32 29	50 60	44 0	A	7h 33'
		-53 -18		-3 -9	-8 -15	-10	-16 -60	A-C	-193'
	Sicht ganzer Tag 3-10 mm. 00 9/10			8/10 CS, 2/10 C			3/10 CS		
10. 7. 1982									
	A	6 60	60 60	60 60	60 60	60 54	60 60	C	12h 43'
	Mo + Ab Zeitk.	11 60					60 38	C korr.	
		25 60	60 60	60 60	60 60	53 60	44	A	11h 02'
		-11 -35				-1	-16 -38	A-C	-101'
	00 Sicht 5-10			1/10 CS			Sicht 10-20 km		
13. 2. 1980									
	Zeitkorr. 4'	17 7	1 1	44 60	30 2	5 5		C	2h 46'
		7 8	3 3	52 56	31 2	7 7		A	2h 46'
		-10 +1	+2	+8 -4	+1 0	+2		A-C	0'

Tab. 2

(aus Arbeitsblättern herausgegriffene Beispiele)

3 Beispiele mit auffällig grossen Differenzen (A-C) zu gewissen Tagesstunden.

Es wird dazu vermerkt, bei welchen Wolken oder Sichtverhältnissen diese auftreten.

Dazu 1 Beispiel mit durchwegs wechselnder Bewölkung und dennoch Uebereinstimmung der Tagessummen.

C: Auswertung des Campbell-Stockes

A: Registrierung der Asta

A-C: die Stundendifferenzen zwischen beiden

C korr: "wahrer Mittag" des Campbell-Stokes auf 11.40 UTC der Asta umgerechnet.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
verwendet sonnenlos ausgesch.	20 9 2	18 7 3	19 11 1	21 4 2	27 1 3	21 2 7	23 2 6	25 1 5	25 4 1	13 16 2	25 5 -	20 9 2	1979
verwendet sonnenlos ausgesch.	23 6 2	27 2 -	15 12 4	27 2 1	21 8 2	25 4 1	21 5 5	22 1 8	20 1 9	18 7 6	14 15 1	24 5 2	1980
verwendet sonnenlos ausgesch.	26 3 2	23 3 2	21 8 2	21 8 1	26 3 2	21 2 7	22 4 5	27 - 4	19 10 1	23 8 -	29 - 1	20 10 1	1981
verwendet sonnenlos ausgesch.	20 10 1	19 7 2	24 5 2	26 4 -	24 3 4	24 4 2	26 2 3	25 5 1	22 3 5	23 5 3	16 12 2	18 9 4	1982
verwendet sonnenlos ausgesch.	89 28 7	87 19 7	79 36 9	98 18 4	98 15 11	91 12 17	92 13 19	99 7 18	86 18 16	77 36 11	84 32 4	82 33 9	1973 - 1982

Tab. 3a Anzahl der Tage, die für die Mittelbildung verwendet werden konnten (im Vergleich mit den sonnenlosen und ausgeschiedenen)
Lugano

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
verwendet sonnenlos ausgesch.	16 12 3	14 14 -	19 10 2	24 1 5	30 - 1	25 2 3	25 1 5	26 3 2	20 4 6	18 7 6	15 13 2	21 7 3	1979
verwendet sonnenlos ausgesch.	13 15 3	21 5 3	22 6 3	26 3 1	25 4 2	25 3 2	22 3 6	27 1 3	28 1 1	21 7 3	12 17 1	21 6 4	1980
verwendet sonnenlos ausgesch.	16 12 3	19 6 3	21 7 3	22 6 2	26 3 2	24 3 3	25 4 2	30 - 1	22 6 2	20 7 4	22 5 3	16 13 2	1981
verwendet sonnenlos ausgesch.	9 21 1	16 9 3	23 5 3	29 1 -	27 2 2	23 5 2	24 4 3	25 3 3	22 3 5	23 6 2	21 9 -	10 15 6	1982
verwendet sonnenlos ausgesch.	54 60 10	70 34 9	85 28 11	101 11 8	108 9 7	97 13 10	96 12 16	108 7 9	92 14 14	82 27 15	70 44 6	68 41 15	1979 - 1982

Tab. 3b Anzahl der Tage, die für die Mittelbildung verwendet werden konnten (im Vergleich mit den sonnenlosen und ausgeschiedenen)
Zürich SMA

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
verwendet sonnenlos ausgesch.	22 8 1	22 6 -	22 6 3	22 4 4	28 1 2	26 2 2	24 6 1	29 2 -	26 3 1	19 3 9	17 10 3	21 7 3	1979
verwendet sonnenlos ausgesch.	23 7 1	25 2 2	26 3 2	23 2 5	26 4 1	23 2 5	Ausfall bis 20. Aug.	11 - (20)	25 1 4	21 8 2	20 8 2	19 8 4	1980
verwendet sonnenlos ausgesch.	16 13 2	23 3 2	23 3 5	19 1 10	17 2 12	17 4 9	15 6 10	25 - 6	23 5 2	22 5 4	22 8 -	15 12 4	1981
verwendet sonnenlos ausgesch.	61 28 4	70 11 4	71 12 10	64 7 19	71 7 15	66 8 16	39 12 11	65 2 (26)	74 9 7	62 16 15	53 26 5	55 27 11	1979 - 1981

Tab. 3c Anzahl der Tage, die für die Mittelbildung verwendet werden konnten (im Vergleich mit den sonnenlosen und ausgeschiedenen)
Davos

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
verwendet sonnenlos ausgesch.	15 13 3	13 9 6	16 11 4	16 9 5	23 4 4	20 5 5	18 8 5	21 5 5	22 5 3	21 7 3	12 13 5	16 13 2	1979
verwendet sonnenlos ausgesch.	15 12 4	17 9 3	17 9 5	14 13 3	18 6 7	15 11 4	15 11 5	21 5 5	20 3 7	18 9 4	14 9 7	13 11 7	1980
verwendet sonnenlos ausgesch.	12 16 3	23 5 -	13 11 7	23 5 2	16 10 5	19 8 3	19 8 4	26 2 3	18 8 4	14 11 6	17 9 4	12 14 5	1981
verwendet sonnenlos ausgesch.	16 11 4	18 5 5	19 9 3	20 3 7	19 2 10	18 8 4	22 3 6	24 6 4	24 2 4	22 6 3	20 6 4	13 11 7	1982
verwendet sonnenlos ausgesch.	58 52 14	71 28 14	65 40 19	73 30 17	76 22 26	72 32 16	74 30 20	89 18 17	84 18 18	75 33 16	63 37 20	54 49 21	1979 - 1982

Tab. 3d Anzahl der Tage, die für die Mittelbildung verwendet werden konnten (im Vergleich mit den sonnenlosen und ausgeschiedenen)
Säntis

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
verwendet sonnenlos ausgesch.							30	27	24	21	18	24	1979
							-	3	5	9	9	6	
							1	1	1	1	3	1	
verwendet sonnenlos ausgesch.	18	23	22	27	25	28	25	27	29	20	17	25	1980
	11	6	6	2	4	1	5	4	-	9	13	5	
	2	-	3	1	2	1	1	-	1	2	-	1	
verwendet sonnenlos ausgesch.	19	21	18	23	28	26	25	31	24	22	24	21	1981
	10	5	8	7	3	2	5	-	5	8	6	10	
	2	2	5	-	-	2	1	-	1	1	-	-	
verwendet sonnenlos ausgesch.	13	18	26	30	30	25	28	30	26	22	20	14	1982
	14	9	4	-	1	2	3	-	3	8	9	17	
	4	1	1	-	-	3	-	1	1	1	1	-	
verwendet sonnenlos ausgesch.	21	18	25	27	24	27							1983
	9	10	5	3	7	-							
	1	-	1	-	-	3							
verwendet sonnenlos ausgesch.	71	80	91	107	107	106	108	115	103	85	79	84	1979
	44	30	23	12	15	5	13	7	13	34	37	38	-
	9	3	10	1	2	9	3	2	4	5	4	2	1983

Tab. 3e Anzahl der Tage, die für die Mittelbildung verwendet werden konnten (im Vergleich mit den sonnenlosen und ausgeschiedenen)
Basel-Binningen

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T B H K	1	2	1			1		1		1		2	1979
E	1	1		2	2	5	5	2	1	1			
T B H K	2		3 1	1			1	1	1		1	2	1980
E					1	1	4	6	6	5			
T B H K	2					1	1		1		1	1	1981
E		2	1	1	2	6	4	3					
T B H K	1		1			2	1	1			1	3	1982
E		2	1		4		2		4	2	1	1	
T B H K	4 2	2	4 2	1		4	3	3	2		3	8	Total
E	1	4	1	3	7	12	15	11	10	8		1	
K		1	2		4	1	1	3	4	1	1		

Tab. 4a Anzahl der ausgeschiedenen Tage, aufgeteilt nach dem Grund des Ausscheidens für Lugano

- T technische Fehler irgendwelcher Art
- B Beschlag von Reif oder Tau, ev. Schnee auf Campbell-Stokes
- H Campbell-Stokes zeitweise von Hindernis beschattet
- E ungleiche Empfindlichkeit von Haenni 200 und Campbell-Stokes
- K konsequenterweise weggelassene Tage

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
T B H K	E	1		2	1	1			2	1	3	5	2	1	1979
		2			1		1	2	1	4	1	1		2	
T B H K	E	3	3	1		1	1	1			1		1	1	1980
				2	1	1	1	4	1	2		2	1	3	
T B H K	E	1	3	2	1		2	1	1	2		1	1	1	1981
		1		1	1	1	1	1			2	1		1	
T B H K	E	1	1	1		1	1	1	1	2	1	1		1	1982
			1	1	1		1	1	2	3	1			2	
T B H K	E	4	1	4	2	2	4	3	2	4	1	2	2	2	total
		3	7	2		1		1	4	7	8	3	7		
T B H K	E		1	1	2	1	4	6	2	2	1	1	5	1	
		3		4	4	3	2	6	1	1	5	1	5	1	

Tab. 4b Anzahl der ausgeschiedenen Tage, aufgeteilt nach dem Grund des Ausscheidens für Zürich SMA

- T technische Fehler irgendwelcher Art
- B Beschlag von Reif oder Tau, ev. Schnee auf Campbell-Stokes
- H Campbell-Stokes zeitweise von Hindernis beschattet
- E ungleiche Empfindlichkeit von Haenni 200 und Campbell-Stokes
- K konsequenterweise weggelassene Tage

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T B K E	1		2		2	1 1				8 1	2 1	3	1979
T B K E	1		1	4 2		1	(34)	(18)	3 1	1	2	1 2	1980
T B K E	1					1	1	1				3 1	1981
		2	2	2	8	5	7	8	4		2	2	
T B K E	2 1		2	1 2	2	3 1	(1)	(1)	3 1	8 2	4 1	7 3	Total
	1	2	2	8	8	5	7	8	5	3	2	1	

Tab. 4c Anzahl der ausgeschiedenen Tage, aufgeteilt nach dem Grund des Ausscheidens für Davos

- T technische Fehler irgendwelcher Art
- B Beschlag von Reif oder Tau, ev. Schnee auf Campbell-Stokes
- H Campbell-Stokes zeitweise von Hindernis beschattet
- E ungleiche Empfindlichkeit von Haenni 200 und Campbell-Stokes
- K konsequenterweise weggelassene Tage

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T B H K E	3	3 1	2 1	1 2	1	2 1	2	1 2	2	1 1	1 3	1 1	1979
T B H K E	2 1	1 2	3 1	2	6 1	3	1 1	3 1	3 2	2 1	3 1	1 3	1980
T B H K E	2 1		2 5	1	1 3	1 1	1 1	2 1	1 3	2 3	1 2	2 3	1981
T B H K E	3	3 1	1 2	5	1 8	2 2	2 4	1 2	2	1 2	2	3 4	1982
T B H K E	10 2	7 4	8 9	9 2	8 2	8 1	5 1	4 4	8 5	6 7	7 6	7 11	total
	1	1	1	1	1	1	3	6	3	3	6	3	

Tab. 4d Anzahl der ausgeschiedenen Tage, aufgeteilt nach dem Grund des Ausscheidens für den Säntis

- T technische Fehler irgendwelcher Art
- B Beschlag von Reif oder Tau, ev. Schnee auf Campbell-Stokes
- H Campbell-Stokes zeitweise von Hindernis beschattet
- E ungleiche Empfindlichkeit von Haenni 200 und Campbell-Stokes
- K konsequenterweise weggelassene Tage

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T H K	B E								1			1		1979
	B E						1			1	1	1	1	1980
T H K	B E	1	1	1	1	1	1				2			1981
	B E	2		2			1							1981
T H K	B E		2	1				1		1	1			1982
	B E	4		1			1		1			1		1982
T H K	B E		1											1983
	B E	1		1										1983
T H K	B E	2		4			2		1	1		1	1	total
	B E	5		3			1			1		1	1	total
T H K	B E	1	1	2	1	1	4	3	1	2	4	1	1	
	B E	1		1	1	1	2			1	1	1	1	

Tab. 4e Anzahl der ausgeschiedenen Tage, aufgeteilt nach dem Grund des Ausscheidens für Basel-Binningen

- T technische Fehler irgendwelcher Art
- B Beschlag von Reif oder Tau, ev. Schnee auf Campbell-Stokes
- H Campbell-Stokes zeitweise von Hindernis beschattet
- E ungleiche Empfindlichkeit von Haenni 200 und Campbell-Stokes
- K konsequenterweise weggelassene Tage

					J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<u>Lugano</u>																	
$\bar{\Delta}$	(A-C)	pro Tag			-0.1	-0.25	+0.0	-0.2	-0.65	-0.7	-0.65	-0.55	-0.2	-0.15	-0.2	-0.15	
$\pm s$					\pm 0.2	0.25	0.3	0.4	0.45	0.45	0.45	0.4	0.4	0.3	0.25	0.2	
n					89	87	79	98	98	91	92	99	86	77	84	82	
extreme	}	Δ	(A-C)		+0.3	+0.5	+0.9	+0.7	+0.1	0.0	+0.3	+0.1	+1.0	+0.4	+0.4	+0.2	
							-0.5	-0.8	-1.1	-1.8	-1.6	-1.8	-1.7	-2.5	-1.3	-0.8	-0.7
<u>Zürich-SMA</u>																	
$\bar{\Delta}$					-0.0	-0.0	+0.1	-0.2	-0.45	-0.4	-0.55	-0.4	+0.0	+0.0	-0.0	-0.0	
$\pm s$					\pm 0.25	0.3	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	
n					54	70	85	101	108	97	96	108	92	52	70	68	
extreme	}	Δ	(A-C)		+0.5	+0.5	+1.0	+0.9	+0.5	+0.5	+0.2	+0.3	+1.4	+0.4	+0.4	+0.8	
								-0.6	-1.0	-1.2	-1.5	-2.1	-1.7	-2.3	-1.9	-1.4	-1.1
<u>Davos</u>																	
$\bar{\Delta}$					+0.1	-0.0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.7	-0.4	+0.0	+0.1	+0.05	+0.1	
$\pm s$					\pm 0.25	0.2	0.4	0.5	0.5	0.45	0.6	0.35	0.3	0.2	0.25	0.2	
n					61	70	71	64	71	66	(40)	(65)	74	62	59	55	
extreme	}	Δ	(A-C)		+0.9	+0.6	+0.6	+0.4	+0.4	+0.3	+0.4	0.0	+0.6	+0.5	+0.7	+0.5	
								-0.5	-0.9	-1.1	-1.6	-1.9	-1.6	-2.0	-1.5	-0.6	-0.4
																	(1) technische Ausfälle

Tab. 5a

Monatsmittel der Differenz der Sonnenscheindauer in Stunden pro Tag mit Sonne, gemessen mit Haenni 200 und verglichen mit Auswertung nach Campbell-Stokes (Unterlagen für Abb. 5)

- $\bar{\Delta}$: Jahresgang der Tagesmittel
- $\pm s$: Standard Abweichung
- n: Anzahl der verwendeten Werte
- extreme } extreme Differenzen
- Δ }

					J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>Säntis</u>																
$\bar{\Delta}$					+0.2	+0.2	+0.2	+0.05	-0.3	-0.25	-0.3	-0.5	-0.05	+0.1	+0.25	+0.25
$\pm s$					± 0.3	0.35	0.5	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.45	0.4	0.2	0.25
n					58	71	65	73	76	72	74	83	84	75	63	54
extreme } Δ					+0.9	+1.2	+1.2	+1.2	+0.8	+1.0	+0.8	+0.4	+0.8	+0.3	+0.7	+0.9
					-0.4	-0.3	-1.2	-1.8	-2.2	-1.8	-2.2	-1.8	-1.1	-1.2	-0.2	-0.1
<u>Basel-Bi</u>																
$\bar{\Delta}$					-0.2	-0.4	-0.1	-0.5	-0.9	-1.0	-0.95	-0.8	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2
$\pm s$					± 0.3	0.35	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.65	0.7	0.45	0.3	0.25
n					71	80	91	107	107	106	108	115	103	85	79	84
extreme } Δ					+0.4	+0.2	+1.0	+1.5	+0.1	0.0	0.0	+0.3	+1.6	+0.8	+0.6	+0.2
					-0.8	-1.5	-1.0	-2.7	-2.9	-3.4	-2.9	-3.5	-2.2	-1.7	-1.2	-1.1

Tab. 5b: Monatsmittel der Differenz der Sonnenscheindauer in Stunden pro Tag mit Sonne, gemessen mit Haenni 200 und verglichen mit Auswertung nach Campbell-Stokes (Unterlagen für Abb. 5)

$\bar{\Delta}$: Jahresgang des Tagesmittel
 $\pm s$: Standard-Abweichung
n: Anzahl der verwendeten Werte

extreme }
 Δ } extreme Differenzen

Lugano, Zürich, Säntis: 1979 - 1982
Davos: 1979 - 1981
Basel: Juli 1979 - Juni 1983

10.4. 1984	8	10	12 ²⁶ MEZ	Sonnenzeit
	7 ⁴⁰	9 ⁴⁰	12 ¹⁴	GMT
C	29	24	60	4
Astg	38	22	54	57
Δ(A-C)	+9	-2	-6	-3
1. Periode 6 ⁴⁰ 9 ⁴⁰	$\bar{A} = 36'/h$		$\bar{A} = 56'/h$	2. Periode 9 ⁴⁰ 12 ⁴⁰
(w.b.)	"wechs. bew."	"leicht bew."	"leicht bew."	(l.b.)
2.5. 1984	8	10	12 ²³ MEZ	
	7 ⁴⁰	9 ⁴⁰	12 ¹⁴	GMT
C	33	21	57	48
Astg	33	19	54	47
Δ(A-C)	0	+1	-2	-3
1. Periode 5 ⁴⁰ 10 ⁴⁰	$\bar{A} = 22'/h$		$\bar{A} = 52'/h$	2. Periode 10 ⁴⁰ 17 ⁴⁰
(w.b.)	"wechs. bew."	"leicht bew."	"leicht bew."	(l.b.)

Tab. 6

(aus Arbeitsblättern herausgegriffene Beispiele)
 2 Beispiele für ungleiche Perioden wechselnder Bewölkung
 am gleichen Tag (Zürich- SMA)
 10.04.1984: 07-10 h: wechsell bewölkt (wb)
 10-13 h: leicht bewölkt (lb) (≡V 45'/Std)
 02.09.1984: 06-11 h: wechselnd bewölkt (wb)
 11-18 h: leicht bewölkt (lb) (≡V 45'/Std)
 (Randstunden werden nicht gezählt)

a)		Sonnenzeit	12	14	16		
13.2.1983		MEZ	12 ⁴⁰				
		GMT	11 ⁴⁰	13 ⁴⁰	15 ⁴⁰		
C			48 60	54 21	24		
Asta			20 19	53 24	17		
$\Delta(A-C)$			<u>-28</u> <u>-41</u>	-1 +3	-7		
			6/8 tiefer St				
			in Auflösung				
b)		Sonnenzeit	12	14			
27.3.1983		MEZ	12 ³⁴				
		GMT	11 ⁴⁰	13 ⁴⁰			
C	Vorm.	f fast heiter	60 9	18 9			
Asta			60 36	43 21			
$\Delta(A-C)$			0 <u>+27</u>	<u>+25</u>	<u>+12</u>		
			5/8 Ci, Cs		8/8		
			Halo		Cs		
c)		Sonnenzeit	10	12	14	16	
8.7.1983		MEZ		12 ³⁵			
		GMT	9 ⁴⁰	11 ⁴⁰	13 ⁴⁰	15 ⁴⁰	
C	heiter		60 55	52 49	58 43	60 heiter	
Asta			60 42	16 0	37 36	60	
$\Delta(A-C)$		0 0	<u>-13</u> <u>-36</u>	<u>-49</u>	<u>-21</u> -7	0 0	
				7/10 Dichte 0"			
				"(Ci)			

Tab. 7

(aus Arbeitsblättern herausgegriffene Beispiele)

3 Beispiele von Tagen mit zeitweise ausgefallenen grossen stündlichen Differenzen (A-C) bei intermittierender Sonnenscheindauer.

- Während der Auflösung des tiefen Stratus (Hochnebels) bleibt Asta rund 40 Minuten zurück. Die 3 folgenden Stunden fallen unter "trend" (Zürich-SMA)
 - Cirrus und Cirrostratus müssen grossenteils vor der Sonne gestanden haben, damit es zu einem Halo kam. Dabei wurde bei Campbell-Stokes weniger Sonnenscheindauer ausgewertet (Zürich-SMA)
 - Zwischen heiterem Himmel am Vor- und Nachmittag zogen dichte Cirren vorbei und liessen die Differenz auf fast 50'/Std ansteigen (Basel-Binningen)
- Alle 3 Beispiele gehören zu den "aus dem Kollektiv ausgeschiedene".

Tab. 8

Monats- und Jahresmittel der stündlichen Differenzen (A-C) bei intermittierender Bewölkung (Minuten). (Unterlagen zu Abb. 6)

- 1. Zeilen jeweils: mittlere stündliche Differenzen
- 2. Zeilen: Standard Abweichung
- 4. Zeilen: ausgeschiedene Fälle
- 5. Zeilen: kleinste stündliche Differenzen
- 6. Zeilen: grösste stündliche Differenzen

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
ZH-SMA														
	1983 + 1984													
$\bar{\Delta}$		+ 1/2	- 1	- 1/2	- 3	- 5	- 4 1/2	- 4	- 3 1/2	- 4	- 1	+ 2	+ 3	M: - 1,75
$\pm S$		4	4 1/2	4	3	3	4	3	4	5	4	4	3 1/2	
Anzahl Beisp.		21	13	18	19	27	35	16	23	23	15	17	5	Σ 232
ausgeschieden		1		1	1	2	1	2						8
Min		- 8	- 10	- 7	- 8	- 10	- 13	- 11	- 10	- 14	- 10 1/2	- 3	0	
Max		+ 6 1/2	+ 6	+ 8	+ 1/2	0	+ 5	+ 1 1/2	+ 5 1/2	+ 5	+ 7	+ 10	+ 8	
LOC-Monti														
	1983 + 1984													
$\bar{\Delta}$		+ 0	+ 0	+ 3 1/2	- 1 1/2	- 4	- 4 1/2	- 4	- 5	- 1 1/2	- 1	0	+ 6 1/2	M: - 0,88
$\pm S$		3 1/2	5	5	4 1/2	3	4	2	3	4 1/2	6	2	4	
Anzahl Beisp.		20	9	18	10	22	19	14	26	15	8	10	7	Σ 178
ausgeschieden		2	2	3	1	2	1	6	2		1			20
Min		- 6	- 8	- 2	- 9	- 9	- 12	- 8	- 11	- 7	- 8 1/2	- 3	+ 0	
Max		+ 6	+ 7	+ 14 1/2	+ 4	+ 2	+ 2	- 1	+ 2 1/2	+ 11	+ 7	+ 4	+ 11 1/2	
Ba-Bi														
	Juli 1982 - Juni 1984													
$\bar{\Delta}$		- 2	- 3	- 3	- 6	- 8	- 6 1/2	- 9	- 6	- 6	- 6	- 4 1/2	- 1	M: - 5,05
$\pm S$		4	3	4	3 1/2	5	3	3	3	3 1/2	3 1/2	2	5	
Anzahl Beisp.		22	16	15	22	26	25	19	18	21	20	12	10	Σ 226
ausgeschieden				1		11	6	5	4	2		1	2	22
Min		- 10	- 9	- 9	- 13	- 16	- 12	- 13	- 11	- 12	- 12	- 9	- 8	
Max		+ 3	+ 3	+ 3	0	- 3 1/2	- 2	- 4	+ 1	+ 2	+ 2	- 2	+ 9	

Tab. 10
 Arbeitsblatt von Basel-Binnigen
 Versuch mit Aufteilung nach "stark" (sb), "wechselnd" (wb) und
 "leicht bewölkt" (lb)
 $\bar{\Delta}$ = Monatsmittel der Differenzen (Minuten/h)
 s = Standard Abweichung
 n = Anzahl der Beispiele

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\bar{\Delta}/h:$												
sb	-1 $\frac{1}{2}$	-4	-4	-4	-7	-6 $\frac{1}{2}$	-6	-6	-6	-6	-	-2
wb	-3	-4	-4 $\frac{1}{2}$	-6	-8	-6	-8	-6 $\frac{1}{2}$	-7	-4 $\frac{1}{2}$	-4	-3
lb	-1	-	-5	-	-4 $\frac{1}{2}$	-5	-5 $\frac{1}{2}$	-6	-5	-	-	-
$\pm s:$												
sb	4	4	3 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	3	3	3	3	2 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	-	3
wb	3	4	2	3	3 $\frac{1}{2}$	2	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	4	2	4	3
lb	3 $\frac{1}{2}$	-	3	-	1	3	2	2	1 $\frac{1}{2}$	-	-	-
n:												
sb	12	9	20	8	20	11	16	8	9	8	5	7
wb	21	25	25	36	40	34	30	29	28	29	23	30
lb	11	4	6	4	8	19	9	12	8	2	5	3

sb = $\bar{\Delta}/h \leq 15'$
 stark bewölkt

wb = $\bar{\Delta}/h (16-44')$
 wechselnd bewölkt

lb = $\bar{\Delta}/h \geq 45'$
 leicht bewölkt

<u>B₀ - B_i</u>														
13.3.1984														
	C (auf 1140 korrigiert)						60	60	60	60	60	48		
	Asta						60	60	60	60	60	60	3	
	$\Delta(A-C)$						0	0	0	0	0	+12	+3	
							Auf Schatten des Papierhalters gestossen							
12.3.1984														
	C zeitkorrigiert	19	60	60	60	60	60	60	60	60	60	11		
	Asta	35	60	60	60	60	60	60	60	60	60	33		
	$\Delta(A-C)$	+16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+22		$\Sigma \Delta = +38'$
	am Morgen	besteht eine ähnlich grosse Differenzen												
24.3.1983														
	C korrig.	9	60	60	60	60	60	60	60	60	60	51		
	Asta	36	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	9	
	$\Delta(A-C)$	+27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+9	+9	$\Sigma \Delta = +45'$
	dasselbe gilt für	die Äquinoktien des Herbstes												
19.9.1983														
	C korrig.	32	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	4	
	Asta	4	60	60	60	60	60	60	60	60	59	60	34	
	$\Delta(A-C)$	+4	+28	0	0	0	0	0	0	0	(-1)	0	+30	$\Sigma \Delta = +62'$
<u>Loc - Monti</u>														
27.3.1983														
	C korrig.	34	60	60	60	60	60							
	Asta	58	60	60	60	60	60							
	$\Delta(A-C)$	+24	0	0	0	0	0	nach $T_{min} = 3^\circ$ bei rel. F $\leq 40\%$ oder $0.1 \frac{1}{3} C_i$ (nicht vor 0)						
20.3.1983														
	C korrig.	22	60	60	60	60	60							
	Asta	43	60	60	60	60	60							
	$\Delta(A-C)$	+21						$0.5 \frac{1}{3}$	= keine Wolken, kein Dunst kein anderer sichtlicher Grund...					

Tab. 12

(aus Arbeitsblättern herausgegriffene Beispiele)

Schattenwurf des Papierhalters auf die Registrierung von Campbell-Stokes.

4 Beispiele von Basel-Binningen zeigen am Morgen und Abend ähnlich grosse positive Differenzen. Die 2 Beispiele von Locarno-Monti sind Ausnahmen.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta (A-C)$ an heiteren Morgen	-Minuten-											
$\bar{\Delta}$	+5	+1 $\frac{1}{2}$	+15	+9	-11	-2	-16	-6	+21	+4	+7	+6
$\pm s$	-	-	7	12	12	6	9	9	14	9	-	6
n	4	4	13	9	8	7	21	16	9	6	2	7
ausgesch.	2	1	1	1		4	3					1
Min	+3	-1	+4	0	-28	-11	-34	-18	-3	-4	+7	-3
Max	+8	+6	+25	+32	+7	+5	+4	+13	+33	+20	+7	+16

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta (A-C)$ an heiteren Abenden												
$\bar{\Delta}$	-4	-4	+9	-10 $\frac{1}{2}$	-8	-22	-18	-14	+14 $\frac{1}{2}$	+2	-12	-8
$\pm s$	3	7	5	8	-	9	12	8	10	9	6	5
n	7	8	15	6	3	7	14	11	10	17	7	10
ausgesch.		1	1	2						1		
Min	-7	-16	+1	-26	-17	-31	-35	-26	+1	-9	-24	-14
Max	0	+5	+18	-6	0	-9	+11	-2	+33	+20	-4	-1

$\Sigma \Delta (Mo + Ab)$

$\bar{\Delta}$	0	+ $\frac{1}{2}$	+25 $\frac{1}{2}$	-5	-21 $\frac{1}{2}$	-28	-36	-21	+28	+2 $\frac{1}{2}$	0	-4
$\pm s$	-	-	12	-	-	-	13	13	15	-	-	6
n	4	2	8	4	2	4	8	9	5	4	2	5
Min	-3	-3	+10	-9	-28	-42	-60	-44	+11	-9	-3	-10
Max	+6	+4	+39	+1	-15	-16	-18	-1	+51	+12	+3	+2

Tab. 14

Monatsmittel der Differenzen (A-C) in Minuten für Zürich-SMA 1983+1984

oben: bei heiterem Sonnenaufgang

Mitte: bei heiterem Sonnenuntergang

unten: die Summe beider Differenzen an heiteren Tagen

1. Zeile jeweils: mittlere Differenz über den Monat

2. Zeile: Standard Abweichung

3. Zeile: Anzahl der Beispiele

4. Zeile: kleinste Differenzen

5. Zeile: grösste Differenzen

(Unterlagen für Abb. 8 und 9)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta(A-C)$ an heiteren Morgen - Minuten -												
$\bar{\Delta}$	-2	+1	+9 $\frac{1}{2}$	+18	-6	-7	-10	-8 $\frac{1}{2}$	+17	+6	-3	-1
$\pm s$	3	7	6 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$	3	4	5	7	11	7	4	6
n	22	14	17	14	5	12	25	12	18	26	23	31
ausgesch.							3	1				
Min	-8	-9	-2	-1	-8	-15	-23	-22	-1	-5	-11	-12
Max	+4	+17	+24	+36	0	-2	-4	+3	+40	+22	+5	+11

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta(A-C)$ an heiteren Abenden												
$\bar{\Delta}$	-3	-5	+6	+5	-6	-10	-14	-11	+5	0	-1	-4
$\pm s$	4	4	6	11	-	7	9	6	5	7	2	5
n	22	14	16	15	4	9	18	5	5	24	21	28
ausgesch.						1	2					
Min	-8	-10	-7	-10	-14	-22	-31	-20	-1	-11	-4	-12
Max	+7	+3	+19	+20	0	-2	-3	-5	+13	+16	+3	+6

$\Sigma \Delta (Mo + Ab)$

$\bar{\Delta}$	-4	-4	+15	+19	-6	-14	-23	-15	+24	+7	-4	-4
$\pm s$	5	8	7	27	-	-	12	-	14	13	4	4
n	19	10	10	5	1	2	14	2	12	19	18	23
Min	-10	-18	+3	-10	-6	-14	-40	-17	-2	-7	-11	-10
Max	+7	+10	+27	+35	-6	-14	-10	-13	+43	+34	+5	+7

Tab. 15 Mittlere Differenzen (A-C) in Minuten für Locarno-Monti 1983+1984

- oben: bei heiterem Sonnenaufgang
 Mitte: bei heiterem Sonnenuntergang
 unten: die Summe beider Differenzen an heiteren Tagen
1. Zeile jeweils: mittlere Differenz über den Monat
 2. Zeile: Standard Abweichung
 3. Zeile: Anzahl der Beispiele
 4. Zeile: kleinste Differenzen
 5. Zeile: grösste Differenzen
- (Unterlagen für Abb. 8 und 9)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta(A-C)$ an heiteren Morgen - Minuten -												
$\bar{\Delta}$	+8	-16	+12	+3	-1	-7	-11	-4	+25	+9	-1	-5
$\pm s$	7	9	14	11	6	7	7	2	14	16	15	14
n	5	9	14	16	7	13	19	9	17	8	12	13
ausgesch.	2	1	3	2			1	1			1	1
Min	-3	-27	-7	-16	-7	-20	-24	-6	-7	-10	-18	-28
Max	+18	+5	+39	+32	+10	+6	-1	0	+50	+37	+28	+18

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\Delta(A-C)$ an heiteren Abenden												
$\bar{\Delta}$	-23	-7	+4	-1	-6	-1	-15	-12	+23	+4	-10	-14
$\pm s$	6	9	11	9	-	5	7	6	11	16	8	16
n	6	12	19	15	3	7	15	10	11	10	11	8
ausgesch.		1							1			
Min	-39	-23	-14	-15	-12	-8	-30	-23	+15	-14	-23	-32
Max	-17	+8	+22	+25	-1	+7	-5	-2	+42	+35	+4	+10

$\sum \Delta (Mo + Ab)$

$\bar{\Delta}$	-10	-18	+16	-1	-1	-11	-25	-16	+52	+16	-4	-15
$\pm s$	-	6	13	9	-	9	8	7	20	16	15	17
n	3	7	9	12	1	5	11	6	7	5	6	7
Min	-20	-25	-7	-14	-1	-23	-34	-28	+18	-11	-18	-42
Max	-3	-10	+38	+20	-1	-1	-10	-5	+84	+56	+18	+11

Tab. 16 Mittlere Differenz (A-C) in Minuten für Basel-Binningen Juli 1982 - Juni 1984

oben: bei heiterem Sonnenaufgang

Mitte: bei heiterem Sonnenuntergang

unten: die Summe beider Differenzen an heiteren Tagen

1. Zeile jeweils: mittlere Differenz über den Monat

2. Zeile Standardabweichung

3. Zeile: Anzahl der Beispiele

4. Zeile: kleinste Differenzen

5. Zeile: grösste Differenzen

(Unterlagen für Abb. 8 und 9)

1986
1987 J F M A M J J A S O N D

a) $\bar{\Delta}$ (HäI-C) an heiteren Morgen

$\bar{\Delta}$	-8	-10	-5	-6½	-9	-10	-8	-9	-4	-5	-8	-4
$\pm S$	3	-	-	-	1	2½	1	1	3	2½	4½	2
n	13	6	4	4	7	11	13	9	13	17	14	11
ausg.						1		1	1	1	1	
Min.	-11	-13	-7	-18	-11	-14	-9	-11	-8	-8	-14	-6
Max.	-1	-7	-4	+2	-7	-5	-6	-7	+1	-1	+2	0

b) $\bar{\Delta}$ (HäI-C) an heiteren Abenden

$\bar{\Delta}$	-6	-12	-1	-7½	-14	-14	-10	-10	-2	-5	-7	-10
$\pm S$	2	-	-	-	-	3	1½	-	3	3	4	2
n	11	6	3	2	2	8	7	6	7	18	11	8
ausg.					1			1			1	
Min.	-9	-16	-2	-10	-15	-17	-13	-16	-5	-11	-13	-13
Max.	-3	-2	0	-5	-13	-8	-9	-4	+3	+1	0	-8

c) $\bar{\Delta}$ (HäI-C) (Mo + Ab)

$\bar{\Delta}$	-15	-21	-6	-	-	-23	-18	-16	-6	-10	-15	-14
$\pm S$	2½	-	-	-	-	-	2	-	-	4½	4	2
n	9	5	1	-	-	6	7	4	6	14	12	8
Min.	-17	-24	-6	-	-	-25	-20	-20	-12	-19	-19	-16
Max.	-9	-14	-6	-	-	-19	-15	-13	+2	-4	-8	-12

Tab. 17

Monatsmittel der Differenzen (A-C) in Minuten für Davos mit Haenni 200
März 1986 - Febr. 1987

oben: bei heiterem Sonnenaufgang

Mitte: bei heiterem Sonnenuntergang

unten: die Summe beider Differenzen an heiteren Tagen

1. Zeile jeweils: mittlere Differenz an heiteren Tagen

2. Zeile: Standard Abweichung

3. Zeile: Anzahl der Beispiele

4. Zeile: ausgeschiedene Fälle

5. Zeile: kleinste Differenz

6. Zeile: grösste Differenz

Bemerkungen zu den ausgeschiedenen Fällen:

a) Juni: 2/8Ci befinden sich ev. z.T. vor der Sonne. -66 resp. -65'

Aug: ev. Streifen verschoben

Sep: ev. nicht völlig wolkenlos

Okt: Ci ev. vor der Sonne

Nov: ev. Streifen verschoben

b) Mai: ev. Ci vor der Sonne

Aug: ev. Streifen verschoben (wie am Morgen auch zu beobachten)

Nov: ev. Streifen verschoben (wie am Morgen auch zu beobachten)

1986 J F M A M J J A S O N D
 1987

a) $\bar{\Delta}$ (Hä II - C) an heiteren Morgen

$\bar{\Delta}$	-6	$-9\frac{1}{2}$	-4	$-4\frac{1}{2}$	-7	$-8\frac{1}{2}$	-7	-9	-3	-4	-6	-2
$\pm s$	3	-	-	-	3	3	1	1	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	5	2

Min	-11	-13	-6	-13	-10	-14	-8	-10	-7	-8	-13	-5
Max	0	-6	-3	+4	-1	-3	-5	-7	+1	0	+3	+2

b) $\bar{\Delta}$ (Hä II - C) an heiteren Abenden

$\bar{\Delta}$	-5	-9	-0	$-6\frac{1}{2}$	$-13\frac{1}{2}$	-12	-10	-9	-2	-4	-6	-10
$\pm s$	2	-	-	-	-	3	2	-	3	4	4	2

Min	-8	-15	-1	-9	-14	-18	-13	-11	-5	-10	-12	-13
Max	-1	+8	0	-4	-13	-8	-8	-5	+3	+4	+1	-7

c) $\bar{\Delta}$ (Hä II - C) (Mo + Ab)

$\bar{\Delta}$	-13	-18	-3	-	-	-21	-17	$-15\frac{1}{2}$	-5	-9	-13	-12
$\pm s$	3	-	-	-	-	-	2	-	-	4	4	2

Min	-16	-23	-3	-	-	-23	-20	-19	-10	-17	-18	-14
Max	-7	-4	-3	-	-	-17	-14	-13	+3	-3	-4	-10

Tab. 18 Monatsmittel der Differenzen (A-C) in Minuten für Davos mit Haenni 120
 März 1986 - Febr. 1987

oben: bei heiterem Sonnenaufgang
 Mitte: bei heiterem Sonnenuntergang
 unten: die Summe beider Differenzen an heiteren Tagen

1. Zeile jeweils: mittlere Differenz über den Monat.
2. Zeile: Standard Abweichung
3. Zeile: kleinste Differenz
4. Zeile: grösste Differenz

(für Anzahl der Beispiele, ausgeschiedene Fälle und Bemerkungen dazu siehe Legende zu Tab. 17)

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktober	Nov.	Dez.
n für a)	13	20	16	14	13	17	21	22	37	21	21	9
$\Delta(A-C)$												
Max: +	82	31	43	32	2	36	16	24	75	31	23	30
Beschlag	⊥	∞	feh	⊥	∞	?	∞	feh	∞	∞	⊥	⊥
Min: -	34	36	29	34	54	63	71	63	49	42	20	32
Beschlag	⊥	⊥	⊥	⊥	∞	feh	∞	feh	feh	∞	⊥	⊥
n für b)	8	13	17	14	3	21	20	27	21	15	15	11
$\Delta(A-C)$												
Max: +	13	+2	+63	+47	-5	+19	-8	0	+81	+32	+18	+6
Min: -	-30	-45	-19	-35	-13	-57	-63	-59	-33	-25	-38	-28

Tab. 19:

Basel-Binningen Juli 1979 - Juni 1984

oben: Sonnenaufgang hinter Wolken

unten: Sonnenuntergang hinter Wolken

n: jeweilige Anzahl der Beispiele

Max: grösster berechneter Wert der Differenzen (A-C) in Minuten

Min: kleinster berechneter Wert der Differenzen (A-C) in Minuten

