

ZUR VERTIKALEN DIFFERENZIERUNG DER ZIRKUMGLOBALSTRAHLUNG

Mit 6 Abbildungen und 4 Tabellen

DIETER HAVLIK

Summary: Investigations into vertical differences of circumglobal radiation.

Vertical differences of circumglobal radiation (ZGS), as measured with the spherical pyranometer BELLANI, have been analyzed for the stations Basel-Binningen, Hödenschwand, and Weißfluhjoch. For more detailed research, it seemed useful to introduce a new parameter, the "average intensity of circumglobal radiation per hour of locally possible sunshine" (ZI). Both annual march and frequency distribution of ZI are investigated.

In the lowlands (Basel) the mean monthly maxima of both ZGS and ZI are observed in summer. In Hödenschwand (middle elevations) the maximum of ZGS appears in July, that of ZI, however, in March. At the higher elevated station of Weißfluhjoch, maximum values of both ZGS and ZI are registered in April, the minimum of ZGS in December, and of ZI in August. Reasons for the different kinds of annual march in the respective altitudes, and their consequences, are discussed.

Unsere Kenntnis der kurzwelligen Strahlung ($\lambda \leq 3\mu$), die ein auf der Erdoberfläche befindlicher Körper empfängt, sowie ihre geographische Differenzierung, bezieht sich im wesentlichen auf die Komponenten „direkte Sonnen-“ und „diffuse Himmelsstrahlung“, Größen, die man mit dem Term „Globalstrahlung“ zusammenfaßt. Deren Tagessummen werden in den Jahrbüchern der jeweiligen Landeswetterdienste (z. B. Deutscher Wetterdienst: Deutsches Meteorologisches Jahrbuch) regelmäßig publiziert. Globalstrahlung ist bekanntlich diejenige Strahlungsmenge, welche pro Zeiteinheit aus dem oberen, also dem Himmelsgewölbe zugewandten Halbraum, auf eine horizontale Empfängerfläche trifft. Streng genommen wird mit dieser Methode nur der Strahlungsempfang der Erdoberfläche selbst erfaßt, nicht jedoch derjenige von Gegenständen, die von der Erde aus ein Stück in die Atmosphäre hineinragen, denn der vom Boden kommende Strahlungsanteil bleibt dabei ja unberücksichtigt.

Diese aus dem der Erde zugewandten Halbraum kommende Strahlung ist im wesentlichen die kurzwellige Reflexstrahlung des Untergrundes. Ihr Absolutbetrag wird nicht nur von der „von oben“ kommenden Strahlung, sondern in starkem Maße auch vom materialbedingten Rückstrahlvermögen des jeweiligen Untergrundes, der Albedo, bestimmt. Diese Größe kann nicht nur auf geringe Horizontalfentfernungen differieren, sondern ggf. auch am gleichen Standort beträchtlichen Schwankungen unterliegen. So steigt die Albedo z. B. des grasbewachsenen Untergrundes eines Klimagartens von 15–35% (trocken) bzw. 14–25%

(feuchter Zustand, DIRMHORN, 1964) auf bis zu 85% bei Neuschnee an (GEIGER, 1960).

Der tatsächliche Strahlungsgenuß eines über die Erdoberfläche hinausragenden Körpers kann also trotz gleicher Sonneneinstrahlung je nach der Beschaffenheit des Untergrundes ganz verschieden ausfallen. Damit erhält das Problem der tatsächlichen Bestrahlung eines Körpers auch einen ganz spezifisch geographischen Aspekt. Terminologisch soll im Zusammenhang mit der Interdependenz von Klimatologie und Geographie hier nicht auf die Diskussion über die Zweckmäßigkeit des Begriffes „Klimageographie“ (BLÜTHGEN, 1966) eingegangen werden (vgl. dazu die Arbeit von WEISCHET, 1967). Andererseits sei jedoch auf eine jüngst in WESTERMANN'S LEXIKON DER GEOGRAPHIE erschienene Klimadefinition verwiesen, die den „geographischen“ Anteil am Klima von den Lagebedingungen einer Station auf der Erdoberfläche her erfaßt, zu denen ausdrücklich auch deren Bedeckungszustand gezählt wird. Auf der Grundlage dieser Gedanken soll im folgenden der Versuch unternommen werden, am Beispiel einer bisher wenig untersuchten Strahlungsgröße auf charakteristische Unterschiede zwischen Tiefland, Mittel- und Hochgebirge aufmerksam zu machen und so von der Klimatologie her einen Beitrag zur weiteren Typisierung dieser oft gebrauchten, jedoch schwer zu definierenden Begriffe zu liefern.

Seit Anfang der 50er Jahre ist es möglich, die gesamte, auf einen Körper treffende kurzwellige Strahlung, also neben Sonnen- und Himmelsstrahlung auch die kurzwellige Reflexstrahlung des Untergrundes, mit einem einzigen Gerät einfach und darüberhinaus auch kostengünstig zu messen. Diese Zirkumglobalstrahlung wird mit dem vom Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos neuentwickelten Kugelpyranometer BELLANI folgendermaßen gemessen:

Bei Einstrahlung erwärmt sich die Empfangsfläche des Gerätes, eine mit einem grauen Metallmantel umhüllte, mit Alkohol gefüllte Glaskugel, stärker als ihre Umgebung. Dadurch verdampft ein Teil des Alkohols und tritt in ein unter der Kugel befindliches Meßrohr ein, wo er sich nach wiedererfolgter Kondensation sammelt. Die Höhe der nach einer bestimmten Zeit – mindestens ein ganzer Tag – im Rohr befindlichen Alkoholsäule wird nach Ablesung mit einem temperaturabhängigen, gerätebedingten Eichfaktor multipliziert und ergibt dann die absorbierte Strahlungsmenge.

Eine eingehende Beschreibung des Meßprinzips lie-

fert die Arbeit von COURVOISIER und WIERZEJEWSKI (1954).

Von der Zirkumglobalstrahlung (ZGS), die bisher nur vereinzelt in das laufende Meßprogramm mittlereuropäischer Klimahauptstationen aufgenommen ist, liegen neben diversen Stationsanalysen inzwischen auch einige vergleichende Untersuchungen vor (z. B. MÖRIKOFER, 1962; WACHTER, 1967; FLACH, 1968; SCHULZ, 1969). Es fehlt aber bisher eine zusammenfassende Untersuchung über die vertikale Differenzierung der ZGS. Ein Versuch hierzu soll am Beispiel der Stationen Basel-Binningen ($\psi = 47^{\circ}33' N$, $\lambda = 07^{\circ}35' E$, $h = 317$ m), Höchenschwand ($\psi = 47^{\circ}44' N$, $\lambda = 08^{\circ}10' E$, $h = 1001$ m) und Weißfluhjoch ($\psi = 46^{\circ}50' N$, $\lambda = 09^{\circ}48' E$, $h = 2667$ m) durchgeführt werden (siehe Abb. 1).

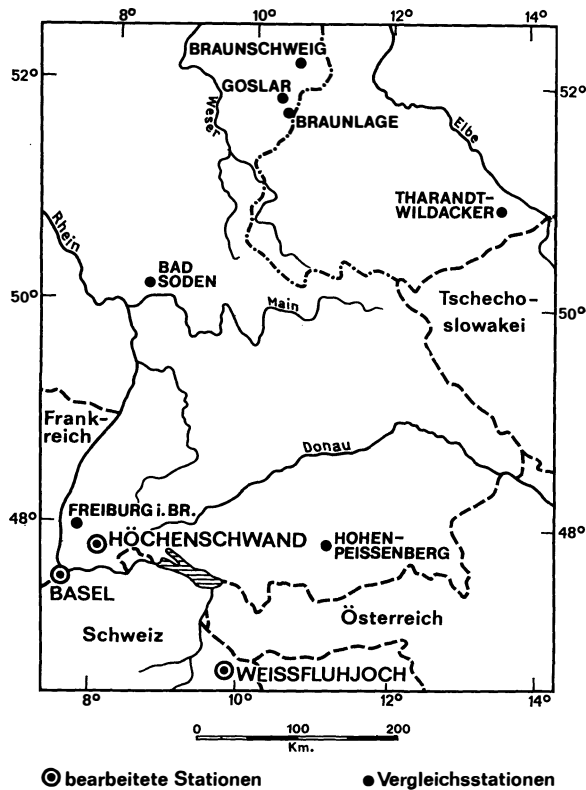


Abb. 1: Stationsübersicht / The stations

Das Observatorium St. Margarethen, Basel-Binningen, liegt knapp 2 km SSW der Innenstadt von Basel auf einem von Birsig und Birs begrenzten Riedel, etwa 60 m höher als der Marktplatz. Die Umgebung der Meßstelle weist nur im SW nennenswerte, jedoch lockere Häuserbebauung auf. Wegen der höheren und freieren Lage der Station können die Strahlungswerte des Observatoriums nur beschränkt auf die Verhältnisse in der Innenstadt übertragen werden.

Das Dorf Höchenschwand ist auf einer fla-

chen, waldfreien Bergkuppe im südlichsten Teil des Hochschwarzwaldes gelegen. Im W bzw. E befinden sich einige km entfernt die tief eingeschnittenen Kerbtäler der Bernauer Alb bzw. Schwarza, nach N fällt das Gelände etwa 150 m zum Hochtal von Häusern ab. Der Klimagarten befindet sich am S-Ende des Dorfes in von Bebauungseinfluß freier Lage.

Das hochalpine Observatorium Weißfluhjoch liegt etwa 180 m unterhalb des gleichnamigen Gipfels, an dessen Südflanke, knapp 1000 m über dem Hochtal von Davos. Das Kugelpyranometer BELLANI ist auf dem schiefgedeckten Dach des Observatorium-Gebäudes installiert.

Ausgewertet wurde der Zeitraum 1. 1. 1960 bis 31. 12. 1969 (für Weißfluhjoch: 1. 10. 1959 bis 30. 9. 1969). Über die Zirkumglobalstrahlung von Basel berichtete BIDER (1962), eine elfjährige Meßreihe von Höchenschwand wertete HAVLIK (1972) aus, über die ZGS an der Station Weißfluhjoch liegen verschiedene Arbeiten von FLACH (1967 und 1968) vor, der auch Vergleiche mit tiefer gelegenen Stationen anstellte (siehe auch MÖRIKOFER, 1962).

1. Intensität der Zirkumglobalstrahlung

Aus gerätebedingten Gründen kann mit dem Kugelpyranometer BELLANI nur die Tagessumme der ZGS registriert werden, diese allerdings mit dem recht hohen Genauigkeitsgrad von $\pm 3\%$. Messungen über einen kürzeren Zeitraum, etwa in der Größenordnung von einigen Stunden, sind zu ungenau. Das hat die für die Klimatologie unbefriedigende Konsequenz, daß in den Tagessummenwerten der ZGS die durch Jahreszeit und Breitenlage vorgegebene Einstrahlungsdauer mit enthalten ist. So bleiben diese Meßwerte für klimatologische Interpretationen relativ unergiebig.

Für weitergehende Aussagen über die ZGS soll im folgenden der Versuch unternommen werden, eine von der Einstrahlungsdauer unabhängige jahreszeitliche Differenzierung der ZGS, auch wieder auf der Grundlage von Tagesmittelwerten, zu erarbeiten. Die jeweiligen Tagessummen der ZGS werden dabei durch die am betreffenden Tage an der jeweiligen Station örtlich mögliche Anzahl von Sonnenscheinstunden dividiert. Die so erzielte Rechengröße ergibt dann die durchschnittliche Intensität der Zirkumglobalstrahlung pro örtlich möglicher Einstrahlungsstunde (ZI). Die Einstrahlungszeit wird dabei mit der Anzahl der örtlich möglichen Sonnenscheinstunden gleichgesetzt. Das bedeutet, daß die Strahlungsdauer während der Morgen- und Abenddämmerung sowie während der Zeitspanne, um die die örtlich mögliche Sonnenscheindauer von der astronomischen wegen lokaler Horizontabschirmung differiert, in der Berechnung unberücksichtigt bleibt. Auf der anderen Seite ist die während dieser Zeit registrierte ZGS mit in der integrierten Tagessumme enthalten. Die der Berechnung zugrunde-

Tabelle 1: Bergschatten an den Untersuchungsstationen (in Prozent) Mountain shadow at the stations studied (in percent)

Station	maximal	Termin	minimal	Termin	Jahresmittel
Basel-Binningen	7.1	Ende Dezember	5.6	Ende Juni	6.2
Höchenschwand	8.8	Anfang Juli	3.6	Ende Dezember	6.0
Weißfluhjoch	9.5	Anfang Juli	3.5	Ende Dezember	7.4

gelegte örtlich mögliche Sonnenscheindauer bleibt somit immer unter der tatsächlichen Einstrahlungszeit. Streng genommen liegen die Rechenwerte der ZI also etwas zu hoch. Da entsprechende Vergleichsmessungen fehlen, ist der so entstehende Fehler nicht exakt anzugeben.

Betroffen werden hiervon aber ausschließlich Tageszeiten mit sehr tief stehender Sonne. Da die von den Sonnenstrahlen zu durchquerende „Luftmasse“ (BEMPORAD, 1939, zit. nach DIRMHORN, 1964) mit abnehmender Sonnenhöhe exponentiell zunimmt und sich die Absorption damit entsprechend vergrößert, dürfte die Ungenauigkeit jedoch auch bei hochgelegenen Stationen sehr gering sein.

Trotzdem sollte die hier vorgeschlagene Methode nur auf möglichst frei exponierte Stationen angewendet werden, bei denen die Abweichung der örtlich möglichen (E) von der astronomisch erreichbaren (A) Sonnenscheindauer gering bleibt. Die Relation dieser beiden Größen kann durch die Rechengröße *Bergschatten* (B) (CONRAD, 1936) erfaßt werden, die durch folgende Beziehung definiert ist:

$$B = 100 (A - E) : A [\%]$$

Der Verlust an Sonnenschein, den die drei Untersuchungsstationen durch Bergschatten erfahren, ist nach Tabelle 1 relativ gering und differiert auch nur unbedeutend zwischen den betroffenen Meßstellen. Damit erscheint eine Untersuchung der ZI nach der erläuterten Methode für die drei Stationen gerechtfertigt.

2. Analyse des Jahresganges von ZGS und ZI an den Untersuchungsstationen

a) *Basel-Binningen* (vgl. Tab. 2 und Abb. 2)
In Basel werden die höchsten mittleren Tagessum-

men der Zirkumglobalstrahlung in den Sommermonaten (Maximum im Juli), die tiefsten im Frühwinter (Minimum im Dezember) registriert. Diese Form des Jahresganges der ZGS tritt auch an anderen mittlereuropäischen Tieflandsstationen auf (vgl. Tab. 3). Auch die Absolutwerte von Basel sind denen der Vergleichsstationen recht ähnlich. Eine N-S-Differenzierung ist bei den mittleren Monatswerten der ZGS nicht festzustellen. Es muß allerdings vorerst dahingestellt bleiben, ob die Verlagerung des mittleren Monatsmaximums in den Juli (vgl. auch Freiburg i. Br.) etwa für die südliche Oberrheinebene typisch ist. Möglicherweise ist das nur auf den unterschiedlichen Beobachtungszeitraum zurückzuführen.

In der Periode 1960–1969 betrug das absolute Tagesmaximum in Basel 321 ly/d. Es liegt damit unter den Spitzenwerten von Tharandt (< 350 ly/d) und Bad Soden (377 ly/d), wobei auch hier wieder die verschiedenen Meßperioden zu berücksichtigen sind. Das Tagesminimum von Basel betrug 2.7 ly/d. Vergleichszahlen anderer Tieflandsstationen wurden nicht publiziert.

In Basel stimmt der Jahresgang der ZGS-Intensität pro Einstrahlungsstunde (ZI) mit dem der Tagessummen der Zirkumglobalstrahlung vollkommen überein. Lediglich der Anstieg der ZI von März auf April ist auffallend gering, ganz im Gegensatz zu dem der ZGS, wo ein solcher Knick im Jahresgang nicht zu verzeichnen ist. Auch bei der ZI liegt der mittlere Höchstwert im Juli (Monatsmittel: 15.0 ly/h, sowie höchstes Dekadenmittel: 1.–10.7. mit 15.4 ly/h) und das Minimum im Dezember (Monatsmittel: 5.8 ly/h bzw. geringstes Dekadenmittel: 11.–20.12. mit 4.7 ly/h). Angaben über die ZI bei anderen Tieflandsstationen liegen vorerst nicht vor.

Eine Analyse der Häufigkeitsverteilung der Tageswerte der ZI nach Dekadenmitteln, in Kollektive von

Tabelle 2: Monatsmittelwerte von ZGS und ZI an den untersuchten Stationen im Zeitraum 1960–1969
Monthly median values of ZGS and ZI at the stations studied in the period 1960–1969

Station		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Basel	ZGS [ly/d]	59.4	89.2	125.3	158.8	196.7	213.3	220.7	187.0	150.0	108.7	58.7	45.6
	ZI [ly/h]	7.1	9.3	12.3	12.4	13.8	14.1	15.0	14.0	12.8	10.8	6.7	5.8
Höchenschwand	ZGS [ly/d]	109.6	154.9	195.6	206.9	226.4	252.4	265.1	226.6	189.9	153.5	86.9	83.7
	ZI [ly/h]	12.3	16.0	18.3	16.0	15.8	17.3	18.1	16.7	16.0	15.0	9.8	10.3
Weißfluhjoch	ZGS [ly/d]	200.9	269.0	353.7	396.8	384.0	334.1	268.9	239.3	237.5	226.5	196.7	173.9
	ZI [ly/h]	23.1	27.4	31.9	32.3	28.4	23.4	19.3	18.7	20.3	22.0	21.6	21.0

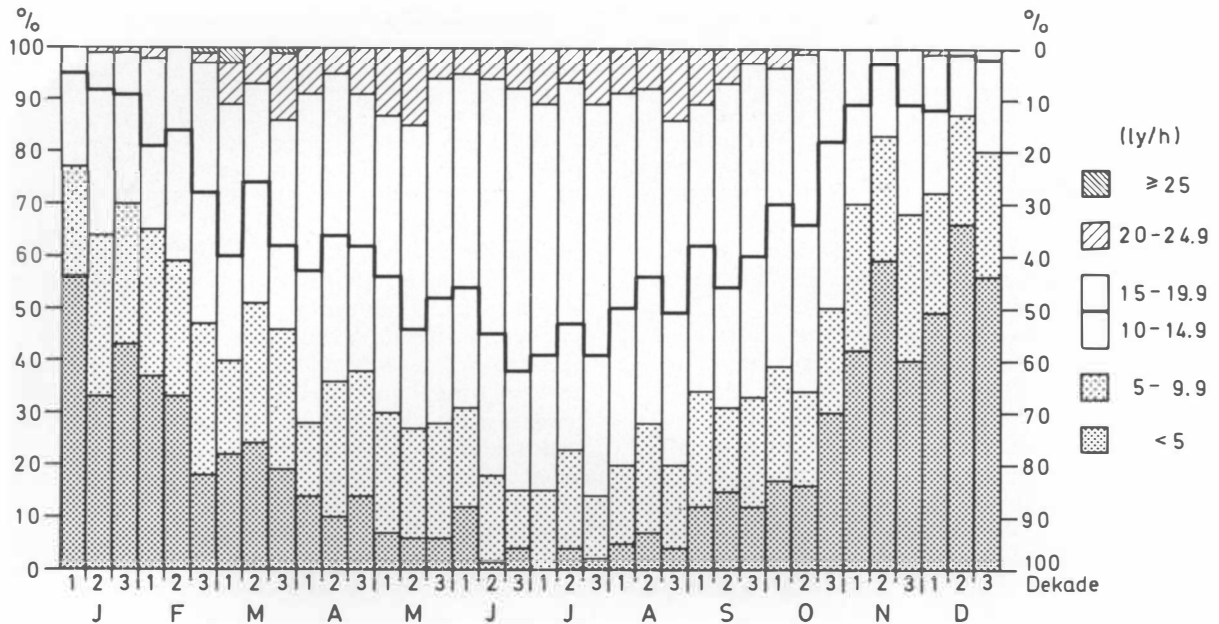


Abb. 2: Durchschnittliche Intensität der Zirkumglobalstrahlung pro örtlich möglicher Einstrahlungsstunde nach Dekadenmitteln in Basel-Binningen (1960–1969)

Mean intensity of circumglobal radiation per locally possible insolation hour by decade median values in Basel-Binningen (1960–1969)

5 zu 5 ly/h aufgeteilt, ergibt folgende jahreszeitliche Differenzierung (Abb. 2):

In der Zeit zwischen dem 1. 11. und 10. 2. weisen mindestens 50% aller Tage eine ZI von weniger als 10 ly/h auf, in der zweiten Dezemberdekade sogar 87% und zwischen dem 11. und 20. November 83%. In vier Dekaden dieses Zeitraumes werden an mehr als der Hälfte aller Tage sogar Tageswerte < 5 ly/h registriert. In diesem Jahresabschnitt trat auch der strahlungsschwächste Tag des ganzen Beobachtungszeitraumes mit einer ZI von 0.3 ly/h (15. 12. 1962) auf. Demgegenüber sind Tage mit $ZI \geq 20$ ly/h verbreitet überhaupt nicht und maximal in 2% aller Fälle (1.–10. 2.) zu verzeichnen. Die strahlungsschwächste Jahreszeit in Basel liegt also in den Wintermonaten.

Vom 20. Februar bis Ende März wird bei den Tagen mit $ZI < 10$ ly/h die 50%-Grenze nur noch einmal (11.–20. 3.) überschritten. Tage mit $ZI < 5$ ly/h treten stets in weniger als 25% aller Fälle auf. Dafür wurden in der Zeit Ende Februar – Anfang März und einmal Ende März die einzigen Tage mit einer $ZI \geq 25$ ly/h in Basel registriert, der absolute Höchstwert am 28. 2. 1963 mit 27.0 ly/h. Diese für Basel sehr strahlungsreichen Tage traten – von einer Ausnahme (Ende März) abgesehen – während einer einzigen Witterungsperiode auf und müssen daher vorerst als episodisches Ereignis angesehen werden. Solange die Meßreihe noch so kurz ist, erscheint es verfrüht, das Vorkommen von Tagen mit höchster Strahlungsintensität in dieser Jahreszeit etwa als ty-

pisch für das Klima von Basel zu bezeichnen. Insofern muß es auch vorerst dahingestellt bleiben, ob der erwähnte geringe Anstieg der ZI-Monatsmittelwerte von März auf April in Basel auch bei einem längeren Beobachtungszeitraum in dieser Form erhalten bleibt.

Die strahlungsreiche Zeit des Jahres erstreckt sich in Basel auf den Zeitraum zwischen der ersten April- und der zweiten Oktober-Dekade. Die Tage mit $ZI < 10$ ly/h treten durchweg in weniger als 40% aller Fälle auf, Tage mit $ZI < 5$ ly/h verbreitet weniger als 10% bis gar nicht. Absolut dominierend sind im Sommer Tage mit ZI zwischen 15.0 und 19.9 ly/h (vom 20. 5. bis 10. 8. stets mehr als 40%, in der letzten Juni-Dekade sogar in 54% aller Fälle). Noch strahlungsintensivere Tage ($ZI \geq 20$ ly/h) sind in Basel zwar auch in den Sommermonaten relativ selten, und ihr häufigstes Auftreten ist charakteristischerweise nicht zur Zeit höchster absoluter und relativer Sonnenscheindauer (Juli, maximal 11% aller Tage), sondern im Mai (1. und 2. Dekade mit 13 bzw. 15%) und August (3. Dekade: 14%). Jedoch treten sie – sieht man einmal vom Monat März ab – praktisch nur in den Sommermonaten auf, die damit in jeder Beziehung als die strahlungsklimatisch bevorzugte Jahreszeit in Basel angesehen werden können.

b) Höchenschwand (vgl. Tab. 2 und Abb. 3)

Zirkumglobalstrahlung und ZI in Höchenschwand wurden von HAVLIK (1972) analysiert, allerdings für den Zeitraum 1960–1970. Da die ZGS im Jahre 1970

Tabelle 3: Monatsmittelwerte der Zirkumglobalstrahlung (ly/d)

Monthly median values of circumglobal radiation (ly/d)

Station	Höhe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Periode
Braunschweig-Völkenrode	86 m	44	79	118	147	208	232	201	183	143	94	44	32	62-67
Goslar	266 m	50	89	128	145	185	207	195	171	138	97	53	43	62-67
Tharandt	385 m	54	87	110	148	171	219	188	169	160	100	57	43	59-64
Bad Soden	150 m	41	77	124	165	208	218	201	180	149	85	40	30	55-65
Freiburg im Breisgau	280 m	49	84	128	161	196	221	220	205	170	107	52	40	59-61
Basel	317 m	59	89	125	159	197	214	221	187	150	109	59	46	60-69
Braunlage	606 m	62	103	148	149	186	214	191	165	137	101	52	47	62-67
Hohenpeißenberg-Nord	972 m	54	119	186	197	224	217	213	205	172	119	48	34	54-60
Höhenschwand	1001 m	110	155	196	207	226	252	265	227	190	154	87	84	60-69

Angaben teilweise nach SCHULZ (1969), umgerechnet – Data partly from SCHULZ (1969), re-worked

vom zehnjährigen Mittel teilweise nicht unerheblich abwich, sind die folgenden Absolutwerte von denen der o. g. Arbeit leicht verschieden.

Wie in Basel, so liegt auch in Höhenschwand das höchste monatliche Tagesmittel der ZGS im Juli, das niedrigste im Dezember. Auch bei anderen Mittelgebirgsstationen tritt das Maximum der ZGS in den (Früh-) Sommermonaten auf (Tab. 3). Inwieweit dabei die Streuung des Monatshöchstwertes zwischen Mai und Juli real ist – und dann zu begründen wäre – oder nur als Folge der unterschiedlichen Beobachtungsperioden angesehen werden muß – soll vorerst wiederum dahingestellt bleiben.

Die Monatsmittelwerte liegen in Höhenschwand ganzjährig zum Teil beträchtlich höher als auf dem Hohenpeißenberg bzw. in Braunlage (vgl. Tab. 3). Das betrifft insbesondere die Wintermonate. Die höchsten

Tagessummen der ZGS (= > 400 ly/d) wurden mit zwei Ausnahmen (März!) in den Monaten Juni und Juli registriert, das Maximum am 2. 7. 1966 mit 428 ly/d (Hohenpeißenberg-Nord: 435 ly/d, HEIGEL, 1961). Das Tagesminimum im Beobachtungszeitraum betrug 2.1 ly/d (16. 11. 1968), es wurde allerdings 1970 mit 1.0 ly/d noch unterschritten und ist damit – wohl zufällig – ebenso hoch wie am Hohenpeißenberg.

Obwohl bei solch extrem niedrigen Strahlungswerten die untere Grenze der Ablesegenauigkeit in etwa erreicht wird, erscheint es auf Grund der von Gerät zu Gerät verschiedenen Eichfaktoren und deren Temperaturabhängigkeit unwahrscheinlich, daß die gleichen Minimalwerte von Höhenschwand und Hohenpeißenberg primär auf die begrenzte Meßtechnik zurückzuführen sind.

Im Gegensatz zum Jahresgang der ZGS weist der-

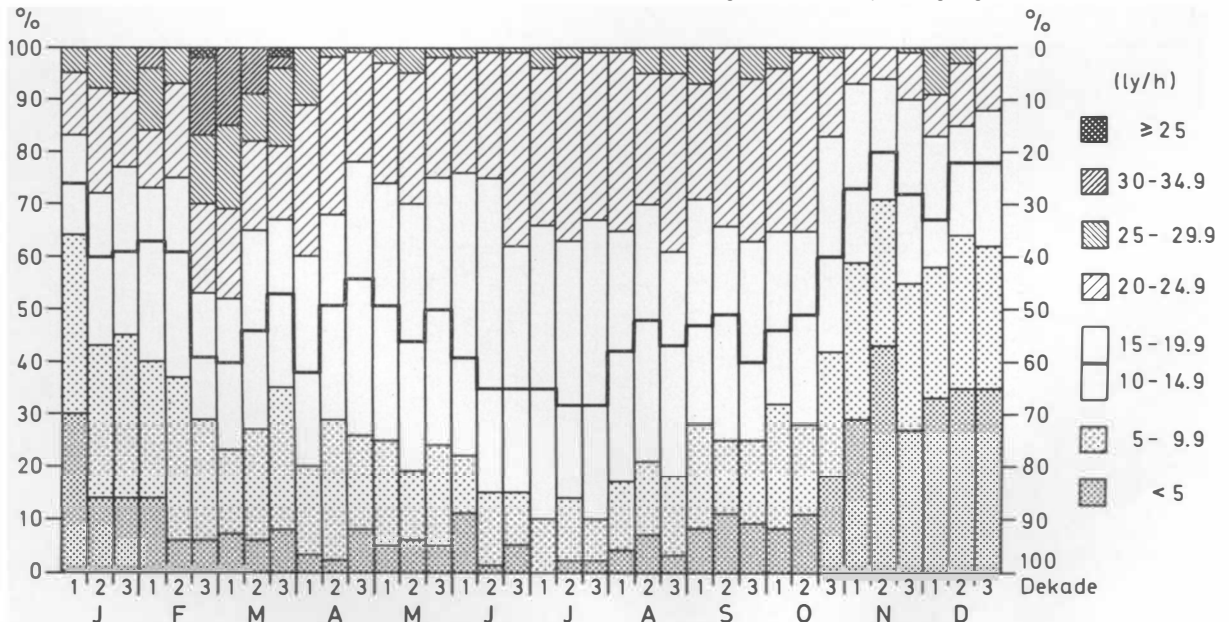


Abb. 3: Durchschnittliche Intensität der Zirkumglobalstrahlung pro örtlich möglicher Einstrahlungsstunde nach Dekadenmitteln in Höhenschwand (1960-1969)

Mean intensity of circumglobal radiation per locally possible insolation hour by decade median values in Höhenschwand (1960-1969)

jenige der ZI gegenüber Basel einen bemerkenswerten Unterschied auf. Das Monatsmaximum der ZI liegt im März (18.3 ly/h, sowie höchstes Dekadenmittel: 1.–10. 3. mit 19.1 ly/h), während der Juli als Monat mit der höchsten Sonnenscheindauer sowie hohem Sonnenstand nur einen sekundären Gipfel (18.1 ly/h) aufweist. Der sommerliche Dekadenhöchstwert (1.–10.7.: 18.5 ly/h) liegt dabei nur geringfügig über dem Mittel der dritten Februar-Dekade (18.4 ly/h). Auch das Monatsminimum ist gegenüber Basel verschoben, es liegt im November, ebenfalls das geringste Dekadenmittel (11.–20. 11. mit 8.2 ly/h).

Die Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Tagesintensitäten nach Dekadenmitteln ist der von Basel recht ähnlich. In Höchenschwand beginnt die strahlungsarme Zeit zwar schon in der letzten Oktober-Dekade, dauert aber ebenfalls bis zum ersten Februar-Drittel. Tage mit $ZI < 10$ ly/h treten in diesem Zeitraum jedoch nur noch in mindestens 40% aller Fälle auf, auch ihre maximale Häufigkeit pro Dekade ist mit 71% geringer als die von Basel (87% aller Tage).

Noch deutlicher wird die strahlungsklimatische Besserstellung Höchenschwands im Winter am Beispiel der Tage mit $ZI < 5$ ly/h. Während in Höchenschwand bei diesem Kollektiv nur in einer einzigen Dekade die 35%-Grenze überschritten wird, wird sie in Basel bei nur zwei (von zehn) Dekaden nicht erreicht. Andererseits werden in Höchenschwand Tage mit $ZI \geq 25$ ly/h nur in drei Dekaden nicht erreicht, zwischen dem 1. und 10. 2. sind sogar vier Fälle mit $ZI \geq 30$ ly/h aufgetreten.

Am häufigsten kommen strahlungsintensive Tage in der dritten Februardekade sowie im gesamten Monat März vor. Hier werden in bis zu 17% aller Fälle Strahlungsintensitäten ≥ 30 ly/h registriert, sowie – allerdings sehr selten (insgesamt 4) – Tage mit $ZI \geq 35$ ly/h. Anders als in Basel kommen in diesem Zeitraum strahlungsintensive Tage in Höchenschwand demnach so häufig vor, daß sie als durchaus typisch für die Strahlungsverhältnisse in diesen Dekaden angesehen werden müssen. Mithin sind auch die höchsten Monats- und Dekadenmittel im März trotz der kurzen Beobachtungsreihe keineswegs zu fällig.

In den Sommermonaten sind – ebenso wie in Basel – strahlungsschwache Tage ($ZI < 10$ ly/h) als auch solche mit $ZI \geq 25$ ly/h recht selten. Am häufigsten treten Tage mit ZI zwischen 20 und 24.9 ly/h auf. Statistisch liegt die am häufigsten vorkommende Intensität der Zirkumglobalstrahlung damit zwar ein Kollektiv höher als in Basel. Auf Grund der höheren Mittel- und Extremwerte im Jahr können die in Höchenschwand während des Sommers registrierten ZI -Werte jedoch nur als mäßig strahlungsintensiv bezeichnet werden.

c) Weißfluhjoch (vgl. Tab. 2 und Abb. 4)

Für Weißfluhjoch liegen bisher keinerlei Vergleichswerte von Stationen ähnlicher Höhenlage vor. Es muß also im Augenblick dahingestellt bleiben, ob die Absolutwerte der ZGS und ZI von Weißfluhjoch als typisch für zentralalpine Hochlagen um 2700 m angesehen werden können. Das gilt auch für den Jahresgang.

Dieser ist nun in fast jeder Beziehung anders als

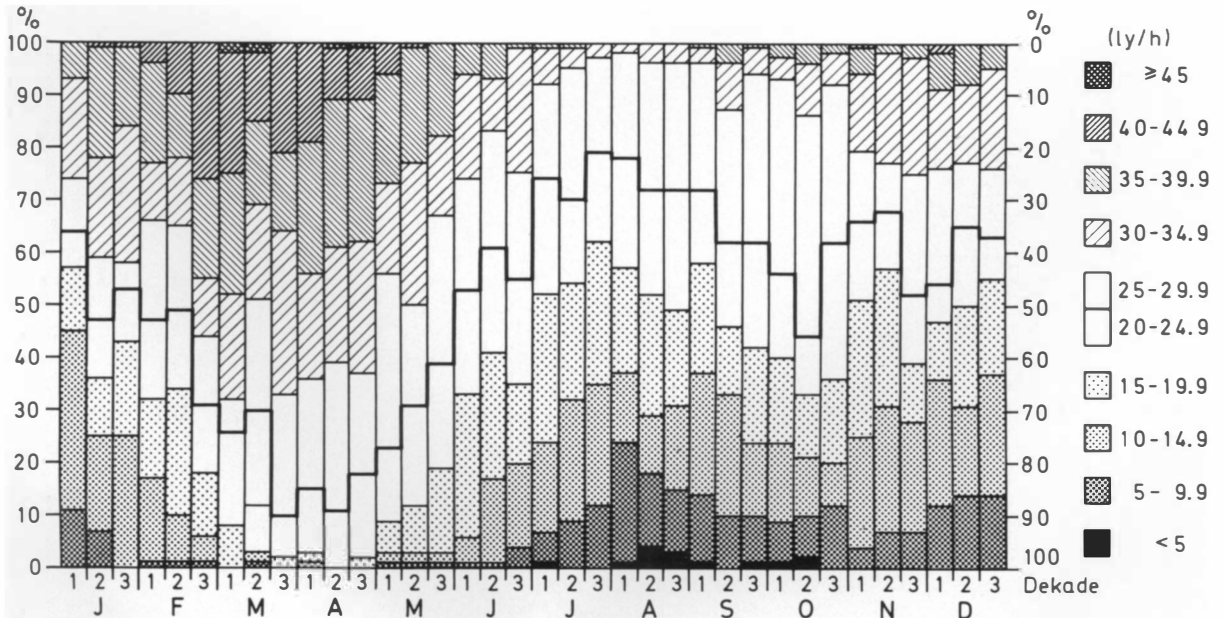


Abb. 4: Durchschnittliche Intensität der Zirkumglobalstrahlung pro örtlich möglicher Einstrahlungsstunde nach Dekadenmitteln auf Weißfluhjoch (1960–1969)

Mean intensity of circumglobal radiation per locally possible insolation hour by decade median values on Weißfluhjoch (1960–1969)

in Basel oder Höchenschwand. Die einzige Gemeinsamkeit ist das Dezemberminimum der ZGS. Die durchschnittlich höchste Tagessumme der ZGS tritt dagegen bereits im April auf, um bis zum Dezember kontinuierlich abzunehmen. Sowohl Mittel- als auch Absolutwerte der Zirkumglobalstrahlung sind auf Weißfluhjoch beträchtlich höher als in Basel oder Höchenschwand. Die höchste Tagessumme wurde im Untersuchungszeitraum mit 602 ly/d erreicht und liegt damit um 40% über der von Höchenschwand und 88% höher als in Basel. Auch das absolute Tagesminimum (36 ly/d) ist viel höher als das der Vergleichstationen.

Noch deutlicher wird der Unterschied zu Schwarzwald und Oberrheinebene beim Jahresgang der ZI. Das Monatsmaximum (32.3 ly/h) liegt wieder im April, ebenso das höchste Dekadenmittel (1.–10. 4. mit 33.1 ly/h). Die geringste Intensität der Zirkumglobalstrahlung fällt jedoch auf die Monate mit hohem Sonnenstand, Juli und August (19.3 bzw. 18.7 ly/h, sowie geringstes Dekadenmittel: 1.–10. 8. mit 17.5 ly/h). Im Spätsommer wurde auch das absolute Tagesminimum der ZI (26. 8. 1966 mit 2.9 ly/h) registriert, das Maximum mit 48.5 ly/h am 8. 3. 1965).

Auch die Häufigkeitsverteilung in den einzelnen Dekaden weist gegenüber Basel und Höchenschwand einen anderen Jahresgang auf. Die strahlungsschwächsten Tage ($ZI < 10$ ly/h) kommen am häufigsten in den Monaten Juli bis Oktober vor, also genau in der Zeit, wo sie in Basel und Höchenschwand am seltensten registriert werden. Dafür weisen strahlungsintensive Tage in den gleichen Monaten ein ausgesprochenes Minimum auf. Strahlungsschwache Tage, die bei den Vergleichsstationen für die Wintermonate so charakteristisch sind, gehören auf Weißfluhjoch in dieser Jahreszeit zu den seltenen Ausnahmen: Tage mit $ZI < 5$ ly/h kommen zwischen dem 20. 10. und 20. 5. überhaupt nicht vor, und Tage mit ZI zwischen 5.0 und 9.9 ly/h erreichen höchstens 14% aller Fälle (2. und 3. Dezemberdekade), im Vergleich zu 24% Anfang August. Dafür wurden in jeder der o. g. Dekaden in mindestens 21% aller Fälle Strahlungsintensitäten von mehr als 30 ly/h registriert (Juli und August maximal 80%). Ein strahlungsklimatisches Winterhalbjahr in Form von vielen strahlungsschwachen Tagen existiert auf Weißfluhjoch demnach nicht.

Extrem strahlungsintensive Tage kommen auf Weißfluhjoch in allen Dekaden der Monate Februar bis Mitte Mai vor, doch viel häufiger als in Höchenschwand. Wurden dort innerhalb von zehn Jahren lediglich an vier Tagen Intensitäten ≥ 35 ly/h erreicht, so sind es auf Weißfluhjoch nicht weniger als 478 Tage, von denen allein 254, d. i. 54%, auf den Zeitraum zwischen 20. 2. und 30. 4. fallen. Tage mit $ZI \geq 40$ ly/h kamen sogar zu 85% in diesen Dekaden vor. Obwohl im April extrem strahlungsintensive Tage nicht so häufig vorkommen wie im März, fällt das Monatsmaximum dennoch auf diesen Monat. Das ist vor allem durch das nahezu völlige Fehlen strahlungs-

schwacher Tage zu erklären (in der zweiten Aprildekade kein Tag unter 20 ly/h).

Ganz im Gegensatz dazu weisen die Monate Juli und August verbreitet in mehr als 50% aller Fälle Strahlungsintensitäten von weniger als 20 ly/h auf. Tage mit $ZI \geq 35$ ly/h sind demgegenüber nur zweimal vorgekommen, an mehr als 25% aller Tage wurde zwar eine $ZI \geq 25$ ly/h registriert, doch bleibt der Sommer die strahlungsschwächste Zeit auf Weißfluhjoch.

3. Jahresgang der ZI-Differenzen zwischen den Untersuchungsstationen (vgl. Abb. 5)

Ausnahmslos empfängt die jeweils höher gelegene Station größere Strahlungsintensitäten, und zwar in allen Dekaden. Die vertikalen Differenzbeträge weisen dabei erhebliche jahreszeitliche Unterschiede auf. Der Strahlungsüberschuß auf den Hochstationen wird dabei wieder auf der Basis der ZI aufgezeigt. Das erscheint für bioklimatische Fragestellungen insofern von Bedeutung, als der aus den Niederungen kommende Kurgast sich normalerweise nicht den ganzen Tag über im Freien aufhält, sondern in der Regel nur jeweils für einige Stunden.

a) Höchenschwand - Basel

Der südliche Hochschwarzwald empfängt den größten Strahlungsüberschuß im Vergleich zur Oberrheinebene – absolut und relativ – in den Wintermonaten. Die höchsten absoluten Differenzbeträge treten in der letzten Februar- und ersten Märzdekade auf (7.5 bzw. 7.2 ly/h). Relativ am größten ist der Strahlungsüberschuß in Höchenschwand zwischen dem 11. und 20. 12.; die ZI beträgt dann etwas mehr als das Doppelte gegenüber Basel. In den Monaten Dezember bis Mitte März ist die ZI in Höchenschwand im Durchschnitt um mindestens 60% höher als in Basel.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Station Basel-Binningen nur bedingt die Strahlungsverhältnisse der City repräsentiert (vgl. Einleitung). Überträgt man die Verhältnisse in Braunschweig (SCHULZ, 1969), wo die Innenstadt im Winter nur knapp 60% der ZGS der Außenbezirke erhält, größenordnungsmäßig auch auf Basel, dann wird die strahlungsklimatische Ungunst der Stadt Basel im Winter noch deutlicher.

Im Sommerhalbjahr ist der Unterschied der ZI wesentlich geringer. Vom 11. 4. bis 20. 9. beträgt der Strahlungsüberschuß in Höchenschwand noch maximal 26% und erreicht sein absolutes und relatives Minimum Anfang Mai.

b) Weißfluhjoch - Höchenschwand

Auch zwischen diesen Stationen treten die größten Differenzbeträge der ZI im Winterhalbjahr auf; die Absolutbeträge erreichen ihre maximalen Unterschiede im April. In jeder Dekade zwischen dem 1. 11. und 31. 5. hat Weißfluhjoch eine um mindestens 70% hö-

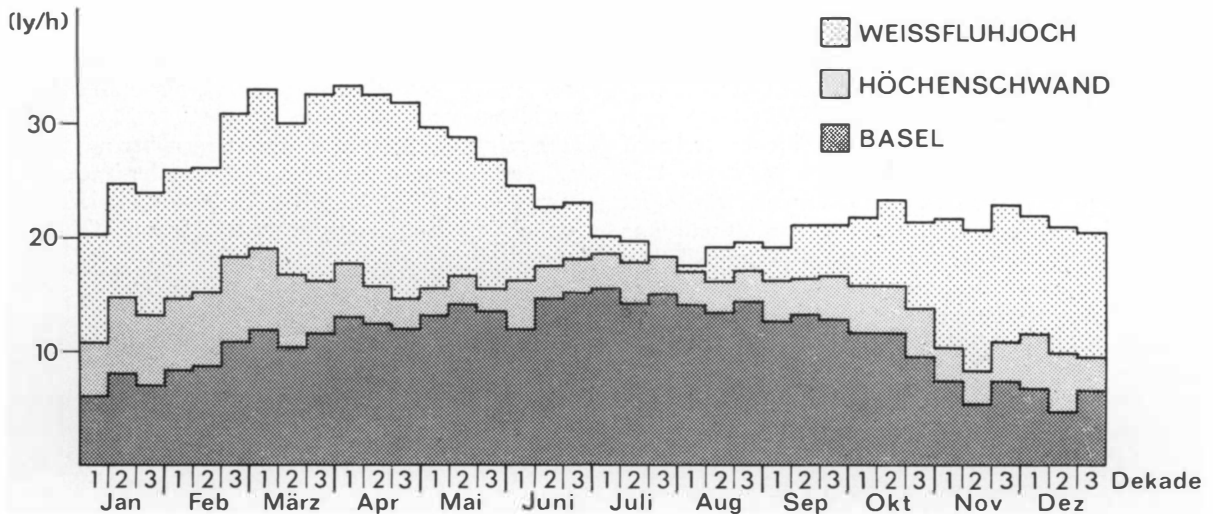


Abb. 5: Absolutwerte der durchschnittlichen Intensität der Zirkumglobalstrahlungen pro örtlich möglicher Einstrahlungsstunde an den Untersuchungsstationen (1960–1969)

Absolute values of the mean intensity of circumglobal radiations per locally possible insolation hour at the stations studied (1960–1969)

here Strahlungsintensität als Höchenschwand. Während der Sommermonate liegt der Überschuss der ZI dagegen nur unbedeutend über dem von Höchenschwand, in der letzten Juli-Dekade erreicht er sogar den Wert Null.

c) Weißfluhjoch - Basel

Hohe Strahlungsunterschiede im Winter (auf Weißfluhjoch verbreitet mehr als das Dreifache der ZI gegenüber Basel) und relativ geringer Strahlungsüberschuss zur Sommerzeit (Überschuss auf Weißfluhjoch vom 21. bis 31. 7.: 21%) kennzeichnen auch den Vergleich dieser Stationen.

4. Versuch einer qualitativen Abschätzung der Ursachen für den unterschiedlichen Jahresgang der ZI

Die Intensität der Zirkumglobalstrahlung hängt im wesentlichen von folgenden Parametern ab:

1. Höhe des Einfallswinkels der Sonnenstrahlen. Um 12 Uhr Ortszeit ist die Intensität der direkten Sonnenstrahlung – bei gleicher Lufttrübung – am 21. 3. mehr als doppelt so groß wie am 21. 12. und beträgt

am 21. 6. fast das Dreifache des Betrages zur Zeit des Sonnentiefstandes.

2. Lufttrübung. Von der Trübung der Atmosphäre – insbesondere dem Aerosolgehalt – über den untersuchten Stationen liegen keinerlei Messungen vor. So kann lediglich der Wasserdampfgehalt der Luft als Vergleichsmaßstab herangezogen werden.

3. Sonnenscheindauer. Die hohe Abhängigkeit der ZI von der Sonnenscheindauer zeigt Tabelle 4 (vgl. auch BIDER, 1962).

Zu beachten sind in Tabelle 4 die relativ niedrigen Korrelationen im Februar und März in Höchenschwand und von April bis Juni auf Weißfluhjoch. Eine genaue Analyse ergab, daß an Nebeltagen bei gleichzeitiger Schneunterlage hohe Strahlungswerte trotz fehlenden Sonnenscheins auftreten. Nach FLACH (1967) liegt die Ursache hierfür in der Mehrfachreflexion der Strahlen zwischen den Nebeltröpfchen untereinander bzw. zwischen diesen und den Schneekristallen. Dieser Effekt ist bei möglichst steilstehender Sonne quantitativ am größten.

Im folgenden soll die „relative Sonnenscheindauer“

Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten Zirkumglobalstrahlung – Sonnenscheindauer an den Untersuchungsstationen*
Correlation coefficients between circumglobal radiation and sunshine duration at the stations studied

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Basel	0.91	0.93	0.93	0.94	0.93	0.91	0.91	0.94	0.96	0.96	0.97	0.95
Höchenschwand	0.93	0.85	0.82	0.90	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97	0.95	0.94	0.92
Weißfluhjoch	0.95	0.91	0.88	0.56	0.54	0.54	0.75	0.90	0.81	0.85	0.84	0.92

* 0.001 Signifikanzschwelle: 0.17

0.001 Significance level: 0.17

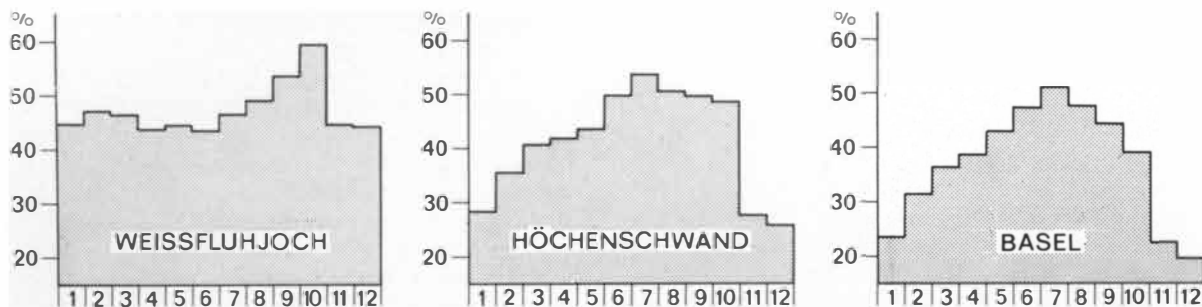


Abb. 6: Relative Sonnenscheindauer an den Untersuchungsstationen (1960–1969)
Relative sunshine duration at the stations studied (1960–1969)

(Abb. 6) an den einzelnen Stationen als Vergleichsmaßstab herangezogen werden. Sie ist der Quotient aus tatsächlicher und örtlich möglicher Zahl an Sonnenscheinstunden.

4. Kurzweilige Reflexstrahlung des Untergrundes (vgl. S. 241).

Die Zunahme der Intensität der Zirkumglobalstrahlung mit der Höhenlage der Stationen erklärt sich zunächst aus der Tatsache, daß in hohen Lagen eine weniger mächtige Luftschicht zu durchstrahlen ist, die Absorption der Sonnenstrahlen durch die Luftmoleküle demzufolge geringer ist. Zum anderen nimmt die Lufttrübung, die nach STEINHAUSER (1939) in beträchtlichem Maße vom Wasserdampfgehalt der Luft abhängt, mit wachsender Höhe ab. Eine grobe Überschlagsrechnung mit Hilfe der von YAMAMOTO (1962) berechneten Vergleichszahlen ergibt, daß im Jahresmittel größenordnungsmäßig etwa 8% auf Weißfluhjoch, in Höchenschwand etwa 18% und in Basel ca. 25% der auf die Obergrenze der Atmosphäre treffenden Sonnenstrahlen nur durch den Wasserdampf absorbiert und der jeweiligen Erdoberfläche damit entzogen werden.

Im einzelnen muß der Jahresgang der ZI an den Vergleichsstationen folgendermaßen gedeutet werden:

a) Basel

Der Jahresgang der ZI in Basel wird im wesentlichen durch die mit der unterschiedlichen Sonnenhöhe verbundene jahreszeitliche Differenzierung der Einstrahlungsintensität bestimmt. Hinzu kommt der mit dem Jahresgang der Sonnenhöhe parallele Verlauf der relativen Sonnenscheindauer. Wenn die Sonne intensiv scheint, dann scheint sie auch am häufigsten, und umgekehrt.

Der Einfluß der schneebedingten höheren Reflexstrahlung auf die ZI bleibt demgegenüber vergleichsweise unerheblich. Zwar kam es im Untersuchungszeitraum in den Monaten Dezember (im Mittel 9.3 Tage) und Januar (12.0 Tage) in jedem Jahr zur Ausbildung einer Schneedecke. Und vier der fünf Fälle mit $ZI \geq 25$ ly/h traten auf, als Schnee lag. Die ZI an Tagen mit Schneedecke unterscheidet sich jedoch in den o. e. „Schneemonaten“ kaum vom Gesamtmit-

tel: Traten im Dezember an durchschnittlich 80% und im Januar an 70% aller Tage Strahlungsintensitäten von weniger als 10 ly/h auf, so betrug die entsprechenden Zahlen für Tage mit Schneedecke 70% bzw. 65%.

b) Höchenschwand

Auch in Höchenschwand läuft der Jahresgang der ZI mit dem des Einfallswinkels der Sonnenstrahlen im wesentlichen parallel, das gleiche gilt für die relative Sonnenscheindauer. Im Gegensatz zu Basel bildet sich in Höchenschwand aber von Ende Dezember bis Mitte März eine Schneedecke aus, die nur in Ausnahmefällen (im Untersuchungszeitraum zwischen 1. 1. und 10. 3. nur in 7% aller Tage) wegschmilzt. Dementsprechend wird in diesen Dekaden die Reflexstrahlung des Untergrundes regelmäßig erhöht.

Das Vorkommen der höchsten Strahlungsintensitäten Ende Februar und Anfang März muß durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren erklärt werden, die in Höchenschwand nur in dieser Jahreszeit kombiniert in Erscheinung treten können: bereits relativ hoher Sonnenstand und damit geringe Mächtigkeit der zu durchstrahlenden Luftmasse, geringe Luftfeuchtigkeit bei niedrigen Temperaturen. Höchenschwand liegt in dieser Zeit häufig oberhalb einer Temperaturinversion (HAVLIK, 1970 und 1972) im Bereich absinkender Luftbewegung mit geringer Lufttrübung, kaum vorhandener Konvektion und fehlender Bewölkung. Vom 1. bis 10. 3. traten im Untersuchungszeitraum in 27% aller Fälle „heitere“ (Tagesmittel der Bewölkung $\leq 2/10$) Tage auf (im Gesamtmonat nur 16%), häufig im Zusammenhang mit der Schönwettersingularität des „Märzwinter“ (FLOHN, 1954). Schließlich wird die große Strahlungsintensität in diesen Dekaden durch die hohe Albedo hervorgerufen: sämtliche Tage mit $ZI \geq 30$ ly/h und 74% aller Tage mit $ZI \geq 25$ ly/h traten bei geschlossener Schneedecke auf.

In den Sommermonaten wird dem Untergrund zwar theoretisch eine höhere Strahlungsintensität zugeführt, die Reflexstrahlung des Bodens bleibt aber gering. Außerdem muß wegen höherem Luftfeuchtegehalt und stärkerer Konvektion mit entsprechend

größerer Lufttrübung gerechnet werden, die den Einfluß des höheren Sonnenstandes zum großen Teil wieder ausgleicht.

c) Weißfluhjoch

Dank seiner Höhenlage nahe der klimatischen Schneegrenze liegt auf Weißfluhjoch durchschnittlich von Mitte Oktober bis Anfang Juli ununterbrochen eine geschlossene Schneedecke, die auch während der Restzeit des Jahres häufig für mehrere Tage zur Ausbildung kommt. Die mit dem Fehlen der Schneedecke verminderte Reflexstrahlung des Untergrundes prägt den Jahresgang der ZI: in den schneefreien Monaten erreicht die ZI auf Weißfluhjoch ihre geringsten Durchschnitts- und Absolutwerte, trotz des hohen Sonnenstandes. Hinzu kommt, daß die Sonnenscheindauer in den Sommermonaten auffallend gering bleibt, weil die Berggipfel – selbst bei „Schönwetterlagen“ – wegen der starken mittäglichen Konvektion dann häufig im Wolkenniveau liegen.

Erstaunlich bleibt nur, daß in den Monaten Mai und Juni trotz noch vorhandener Schneedecke und hohen Sonnenstandes die durchschnittliche ZI geringer ist als im April und März. Da die relative Sonnenscheindauer in diesen vier Monaten in etwa gleich bleibt, kommen als Erklärung nur zwei Faktoren in Betracht:

1. Die wegen tiefer Temperaturen und schwacher Konvektion größere Transparenz der Atmosphäre in den Monaten März und April. Die Monatsmaxima der Globalstrahlung liegen auf Weißfluhjoch in den Monaten April und Mai, und das Märzmittel ist kaum geringer als der Juni-Durchschnitt.

2. In den Monaten März und April fällt der gesamte Niederschlag als Schnee, so daß die Schneefläche häufig erneuert wird und von den hohen Albedo-Werten einer Neuschneedecke nur unwesentlich abweicht. Mit Ansteigen der Lufttemperaturen im Mai und Juni werden auf Weißfluhjoch die Schneeniederschläge zugunsten von Regenfällen seltener. Deshalb sinkt auch das Reflexionsvermögen des Untergrundes und damit die Intensität der Zirkumglobalstrahlung.

5. Bioklimatische Höhenstufen und Zirkumglobalstrahlung

Der völlig unterschiedliche Jahresgang von ZGS und ZI im Tiefland und Hochgebirge zeigt eine eindeutige Abgrenzung dieser beiden Höhenstufen voneinander. Höchenschwand – und damit im weiteren Sinne die freien Lagen des südlichen Hochschwarzwaldes als Teil des Europäischen Mittelgebirgssystems – befindet sich dagegen in einer strahlungsklimatischen Übergangsstellung. Das gilt nicht nur für die durchschnittlichen Strahlungsintensitäten, sondern auch für Jahresgang und Häufigkeitsverteilung. Verläuft der Jahresgang der Tagessummen der ZGS in Höchenschwand und Basel noch parallel, so deuten das Märzmaximum der

ZI sowie die gegenüber Mai höheren Monatsmittelwerte von Februar und März auf zeitlich begrenzte Hochgebirgseigenschaften hin, die allerdings im Sommer wieder vollständig verschwinden. Bemerkenswert ist auch das übereinstimmende Auftreten der höchsten ZI-Werte Ende Februar bzw. im März sowohl in Höchenschwand als auch auf Weißfluhjoch. Leider wird die Zirkumglobalstrahlung auf dem Feldberg-Observatorium (1486 m) bisher nicht registriert, so daß die Frage, inwieweit der höchste Teil des Schwarzwaldes in noch stärkerem Maße Züge einer „subalpinen Insel“ (LIEHL, 1959) trägt, vorerst noch offen bleiben muß.

Für die bioklimatische Gunst bzw. Ungunst eines Ortes ist die Strahlungsintensität nur eine von vielen meteorologischen Komponenten. Nach PFLEIDERER (1951) sollte eine ausschließlich auf die Strahlungsverhältnisse abgestimmte Heilanzeigen (Heliotherapie) nicht erfolgen. Dennoch sind diese ein nicht unwesentlicher Bestandteil der Begriffsbestimmungen für Klimakurorte (vgl. KNOCH, 1962, siehe auch BLÜTHGEN, 1966, S. 496–497). Für die Strahlungsintensität als therapeutischer Faktor erscheint es in diesem Zusammenhang bedeutsam, daß die Unterschiede zwischen Tiefland und Hochgebirge in den Sommermonaten, also während der „Hauptreisezeit“, relativ gering sind. Selbst in hochalpinen Lagen, wie auf Weißfluhjoch, kommen im Juli und August sehr häufig nicht wesentlich höhere Strahlungsintensitäten vor als in der südlichen Oberrheinebene. Während jedoch in Basel – und im weiteren Sinne auch in den Kurorten entlang des Schwarzwaldwestrandes – sommerliche strahlungsintensive Tage meist mit hohen Lufttemperaturen und damit erheblicher Wärmebelastung des menschlichen Organismus verbunden sind, entfällt dieser Nachteil auf Grund der größeren Meereshöhe in Höchenschwand bereits weitgehend und auf Weißfluhjoch vollständig. Auf der anderen Seite sind dann die mit intensivem Strahlungsgenuß verbundenen Reizwirkungen auf den menschlichen Organismus (vgl. z. B. TROMP, 1963) selbst in großen Höhen abgeschwächt. Das gilt insbesondere auch für die UV-Strahlung.

In den Wintermonaten, wo tiefgelegene Stationen wie Basel verbreitet unter beträchtlichem Strahlungs- und Lichtmangel leiden, genießen schon die höheren Schwarzwaldlagen ihre deutlichste strahlungsklimatische Gunststellung. Ende Februar und im März erreicht die Zirkumglobalstrahlung in Höchenschwand mitunter eine Intensität, die durchaus mit Werten des Hochgebirges vergleichbar ist. Selbst bei niedrigen Lufttemperaturen kommt dann vor allem an windgeschützten Stellen kaum einmal ein Gefühl von Kälte auf, da Haut- und Körpertemperatur dann weniger durch die Luft selbst, als vielmehr weitgehend durch direkte Absorption der kurzwelligen Strahlung bestimmt werden. Das führt im Zusammenhang mit dem starken Kontrast des physiologischen Wärmegefühls an besonnten und im Schatten befindlichen Lagen an sich schon zu einer therapeutisch günstigen Reizwirkung.

Hinzu kommt die an strahlungsintensiven Tagen gesteigerte Wirkung des UV-Anteils, dessen neben der Pigmentbildung allgemein wohltuende Wirkung auf den menschlichen Organismus ausführlich von FLACH (1957) beschrieben wurde. Über die ZI-Werte kann die UV-Bestrahlung quantitativ nicht erfaßt werden. Folgt man aber – mit allem Vorbehalt – einer Anregung von LANDSBERG (1969), die Stärke der UV-Strahlung mit der Sichtweite in Zusammenhang zu bringen, dann ist in Höchenschwand zumindest an Tagen mit $ZI \geq 30$ ly/h der extrem kurzwellige Anteil der Strahlung, der ebenfalls voll reflektiert wird, recht hoch. An allen diesen Tagen erreichte die Sichtweite ihre höchste klimastatistische Abstufung (über 50 km).

Alles das gilt in verstärktem Maße auch für Weißfluhjoch.

Gebirge weisen auch im Winterhalbjahr nennenswerten Fremdenverkehr auf; es ist also dort zweimal im Jahr „Saison“ (vgl. HAHN, 1958). Sieht man von dem Erholungswert, der mit der Ausübung des Wintersports verbunden ist, einmal ab, so dürfte eine der Ursachen für dieses auch wirtschaftsgeographisch interessante Phänomen in der strahlungsklimatischen Begünstigung liegen, die Hochgebirge und die höheren Bereiche der Mittelgebirge vor allem im Spätwinter erfahren.

Literatur

- BIDER, M.: Messungen der Zirkumglobalstrahlung in Basel (1954–1961). In: Verh. Schweizer. Naturf. Ges., 142. Jahresvers. 1962, S. 71–72.
- BLÜTHGEN, J.: Allgemeine Klimageographie. 2. Aufl., Berlin 1966, bes. S. 2–3 und 493–500.
- CONRAD, V.: Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. KÖPPEN-GEIGER, Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil B, Berlin 1936.
- COURVOISIER, P. und H. WIERZEJEWski: Das Kugelpyranometer Bellani. In: Archiv f. Meteor., Geophys., Bioklimat., B 5, 1954, S. 413–446.
- DIRMHORN, I.: Das Strahlungsfeld als Lebensraum. Frankfurt 1964.
- FLACH, E.: Grundbegriffe und Grundtatsachen der Bioklimatologie, IV: Der photoaktinische Wirkungskomplex. In: Linkes Meteor. Taschenbuch, Neue Ausg., Bd. III, Leipzig 1957, S. 235–254.
- : Zur klimatologischen Charakteristik des Hochgebirges. In: Archiv f. physikal. Therapie, 19, 1967, S. 277–290.
- : Vergleichende bioklimat. Untersuchungen zum Verhalten der Sonnenscheindauer und der kurzwelligen Wärmestrahlung im Hochgebirge und im Flachland. In: Zeitschr. angew. Bäder- u. Klimaheilkunde, 15, 1968, S. 11–35.
- FLEMMING, G.: Fünfjährige Messungen der Zirkumglobalstrahlung und der kurzwelligen Strahlung aus seitlichen Halbräumen in Tharandt-Wildacker. In: Zeitschr. f. Meteorologie, 18, 1966, S. 107–118.
- FLOHN, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forschgn. z. Dt. Landeskunde, 78, Stuttgart 1954.
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl. Braunschweig 1960.
- HAHN, H.: Die Erholungsgebiete der Bundesrepublik. Bonner Geogr. Abhandlgn. 22, Bonn 1958.
- HÄVLIK, D.: Inversionswetterlagen im südlichen Oberrheingebiet. In: Meteor. Rundschau, 23, 1970, S. 129–134.
- : Untersuchungen zur Zirkumglobalstrahlung in Höchenschwand (südlicher Hochschwarzwald). In: Bonner Meteor. Abhandlgn. 1972 (Flohn-Festschrift) im Druck.
- HEIGEL, K.: Die Zirkumglobalstrahlung auf dem Hohenpeißenberg. In: Wetter und Leben, 13, 1961, S. 231–239.
- KNOCH, K.: Problematik und Probleme der Kurortklimaforschung als Grundlage der Klimatherapie. Mitteilungen d. Dt. Wetterdienstes, Nr. 30, Offenbach 1962.
- LANDSBERG, H.: Weather and Health. Garden City, N. Y., 1969.
- LIEHL, E.: Der Feldberg im Schwarzwald als subalpine Insel im Mittelgebirge. In: Berichte z. Dt. Landeskunde, 1959, Bd. 22, S. 1–28.
- MÖRIKOFER, W.: Zur Klimatologie der Zirkumglobalstrahlung, gemessen mit Kugelpyranometer. In: Verh. Schweizer. Naturf. Ges., 142. Jahresvers., 1962, S. 69–71.
- PFLIEDERER, H.: Grundlagen einer exakten Dosierung in der Helioklimatherapie. In: Strahlentherapie, 86, 1951, S. 34–46.
- SCHULZ, L.: Zur Bioklimatologie des Harzes. Schriftenreihe des Harzer Verkehrsverbandes, Goslar 1969.
- STEINHAUSER, F.: Die Zunahme der Intensität der direkten Sonnenstrahlung mit der Höhe im Alpengebiet und die Verteilung der „Trübung“ in den unteren Luftschichten. In: Meteor. Zeitschrift, 56, 1939, S. 172–181.
- TROMP, S. W.: Medical Biometeorology. Amsterdam–London–New York 1963.
- WACHTER, H.: Messungen mit dem Kugelpyranometer nach Bellani in Bad Soden (Taunus). In: Meteor. Rundschau, 13, 1960, S. 17–18.
- : Häufigkeitsverteilungen der Zirkumglobalstrahlung in Bad Soden (Taunus). In: Annalen d. Meteor., N. F. 3, 1967, S. 191–196.
- : Die Zirkumglobalstrahlung in Bad Soden (Taunus) und an anderen Orten. In: Archiv f. physikal. Therapie, 1967, S. 491–497.
- WEISCHET, W.: Kann und soll noch klimatologische Forschung im Rahmen der Geographie betrieben werden? In: Tagungsber. u. Wiss. Abh. d. Dt. Geogr. tages Bad Godesberg, 1967, S. 428–440.
- Westermanns Lexikon der Geographie, Bd. 2, Braunschweig 1969, S. 813.
- YAMAMOTO, G.: Direct Absorption of Solar Radiation by Atmospheric Water Vapor, Carbon Dioxide and Molecular Oxygen. In: Journal of the Atmospheric Sciences, 19, 1962, S. 182–188. Vgl. auch: LINKE-BAUR: Meteor. Taschenbuch, Neue Ausg., II, 2. Aufl. Leipzig 1970, S. 534.
- Deutscher Wetterdienst, Wetteramt Freiburg i. Br.: Tägliche Messungen der Zirkumglobalstrahlung in Höchenschwand (unveröffentlicht).
- Observatorium St. Margarethen, Basel-Binningen: Monatliche Meteor. Beobachtungen Jan. 1960 bis Dez. 1969.
- Winterbericht des Eidgen. Instituts für Schnee- und Lawnenforschung Weißfluhjoch/Davos: Nr. 24, 1959/60 – Nr. 33, 1968/69.