

Die Komponenten der Jahres-Schwankung der Sonnenscheindauer

Autor(en): **Conrad, V.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **12 (1939)**

Heft I

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-110931>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Komponenten der Jahres-Schwankung der Sonnenscheindauer¹⁾

von V. Conrad, Wien.

(2. XI. 38.)

In einer früheren Arbeit²⁾ wurde die Sonnenscheindauer in den österreichischen Alpen diskutiert. Dort konnten nur die Beschreibung der geeigneten Methoden zur Darstellung der regionalen Verteilung und diese selbst Platz finden. Jahres- und Tages-Schwankung blieben unerörtert. Ein Beitrag zur Kenntnis der ersteren soll hier gegeben werden.

Die Statistik lieferte mittlere Jahres-Schwankungen direkt für 5 mittlere Seehöhen (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Mittlere Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer für die Monate und das Jahr in 5 mittleren Niveaus der Ostalpen.

Mittl. Höhe m	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	arithm. Mittel	Jahr
329	25	39	47	45	53	58	62	58	54	41	29	19	44	47
634	39	47	50	44	48	55	60	57	54	45	35	31	47	49
1110	45	49	51	43	47	53	59	56	52	45	39	37	48	49
1665	49	51	50	41	44	51	57	54	51	47	41	43	48	49
3034	50	54	48	34	34	40	43	44	44	46	42	45	44	43

Die Fig. 1 zeigt die Abweichungen von den arithmetischen Mitteln, deren Höhe aus der Tabelle 1 zu ersehen ist³⁾. Der Gang in den extremen Höhenlagen bietet nichts prinzipiell Neues. Im untersten Niveau, das seiner Höhe nach ungefähr den Talböden

¹⁾ Referat, gehalten an der Tagung der Schweiz. Gesellschaft für Geophysik, Meteorologie und Astronomie, 28. VIII. 1938 in Chur. — S. Helv. Phys. Acta XI, 531, ferner Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. und Bull. Americ. Met. Soc. 1939.

²⁾ V. CONRAD, Anomalien und Isanomalien der Sonnenscheindauer in den österreichischen Alpen. Beihefte Jb. Zentr. Anst. Met. Wien 1938.

³⁾ Daneben auch das wahre Jahresmittel. Die Differenz zwischen beiden rührt daher, dass das Jahresmittel aus den effektiv möglichen und den effektiv registrierten Monatssummen abgeleitet wird, während das arithmetische Mittel den Monatsprozenten entspringt. Siehe darüber die Schlussfussnote der eingangs zitierten Arbeit.

und dem Vorland entspricht, steht einem ausgeprägten Hochsommermaximum ein tief eingesenktes Dezemberminimum entgegen. Im 3000 m-Niveau zeigt die Kurve ein scharf betontes Maximum im Februar und ein Hauptminimum im Frühjahr. Im untersten Niveau beträgt die Schwankung 43%, im obersten 20%. Die Extremzeiten sind also, wie bekannt, in den beiden Niveaus beinahe bis zum Spiegelbild gegeneinander verschoben. In allererster Näherung kann man wohl sagen, dass oben das Maximum, unten das Minimum auf den Winter fallen. Der Übergang vollzieht sich in überraschender Weise. Man sollte glauben, dass er durch

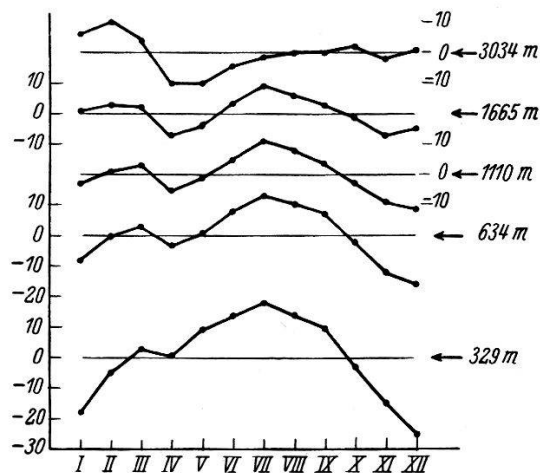


Fig. 1.

Die mittlere Jahresschwankung der Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer in 5 mittleren Niveaus der Ostalpen.

eine Schicht ohne Schwankung vermittelt wird. In Wirklichkeit ist das nicht der Fall. Das Sommermaximum schwächt nach oben immer mehr ab, ein unten ganz rudimentär vorhandenes Frühjahrsmaximum verstärkt sich, wobei sich dieses Extrem gegen den Winter hin zurückzieht. Im Niveau 1665 m hat man es dann mit einer ausgesprochenen Doppelwelle zu tun, bei der zwar das Sommermaximum noch vorherrscht, dagegen das Frühjahrs- und Spätherbstminimum gleich tief sind.

Dieser Sachverhalt schien interessant genug, dem Phänomen weiter nachzugehen. Hierzu boten die in der angeführten Arbeit publizierten Normalwerte für Höhenstufen (dort S. 11) eine geeignete Grundlage. Es wurden nur die in Tabelle 2 erscheinenden Höhenniveaus verwendet, um bei einem ersten Versuch den rechnerischen Ballast nicht zu sehr zu vergrößern. Die Fig. 2 lässt die früher besprochenen Züge bereits recht übersichtlich hervortreten.

* * *

Tabelle 2.

Monats-Normalwerte (Abweichungen) der Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer für bestimmte Höhenstufen.

Hek- tom.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Arithm. Mittel	Jahres- Mittel
1	-22	-10	2	1	10	15	19	15	9	-5	-17	-28	45	48
4	-17	-4	3	0	6	12	17	13	9	-3	-15	-23	45	47
8	-6	1	3	-4	1	7	13	9	6	-2	-11	-14	47	49
12	-2	1	3	-5	-1	5	11	8	4	-3	-9	-10	48	49
16	0	3	2	-7	-4	3	10	6	3	-1	-7	-6	48	48
20	2	5	3	-8	-6	1	7	4	2	0	-6	-4	47	47
24	4	7	3	-9	-7	-1	4	2	1	1	-5	-2	46	46
28	6	10	4	-9	-8	-2	1	1	1	2	-2	1	44	44
30	6	10	4	-10	-10	-4	-1	0	0	2	-2	1	44	43

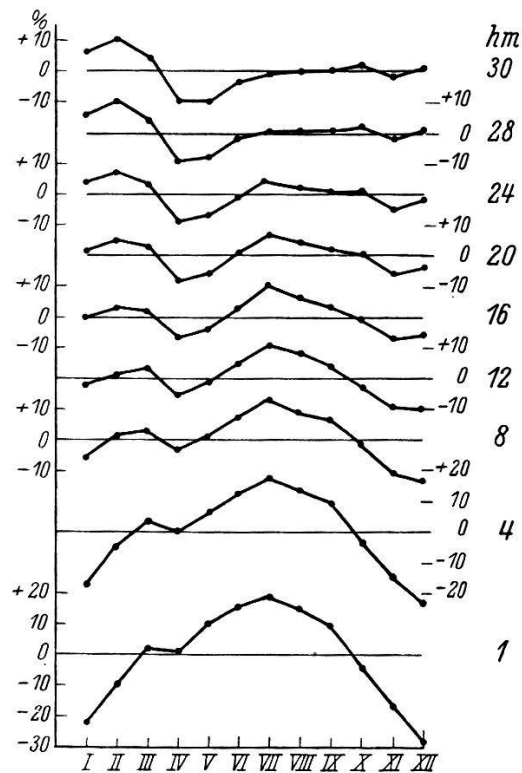


Fig. 2.

Jahresschwankung der Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer in verschiedenen Höhenstufen.

Eine allgemeine Zwischenbemerkung über *Glättung geophysikalischer Reihen* sei hier eingeschaltet. Wenn man die Kurve für das 1 hm-Niveau betrachtet, so erscheint sie als glatter Zug, der der Erfahrungserwartung entspricht. Nur der Märzwert erzeugt einen Buckel, den man ohne Kenntnis der Schwankungsform in den höheren Niveaus ohne weiteres als Schönheitsfehler ansprechen

könnte, so dass eine Glättung durch übergreifende Summen nicht nur angemessen, sondern geboten erschiene. Wie schon aus dem blossen Anblick der Fig. 2 hervorgeht und später zu zeigen sein wird, ginge bei einer solchen Glättung leicht das interessanteste Kennzeichen der sonst banalen Kurve verloren. Die Möglichkeit solcher Schädigungen durch die Glättungsverfahren sollte man immer im Auge behalten.

* * *

Als nächster Schritt der Untersuchung ergab sich wohl zwangsläufig die harmonische Analyse der in Tabelle 2 erscheinenden, in Fig. 2 dargestellten Zahlenreihen der Jahresgänge in den aufeinanderfolgenden Höhenniveaus. Die Resultate dieser Rechnungen sind aus Tabelle 3 zu ersehen.

Tabelle 3.

Die Konstanten der Harmonischen Analyse des Jahresganges der Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer in bestimmten Höhenstufen.

Hek- tom.	$a_0^{1)}$ %	a_1 %	a_2 %	Abw. von \bar{a}_2	A_1	A_2	$100 \frac{a_1}{a_0}$
1	45	20,2	5,3	-0,3	285,5 ⁰	350,9 ⁰	45
4	45	16,0	6,0	+0,4	285,1 ⁰	0,8 ⁰	36
8	47	10,5	5,7	+0,1	281,3 ⁰	24,2 ⁰	22
12	48	6,2	5,6	0,0	282,4 ⁰	37,4 ⁰	13
16	48	3,7	5,7	+0,1	266,8 ⁰	44,7 ⁰	8
20	47	1,5	5,7	+0,1	242,6 ⁰	43,1 ⁰	3
24	46	1,5	5,6	0,0	142,0 ⁰	43,5 ⁰	3
28	45	3,8	5,3	-0,3	118,0 ⁰	42,6 ⁰	8
30	44	4,8	5,4	-0,2	116,5 ⁰	39,2 ⁰	11

m. F. =
 $\pm 0,22\%$

Die Konstantentafel (Tabelle 3) gibt nun einen überraschenden Aufschluss über die eigentümlich zusammengesetzte Natur der Jahresschwankung. Die Rechnung wurde beim zweiten Gliede abgebrochen, da eine Stichprobe zeigte, dass die Differenzen zwischen beobachteter und gerechneter Kurve klein ausfallen und vor allem eine zufällige, keine periodische Anordnung zu zeigen scheinen. Dieses Verhalten führte zu der Annahme, dass die Form der Jahreschwankung im wesentlichen durch die zwei ersten Glieder der FOURIER'schen Reihe erschöpfend wiedergegeben wird. *Der Jahresgang der Sonnenscheindauer setzt sich also aus einer ganz- und einer halbjährigen Schwankung zusammen.*

¹⁾ Arithmetisches, nicht wahres Mittel.

Die ganzjährige Schwankung

zeigt im untersten und im höchsten Niveau ein Verhalten, das als bekannt vorauszusetzen ist. Dagegen dürfte der Übergang mit wachsender Höhe noch nie untersucht worden sein. In Fig. 3 ist A_1 (in Graden) auf der Abscisse, die Seehöhe auf der Ordinate eingetragen.

Schon im betrachteten Bereich ändert sich der Phasenwinkel von unten bis oben um 170° , und kommt so der theoretischen Grenze von 180° nahe. Die *Ganzjahrswelle* verläuft also in 3000 m beinahe spiegelbildlich zu der im 100 m-Niveau. In den Tälern

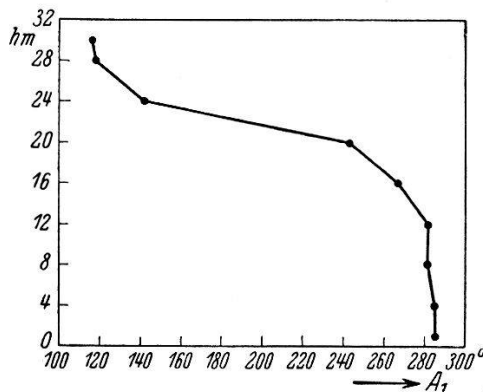


Fig. 3.

Das Verhalten des Phasenwinkels A_1 mit wachsender Seehöhe.

und in den den Gebirgen vorgelagerten Ebenen herrscht der „Gewitter- und Inversionstypus“ der Sonnenscheindauer¹⁾: Maximum im Sommer, Minimum im Winter. Ein „statischer“ Typus. In Gipfelregionen herrscht „dynamisches“ Regime bei aufsteigenden, zur Kondensation neigenden Luftströmen im Sommer, absteigenden trockenen im Winter, mit dem Maximum der Sonnenscheindauer. Die Resultate der harmonischen Analyse führen zur *quantitativen* Erfassung dieser sonst bekannten Tatsachen.

Die Fig. 3 resp. die Rechnung geben aber auch Auskunft über die Zustände in der Säule zwischen den beiden extremen Niveaus. Es ergibt sich Konstanz bis 1200 m, dann eine schwache Tendenz zu abnehmendem Phasenwinkel bis 2000 m. *Zwischen den Seehöhen 2000 und 2400 m tritt nun die merkwürdige Erscheinung einer rapiden Schwenkung (100°) vom Tal- zum Höhentypus ein.* Ober 2400 m sind dann die Änderungen wieder klein. Es ist daher zwischen 2000 und 2400 m eine **Zwischenschicht** anzunehmen, die die beiden vertikal übereinander angeordneten Bewölkungssysteme trennt.

¹⁾ V. CONRAD, Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von den terrestrischen Einflüssen. Köppen-Geiger Hdbch. d. Klim. IIB, S. 412 u. f.

Der Vollständigkeit halber seien auch die Kalenderdaten angeführt, an denen die Extreme der ganzjährigen Welle in den untersuchten Niveaus eintreten.

Tabelle 4.

Extremdaten der ganzjährigen Welle in bestimmten Niveaus.

Hektom.	1	4	8	12	16	20	24	28	30
Maximum	30. VI.	1. VII.	5. VII.	4. VII.	20. VII.	13. VIII.	23. XI.	18. XII.	20. XII.
Minimum	30. XII.	31. XII.	4. I.	3. I.	19. I.	12. II.	25. V.	19. VI.	21. VI.

Das Maximum fällt unten auf den 30. Juni, oben auf den 20. Dezember, eine Zeitdifferenz von 173 Tagen. Davon kommen auf die „Zwischenschicht“ allein 102 Tage (über ein Viertel Jahr) oder rund 60% der Gesamtschwankung „unten-oben“.

Das geschilderte Verhalten des Phasenwinkels kann man sich nur so vorstellen, dass die Amplitude der ganzjährigen Schwankung in der Zwischenschicht verschwindet. Der Anblick der Fig. 4 zeigt, dass diese Annahme weitgehend zu Recht besteht.

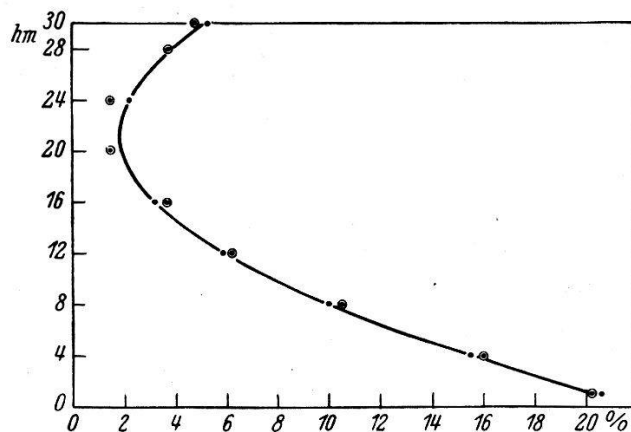


Fig. 4.

Das Verhalten der Amplitude der ganzjährigen Welle mit der Höhe.
 Ausgezogene = Gerechnete Kurve; ◦ = Beobachtete Werte.

Es ergibt sich eine sehr rasche Abnahme der Amplitude bis zur „Zwischenschicht“, in der die gesamte Schwankung (doppelte Amplitude) nur mehr 3% beträgt. Oberhalb der „Zwischenschicht“ steigt die Amplitude wieder an. Die beobachteten Amplituden lassen sich in guter Annäherung durch eine analytische Gleichung zweiten Grades approximieren, die lautet:

$$a_1 = 22,5 - 1,925 h + 0,045 h^2$$

wobei h in Hektometern gerechnet wird, a_1 in Prozenten der

effektiv möglichen Dauer des Sonnenscheins. Die Differentiation der Gleichung ergibt

$$\frac{da_1}{dh} = -1,925 + 0,09 h.$$

Setzt man diesen Ausdruck gleich Null, so erhält man die Höhe, in der das Minimum der Amplitude eintritt.

$$h (a_1 = \text{Min.}) = 2140 \text{ m,}$$

mit einem *gerechneten* Minimum von

$$a_1(\text{Min.}) = 1,9\%.$$

Im Niveau von 2140 m könnte man eine Art Schwerpunkthöhe der „*Zwischenschicht*“ erblicken.

Die halbjährige Schwankung.

Die Ganzjahrs-Schwankung kann für alle Höhenlagen als physikalisch genügend erklärt gelten. Das Hinzutreten einer Halbjahrs-Schwankung macht das Problem kompliziert. Die Differenzen der beobachteten Kurven gegen die gerechnete Ganzjahrs-Schwankung sind nicht nur gross, sondern deutlich periodisch angeordnet, wobei die Konstanten gesetzmässiges Verhalten mit der Höhe zeigen. Die *Halbjahrswelle* ist daher als eine reale aufzufassen.

Dennoch muss diese Welle in ihrem Verhalten mit der Höhe als schwer deutbare Überraschung bezeichnet werden.

1. Die Amplitude a_2 erweist sich als invariant mit der Höhe. Kolonne 5 von Tabelle 3 enthält die Abweichungen dieser Grösse vom Mittelwert. Der durchschnittliche Fehler des Einzelwertes ergibt sich zu $\pm 0,17\%$ absolut, oder $3,3\%$ des Mittelwerts. Eine so weitgehende Invarianz gegen den klimatischen Faktor „Seehöhe“ dürfte wenigen klimatischen Elementen zu eigen sein. Der Mittelwert der Amplitude beträgt in der untersten 3000 m-Schicht $5,6\%$ absolut, oder immerhin 12% des arithmetischen Mittels der relativen effektiv möglichen Sonnenschein-Dauer im Jahr. So lässt sich nun auf Grund dieser Tatsachen eine bedeutsame und merkwürdige Erscheinung feststellen:

In der Zwischenschicht existiert praktisch nur eine halbjährige Schwankung der Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer, während die ganzjährige zu vernachlässigen ist.

Rechnet man in der Zwischenschicht mit $a_1 = 1,5\%$ (beobachtet) $a_2 = 5,6\%$ (Mittel über die ganze Höhe), so erhält man

$$a_2/a_1 = 3,7.$$

Die halbjährige Amplitude ist also rund *viermal* grösser als die ganzjährige, wobei aber der Absolutbetrag der letzteren gewiss schon innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung liegt. Damit ist der obige Satz über die Schwankungsart in der Zwischenschicht als erwiesen zu betrachten.

* * *

Das Verhalten des Phasenwinkels A_2 der halbjährigen Schwankung kommt in Fig. 5 zur Darstellung.

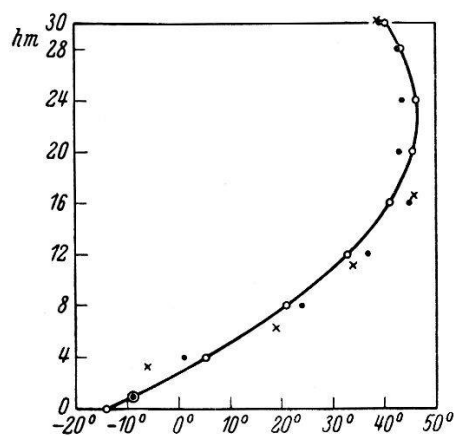


Fig. 5.

Das Verhalten des Phasenwinkels der halbjährlichen Schwankung A_2 mit der Höhe. \cdot = individuelle Werte der Höhenstufen. \times = Werte von A_2 für die mittleren Höhen 329, 634, 1110, 1665, 3034 m. *Glatte Kurve*, gerechnet nach der analytischen Näherungsformel.

Zur Erklärung von Fig. 5 mag nur bemerkt werden, dass natürlich die \times -Werte die primären sind, auf Grund deren die Höhenstufen berechnet wurden. Den letzteren Werten ist dann die analytische Gleichung angepasst, die lautet:

$$A_2 = -14,2 + 5,33 h - 0,117 h^2$$

wobei h wieder in Hektometern zu rechnen ist.

Die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung dürfte fürs erste genügen.

Es zeigt sich hier eine ganz eigentümliche Verschiebung der Extreme mit der Höhe. Der Phasenwinkel strebt mit der Höhe einem Maximum zwischen 20 und 24 hm zu, um darüber wieder abzunehmen. Nach der obigen Gleichung tritt das Maximum des Phasenwinkels in 2280 m Höhe mit $46,5^\circ$ ein. Es erscheint sehr bemerkenswert, dass auch dieser Kurven-Wendepunkt in die früher

erschlossenen Niveaugrenzen der „*Zwischenschicht*“ fällt und seine Höhe von der Minimumhöhe von a_1 keineswegs stark abweicht; die Differenz ist um so geringer einzuschätzen, wenn man bedenkt, dass hier ein erster Versuch mit einem noch nicht zureichenden Material vorliegt.

Zur besseren Veranschaulichung der Verschiebung diene noch Tabelle 5 mit den Kalender-Daten der Extreme der halbjährigen Welle.

Tabelle 5.

Die Kalender-Daten der halbjährigen Welle in verschiedenen Höhenstufen.

Hektom.	1	4	8	12	16	20	24	28	30
I Maxim.	3. III.	27. II.	19. II.	13. II.	8. II.	6. II.	5. II.	7. II.	9. II.
I Minim.	2. V.	29. V.	21. V.	15. V.	10. V.	8. V.	7. V.	9. V.	11. V.
II Maxim.	1. IX.	28. VIII.	20. VIII.	14. VIII.	9. VIII.	7. VIII.	6. VIII.	8. VIII.	10. VIII.
II Minim.	1. XII.	27. XI.	19. XI.	13. XI.	8. XI.	6. XI.	5. XI.	7. XI.	9. XI.

Die aufgezeigten Zeitdifferenzen sind keine grossen. Die Extreme verfrühen sich vom Talboden (bzw. Vorebene) bis in die „*Zwischenschicht*“ um 26 Tage. (Z. B. erstes Maximum 3. März bis 5. Februar.) Von der „*Zwischenschicht*“ bis zum 3000m-Niveau tritt dann wieder eine (vielleicht) systematische, aber viel kleinere Verspätung ein. Die Verfrühung bis zur „*Zwischenschicht*“ errechnet sich zu 1,2 Tage/100 m; die Verspätung aufwärts von der „*Zwischenschicht*“ zu 0,6 Tage/100 m, also nur die Hälfte.

Zusammenfassend möge nochmals darauf hingewiesen werden, dass die „*Zwischenschicht*“ das *Urphänomen* der *Doppelwelle* in nahezu reiner Ausbildung zeigt. Nach oben zu wird die Halbjahrs-welle zu einer Schwankung deformiert, die der Form einer Welle mit vorherrschendem Winter-Maximum zustrebt; nach unten zu tritt eine analoge Deformation in der Richtung einer resultierenden Welle mit dominierendem Sommermaximum auf. Wie immer die Verhältnisse vielleicht bei verschiedenen Gebirgen und unter verschiedenen klimatischen Einflüssen veränderlich sein mögen, muss man der „*Zwischenschicht*“ ganz besondere physikalische Eigenschaften und Bedeutung zuerkennen.

Zum Wesen der Halbjahrs-Schwankung.

Nach dem Vorgebrachten, das sich zwangsläufig aus der direkten Beobachtung ergibt, kann kaum ein Zweifel bestehen, dass die Halbjahrs-Schwankung der Sonnenscheindauer als reale Komponente der Jahres-Schwankung aufzufassen ist, und dass ihr

Verhalten mit der Höhe ein sehr eigentümliches, gesetzmässig verlaufendes Phänomen darzustellen scheint.

Eine physikalische Erklärung des Phänomens ist leider noch nicht gelungen. Es soll hier nur noch ein negativ verlaufener Versuch erwähnt und mit einer vagen Andeutung eines neuen Erklärungsweges geschlossen werden.

Nach Klarstellung der oben beschriebenen Verhältnisse dachte ich vor allem an einen Luftdruckeffekt, eine Konvergenz über den Alpen im Frühjahr und Herbst, die reduzierend auf die Bewölkung einwirkt. Auch eine formale Analogie, der ich übrigens noch weiter nachgehen will, könnte hier noch Erwähnung finden. Die Amplituden der *ganztägigen* Barometerschwankung nehmen nämlich zuerst mit der Höhe ab, dann oberhalb 2000 m wieder zu. Das Maximum wechselt dabei von ca. 6 h in der Niederung auf ca. 18 h in der Höhe. *Formal* also ein ganz ähnliches Verhalten, wie beim Sonnenschein; es ist eine *Zwischenschicht in gleicher Höhe* vorhanden und eine Schwenkung des Phasenwinkels um ca. 180° von unten bis oben. Die Arbeitshypothese führte zu einer ziemlich eingehenden Untersuchung des Verhaltens der *halbjährigen* Luftdruckwelle mit der Höhe, über die eine eigene Mitteilung berichten soll. Die Realität der Halbjahrswelle ist vor nicht allzu langer Zeit¹⁾ auf Grund wahrscheinlichkeitstheoretischer Kriterien einwandfrei nachgewiesen worden. Diese und andere Untersuchungen über die Halbjahrswelle beschäftigen sich aber — meines Wissens — nicht mit dem Höheneinfluss, der hier ausschlaggebend erscheint. Die für diese Arbeit interessanten Ergebnisse über den letzteren sollen kurz Erwähnung finden.

1. Beim Phasenwinkel A_2 der Druckschwankung existiert ebenso wie bei der Sonnenscheindauer eine Pendelung mit der Höhe. Bis zu einem Niveau von ca. 1800 m tritt eine bestimmte Änderung ein, die dann bei weiter wachsender Höhe den entgegengesetzten Sinn annimmt. Die Realität dieses Verhaltens ist jedoch nicht sichergestellt.

2. Dies sogar angenommen, würden sich beim Luftdruck die Extreme mit der Höhe verspäten (um nur 8 Tage bis zum Umkehrpunkt), um sich dann wieder zu verfrühen. Bei der Sonnenscheindauer war das Umgekehrte der Fall.

3. Vergleicht man die Extremdaten für Sonne und Druck in den verschiedenen Niveaus, so ergibt sich kaum ein Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen; in den untersten Niveaus

¹⁾ F. REUTER, Der Nachweis des Vorhandenseins der halbjährigen Luftdruckwelle. Gerlands Beitr. Geoph. 46, 1936, 366—393.

überhaupt nicht, aber auch in den höheren ist kein rechtes Anzeichen vorhanden, das eine Abhängigkeit eines Phänomens vom anderen ernstlich vermuten liesse.

4. Es besteht eine sehr merkwürdige *formale* Analogie zwischen den beiden Halbjahrswellen. *Auch die Amplitude der Halbjahrswelle des Luftdrucks ist in dem untersuchten Gebiet und der untersuchten Schicht mit der Höhe invariant.*

5. So interessant das Verhalten der Halbjahrswelle des Drucks erscheinen mag, kann es kaum zur Erklärung der Halbjahrschwankung der relativen Sonnenscheindauer herangezogen werden.

* * *

Um die Halbjahrswelle der Sonnenscheindauer weiter physikalisch zu ergründen, wird man nach anderen primären Ursachen Ausschau halten müssen, denen ebenfalls eine sechsmonatige Schwankung zukommt¹⁾.

Da springt vor allem der jährliche Ablauf eines Elements heraus, dem eine solche Welle aufgezwungen wird. Es sind die Wärmesummen, die ein südlich orientierter Hang empfängt. Götz hat solche Jahresgänge für Arosa, also ungefähr die hier interessierende Breite, veröffentlicht. So verlockend der Vergleich mit den monatlichen Wärmesummen für den Südhang mit 45° oder 30° Neigung wäre, soll er hier nicht gezogen werden. Der Grund liegt darin, dass Götz, was seinen Zwecken besser entsprochen hat, die Wärmesummen für die durchschnittliche Sonnenscheindauer, nicht die für wolkenlosen Himmel mitteilt. Gerade das Element, das hier zum Vergleich kommen soll, ist schon implizite in den Zahlenreihen enthalten. Jedenfalls müssen die Wärmesummen, die von, nach Süden orientierten Hängen empfangen werden, eine ähnliche Halbjahrschwankung zeigen, wie die Sonnenscheindauer. Auch das Aufgehen der Schneedecke und das Einschneien wirken auf die Wärmebilanz der Gebirgsflanken zwar in einer unsymmetrischen aber doch ähnlichen Art ein. Damit sollen nur vage Hinweise gegeben sein, ohne zu verkennen, wie gross und gewagt der Sprung von der Thermik zur Schwankung der Sonnenscheindauer ist.

Wie dem immer sei, hier liegt offenbar ein von den Beobachtungen über die Sonnenscheindauer gebotenes, neues Problem vor.

¹⁾ Wegen der nicht zu übersehenden Rolle, die die Halbjahrs-Perioden in der Geophysik spielen möchte ich auf die anregungsreiche Abhandlung von H. LANDSBERG, „Über die Zusammenhänge von Tiefherdbeben mit anderen geophysikalischen Erscheinungen“ (Gerlands Beitr. Geoph. **40**, 1933, 238—243) hinweisen.

Schlussbemerkung: Es sei noch darauf hingewiesen, dass den hier aufgezeigten Gesetzmässigkeiten bei der Jahres-Schwankung der Sonnenscheindauer eine selten kleine Streuung zukommt. So hat es daher beinahe den Anschein, dass es möglich wäre, auf Grund der gegebenen Gleichungen sich für ein bestimmtes Gebiet die Form der Jahres-Schwankung für verschiedene Niveaus zu berechnen. Vielleicht läge darin ein gewisser Vorteil für bioklimatologische Zwecke.

Wenn C. DORNO und W. MÖRIKOFER immer wieder auf die kleine Jahres-Schwankung der klimatischen Elemente im Hochgebirge aufmerksam machen, so ist in der vorstehenden Untersuchung u. a. eine Bestätigung und eine Weiterführung dieses Gedankens zu erblicken. Er tritt bezüglich der Schwankung der Sonnenscheindauer in das Stadium der quantitativen Erfassung. Die höchste Gleichmässigkeit in der Zustrahlungsdauer wird dort erzielt, wo die ganzjährige Amplitude gegen Null konvergiert und nur mehr die Halbjahrs-Schwankung existent bleibt. Das ist die *bioklimatische* Bedeutung der „Zwischenschicht“.