universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Klima von Innsbruck

Ekhart, Erwin

Innsbruck, 1934

Feuchtigkeit und Verdunstung

urn:nbn:at:at-ubi:2-1623

perioden auf rund fünf Tage. Insgesamt zählt man im Winter durchschnittlich 16.4 Frost- und 7.3 Kälteperioden. Die längste Frostperiode hatte der Winter 1906/07, wo in ununterbrochener Folge 102 Tage mit Temperaturminima $\leq 0^0$ waren; im Mittel dauert die längste Frostperiode eines Winters nur 42 Tage. Im Höchstfalle kam es vor, daß drei Wochen hintereinander das Quecksilber nie über den Gefrierpunkt stieg (1910/11), während normalerweise nur mit höchstens 10 solchen Tagen zu rechnen ist.

Feuchtigkeit und Verdunstung.

Relative Feuchtigkeit. Zur Messung der relativen Feuchtigkeit diente bis vor kurzem nur ein Lambrecht'sches Haarhygrometer; ein Hygrograph liefert fortlaufende Aufzeichnungen. Bei den mannigfachen Mängeln der auf der Hygroskopie von Haaren beruhenden Feuchte-Meßapparaten, die in der Fachliteratur vielfach diskutiert worden sind, sind damit keine exakten Feuchtigkeitsbestimmungen zu erzielen, wenn sie nicht regelmäßig kontrolliert werden. Dies ist nun für Innsbruck, soweit den vorhandenen Protokollen zu entnehmen ist, in früheren Jahren nie geschehen und darum müssen auch die im Anhang, Tab. X, mitgeteilten Extensowerte der relativen Feuchtigkeit mit Vorbehalt gegeben werden.

Im besonderen kommt noch dazu, daß mehrmals ein Austausch oder eine Neujustierung der Instrumente erfolgt ist, ohne daß die dadurch hervorgerufenen Änderungen im einzelnen bekannt wären.

Die Eingriffe, über die ich wenigstens kurze Notizen vorfand, waren folgende:
1910, Okt. 17: Instrumentenwechsel (neues Haarhygrometer der Zentralanstalt in Wien).
1916, Dez. 12: Standjustierung des „ständig zu hoch zeigenden Haarhygrometers".
1917, März 8: Instrumentenaustausch (Präz.-Hygrom. No. 694).
1917, März 10: Außerbetriebsetzung dieses Instrumentes wegen „viel zu hohen Standes". Von da ab bis 16. Juni 1917 wurde die rel. Feuchte dem Hygrographen entnommen.
1917, Juni 17: Wieder Ablesung am „Präz.-Hygrometer".
1927, Juli 7: Neues Haarhygrometer.

Erst im Jahre 1929 (1. Aug.) wurde ein feuchtes Thermometer neben dem trockenen in der Blechbeschirmung aufgehängt und vorerst nur ersteres künstlich ventiliert (mit einem Aßmann-Kopf), bis schließlich im Juni 1931 eine elektrische Aspiration beider Thermometer eingerichtet wurde. Seit 1. August 1929 werden somit regelmäßig zu den drei täglichen Terminen Psychrometerablesungen vorgenommen und damit brauchbare Werte zur Berechnung der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdruckes gewonnen[1]).

Daneben wurde auch weiterhin das Haarhygrometer abgelesen, sodaß für die letzten Jahre vergleichbare Psychrometer- und Hygrometerbeobachtungen vorliegen, bzw. das Hygrometer unter ständiger Kon-

[1]) Die Werte werden entnommen den vom kgl. Preuß. Meteor. Institut herausgegebenen Aspirations-Psychrometer-Tafeln. 2. Aufl. Braunschweig 1914.

trolle steht. Die Vergleichsbeobachtungen Juli 1931 bis März 1934, d. i. die Zeit, in der beide Thermometer genügend ventiliert wurden, habe ich zunächst dazu benutzt, um die Hygrometerkorrekturen der letzten Jahre zu ermitteln. Es ergaben sich danach folgende durchschnittliche Differenzen Psychrometer — Hygrometer (ausgeglichen):

Hygr.-stand:	100	90	80	70	60	50	40	30 %
Korrektur:	—10.4	—7.2	—4.7	—3.0	—1.6	—0.6	+0.2	+1.0%

Nachweisbare zeitliche Änderungen dieser Unterschiede waren im betrachteten Zeitraum nicht vorhanden und es darf wohl mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die obigen Korrektionsgrößen für die ganze Zeit, seitdem das jetzige Hygrometer in Verwendung steht (seit 7. Juli 1927), gültig sind.

Nach allem Vorgebrachten schien es mir nicht verantwortlich, zur Ableitung von Mittelwerten der Feuchtigkeit die ganze Reihe seit 1906 zu benützen, da sie zu viele unkontrollierbare Inhomogenitäten enthält. Zum Glück ist nun gerade die relative Feuchtigkeit ein Element, das recht geringen Schwankungen von Jahr zu Jahr unterliegt[1]), sodaß es wohl angängig erscheint, kürzere Beobachtungsreihen zur Mittelberechnung heranzuziehen um den Preis, daß diese dann in sich homogen sind. Für Innsbruck blieben unter diesen Umständen allerdings nur die vier Jahre 1930—33 übrig, wo die beiden Thermometer befriedigende Ventilation hatten; nach allen Erfahrungen darf aber angenommen werden, daß auch sie die Verhältnisse — zumindest in qualitativer Hinsicht — hinlänglich richtig wiedergeben. Vergleichshalber sind auch die Mittel der Jahre 1906—30 berechnet und in Tab. X, letzte Reihe angemerkt worden; doch muß nochmals ausdrücklich betont werden, daß ihnen kein zu großes Gewicht beigemessen werden kann.

Die relative Feuchtigkeit erreicht im Jahresverlauf (vgl. Tab. 16) ihr Maximum in der kalten Jahreszeit (Dez.: 78%), ihr Minimum im Frühling (Mai: 63%), wo die Temperatur am raschesten ansteigt und kontinentale Luftzufuhr im allgemeinen vorherrscht. Die Jahresschwankung ist nicht sehr groß (15%), was in erster Linie den relativ niedrigen Winterwerten (Dez.—Febr.: Innsbruck 75%, Wien 80%) zuzuschreiben ist.

Trotz der vergleichsweise hohen relativen Feuchtigkeit im Winter ist der Wasserdampfgehalt (absolute Feuchtigkeit) in dieser Jahreszeit infolge der niedrigeren Lufttemperatur und des hiedurch verringerten Aufnahmevermögens der Luft für Wasserdampf nur etwa halb so groß wie im Sommer. Als Maß für den absoluten Wasserdampfgehalt kann

[1]) Für Wien ist z. B. die mittlere Veränderlichkeit der Jahreswerte der rel. Feuchte, berechnet aus der 50jährigen Reihe 1871—1920, nur 1.6%; maximal betrug die Abweichung des Jahresmittels vom langjährigen Durchschnitt nur 5% (nach A. Wagner, l. c.).

Tab. 16. **Luftfeuchtigkeit und Verdunstung.**

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
a) Relative Feuchtigkeit, % (Mittel 1930—33)[1]													
7^h	84	85	83	82	79	80	83	87	88	89	87	85	84
14^h	62	55	43	43	44	44	50	52	53	55	63	65	52
21^h	81	77	66	66	67	70	76	76	78	80	81	82	75
Mittel	76	72	64	64	*63*	64	70	72	73	75	77	**78**	71
b) Dampfdruck, mm Hg (Mittel 1930—33)[2]													
7^h	3.1	2.8	3.8	5.3	7.1	9.2	10.3	10.1	8.5	5.9	4.7	3.0	6.2
14^h	3.3	2.9	3.6	4.7	6.5	8.6	10.4	10.5	8.7	6.2	5.0	3.3	6.1
21^h	3.3	3.1	3.6	5.3	7.4	9.5	11.0	11.1	9.2	6.5	5.0	3.2	6.5
Mittel	3.2	*2.9*	3.7	5.1	7.0	9.1	**10.6**	**10.6**	8.8	6.2	4.9	3.2	6.3
c) Verdunstung, mm (1914—33)													
$7—14^h$	3.5	5.5	13.4	19.6	26.4	21.8	20.8	18.0	15.1	11.5	7.4	4.1	167.2
$14—21^h$	5.7	9.7	23.7	29.7	38.0	31.7	30.9	27.4	22.8	16.5	10.2	6.2	252.5
$21—7^h$	4.3	6.3	10.2	12.6	13.1	10.7	11.1	10.3	9.3	8.2	7.3	4.7	108.1
$7—7^h$ Mitt.	*13.8*	21.6	47.8	62.0	**77.5**	64.2	62.8	57.9	47.2	36.3	24.6	14.6	528.4
$7—7^h$ Max.	27.2	49.8	79.1	110.6	**124.7**	107.9	82.6	85.4	61.6	66.2	66.2	32.8	653.2
$7—7^h$ Min.	*2.8*	6.6	28.6	29.0	40.6	40.0	46.4	39.7	29.3	14.4	10.4	2.9	360.6
v[3])	*6.1*	9.6	13.6	15.0	14.5	**15.3**	7.5	9.9	7.8	8.5	9.0	7.0	55.2
v/Mitt., %	44	44	29	24	19	24	*12*	17	17	23	37	**48**	10
Tag.-max. mittl.	*2.3*	3.3	5.4	6.4	**8.0**	6.4	6.7	5.5	6.4	5.8	4.2	2.6	9.4
Tag.-max. absol.	5.8	7.1	7.8	10.6	11.4	12.6	10.5	9.2	9.6	10.9	8.2	5.3	12.6
V/N, %[4])	22	64	123	100	114	63	51	50	63	54	45	27	62

der Dampfdruck e gelten[5]). Folgende Gegenüberstellung der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdruckes (RF bzw. e) möge das Gesagte beleuchten: Sommerhalbjahr: RF = 68%, e = 8.5 mm; Winterhalbjahr: RF = 74%, e = 4.0 mm.

Der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit ist am Boden im Mittel invers zu dem der Temperatur (Max. am Morgen, Min. nachmittags). Da die früheren stündlichen Auswertungen der Registrierungen auf die unverläßlichen Hygrometerangaben bezogen worden sind, ist hier von einer Berechnung des täglichen Ganges nach den Stundenwerten abgesehen worden. Zur ungefähren Beurteilung stehen nur die Mittel für die einzelnen Termine (7, 14, 21^h) zur Verfügung. Die aus der Differenz $7—14^h$ berechnete tägliche Schwankung ist relativ am größten in den „Föhnmonaten", namentlich im Frühjahr (März: 40%). Auf die

[1]) Entnommen dem Psychrometer.
[2]) Berechnet aus dem Psychrometer (Luftdruckkorr. nicht angebracht).
[3]) v = Veränderlichkeit des Mittels.
[4]) V/N = Verdunstung: Niederschlag (Mittel 1914—33).
[5]) Zur Umrechnung des Dampfdruckes e in die absolute Feuchtigkeit q (gr-Gewicht des Wasserdampfes pro m^3 Luft) dient folgende Tabelle (nach Hann-Knoch, Klimatologie 4. Aufl.):

t, °C:	−10	0	5	10	15	20
q/e:	1.100	1.060	1.040	1.022	1.005	0.987

austrocknende Wirkung des Föhns werde ich später im Zusammenhang mit der Besprechung der Föhnhäufigkeit noch zurückkommen (s. S. 319).

Verdunstung. Der Föhn ist es auch in erster Linie — daneben kommt wohl auch der niedrigere Luftdruck hinzu —, der die Verdunstung in Innsbruck stark fördert. Die Verdunstung wird seit Juni 1913 dreimal täglich (7, 14, 21^h) mit einer frei aufgestellten, beschatteten Wild'schen Verdunstungswage (im Prinzip eine Briefwage mit einer wassergefüllten Schale) gemessen, die jeden Morgen um 7^h aufgefüllt wird. An den meisten anderen Stationen befindet sich die Verdunstungswage in der Thermometerhütte, wo insbesondere die Ventilationsverhältnisse andere sind, sodaß die Innsbrucker Werte für quantitative Vergleiche mit jenen anderer Orte von vornherein nicht in Frage kommen.

Da die Verdunstung in der Hauptsache vom Sättigungsfehlbetrag (E_w—e)[1]) und der Windstärke (v) abhängt[2]), so wird auch ihr jährlicher Gang vorzüglich durch jenen dieser beiden Faktoren bestimmt. Der Sättigungsfehlbetrag hat sein Maximum im Juni, sein Minimum im Dez.; die Windstärke (s. später) ist bei uns in der Regel am größten im April, am kleinsten im Febr. Der höchste bzw. tiefste Wert der Verdunstung fällt dementsprechend genau in die betreffende Zwischenzeit, nämlich auf den Mai (77.5 mm) bzw. Jan. (13.8 mm). Im Vergleich zur anfallenden Niederschlagsmenge verdunsten in Innsbruck im Jahresdurchschnitt rund 62% derselben (Tab. 16, letzte Zeile). Das Verhältnis Verdunstung: Niederschlag ist am größten im Frühjahr, in der Hauptföhnzeit, wo es im Mittel der Monate März—Mai 111% erreicht. D. h., würde der Erdboden keinen Feuchtigkeitsvorrat besitzen und einzig und allein auf den jeweils fallenden Niederschlag angewiesen sein — von dem überdies nichts durch Abfluß verloren gehen dürfte —, so könnte der „Dampfhunger"[3]) der Luft nicht gestillt werden, der Boden müßte vollständig austrocknen; erst wenn es um ein Zehntel mehr regnen würde als tatsächlich, würden sich Niederschlag und Verdunstung das Gleichgewicht halten. Im Winter verhält sich dagegen die Verdunstung zum Niederschlag ungefähr wie 1:3. Man ersieht daraus die große

---

[1]) Der Sättigungsfehlbetrag, d. i. die Differenz zwischen maximaler Dampfspannung (E_w) und dem bei der betreffenden Lufttemperatur tatsächlich vorhandenen Dampfdruck (e), zeigt in Innsbruck folgenden jährlichen Gang (Mittel 1930—33):

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
E_w — e, mm:	0.9	1.1	2.4	3.3	4.6	5.4	4.9	4.4	3.4	2.2	1.5	*0.7*

[2]) Z. B. nach W. Trabert (Meteor. Zeitschr. 1896, S. 261):

$$V = C\,(1 + \alpha t)\,\sqrt{v}\,(E_w - e).$$

[3]) Der — hier nur bildlich gemeinte — Begriff „Dampfhunger" darf natürlich mit dem von Köppen als Verhältnis Verdunstungsmenge: Sättigungsfehlbetrag eingeführten Terminus nicht verwechselt werden.

wasserwirtschaftliche Bedeutung einer winterlichen Schneedecke als Sammelreservoir für die „Zeiten der Not", das trockene Frühjahr[1]).

Die austrocknende Wirkung des Föhns wird direkt ersichtlich aus der Gegenüberstellung der Extensowerte von Verdunstung und Föhnhäufigkeit (vgl. Anh. Tab. XII und XXXII). Man kann sagen, daß fast jeder Monat mit viel Föhn übernormale Verdunstung hat. Die geringste Verdunstungsmenge hatte das Jahr 1933 mit nur 68% vom langjährigen Mittel. Das könnte zunächst den Verdacht erwecken, daß die Angaben des Verdunstungsmessers in diesem Jahre irgendwie gefälscht erschienen. Berücksichtigt man aber, daß gerade dieses Jahr auch die wenigsten Föhnfälle (nur wenig mehr als die Hälfte des Normalwertes; vergl. Tab. XXXII) der ganzen Reihe seit 1906 hatte, so wird man eher geneigt sein, an die Realität der Erscheinung zu glauben[2]).

Daher kommt es auch, daß in Innsbruck normalerweise gerade im föhnreichen Frühjahr das Maximum der Verdunstung erreicht wird, das sonst für gewöhnlich erst auf den Sommer fällt (z. B. Wien). In Anbetracht dieser starken Abhängigkeit vom Föhn ist es weiter auch nicht verwunderlich, daß die Verdunstung starken Schwankungen von Jahr zu Jahr unterworfen ist. So erreicht z. B. die mittlere Abweichung der Verdunstung ein (sekundäres) Maximum im April (15.0 mm), in jenem Monat, der just die extremsten Gegensätze in der Föhnhäufigkeit im Laufe der Jahre aufweist (1 bzw. 23 Föhntage).

Die Verdunstung ist, was den täglichen Gang betrifft, naturgemäß untertags viel größer als in der Nacht; im Sommer ist das Verhältnis $(7—21^h):(21—7^h)$ am extremsten und beträgt 4.8; im Winter 2.2, im Jahresmittel 3.9.

Sonnenschein und Bewölkung.

Sonnenschein und Bewölkung stehen in so engem Zusammenhang, daß es zweckmäßig erscheint, sie gemeinsam zu betrachten.

Der Lichtgenuß eines Ortes wird in hervorragendem Maße bestimmt durch seine Sonnenscheinverhältnisse, die ihrerseits von der Horizontform und der mittleren Himmelsbedeckung abhängen. Sonnenschein

[1]) Es muß aber auch hier wieder zu bedenken gegeben werden, daß wir mit der Verdunstungswage bei dieser Aufstellung keineswegs die wahre Verdunstung des Bodens messen, daß die beobachteten Werte daher auch nur mit einiger Annäherung die natürlichen, von den künstlichen Versuchsbedingungen oft erheblich abweichenden Verhältnisse wiedergeben. Solange aber keine geeigneteren Meßmethoden ausgearbeitet sind, werden wir uns auch weiterhin mit dem Surrogat der Verdunstungswage behelfen und daraus die Verdunstungsverhältnisse eines Ortes abzuschätzen versuchen müssen.

[2]) Gegen das oben geäußerte Bedenken spricht m. E. auch der Umstand, daß im Jahre 1933 nur ein einziger Monat (Mai) das absolute Minimum der 20jährigen Reihe zeigt.