

Einige Resultate stündlicher meteorologischer Beobachtungen auf dem Gipfel des Fuji in Japan

VON

J. Hann,

M. k. Akad.

Im August 1889 sind auf dem höchsten Berge Japans, dem Fujijama, wie wir gewohnt sind ihn zu nennen, eine Reihe stündlicher (bei Nacht zweistündlicher) Beobachtungen aller meteorologischen Elemente ausgeführt worden. Gleichzeitig wurden zu denselben Stunden am Fusse des Berges correspondirende meteorologische Beobachtungen angestellt. Dieselben sind in extenso publicirt worden in dem mir kürzlich zugekommenen Annual Meteorological Report for the year 1889 of the Met. Central Observatory Tokio Japan Part II. Eine analoge Reihe von einen vollen Monat umfassenden zweistündlichen meteorologischen Beobachtungen auf dem Gipfel des Gozaishogatake (allerdings nur 1201 *m* hoch) und an dessen Fusse im Meeresniveau findet sich gleicherweise in extenso publicirt in dem Annual Report for the year 1888, Part II. In beiden Publicationen finden sich auch schon die Stundenmittel berechnet vor, mit Ausnahme der mittleren Windgeschwindigkeit auf dem Gipfel des Fuji, die erst berechnet werden musste. Auch ein Résumé der Beobachtungen der Windrichtungen fehlt. Eine Bearbeitung der Ergebnisse dieser interessanten Beobachtungsreihen hat nicht stattgefunden.¹ Es

¹ Über die Beobachtungen auf dem Gozaishogatake und an dessen Fuss hat allerdings schon Hr. Knipping eine dankenswerthe Arbeit geliefert. Meteorolog. Zeitschr., Bd. XXV, S. 188 etc.

schien mir daher von erheblichem Interesse, eine eingehendere Berechnung dieser Beobachtungen zu unternehmen und einige Schlussfolgerungen an dieselben anzuknüpfen.

Die Beobachtungen auf dem Gipfel des Fuji wurden unter der Leitung des Herrn Nakamura (jetzt Vorstand des meteorologischen Dienstes in Japan) angestellt, und zwar während 38 Tagen, vom 1. August bis 7. September 1889; vom 1. bis 7. September sind die Beobachtungen aber nur in vierstündigen Intervallen gemacht. Der Fuji ist ein isolirter Bergkegel, ein erloschener Vulkan, der sich ganz frei an der Küste des pacifischen Oceans zu 3770 *m* (höchster Kraterrand) erhebt und ganz unvergleichlich geeignet ist zur Untersuchung der meteorologischen Verhältnisse der hohen Luftregionen. Als Beobachtungsstation diente eine der steinernen Schutzhütten für die Pilger, die den heiligen Berg Japans zahlreich besuchen und die sich am nordöstlichen Rande des Kraters befinden. Dieselbe befand sich 61 *m* unter dem höchsten Punkte.

Als correspondirende Station wurde Yamanaka gewählt, das auf der ENE-Seite des Berges in 990 *m* Höhe am gleichnamigen See in 12 *km* Entfernung vom Gipfel liegt.

Der Gozaishogatake ist ein Gipfel des Gebirgszuges, der die Kii-Halbinsel (Nippon) durchzieht. Der Hafenort Yokkaichi liegt etwa 20 *km* östlich davon. Die obere Station befand sich dicht unterhalb des Gipfels. Die Beobachtungen an derselben sollen hier nur zu Vergleichen benützt werden, da schon Herr Knipping einige Resultate aus denselben abgeleitet hat (Met. Zeitschrift, 1890, S. 188). Die Lage der Stationen, deren Beobachtungsergebnisse hier discutirt werden, ist folgende:

	Höhe	N-Breite	E-Länge
Fuji	.3733 <i>m</i>	35° 22'	138° 44'
Yamanaka	990	35 26	138 51
Tokio .	21	35 41	139 45
Numazu ¹	1	35 6	138 51
Gozaishogatake. . .	1201	35 1	136 25
Yokkaichi	4	34 57	136 39

¹ Basisstation für den Fuji, am Meeresniveau. Die Beobachtungsergebnisse finden sich im Part I des oben citirten Annual Report.

Die Beobachtungen sollen insgesamt in mittlerer Japan Zeit, d. i. Zeit des 135^{ten} Meridians angestellt sein.

Es bedarf also die Zeit von Tokio einer Correction von $+4^{\circ} 45' = +19^m$, jene von Fuji von $+3^{\circ} 44' = +15^m$ und vom Gozaishogatake von $+1^{\circ} 25' = +5^m$ in Zeit.

Alle Beobachtungen und Berechnungen wurden nach demselben System gemacht wie die am Central-Observatorium zu Tokio. Das Anemometer auf dem Gipfel des Fuji wurde zweimal, während des Sturmes vom 18.—20. August und jenes am 26. August beschädigt; die Windgeschwindigkeiten wurden während dieser Unterbrechungen geschätzt. Ich habe zur Ableitung des mittleren täglichen Ganges diese geschätzten Windstärken näherungsweise auf Meter pro Secunde reducirt.

An der Station Yamanaka fehlen die Beobachtungen um 4^h a. m. ganz. Die fehlenden Mitternachtbeobachtungen der ersten 8 Tage des August wurden von mir in der Weise ergänzt, dass die Differenz der Mittel vom 9.—31. von 12^h und 10^h an das vollständige Mittel für 10^h p. m. angebracht wurde. Beim Dampfdruck und der Bewölkung habe ich auf die hier mitgetheilten Mittel der geraden Stunden auch die Mittel der anliegenden ungeraden Stunden Einfluss nehmen lassen, weil dadurch der tägliche Gang dieser Elemente regelmässiger wurde.

Ich will hier zunächst die correspondirenden Monatsmittel der wichtigeren meteorologischen Elemente zusammenstellen.

	N.Br.	Höhe	Luft druck	Temp.	Dampf- druck	Bewöl- kung	Rege-
August 1889.							
Tokio	.35 ⁹ 7	21	756.54	25 ⁹ 8	20.2	6.4	96
Numazu	.35.1	1	757.60	25.8	20.5	7.4	187
Yamanaka	.35.4	990	677.48	20.7	16.1	6.2	580
Fuji.	.35.4	3733	490.68	(7.7)	5.5	4.8	880
September 1888.							
Gozaishogatake	35.0	1201	660.71	13.2	10.3	6.7	470
Yokkaichi.	.34.9	4	760.10	20.7	14.8	5.8	122

Temperatur. Die Temperatur auf dem Gipfel des Fuji ist jedenfalls am Tage zu hoch, wohl in Folge von Strahlungseinflüssen. Dafür sprechen nicht allein die ungemein grosse

tägliche Amplitude und die ganz unwahrscheinlich geringe Wärmeabnahme mit der Höhe bei Tag (kleiner als in der Nacht), sondern auch in ganz entschiedener Weise die geringe einmalige tägliche Oscillation des Barometers, die auf eine sehr geringe tägliche Variation der Temperatur der Luftsäule zwischen dem Meeresniveau und dem Gipfel des Fuji hinweist.

Die Beobachtungen an den Extremthermometern gaben folgende Resultate:

	Mittl. tägliche		Differenz	Mittel	Absolutes	
	Extreme				Max.	Min.
Fuji (3730)	14·7	3·2	11·5	8·9	21·4	—0·5
Yamanaka (990).	26·2	16·6	9·6	21·4	31·1	11·8
Tokio (21)	30·0	22·3	7·7	26·1	33·3	16·3
Nuwazu (1).	29·6	22·4	7·1	26·0	32·4	18·3

Yamanaka hat als Inlandstation zwischen Bergen eine etwas grössere tägliche Amplitude als Tokio in der Nähe des Meeres, die Zunahme der Amplitude auf dem Fuji-Gipfel ist dagegen höchst unwahrscheinlich, auch das Temperaturmaximum auf denselben ist ganz auffallend hoch.

Zum Vergleiche mögen folgende Daten hier stehen.

	Mittel der			Absolutes	
	Extreme	Differenz	Mittel	Max.	Min.
Gozaishogatake (1201).	17·5	10·2	7·3	13·8	3·3
Yokkaichi (4).	25·8	16·8	9·0	21·3	8·3

Hier sind sowohl die Änderungen der Temperaturamplituden als die der Mittel und Extreme die normalen.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe zwischen Yamanaka und Fuji-Gipfel ergibt sich für die Zeit von 6^h Abends bis 6^h Morgens zu 0·50, bei Tag dagegen nur zu 0·455, pro 100 *m*, ein ganz unwahrscheinlich kleiner Werth! Nimmt man nur jene Tage, an welchen auf dem Gipfel des Fuji eine Bewölkung von 9—10 herrschte, so erhält man als mittlere Wärmeabnahme pro 100 *m* 0·52. Daraus darf man wohl schliessen, dass die wahre mittlere Wärmeabnahme (Tag und Nacht) sich wenig von 0°6 entfernt haben wird. Dann wäre die Temperatur auf dem Fuji nicht zu 7°7, sondern nur zu 4°3 anzunehmen.

Die Beobachtungen auf dem Gozaishogatake geben für 6^h a. m. die kleinste Wärmeabnahme mit 0°48 pro 100m, für 2^h p. m. die grösste mit 0°75, im Mittel 0°63. Die Nachtbeobachtungen auf dem Fuji-Gipfel stimmen auch damit überein.

Luftdruck. Von grossem Interesse sind die stündlichen Beobachtungen des Barometers auf den beiden Berggipfeln im Vergleich mit den correspondirenden Beobachtungen in den unteren Lagen. Ich habe sie deshalb einer eingehenderen Berechnung unterzogen und die Amplituden und Phasenzeiten der einmaligen und der doppelten täglichen Luftdruckschwankung abgeleitet. Da zu Numazu und zu Yokkaichi nur in vierstündigen Intervallen das Barometer abgelesen wurde, sind natürlich die Amplituden und Phasenzeiten, namentlich jene der doppelten täglichen Oscillation, nicht so genau zu bestimmen, wie jene der übrigen Stationen. Ich bemerke noch, dass im Originale die Stundenmittel des Luftdruckes auf dem Gozaishogatake und zu Yokkaichi nur auf eine Decimale berechnet worden sind, was zu ungenau war für den vorliegenden Zweck, daher diese Mittel erst auf zwei Decimalen neuerdings berechnet werden mussten.

Die Constanten der täglichen Barometeroscillation.

Zeit von Mitternacht an gezählt.

	a_0	a_1	a_2	A_1		A_2
Tokio	756·54	·448	·450	20°	41°	156° 29'
Numazu	757·60	·453	·498	20	5	162 48
Yamanaka	677·48	·133	·298	6	40	158 19
Fuji.	·490·68	·147	·204	261	33	152 6
<hr/>						
Gozaishogatake .	·660·71	·089	·358	250	45	156
Yokkaichi.	760·10	·356	·559	52	26	168
Tokio	758·25	·215	·470	4	45	158 5

Betrachten wir zunächst die doppelte tägliche Oscillation des Barometers in den verschiedenen Höhen. Wir finden da erstlich, dass die Phasenzeiten vom Meeresniveau bis hinauf zu 3700 m unverändert bleiben, denn wir haben¹ (abgesehen von Numazu und Yokkaichi, wo nur in vierstündigen Inter-

¹ An die Constante A_2 ist bereits überall die Correction auf die mittlere Ortszeit angebracht worden.

vallen beobachtet worden ist, die Phasenzeiten der doppelten täglichen Oscillation daher nicht genau bestimmt werden können):

Meeresniveau Tokio $156^{\circ}3$; 990 *m* Yamanaka $158^{\circ}3$ und 3700 *m* Fuji $152^{\circ}1$ (August).

Meeresniveau Tokio $158^{\circ}1$; 1200 *m* Gozaishogatake $156^{\circ}5$ (September).

Die Übereinstimmung ist eine vollständige, denn die grössten Unterschiede der Phasenzeiten gehen nicht über 12 Minuten hinaus (6° im Winkel), welcher Unterschied völlig innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen der Bestimmung derselben aus 30tägigen Beobachtungen zu liegen kommt. Im Mittel ist die Winkelconstante $A_1 = 156^{\circ}3$ mit Reduction auf wahre Zeit etwa 156° . Ich habe früher als allgemeines Mittel für diese Constante den Werth 155° gefunden. Man sieht, mit welcher bei meteorologischen Erscheinungen sonst ganz unerhörten Genauigkeit die Erscheinung der doppelten täglichen Oscillation des Barometers in allen Höhen auftritt und schon aus einmonatlichen Beobachtungen in ihren Haupterscheinungen sicher abgeleitet werden kann.

Die Epoche der ersten Fluth der doppelten täglichen Oscillation tritt an allen unseren Stationen bis auf Abweichungen von wenigen Minuten um $9^h 50^m$ Vormittags ein.

Die Amplituden der doppelten täglichen Oscillation nehmen ziemlich genau im selben Verhältniss wie der Luftdruck selbst mit der Höhe ab. Für Fuji-Yamanaka ist das Verhältniss der Amplituden $a_2 = 0.68$, das der entsprechenden Barometerstände 0.63 ; für Gozaishogatake-Yokkaichi ist das Verhältniss der Amplituden $a_2 = 0.64$, das der Barometerstände 0.86 ; nimmt man aber Tokio als Basisstation, weil zu Yokkaichi nur vierstündig beobachtet worden ist, die Amplitude daher etwas ungenau ist, so erhält man als Verhältniss der Amplituden 0.76 , als das der Barometerstände aber 0.80 . Man kann demnach mit Rücksicht auf die schon ziemlich kleine Amplitude der doppelten täglichen Oscillation des Barometers in diesen Breiten (circa 0.5 mm im Meeresniveau) wohl sagen, dass die Beobachtungen auf den Bergen Japans weitere Belege für den Satz geliefert haben, welcher sagt, dass die Amplitude der doppelten täglichen Oscillation des Barometers mit der Höhe im selben Verhältniss abnimmt wie der Barometerstand.

Diese weiteren Belege sind erwünscht, denn ich konnte in meiner grösseren Abhandlung „Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers“ (Denkschriften der Wiener Akademie, Bd. LV, Wien 1889) darauf hinweisen, wie wenige geeignete Beobachtungsreihen zum Nachweise dieses zuerst von John A. Brown bestimmt ausgesprochenen Satzes wir damals erst besessen haben (S. 21 oder [69]).

Gehen wir nun weiter zur Untersuchung der Verhältnisse der einmaligen täglichen Barometerschwankung in grösseren Höhen. Die Amplituden derselben sind sowohl auf dem Fuji-Gipfel als auf dem Gozaishogatake ganz auffallend klein.

Dass die Amplitude der einmaligen täglichen Oscillation auf Berggipfeln mit der Höhe rasch abnimmt, konnte ich schon in meiner vorhin citirten Abhandlung an mehreren Beispielen zeigen:

	a_1
Madras (Meeresniveau)	.0·621
Dodabetta-Gipfel (2630 m)	..0·217
Numazu (Meeresniveau)	.0·453
Fuji-Gipfel (3730 m).....0·147

Da aber die Amplitude der einmaligen täglichen Oscillation des Barometers an der Erdoberfläche ausserordentlich stark von den localen Verhältnissen bedingt wird, so kann von einer regelmässigen Abnahme derselben mit der Höhe keine Rede sein.

Die Phasenzeit der einmaligen täglichen Oscillation des Barometers zeigt deutlich ihre Abhängigkeit von dem täglichen Gange der mittleren Temperatur der Luftsäule unterhalb der Station, wie dies ja erwartet werden muss. Ich gebe hier einige Beispiele:

	Höhe	A_1
Fuji	..3730	261°6
Dodabetta	...2630	276·6
Gozaishogatake.....	1200	250·8
Pic von Teneriffa	.2990	217·9

Der Winkel A_1 liegt im III. Quadranten, eine bestimmte regelmässige Änderung mit der Höhe lässt sich vorläufig nicht

constatiren, ist auch kaum zu erwarten. Die Epoche der einmaligen täglichen Fluth fällt etwa auf etwa 1^h p. m., also nahe zusammen mit dem täglichen Maximum der Lufttemperatur (an der Erdoberfläche), das Maximum der wahren mittleren Temperatur der ganzen Luftsäule tritt aber höchst wahrscheinlich viel später ein, vielleicht erst um 5^h oder 6^h p. m., so dass der Winkel A_1 nahe auf 180° zurückgehen müsste, wenn er dem wahrscheinlichen Gange der wahren mittleren Lufttemperatur völlig entsprechen sollte.

Wollte man als mittlere Temperatur der Luftsäule zwischen Yamanaka und dem Fuji-Gipfel das Mittel der oben und unten beobachteten Temperaturen ansehen, so würde man folgenden Vergleich zwischen der einmaligen täglichen Schwankung des Barometers und jener der Temperatur erhalten:

Barometer (Millimeter)	$.0 \cdot 15 \sin (265^\circ 3 + x)$
Temperatur (Celsiusgrade)	$.3 \cdot 67 \sin (253 \cdot 4 + x)$

Man sieht, die Phasenzeiten stimmen ziemlich gut; die Amplitude der täglichen Temperaturschwankung ist aber sicherlich viel zu gross. Sie würde, wenn sie in der That so gross wäre, eine viel grössere einmalige tägliche Barometerschwankung auf dem Fuji-Gipfel erzeugen müssen. Eine beiläufige Schätzung, wie gross sie in Wirklichkeit etwa sein dürfte, wird sich aus den folgenden allgemeinen Betrachtungen ergeben.

Überlegen wir vorerst, wie sich die einmalige tägliche Oscillation des Barometers an einem Punkte der freien Atmosphäre in Folge der täglichen Temperaturschwankung der Luftsäule unterhalb desselben gestalten müsste, wenn der Barometerstand an der Erdoberfläche selbst zunächst constant bliebe. Befindet sich der Punkt in der Höhe h , wo der Barometerstand b ist, und bezeichnen wir mit Δt die ganze tägliche Wärmeschwankung der Luftsäule, so würde die davon abhängige tägliche Barometerschwankung an unserem Punkte gegeben sein durch den Ausdruck: ¹

$$b_x = b + \frac{1}{2} \frac{bh}{RT^2} \Delta t \sin (A_1 + x).$$

Die Grössen R und T haben hier die aus der Wärmetheorie bekannte Bedeutung.

Über die Winkelconstante A_1 lässt sich unter der Voraussetzung der einfachsten Verhältnisse auch eine bestimmte Annahme machen. Wie schon bemerkt, scheinen manche Erscheinungen darauf hinzuweisen, dass die mittlere tägliche Variation der wahren Lufttemperatur ihre Extreme etwa um 5^h Morgens und um 5^h Nachmittags erreicht. Diese Epochen erhält man zum Beispiel beiläufig durch Berechnung der mittleren wahren Lufttemperatur aus stündlichen Barometerbeobachtungen in verschiedenen Höhen. Je höher die Luftsäule ist, desto mehr verspäten sich die Eintrittszeiten der täglichen Extreme. Wir können der Einfachheit halber dieselben um 6^h Morgens und 6^h Abends ansetzen. Dann würde die Winkelconstante A_1 den Werth 180° annehmen, wenn die Zeit, wie überall hier, von Mitternacht an gezählt wird. Für einen Punkt von der Höhe des Fuji-Gipfels zum Beispiel wäre dann die tägliche einmalige „Wärmeoscillation“ des Barometers gegeben durch den Ausdruck ($b=491$, $h=3700$)

$$0.431 \Delta t \sin (180^\circ + x).$$

Für 1° Schwankung der mittleren Luftwärme würde das Barometer also um 0.862 mm schwanken (wenn unten der Luftdruck constant bleibt). Nimmt man h nur zu 2740 m (Höhendifferenz Fuji-Yamanaka), so erhält man eine Schwankung von 0.634 mm pro 1° Temperaturschwankung. Ich habe dabei $T_0 = 250^\circ$ gesetzt, um auch dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft in einfacher Weise Rechnung zu tragen. Eine Amplitude von kaum 0.3 mm , wie sie die Beobachtungen auf dem Fuji ergeben haben, würde also bloss einer Änderung der mittleren Luftwärme von kaum $\frac{1}{2}^\circ$ zwischen Yamanaka und dem Fuji-Gipfel entsprechen.

Nun treffen aber in der That die Voraussetzungen, die wir bisher gemacht haben, durchaus nicht ganz zu. Vor Allem ist zu berücksichtigen, dass wahrscheinlich noch eine andere und zwar eine allgemeine einmalige tägliche Schwankung des Luftdruckes besteht, welche allerdings an der Erdoberfläche sehr stark local beeinflusst wird, namentlich durch den periodischen täglichen Luftaustausch zwischen Berg und Thal, sowie auch zwischen Land und Wasser. In einer gewissen Höhe über der Erdoberfläche dürften wir aber diese allgemeine einmalige tägliche Schwankung

rein antreffen; desgleichen dürfte sie über den weiten Oceanen ziemlich rein zur Erscheinung kommen. Diese allgemeine einmalige tägliche Barometerschwankung hat nun gegenüber jener, die wir oben betrachtet haben, ziemlich genau die entgegengesetzten Phasenzeiten, so dass sich in der Höhe diese beiden Oscillationen theilweise schwächen, ja unter unserer Voraussetzung in einer bestimmten Höhe auch ganz aufheben müssten.

Die allgemeine einmalige tägliche Barometerschwankung wird auf den offenen Oceanen nach den in meiner früher citirten Abhandlung angeführten Beobachtungen und Rechnungen dargestellt durch folgenden Ausdruck:

$$0.372 \sin(4^\circ 3' + x).$$

Derselbe beruht auf Beobachtungen während 270 Tagen und gilt für eine mittlere Breite von 7° (Nord oder Süd).

Die Constante A_1 kann also für die allgemeine einmalige tägliche Schwankung rund gleich 360° oder 0° gesetzt werden. Diese einmalige Oscillation hat demnach ein Maximum um 6^h Morgens und ein Minimum um 6^h Nachmittag; die Phasenzeiten derselben sind also genau entgegengesetzt jener einmaligen täglichen Barometeroscillation in den höheren Luftschichten, welche eine Folge der täglichen Schwankung der mittleren Temperatur der Luftschichten unterhalb ist. Für den einfachsten Fall dieser letzteren Oscillation wird die resultirende einmalige tägliche Barometerschwankung in der Höhe ausgedrückt werden können durch die Gleichung:

$$b_x = \frac{1}{2} \frac{bh}{RT^2} \Delta t (\sin 180^\circ + x) + a (\sin 0^\circ + x)$$

oder

$$b_x = \left(\frac{1}{2} \frac{bh}{RT^2} \Delta t - a \right) (\sin 180^\circ + x).$$

In den unteren Luftschichten wird die allgemeine tägliche Oscillation überwiegen, in den höheren diejenige, welche durch die tägliche Hebung und Senkung der Flächen gleichen Druckes in Folge der täglichen Erwärmung und Wiedererkaltung der Luftschichten bedingt wird; in einer bestimmten Höhe würden

sich unter unseren einfachen Voraussetzungen beide das Gleichgewicht halten, es würde gar keine Oscillation erfolgen.

In Wirklichkeit sind aber die Phasenzeiten dieser beiden Oscillationen nicht genau die entgegengesetzten. Die Constante A_1 der allgemeinen einmaligen täglichen Oscillation dürfte zwar in der That recht nahe bei 0° liegen (die Zeit, wie dies hier stets geschieht, von Mitternacht an gezählt), diejenige der „Höhenfluth“ oder „reinen Wärmeoscillation“ der höheren Luftschichten aber liegt wahrscheinlich näher bei 240° als bei 180° , d. h. die Epoche des Temperaturmaximums der wahren mittleren Temperatur der Luftschichten liegt wohl näher bei 4^h Nachmittag als bei 6^h Uhr Abends. In diesem Falle entsteht eine Interferenzfluth mit verminderter Amplitude und einer Phasenzeit, die zwischen jenen der beiden constituirenden Schwankungen liegt. In der That liegt auf Berggipfeln die Constante A_1 fast stets im dritten Quadranten zwischen 180° und 270° , in geringen Höhen auch noch im vierten Quadranten.

Nehmen wir schätzungsweise an, dass die Amplitude der allgemeinen einmaligen täglichen Oscillation des Barometers in der geographischen Breite des Fuji noch etwa 0.3 mm sei und mit der Höhe, wie es bei der Amplitude der doppelten täglichen Oscillation in der That constatirt werden kann, im Verhältniss des Barometerstandes abnimmt, so würde sie auf dem Gipfel des Fuji nur mehr $0.3 \times 0.65 = 0.2 \text{ mm}$ sein. Unter der einfachsten Voraussetzung genau entgegengesetzter Phasenzeiten würde demnach die Amplitude der „reinen Wärmeoscillation“ des Barometers in der Höhe des Fuji nach den Beobachtungsergebnissen etwa gleich sein $0.15 + 0.20 = 0.35$ und die ganze Schwankung würde 0.7 mm sein. Da nun einer Änderung der wahren mittleren Temperaturen der ganzen Luftsäule von circa 3700 m Höhe von Einem Grad eine Druckänderung 0.86 mm entsprechen müsste, so würde aus den Luftdruckbeobachtungen auf dem Gipfel des Fuji gefolgert werden können, dass die Änderung der wahren mittleren Temperatur der ganzen Luftsäule Einen Grad im Laufe des Tages nicht erreicht.

Wenn wir bedenken, dass die vorliegenden Luftdruckbeobachtungen auf dem Gipfel des Fuji in die Zeit des Süd-Monsuns fallen, der zuweilen mit der Intensität eines Sturmes geherrscht

hat, und dass dieser Luftstrom von den ausgedehnten Wasserflächen des grossen Oceans herkommt, wo die tägliche Temperaturschwankung an der Oberfläche kaum 2° erreicht, so enthält dieses Resultat eigentlich nichts Befremdendes. Es ist in der That zu erwarten, dass auf höheren Berggipfeln von oceanischen Inseln die Amplitude der einmaligen täglichen Barometerschwankung sehr klein gefunden wird.

Die vorstehenden Erörterungen dürften dazu dienen, verschiedene zuweilen nicht ganz zutreffende Ansichten über die Art des Auftretens der einmaligen täglichen Barometeroscillation auf Berggipfeln zu berichtigen. Dies scheint mir um so wünschenswerther, da gegenwärtig die Discussion der Beobachtungsergebnisse von Gipfelstationen so zu sagen auf der Tagesordnung steht.

Ich darf allerdings nicht darüber hinweggehen, dass ich in der obigen Erörterung einer dritten Erscheinung noch gar nicht Rechnung getragen habe, die, allerdings weniger auf isolirten Berggipfeln als auf Bergabhängen, ebenfalls auf die einmalige tägliche Oscillation des Barometers Einfluss nimmt, im letzteren Falle wohl in beachtenswerther Weise.

Es ist dies die periodische tägliche Umlagerung von Luftmassen vom Thal gegen die Bergabhänge und umgekehrt; jene Erscheinung, die den Tag- und Nachtwinden der Gebirgsthäler zu Grunde liegt und die ich zuerst in meiner Abhandlung „Zur Meteorologie der Alpengipfel“ genauer untersucht und physikalisch begründet habe.¹ Sie vergrössert an der Erdoberfläche die Amplitude der allgemeinen einmaligen täglichen Barometeroscillation örtlich in ganz gewaltigem Maasse, lässt aber die Phasenzeiten derselben ziemlich ungeändert. Der Mittelwerth der Constanten A_1 in Gebirgsthälern ist 13° , also nur wenig verschieden von jenem, der für die offenen Oeane gilt.² Auf den Bergabhängen dagegen ist sie nur eine Modification der früher betrachteten hier kurz als „reine Wärmefluth“ bezeichneten Schwankung.

¹ Sitzungs-Ber. October 1878, Bd. LXXVIII, S. 25—33 des Separat-
abdruckes.

Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers,
S. 15 [63].

Auf isolirten Berggipfeln aber, von denen hier nur die Rede ist, namentlich wenn sie stark unter oceanischen Einflüssen stehen, wird diese zuletzt erwähnte einmalige tägliche Schwankung wohl keine erhebliche Rolle spielen; je steiler und isolirter der Berggipfel ist, desto weniger. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass wir auf den Einfluss derselben nicht ganz vergessen haben. Derselbe soll bei einer anderen Gelegenheit noch näher untersucht werden.

Dampfdruck und relative Feuchtigkeit. Der tägliche Gang derselben bietet nichts Bemerkenswerthes. Wie weit die Werthe dieser Grössen durch die zu hoch gefundene Luftwärme bei Tag auf dem Gipfel des Fuji beeinflusst worden sein mögen, lässt sich nicht abschätzen.

Berechnet man den mittleren Dampfdruck auf dem Gipfel des Fuji aus den Beobachtungen im unteren Niveau nach der von mir aufgestellten Formel

$$= e_0 10^{-\frac{h}{6500}},$$

so findet man:

Numazu, Tokio geben im Mittel $e_0 = 20 \cdot 3$. Daraus findet man $e_h = 20 \cdot 3 \times 0 \cdot 27 = 5 \cdot 5$ mm, genau mit dem auf dem Fuji-Gipfel beobachteten Dampfdruck übereinstimmend. Yamanaka gibt etwas mehr, $16 \cdot 1 \times 0 \cdot 377 = 6 \cdot 1$ mm.

Berechnet man gleicherweise den mittleren Dampfdruck auf dem Gozaishogatake aus jenem, der am Meeresniveau beobachtet worden ist, so erhält man $20 \cdot 7 \times 0 \cdot 65 = 13 \cdot 4$ mm, beobachtet wurde $13 \cdot 2$. Meine Formel stimmt also auch hier vollkommen mit den Beobachtungen überein.

Die relative Feuchtigkeit zeigte auf dem Gipfel des Fuji grosse Schwankungen, wie dies auch von anderen Gipfelstationen bekannt ist. Grosse Feuchtigkeit wechselt rasch mit sehr grosser Trockenheit. Am 7. August wurden 16% beobachtet, am 15. August 14% , Tagesmittel 41% , am 31. war das Minimum 10% , das Tagesmittel 32% , dagegen am 29. das Tagesmittel 100% . Da die grossen Trockenheiten auch in den Nachtstunden beobachtet worden sind (am 7. Nachts $30-25\%$, am 31. Nachts von 10^h p. m. bis 6^h a. m. 22%), so ist nicht etwa die vorhin

gedeutete zu grosse Tagestemperatur die Ursache der zuweilen eintretenden so geringen relativen Feuchtigkeit.

Bewölkung und Niederschlag. Die Beobachtungsreihen sind zu kurz, um über den täglichen Gang dieser, grossen Variationen unterliegenden meteorologischen Elemente schon Verlässlicheres aussagen zu können. Im Allgemeinen sieht man, dass die Bewölkung in den Morgenstunden ein Minimum, in den Abendstunden ein Maximum erreicht, und zwar unten wie oben.

Der Regenfall war auf dem Fuji-Gipfel und an dessen Fusse Tag und Nacht nahezu gleich. Fuji: Tag 443, Nacht 444. Yamanaka: Tag 303, Nacht 277. Auf dem Gozaishogatake fiel (im September 1888) bei Nacht bedeutend mehr Regen als bei Tag, und zwar im Verhältniss von 343 zu 127. Natürlich sind zweimonatliche Beobachtungen nicht zureichend, den mittleren täglichen Gang des Regenfalles abzuleiten. Die Regenmenge war auf den Berggipfeln bedeutend grösser als an deren Fuss, auf dem Fuji um mehr als die Hälfte (Verhältniss 1.53 zu 1), auf dem Gozaishogatake sogar fast viermal grösser (3.85 zu 1).

Die Beobachtungen auf dem Fuji-Gipfel fielen in jene Zeit, in welcher der verheerende Wolkenbruch stattfand, den Hr. Knipping genauer beschrieben hat.¹ Die grossen Regenmengen des 19. und 20. August 1889 erstreckten sich auch noch bis in die Gegend des Fuji. Am 20. August wurde auf dem Fuji eine Tagesmenge von 319 mm gemessen, zu Yamanaka von 166 mm. Dagegen fielen am letzteren Orte schon am 18. August 204 mm, von 2^h p. m. des 18. bis 2^h p. m. des 19. sogar 252 mm. Auf dem Fuji-Gipfel fielen von 10^h a. m. des 19. bis 10^h a. m. des 20. August 378 mm. Am 18. fielen in zwei Stunden 69 mm auf dem Fuji-Gipfel und 80 mm zu Yamanaka. Diese Regengüsse waren auf dem Fuji-Gipfel von einem schweren Sturme begleitet, dessen Richtung von SSE nach SSW und endlich nach SW sich drehte. Auch am 26. herrschte ein schwerer SW-Sturm.

Windrichtung und Windstärke. Eine Übersicht über die auf dem Fuji-Gipfel zweistündlich beobachteten Windrichtungen und Windwege (letztere als momentane Geschwindigkeiten zu nehmen) gibt folgende kleine Tabelle:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calmen
Nacht (6 ^h p. m. bis 6 ^h a. m.).									
Windweg . . .	20	6	0	59	264	1008	416	60	0
Häufigkeit	7	4	0	5	17	70	58	15	10
Tag (6 ^h a. m. bis 6 ^h p. m.).									
Windweg . . .	16	23	16	79	193	732	227	110	0
Häufigkeit . .	7	9	5	6	18	58	45	25	13

Die S-, SW- und W-Winde herrschten Tag und Nacht vor, stärker aber bei Nacht als bei Tag. Bei Tag werden die Ostwinde etwas häufiger; bei Nacht fehlte der reine Ostwind ganz. Die mittlere Stärke der einzelnen Windrichtungen wird durch folgende Zahlen (Meter pro Secunde) gegeben.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Mittlere Stärke . . .	2·6	2·2	3·2	12·5	13·1	13·6	6·2	4·2	m. p. s.

Der SW hat bei Nacht 14·4, bei Tag bloss 12·6 *m* Geschwindigkeit.

Die Windbeobachtungen auf dem Gipfel des Gozaishogatake hat schon Hr. Knipping einer Discussion unterzogen, daher hier nicht mehr darauf eingegangen zu werden braucht.¹

Es erübrigt noch, den täglichen Gang der absoluten Windstärke zu betrachten. Auf beiden Gipfelstationen zeigt sich die Erscheinung eines nächtlichen Maximums und eines Minimums in den Nachmittagsstunden in der ausgesprochensten Weise. Ich habe den täglichen Gang der Windgeschwindigkeiten an diesen beiden Stationen durch Sinusreihen ausgedrückt, damit die Erscheinung schärfer zum Ausdrucke komme. Die entsprechenden Gleichungen sind:

Fuji-Gipfel . . $8·79 + 2·04 \sin(65^\circ 1 + x) + 0·54 \sin(44^\circ 3 + 2x)$
 Gozaishogatake

$$7·76 + 1·50 \sin(84^\circ 6 + x) + 0·59 \sin(281^\circ 3 + 2x)$$

Im Mittel . . . $8·28 + 1·74 \sin(73^\circ 3 + x) + 0·27 \sin(327^\circ + 2x)$.

Zum Vergleich möge noch der von mir für Pikes Peak (4308 *m*) berechnete tägliche Gang der absoluten Windstärke hier Platz finden:

Pikes Peak $9·26 + 1·01 \sin(76^\circ 7 + x) + 0·30 \sin(316^\circ 0 + 2x)$.

¹ Meteorologische Zeitschrift, Bd. XXV, S. 190 etc.

Dieses letztere Resultat ist aus vieljährigen Aufzeichnungen abgeleitet, also viel sicherer als das obige, bloss aus zweimonatlichen Beobachtungen abgeleitete. Die Übereinstimmung der Resultate ist aber so gross, dass, wie man sieht, schon ganz kurze Beobachtungsreihen genügen, den interessanten täglichen Gang der Windgeschwindigkeit auf Berggipfel recht genau zu erhalten.

Der für Yokkaichi berechnete tägliche Gang der Windstärke kann keine Bedeutung beanspruchen. Die Beobachtungen müssten in kürzeren Zeitintervallen gemacht worden sein, um den wahren täglichen Gang kennen zu lernen. Vielleicht entspricht die grosse Windgeschwindigkeit um 10^h Abends einem zweiten nächtlichen Maximum.

A. Resultate der correspondirenden Beobachtungen auf dem Gipfel des Fuji und an dessen Fuss zu Yamanaka im August 1889.

	Luft- druck	Tem- peratur	Dampf- druck	Relat. Feuch- tigkeit	Bewöl- kung	Regen- menge	Windge- schwin- digkeit
I. Fuji Gipfel 35° 22' N-Breite, 138° 44' E-Länge, 3733 m.							
Mitternacht	490·57	4·8	5·25	81	4·3	111	10·6
2 ^h	·41	4·7	5·03	78	4·3	79	11·5
4	·48	4·4	4·95	78	4·0	81	10·5
6	·52	5·4	5·03	75	4·4	48	9·3
8	·91	8·3	5·59	70	4·3	41	8·1
10	·98	10·7	5·71	61	4·5	98	7·6
Mittag	·94	12·2	5·76	55	4·5	78	7·2
2 ^h	·66	12·6	6·17	60	5·2	64	7·0
4	·56	10·6	6·30	68	6·2	65	7·8
6	·63	7·4	5·54	72	6·4	97	7·5
8	·76	5·8	5·30	77	5·1	58	7·8
10	·78	5·1	5·23	79	4·6	67	10·6
Mittel	490·68	7·7	5·49	71	4·8	887	8·79
II. Yamanaka 35° 26' N-Breite, 138° 51' E-Länge, 990 m.							
Mitternacht	677·52	18°4	15·34	95	6·0	61	0·9
2 ^h	·29	18·0	15·04	96	5·9	27	0·8
4	·42	18·0	14·96	96	5·8	36	0·7
6	·55	18·1	14·89	96	5·8	36	0·5
8	·71	21·4	16·34	86	5·2	23	0·9
10	·86	23·5	16·91	79	5·7	32	2·6
Mittag	·53	24·9	17·37	74	6·0	58	3·7
2 ^h	·19	24·2	17·09	76	6·4	54	3·6
4	·10	22·6	16·88	83	7·2	47	3·0
6	·19	20·8	16·52	90	7·1	62	1·7
8	·64	19·6	16·17	94	6·7	50	0·8
10	·79	19·1	15·78	95	6·6	94	0·8
Mittel	677·48	20·7	16·11	88	6·2	580	1·67

B. Resultate correspondirender meteorologischer Beobachtungen auf dem Gipfel des Gozaishogatake und zu Yokkaichi vom 4. September bis 3. October (inclusive) 1888.

	Luftdruck	Temperatur	Dampfdruck	Relat. Feuch- tigkeit	Bewölkung	Regenmenge	Wind- geschwin- digkeit Meter pro Secunde	
							beob.	ber.
I. Zweistündige Beobachtungen auf dem Gozaishogatake 35° 1' N-Breite, 136° 25' E-Länge, 1201·0 m.								
Mitternacht	660·70	12°2	10·0	92	6·6	63	9·0	8·66
2 ^h	60·46	12·1	9·7	89	7·0	124	8·6	8·93
4	60·31	11·9	9·5	89	6·3	48	9·1	9·02
6	60·54	11·8	9·5	89	6·4	40	8·6	8·48
8	60·89	13·1	10·1	87	6·8	49	7·4	7·32
10	61·21	14·8	10·7	84	6·6	23	5·8	6·15
Mittag	60·95	15·8	11·2	83	6·8	17	5·9	5·68
2 ^h	60·48	15·5	11·3	85	7·1	15	6·4	6·21
4	60·47	14·4	10·9	87	7·1	18	7·0	7·29
6	60·63	12·7	10·4	83	7·4	5	8·2	8·20
8	60·92	12·2	10·0	92	6·6	30	8·8	8·57
10	61·01	12·0	9·8	91	5·7	38	8·3	8·59
Mittel	660·71	13·2	10·3	89	6·7	470	7·76	7·76
II. Correspondirende vierstündige Beobachtungen zu Yokkaichi, 34° 57' N-Breite, 136° 39' E-Länge, 4·0 m.								
2 ^h a. m.	760·00	18°4	14·5	88	4·9	19	3·1	3·1
6	60·29	17·6	14·1	91	6·1	34	1·9	2·4
10	60·71	22·9	15·5	73	5·8	43	3·0	2·5
2 ^h p. m.	59·34	24·5	15·2	67	6·0	13	4·2	3·3
6	59·73	21·6	15·0	77	6·7	7	3·6	4·0
10	60·54	19·1	14·5	86	5·0	6	3·4	3·9
Mittel	760·10	20·7	14·8	80	5·8	122	3·2	3·2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [100_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Hann J.

Artikel/Article: [Einige Resultate stündlicher meteorologischer Beobachtungen auf dem Gipfel des Fuji in Japan. 1248-1265](#)