

Bodentemperaturbeobachtungen im Hinterlande der Walfischbay

VON

Dr. F. M. Stapff,
Weissensee b. Berlin.

(Mit 2 Tafeln und 1 Holzschnitte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Jänner 1888.)

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XVII. Abth. II. a. Jänner 1888.

WIEN, 1888.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Bodentemperaturbeobachtungen im Hinterlande der Walfischbay

von

Dr. F. M. Stapff,
Weissensee b. Berlin.

(Mit 2 Tafeln und 1 Holzschnitte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Jänner 1888.)

Aus den Temperaturbeobachtungen am Gotthard, während des Tunnelbaues, ergab sich, dass die Differenz Δ zwischen mittlerer Luft- und Bodentemperatur eines Oberflächenpunktes mit zunehmender Lufttemperatur T abnimmt, so dass sie bei $T = 9^\circ$ Null wird, bei $T = 0^\circ$ aber $3 \cdot 9^\circ$ und im Allgemeinen $\Delta = 3 \cdot 94 - 0 \cdot 411 T - 0 \cdot 0029 T^2$ gesetzt werden kann.¹ Dies ist daraus erklärlich, dass die Dauer der winterlichen Schneedecke, welche den Boden warm hält, im Allgemeinen mit abnehmender mittlerer Jahrestemperatur zunimmt; und deshalb gilt diese Beziehung ebensowohl wenn die Lufttemperatur eines Ortes durch seine höhere Breitenlage herabgesetzt wird, als wenn dies wegen grösserer Meereshöhe eintritt.

Eine Zusammenstellung einschlägiger Beobachtungen aus dem Norden Europas zeigt in der That denselben, schon von **Wahlenberg** erkannten, Zusammenhang; und die Beobachtungen **L. v. Buch's** auf Teneriffa und in Italien weisen sogar auf eine analoge Beziehung zwischen Luft- und Bodentemperatur auch in Gegenden, wo die winterliche Schneedecke fehlt. Ich versuchte deshalb aus den, 1881 zu Airolo mir zugäng-

¹ Some results of the observations on underground temperature during the construction of the St. Gotthardtunnel by Dr. F. M. Stapff; in Proceedings of the North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers; vol. XXXII, 1883, p. 20. In des Verfassers „Studien über die Wärmevertheilung im Gotthard“, Bern 1877, ist nach dem damals vorhandenen Beobachtungsmaterial die Formel $\Delta = 4 \cdot 03 - 0 \cdot 272 T - 0 \cdot 0017 T^2$ aufgestellt, woraus eine wenig grössere Differenz sich ergibt.

lichen Luft- und Boden- (Quell-) Temperaturbeobachtungen¹ von sehr weit auseinander liegenden Orten eine allgemeiner giltige empirische Relation zwischen Luft- und Bodentemperatur abzuleiten, und fand

$$\Delta = 3 \cdot 25 - 0 \cdot 335 T + 0 \cdot 0039 T^2;$$

wonach Δ bei $T = 0^\circ \div 3 \cdot 25^\circ$, bei $11 \cdot 16^\circ$ und $74 \cdot 47^\circ = 0^\circ$, bei $42 \cdot 81^\circ = -3 \cdot 92^\circ$ (Boden kälter als Luft!) wäre. Obwohl die nach dieser Formel zurückberechneten Werthe für Δ mit den beobachteten auf $\pm 0 \cdot 55$ übereinstimmen, so schien es mir doch räthselhaft dass unter niederen Breiten, wo die Wärmezuführung von aussen im Verlauf des Jahres nur wenig wechselt (von periodischen Regengüssen abgesehen), die mittlere Temperatur des Erdbodens niedriger sein sollte als die Mitteltemperatur der Luft, und ich benutzte die mir durch bergmännische Untersuchungsarbeiten in Südwest-Afrika gebotene Gelegenheit zur Anstellung von Bodentemperaturbeobachtungen, welche zur Klärung der Frage beitragen könnten.

Die hier wesentlichsten Beobachtungen stellte ich im Jänner bis April 1886 zu Hopemine im Grossnamaqualand an, auf der ganz kahlen Namieb (steinige Wüstenfläche), unter $23^\circ 33 \frac{2}{3}'$ S. Br. und $14^\circ 47 \frac{1}{2}'$ Ö. L. (Greenwich). Diagramm I.

Der ganz flache, aus Glimmerschiefer und Quarzitschiefer bestehende, stellenweise mit steinhartem Conglomerat aus Lehm, Gyps, Salz und Verwitterungsschutt des Gesteins bedeckte Grubenhügel erhebt sich 17 m über die Namiebfläche, welche hier 600 m ü. M. liegt. Andere Bodentemperaturbeobachtungen entlang dem !Khuseb-Thal, das bei Walfischbay ($22^\circ 56 \frac{2}{3}'$ S. Br., $14^\circ 26 \frac{2}{3}'$ Ö. L.) mündet; und zwischen Walfischbay und Sandwichhafen ($23^\circ 20 \frac{3}{4}'$ S. Br., $14^\circ 31'$ Ö. L.), sollen im Folgenden gleichfalls mitgetheilt werden.

Zu den Bodentemperaturmessungen dienten kurze, genau getheilte, aber unempfindliche, in dickwandige Glashüllen eingeschmolzene Thermometer, deren Gefäss mit $\frac{1}{2}$ —1 cm Sper-

¹ Die meisten derselben sind B. Studer's „Lehrbuch der physikalischen Geographie“, 1847; und E. Hallmann's „Die Temperaturverhältnisse der Quellen“ (Vorwort von E. Dubois-Reymond) 1855, entnommen.

Tabelle I. Bodentemperaturbeobachtungen zu Hopemine. Diagr. I.

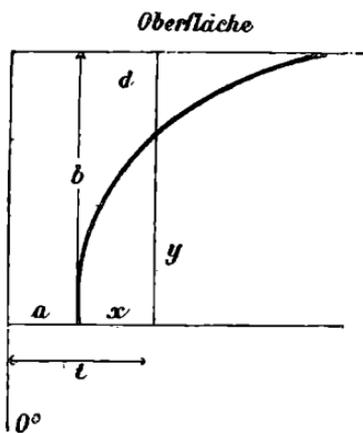
Datum 1886	Beobachtungspunkt (Therm.: Kug.)		Temperatur, C.°		Differ. Beob. u. Berechnung	Mittlerer Fehler	A n m e r k u n g e n
	unter Oberfläche	über Meer	beobachtet	berechnet			
20.—22. Febr.	1·06 m	615·1 m	30·35	30·02	—0·33	 ss +	Namieconglomerat. Beobachtungen Morgens und Abends übereinstimmend. Frischer Schurf. Bohrloch in einem alten 2 m tiefen Schurf angesetzt. Unter 1 1/2 m Namieconglomerat, 2 1/3 m Glimmerschiefer und Quarzit. Bohrloch in 2 1/2 m Schurf. Unter 1 1/2 m Namieconglomerat. 4 m Quarzit. Bohrloch in 2 m tiefem altem Gesenke. Unter 1 1/2 m Namieconglomerat. 6 m Quarzit mit 1 1/2 m Glimmerschieferinlagerungen. 5 m tiefes Bohrloch im Boden eines 10 1/4 m tiefen alten Schachtes. Glimmerschiefer mit 7 m erzführenden Quarzeinlagerungen. 7 1/2 cm Bohrloch im tiefsten eines alten 3 m tiefer abgesenkten Grubenraumes. In der hier aus 1 1/4 m Eisenmulm und Glimmerschiefer bestehenden, in Quarzit eingeschlossenen, Erzlagertätte.
11.—12. Febr.	3·88	612·0	27·80	28·23	+0·43		
13.—15. Febr.	5·50	610·6	27·20	27·40	+0·20		
18.—20. Febr.	7·53	608·6	26·85	26·58	—0·27		
6.—18. März	15·24	599·1	25·88	25·60	—0·28		
15.—18. Febr.	17·48	598·8	25·70	25·94	+0·24		

maceti umhüllt war. Sie wurden in Kupferkapseln, fast von der Bohrlochweite, auf den Boden der Bohrlöcher gebracht, und letztere darüber mit dicht eingestampfter Maschinenputzwolle ausgefüllt. Mittelst eines Pfropfziehers an langer dünner Eisenstange konnte die Packung wieder entfernt und das Thermometer an einer, am Bügel der Kupferhülse befestigten, Schnur herausgezogen werden. In der Regel ging diese Operation so rasch von statten, dass man sicher sein konnte, die am Boden des Bohrloches herrschende Temperatur abzulesen. Wenn aber die Packung nicht sorgfältig eingestampft war, oder wenn beim Ziehen des Thermometers aus 5 *m* tiefen Löchern Störungen und Aufenthälte eintraten, wurde das Thermometer von der Aussen-temperatur afficirt und die Beobachtung verworfen; deshalb enthält obige Tabelle auch nur sechs Beobachtungen, obwohl mehrere versucht wurden. Die Thermometer blieben vor der Ablesung minst 12 Stunden versenkt; die Beobachtungen in demselben Bohrloch wurden mehrmals repetirt, bis übereinstimmende Resultate erzielt waren. Die meisten Sondirbohrlöcher, deren Temperatur gemessen wurde, waren auf dem Boden schon vorhandener Schürfe angesetzt; die Tiefe (Col. 2) ist aber stets von der Terrainoberfläche aus gerechnet. Einige dieser Schürfe waren dem Einfluss der äusseren Temperatur zugänglich, und hierin liegt eine Hauptfehlerquelle der Versuchsreihe; eine andere darin, dass die Beobachtungen nicht lothrecht übereinander (in einem und demselben Bohrloch) stattfanden, sondern nebeneinander, auf einem circa 50 *m* langen, 15 *m* breiten Streifen des Gruben-*hügels*; eine dritte Fehlerquelle ist die Ungleichartigkeit des Gesteines, worin die Thermometer versenkt wurden (siehe Anmerkungscolonne der Tabelle).

Die zusammengestellten sechs Beobachtungen zeigen zunächst, dass die Bodentemperatur zu einer Tiefe von 17½ *m* abnimmt; erklärlich, weil die Versuche in der heissesten Jahreszeit stattfanden, in welcher die Temperatur an der Bodenoberfläche höher ist, als in einer Tiefe mit constanter Temperatur. Dass die tägliche Temperaturschwankung in einer Tiefe von 1·06 *m* nicht mehr bemerkt wurde (erste Zeile Anmerkung), beruht wohl auf der Ablesungszeit (Morgens und Abends), in welcher nahezu die dieser Tiefe entsprechende Mitteltemperatur

statthatte; denn wir werden im Folgenden sehen, dass die Wärme circa 7 Stunden brauchte um 31 *cm* Namiebconglomerat, und 21 $\frac{1}{2}$ Stunden um 57 *cm* Sand zu durchdringen.

Ich habe aus der Beobachtungsreihe empirisch eine Curve abgeleitet (welche selbstverständlich kein Naturgesetz ausdrücken soll), um: die Fehler der Einzelbeobachtungen zu vermitteln, die Bodentemperatur an der Oberfläche zu finden, ferner die Tiefe constanter Bodentemperatur, endlich diese constante Bodentemperatur. Nimmt man die Temperaturen als Abscissen, die zugehörigen Tiefen als Ordinaten eines Parabelbogens an, dessen Scheitelpunkt durch die constante Temperatur *a* (Abscissenaxe) und durch die Tiefe *b*, in welcher diese Temperatur herrscht, bestimmt ist; und bedeutet *d* die Tiefen, *t* die zugehörigen Temperaturen, so ist $x = t - a$ und $y = b - d$, also



$$b - d = \sqrt{p(t - a)}; \quad t = \frac{b^2 + pa}{p} - \frac{2bd}{p} + \frac{d^2}{p};$$

und

$$\frac{b^2 + pa}{p} = \alpha; \quad \frac{2b}{p} = \beta; \quad \frac{1}{p} = \gamma$$

gesetzt

$$t = \alpha - \beta d + \gamma d^2.$$

Durch Substitution der zusammengehörigen sechs Beobachtungsdaten für *t* und *d* folgt nach der kleinsten Quadratmethode: $\alpha = 30.81^\circ$, $\beta = -0.7774$, $\gamma = 0.0285$; und weiter: $p = 35.06$, $b = 13.63m$, $a = 25.51^\circ$. Die hiernach zurückberechneten Werthe stehen in Col. 5; die Differenzen mit den beobachteten in Col. 6. Aus denselben ergibt sich als mittlerer Beobachtungsfehler ± 0.33 (Col. 7).

Die Tiefe *b*, in welcher constante Bodentemperatur herrscht, werde ich weiter unten noch auf directere Weise zu bestimmen suchen; ihr hier empirisch ermittelter Werth von 13.63 *m* ist insofern ein anfechtbarer, als durch Zugrunde-

legen einer anderen vermittelnden Curve, welche den Beobachtungen vielleicht noch besser entspricht, ein anderer Werth für b gefunden werden könnte. Unwahrscheinlich scheint die Tiefe $13.63m$ aber nicht, da die Differenz zwischen mittlerer Lufttemperatur des heissesten und kältesten Monates zu Hopemine nur 12° betragen dürfte. (Die Tiefe, in welcher die jährlichen Temperaturschwankungen nur noch 0.1° betragen, sind: nach den Edinburger Beobachtungen $13.7m$, nach Forbes für Trapp $12.8m$, für Sandstein $23.2m$, nach Everett für Kies des Greenwicher Observatoriums $21.1m$, nach Quetelet, Brüssel, $23.4m$, nach Becquerel, Paris, $21.0m$.) Dass von $13.6m$ abwärts die Temperatur wieder zunimmt, steht in Einklang mit der allgemeinen Erfahrung; der von den Temperaturschwankungen zwischen Oberfläche und Tiefe mit constanter Temperatur ganz unabhängige Zunahmegradien für noch grössere Tiefen fällt nicht in das Bereich der Formel.

Die constante Bodentemperatur, 25.51° , ist 4.61° höher als die mittlere Lufttemperatur zu Hopemine 20.9° ¹

¹ Dieselbe ist nicht direct gemessen, sondern aus den Beobachtungen vom 18. Jänner bis 27. März 1886, den gleichzeitigen zu Walfischbay und Omaruru und den mittleren Jahrestemperaturen an letzteren zwei Orten geschätzt, unter Voraussetzung von Parallelismus im Gang. Alle Lufttemperaturen zu Hopemine und auf der Reise dahin, habe ich mittelst Schleuderthermometer bestimmt, welche ein paar Grade niedriger angaben als aufgehängte.

Mitteltemp. zu Hopemine, 18. Jänner bis 27. März 86: 23.8°

„ „ Walfischbay „ „ „ „ „ „ 18.9° ; Diff. $+4.9^\circ$

„ „ Omaruru „ „ „ „ „ „ $83: 24.0^\circ$; „ -0.2°

Mttl. Jahrestemp. Walfischbay 1885*: 17.0 , zu Hopemine $17.0+4.9=21.9^\circ$

„ „ Omaruru 1883**: 20.0 , „ „ $20.0-0.2=19.8^\circ$

Hopemine, Mittelzahl: 20.9°

Da Hopemine an der Grenze zwischen Küsten- und Continentalclima liegt, so ist verständlich, dass die Temperatur daselbst nicht gleichviel von der gleichzeitigen zu Walfischbay (Küste) und Omaruru (Binnenland) abweichen kann. Dass die Temperatur mit zunehmender Meereshöhe hier nicht abzunehmen scheint: Walfischbay $3m$ und 17° , Hopemine $612m$ und 21° , Omaruru circa $1000m$ und 20° , beruht auf dem überwiegenden Einfluss der continentalen Lage von Hopemine und Omaruru und der littoralen von Walfischbay.

* Stapff, Notiz über das Klima von Walfischbay, Deutsche Colonialzeitung, 1887.

** A. v. Danckelmann: Bemerkungen zu der klimatologischen Tafel der meteorol. Station Omaruru (Damaraland), Mitth. des Vereines für Erdkunde, Leipzig 1884.

und die Oberflächentemperatur 30.81 ist 4.79° höher, als die Lufttemperatur, 26.02° daselbst, vom 20.—22. Februar, da die Temperatur, $1.06 m$ unter der Oberfläche gemessen wurde. Die Übereinstimmung beider Zifferwerthe scheint jedoch zufällig, da die berechnete Bodenoberflächentemperatur nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit jener Lufttemperatur steht, welche herrschte, als die Bodentemperatur nächst der Oberfläche (in $1.06 m$) gemessen wurde.

Die höchste Lufttemperatur an drei aufeinander folgenden Tagen vor dem 11. Februar (an welchem Tage die in der Tabelle verzeichneten Bodentemperaturmessungen begannen), fand am 9.—11. Februar statt, nämlich 29.0° (Mittel).

Hienach übersteigt die berechnete Bodenoberflächentemperatur selbst die höchste vorgehende Lufttemperatur (Mittel mehrerer aufeinander folgender Tage) noch um $30.8 - 29.0 = 1.8$, und die constante Bodentemperatur in $13.6 m$ Tiefe ist $25.51^\circ - 20.9^\circ = 4.6^\circ$ höher als die Jahrestemperatur der Luft, während die S. 120 erwähnte Formel eine Differenz $\Delta = -2.1^\circ$ ergibt.

Die nach derselben Formel berechneten Differenzen zwischen Luft- und Bodentemperatur für andere Orte waren:

Congo -2.76 ; beobachtet (Smith) 22.8° (Boden); 25.6° (Luft) $\Delta = -2.8^\circ$;

Havanna -2.66° ; beobachtet (Ferber) 23.5° (Boden); 25.6° (Luft) $\Delta = -2.1^\circ$;

Cumana -3.06 ; beobachtet (v. Humboldt) 25.6° (Boden); 28.0° (Luft) $\Delta = -2.4^\circ$.

Der Widerspruch zwischen diesen und meinen Beobachtungen zu Hopemine dürfte zum Theile darin begründet sein, dass ich die Temperatur des festen trockenen Bodens maass, während am Congo, zu Havanna und Cumana die Temperatur des Quellwassers der Bodentemperatur gleichwerthig angesehen wurde. Im Folgenden werden wir finden, dass auch in Südwest-Afrika die Temperatur des Grundwassers niedriger ist, als die des trockenen Bodens in gleicher Tiefe (Diagr. IV und V).

Tabelle II. Beobachtungen über Boden- und Wassertemperaturen im Flussgebiete des !Khuseb, zwischen Walfischbay, Sandwichhafen, Hahomeb.

Zeit, Jänner 1886	T e m p e r a t u r e n							A n m e r k u n g e n	
	Tag	Stunde	Luft C°		B o d e n		W a s s e r		
			Namieb unter Oberfl. cm	C°	Namieb unter Oberfl. cm	Sand des Flussthales C°	unter Oberfläche cm		C°
1. Walfischbay, 22° 56 ² / ₃ / S. Br., 14° 26 ² / ₃ / Ö. L., 0 m Meereshöhe.									
9.	6·0 Vm.	16·0	28.—29./XII.85	52	20·2 Min. 21·6 22·6 Max.	Meeres- oberfläche dicht am Strand der Bay	(21·0)	28—29/XII 85. Im Ufersand dicht an Fluthlinie. Wassertemperatur quer über Bay, am 3/1 86. 15·4—17·8; im Mittel 16·4°.	
9.	8·30 Vm.	18·25							
2. Sandwichhafen, 23° 20 ³ / ₄ / S. Br., 14° 31' / Ö. L., 1·5 m Meereshöhe.									
7./XII. 85	9·45 Vm.	17·2					70	In zwei nebeneinander am Dünenfuss gegrabenen Brunnen differirte die Temperatur am 7/XII: 0·25—0·6; am 21/IV keine Differenz. Mitteltempe- ratur 21·3°.	
7./XII. 85	12·15 Nm.	18·6					Meeres- oberfläche Hafen		
21./IV.	8·40 Vm.	17·7							
7./XII. 85							(15·8)		

3. Sandfontain. 22° 58¹/₄' S. Br., 14° 28' Ö. L., 11 m Meereshöhe.

6.	5·30 Nm.	21·7				90	22·7	Gedeckter Brunnen.
9.	2·9 "	24·7			0 42·4(?) 30 26·7	170	19·5	Offener Brunnen.

4. Zubeb, 23° 1' S. Br., 14° 30³/₄' Ö. L., 19 m Meereshöhe.

9.	9·20 Ab.	14·6						Thermometer Abends vorher versenkt.
10.	6·0—45 Vm.	18·9			0 12·4 50 27·9			
	6·23 Vm.	14·0						

5. Fredrikdam, 23° 6¹/₂' S. Br., 14° 26³/₄' Ö. L., 19 m Meereshöhe.

21./IV. 86	5·0 Nm.	17·8				200	17·9	In schattiger Ecke des Wasserlochs Sand und Schlick. Tiefste beobachtete Wassertemperatur.
------------	---------	------	--	--	--	-----	------	--

6. Rand der Namieb, 23° 4³/₄' S. Br., 14° 33²/₃' Ö. L., 54 m Meereshöhe.

10.	11·45 Vm. 2·45 Nm.	20·8 29·6	0 29	40·7 29·9?				Festes Namiebconglomerat. Gyps.
-----	-----------------------	--------------	---------	---------------	--	--	--	---------------------------------

Zeit, Jänner 1886		Temperaturen										Anmerkungen
		Tag	Stunde	Luft C°	Boden				Wasser			
Namiab					Sand des Flussthalcs		Namiab		Wasser			
		unter Oberfl. cm	C°	unter Oberfl. cm	C°	unter Oberfl. cm	C°	unter Oberfl. cm	C°			
7. Roodebank (Willmerseck), 23° 10' S. Br., 14° 38' Ö. L., 129.5 m Meereshöhe.												
10.	8.47 Nm.	14.1										Namiabconglomerat unter leichter Sanddecke. Thermometer Abends vorher versenkt. Wasserloch im Flussbett. Schlick an Oberfläche.
11.	6.0 Vm.	11.5										
	7.45 "	15.6	0 31	18.3 26.8							23.3	
	9.0 Vm.									180—200		
	1.55 Nm.	23.8	0 31	44.5 26.1								
	Nm.	24.6										
	9.36 Ab.	15.1	0 31	16.7 28.4								
12.	Früh	11.5										
	7.20 Vm.	15.1	0 31	19.0 26.5								
	1.12 Nm.	26.9	0	45.9								
	3.30 "			50.0								
	6.22 "			31.9								
												Quellen im Riet. Mittelwerth 23.3°. Brunnenloch am Dünenfuss beim Misonsbaus.
												Wasserloch im Flussbett. Wasserloch im Flussbett.

Zeit, Jänner 1886	T e m p e r a t u r e n							A n m e r k u n g e n	
	Tag	Stunde	Luft C°	B o d e n		W a s s e r			
				Namieb	Sand des Flussthalcs	unter Oberfläche	unter Oberfläche		C°
			unter Oberfl. cm	C°	unter Oberfl. cm	C°	cm	C°	
11. Zwartbank, 23° 20 ³ / ₄ ' S. Br., 14° 50 ¹ / ₄ ' Ö. L., 286 m Meereshöhe.									
14.	6·50 Nm.		20·5		0	23·4	225	22·95	Wasserloch im Flussbett; nach Tränken der Ochsen. Thermometer versenkt. Wasser während Nacht 70 cm gestiegen. Mitteltemperatur des Wassers 23·02° (nach Diagramm V).
	9·0 "		12·5		0	16·9			
15.	6·15 Vm.						150	19·3	
	6·52 "		14·3						
	7·23 "								
	8·15 "								
	10·50 "		31·8		{ 0	23·3			
	1·50 Nm.		34·8		{ 75	28·1			
	2·7 "				{ 0	41·0			
	2·30 "				{ 0	54·7			
	4·30 "				{ 0	51·2	200	29·2	
	5·32 "				{ 0	44·9			
	8·40 "		18·9		{ 75	28·15			
					{ 0	25·8			
					{ 75	27·7			

12. Ni-Guib, 23° 23 ³ / ₄ S. Br., 14° 53' Ö. L., 318 m Meereshöhe.						
16.	Früh 7.18 Vm.	13.0 14.5	0	18.7		
12 a). Ni-Guib, 23° 23' S. Br., 14° 53 ³ / ₄ Ö. L., 316 m Meereshöhe.						
12./IV.86	Früh 7.0 Vm. 2.0 Nm.	11.0 13.8 31.1	Vm. {	80 50 50	25.0 23.5 25.0	Im Flussbett; seit 1/IV trocken. Mitteltemperatur in 60 cm 24.5°.
13./IV.86	Früh 7.45 Vm. 1.0 Nm.	8.7 12.5 26.5				
13. Arikuanis, 23° 25 ³ / ₄ S. Br., 14° 55 ³ / ₄ Ö. L., 338 m Meereshöhe.						
16.	1.17 Nm. 3.36 "	29.6 32.0	{ 0 20	51.0 32.15		Thermometer unter 20 cm Namiebbconglomerat auf Fels.
14. Zoutrivier, 23° 33 ³ / ₄ S. Br., 14° 57 ³ / ₄ Ö. L., 390 m Meereshöhe.						
16.	10.6 Nm.	17.7	0	21.0		Thermometer versenkt.
17.	Früh 7.44 Vm. 9.45 " 12.25 Nm. 12.34 "	14.5 17.8	{ 0 0 0 0 67	20.35 26.8 47.2 28.4		7.32 Vm.

Zeit, Jänner 1886		T e m p e r a t u r e n							A n m e r k u n g e n
Tag	Stunde	Luft C°	B o d e n			W a s s e r			
			Namieb	Sand des Flussthalcs		unter Oberfläche cm	C°		
		unter Oberfl. cm	C°	unter Oberfl. cm	C°				
15. Natab, 23° 38' 1/3 S. Br., 15° 21' 1/3 Ö. L., 445 m Meereshöhe.									
17.	Nm. 6·0 Nm. 7·45 " 8·25 " 8·40 "	29·7 18·2 18·0	0 0 0 43	42·5 32·9 22·5 29·4?			150	24·6	Natürliches Wasserloch im Flussbett. 3·35 Nm. 425 ü. M.
16. Hahomeb, 23° 38' 1/2 S. Br., 15° 7' 3/4 Ö. L., 435 m Meereshöhe.									
31. 28./II. 86 18./III. 86	5·0 Nm. 5·30 " 10·53 Vm.	32·2 28·0					750 333—664 428	25·55 25·8 24·2	Boden } des Brunnens Wasseroberfläche bis Boden } im alten Boden } Flussbett. Vor- und nach Abkommen des Flusses. Mitteltemperatur 25·2°.

Die fettgedruckten Ziffern der dritten Colonne ergeben als Mitteltemperatur der Luft zwischen Wallfischbay und Natab, vom 9. bis 17. Jänner 1886:

5·53	VM.	12·8 °	(Minimum),
7·14	„	15·35	
1·7	NM.	26·50	
2·12	„	30·03	(Maximum),
9·11	„	17·0;	

mittlere Tagestemperatur aus der Combination 2.VII+2.I+3.IX: 19·29°; Amplitude $A = 17·2°$; Periode $z = 8$ St. 19 Min.

Das Diagramm II, auf welchem die brauchbaren Temperaturzahlen der 10 Colonnen zusammengezogen sind, gewährt eine allgemeine Übersicht des täglichen Ganges der Bodentemperatur der Namieb im Januar; obwohl die nach den Stunden gruppirten, verschiedenen Orten und Tagen angehörigen, Zahlen zur Ermittlung von Constanten nicht geeignet sind.

Die Bodentemperaturen wurden mit den auch zu Hopemine benützten Thermometern gemessen, aber nicht in gebohrten, sondern in, zu dem Zweck gegrabenen, Löchern. Die versenkten Thermometer kamen in möglichst volle Berührung mit dem im Lochtiefsten anstehenden Erdreich; die auf der Oberfläche ausgelegten wurden gleichförmig 3 bis 5 mm dick mit Sand bedeckt. Verschiedene Dicke des Decksandes und verschiedenes Material der Thermometerkapsel bringt bedeutende Schwankungen in den Thermometerablesungen hervor. Wird der Sand auch nicht so heiss, dass darauf gelegtes Eisen erweicht (wie in einer Beschreibung des Hinterlandes von Angra peguena zu lesen steht), so nimmt eine frei auf den Sand gelegte Kupferkapsel zur Mittagszeit doch so hohe Temperatur an, dass ein eingeschlossenes zu 60° getheiltes Thermometer zersprang, trotz kleiner Erweiterung der Röhre über der Scala. Eine grün lackirte Weissblechkapsel erhitze sich viel weniger; noch weniger die gläserne Thermometerhülle. Um vergleichbare Werthe zu erhalten, habe ich sowohl die versenkten als die an der Oberfläche ausgelegten Thermometer stets in ihrer Kupferkapsel belassen, aber immer für gleich hohe und dichte oberflächliche Sandbedeckung derselben gesorgt.

Aus dem Diagramm II, welches auf Grund der unter Col. $\frac{4}{5}$ mitgetheilten Beobachtungen gezeichnet wurde, lässt sich Folgendes ableiten:

Rundet man die zackige Spitze der Oberflächentemperaturfigur zu einer parabolischen Fläche ab, so bezeichnet deren Scheitel die mittlere Maximaltemperatur an der Oberfläche, nämlich 49.4° , während das absolute Maximum 52.2° erreichte. Das mittlere Maximum trat $2^h 55'$ NM. ein, das mittlere Minimum 12.2° , $7^h 5'$ VM. Dagegen stellte sich die Maximaltemperatur der Luft 30.0° schon $2^h 12'$ ein, und die Minimaltemperatur derselben 12.8° : $5^h 53'$ VM. Die grösste Erwärmung der Oberfläche hatte also $43'$ nach Eintritt der höchsten Lufttemperatur statt, und die grösste Erkältung 1 St. 12 Min. nach Eintreffen der niedrigsten Lufttemperatur. Es ist bemerkenswerth, dass kurz nach Beginn der Wiedererwärmung der Luft die Bodentemperatur rasch mehrere Grade fiel (von $6^h 32'$ bis $7^h 13'$ von 16.9° auf 11.8°), um dann ebenso rasch wieder zu steigen;¹ wahrscheinlich bringt die rasche Verdunstung der Oberflächenfeuchtigkeit, welche mit Erwärmung der Luft eintritt, diese Abkühlung des Bodens hervor.

Von $9\frac{1}{2}^h$ Abends bis 6^h Morgens scheinen nach Diagramm II Temperatur der Luft und der Bodenoberfläche gleich; in dieser Zeit streichen die Nebel über die Fläche und haften an ihr; Luft, schwebende und die oberste Lage der hängen gebliebenen, Nebelbläschen können dann gleiche Temperatur besitzen. Da die Mitteltemperatur der Luft 19.3° , die gleichzeitige der Namieboberfläche 27.6° war, so betrug die Überhitzung der letzteren 8.3° . Amplitude $A = 37.2^\circ$; Periode $z = 7$ St. 50 Min.

Der tägliche Temperaturgang in 31 cm (29 bis 32 cm) Tiefe war ziemlich regelmässig. Die mittlere tiefste Temperatur 25.9° , wurde zwischen $1^h 55'$ und $2^h 36'$ ($2^h 16'$) beobachtet, also 7 St. 3 Min. nach Eintritt der niedrigsten Oberflächentemperatur; die höchste, 28.4° , trat $9^h 36'$ Abends ein, also 7 St. später als die höchste beobachtete Oberflächentemperatur. Die Mitteltemperatur in 31 cm Tiefe war 27.2° , d. i. 0.2° niedriger als

¹ Beobachtungen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen und Orten combinirt!

die gleichzeitige an der Oberfläche; dies entspricht der Differenz zu Hopemine, wo (nach Diagramm I) der Boden in 31 *cm* Tiefe $\frac{1}{4}^{\circ}$ kälter war als an der Oberfläche. Die Differenz zwischen mittlerer Lufttemperatur und mittlerer Bodentemperatur in 31 *cm* war $27.2 - 19.3 = 7.9^{\circ}$. Amplitude $a = 2.5^{\circ}$; Periode $z = 7$ St. 20 Min.; Tiefe $d = 0.31$ *m*.

Auf Diagramm III habe ich die Beobachtungen zusammengezogen, welche in derselben Periode (9. bis 17. Jänner) wie die vorigen, in derselben Gegend, aber im Sand des Flusstales (!Khuseb) angestellt wurden. Die Lufttemperatur ist wie oben; die Temperatur der Sandoberfläche erreichte 54.7° , ihr mittleres Maximum aber nur 52.1° , und trat $2^{\text{h}}58'$, d. i. 46 Minuten später als die höchste Lufttemperatur ein. Die (mittlere) niedrigste Oberflächentemperatur von 16.0° fand $6^{\text{h}}32'$, d. i. 39 Minuten nach der niedrigsten Lufttemperatur statt. Auch hier sank sie aber rasch um $4\frac{1}{2}^{\circ}$, kurz nachdem die Wiedererwärmung der Luft begonnen hatte. (Siehe Anmerkung S. 134.) Während der Nacht (9^{h} Abends bis 6^{h} Früh) hielt sich die Oberfläche 5 bis 6° wärmer als die Luft über ihr.

Die Mitteltemperatur der Oberfläche war $30.75 - 19.29 = 11.5^{\circ}$ höher als die gleichzeitige mittlere Lufttemperatur. $A = 46.1^{\circ}$, $z = 8$ St. 26 Min.

In einer zwischen 25 und 75 *cm* wechselnden Tiefe (Mittelwerth 57 *cm*) war der 27.9° warme Sand 2.9° kälter als die Oberfläche und 8.6° wärmer als die Luft. Seine Temperatur schwankte im Verlauf des Tages zwischen (27.2°) und $28.4^{\circ} = 1.2^{\circ}$, und war am grössten $12^{\text{h}}34'$ NM., d. i. 22.37 Stunden nach Eintritt der höchsten Lufttemperatur und 21.6 Stunden nach Eintritt der höchsten Oberflächentemperatur. Der aus dem Diagramm folgende Gang ist aber nicht massgebend, da die Bodentemperaturen in verschiedenen Tiefen gemessen wurden; auf die Mittelzahl ist dies von weniger Einfluss.

Die gestrichelt-punktirte Linie versinnlicht die Mitteltemperatur des Grundwassers im Flussbett nahe den Stellen, wo auch die Bodentemperaturen gemessen wurden. In einer mittleren Tiefe von 148 *cm* unter Oberfläche besass das Wasser 23.4° , also 7.4° weniger als die Oberfläche und 4.5° weniger als der Boden in 57 *cm*. Aus dem Wärmeverbrauche bei der Verdunstung

des im Sand aufgespeicherten Wassers ist es ja sehr begreiflich, dass eine Abkühlung des feuchten Bodens eintritt. Zu Hopemine hatte der trockene Namiebboden in 1·48 *m* Tiefe $29\frac{2}{3}^{\circ}$ (Diagramm I).

Ich habe ferner den Gang der Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Bodentemperatur in 31 *cm* Tiefe und Wassertemperatur (in einem offenen Loch des Flussbettes) zu Roodebank vom 10. bis 13. Januar graphisch dargestellt (Diagramm IV).

Roodebank liegt noch im Bereich der Küstennebel, weshalb die Mitteltemperatur der Luft daselbst auch nur $17\cdot46^{\circ}$ betrug, mit einer mittleren Amplitude von $25\cdot8 - 11\cdot5 = 14\cdot3^{\circ}$ und Periode von 8 St. 3 Min. Der Gang der Oberflächentemperatur entspricht im Allgemeinen dem früher nach Diagramm II und III besprochenen. Abkühlung kurz nach Sonnenaufgang tritt aber nicht hervor, vielleicht nicht, weil Beobachtungen vor 7 bis 8 Vm. zu Roodebank fehlen. In der Nacht war die Bodenoberfläche immer noch 2 bis 5° wärmer als die Luft. Die Maximaltemperatur der Oberfläche von ($47\cdot7$) bis $50\cdot0^{\circ}$ (Mittelzahl $48\cdot9^{\circ}$) trat 2·3 Stunden nach der höchsten (beobachteten) Lufttemperatur ein.

Die mittlere Oberflächentemperatur war $26\cdot8 - 17\cdot5 = 9\cdot3^{\circ}$ höher als die gleichzeitige mittlere Lufttemperatur. $A = 37\cdot7$; $z = 9$ St. 50 Min. (approx. Mittelwerthe). Der trockene, hier mit Sand bedeckte, Namiebboden besass in 31 *cm* Tiefe am 11. bis 12. Jänner die Mitteltemperatur $27\cdot1^{\circ}$, bei einer Amplitude a von $28\cdot4 - 26\cdot1 = 2\cdot3^{\circ}$; in $z = 7$ St. 41 Min.; seine Minimaltemperatur trat 7 St. 55 Min.; seine Maximaltemperatur 7 St. 6 Min. nach den betreffenden Wenden der Lufttemperatur ein. Dass es in 31 *cm* Tiefe in diesem Fall wärmer war als an der Oberfläche, ist der derzeitigen niedrigen Temperatur der letzteren zuzuschreiben; denn während die mittlere Temperatur in 31 *cm* Tiefe von einem Tag zum andern nicht merklich verschieden sein kann, verändert sich die Oberflächentemperatur mit der jemaligen Lufttemperatur und die Differenz kann also bald + bald — sein.

Der unter Sand fließende !Khuseb hatte am 11. Jänner in kleinen Quelllöchern des „Riet“ und in einem Brunnen beim Missionshaus die Temperatur $23\cdot3^{\circ}$. In einem offenen Loch bei

Willmerseck stand das Wasser unter 180—200 *cm* Sand den Sonnenstrahlen ausgesetzt, und änderte seine Temperatur am 10. Jänner parallel mit der Lufttemperatur zwischen 18·6 und 31·0° (beobachtete Temperatur, construirte Maximaltemperatur circa 33½°), während die Mitteltemperatur 23·8° betrug. Der Parallelgang von Luft- und Wassertemperatur würde vielleicht noch deutlicher hervortreten, wenn eine Beobachtung zwischen 2 und 3 Nm. gemacht worden wäre. Diese Temperaturschwankung des Wassers im Verlauf des Tages steht ausser Zusammenhang mit der Wärmefortpflanzung durch die Sanddecke, und ist lediglich Folge der directen Bestrahlung einer quadratmetergrossen, langsam oder gar nicht erneuerten, Wasserfläche.

Diagramm V. Ich habe endlich auch noch den Temperaturgang im Sand des Flussbettes zu Zwartbank graphisch dargestellt und Folgendes daraus ableiten können: Lufttemperatur 12·5 bis 34·8; Mittelwerth 21·27; Amplitude 22·3° in $z = 7$ St. 52 Min.

Die Oberflächentemperatur blieb auch während der Nacht circa 4° über der Lufttemperatur, und überstieg dieselbe gegen 2 Nm. um 20°; ihr Maximum dürfte aber erst gegen 3 Nm., 56 Minuten später als das der Luft eingetreten sein und 57° erreicht haben. Mitteltemperatur 31·8°; $A = (40°)$; $z = (8$ St. 48 Min). In 75 *cm* Tiefe schwankte die Bodentemperatur zwischen (27·5) und 28·15°, und die höchste Temperatur trat (26½) Stunden nach jener an der Oberfläche, und 27·4 Stunden nach der Climax der Lufttemperatur ein. Mitteltemperatur des Sandes in 0·75 *cm*: 27·88°; Amplitude $a = (0·65°)$; $z = 8$ St. 28 Min.

Das Wasser eines offenen Loches im Flussbett, unter 125 bis 225 *cm* Sanddecke, erneuerte sich viel rascher als zu Roodebank und zeigte deshalb auch geringere Temperaturschwankungen: zwischen 19·3 und 29·2°; die höchste Temperatur 21 Minuten nach Eintritt der höchsten Lufttemperatur. Seine Mitteltemperatur war 23·02°. Das Thermometer scheint ein vortreffliches Mittel um festzustellen, ob das Wasser unter einem trockenen Flussbette fliesst oder eine stagnirende Lache ist; ersteren Falles wird es, in offenem Loch von der Sonne bestrahlt, im Verlauf des Tages seine Temperatur viel weniger ändern als letzteren. Für die Bewirthschaftung des Thales ist dies

von Bedeutung, da stagnirendes Wasser allmählig abnimmt und brack wird, wenn der Fluss lange Zeit nicht „abkommt“.

Kurz resumirt, erhellt aus den auf Diagrammen II bis V zusammengestellten Beobachtungen: Der Sand erwärmte sich an der Oberfläche mehr als der feste Namiebboden, nach Diagramm III, nämlich 22° über die höchste Temperatur der Luft, während der Namiebboden nach Diagramm II nur 19° überhitzt wurde. Die stärkste Erwärmung beider Bodenarten tritt fast gleichzeitig, 46 bis 43 Minuten später als die höchste Lufttemperatur ein. Der Sand blieb auch während der Nacht 2 bis 3° wärmer als die Luft, während die Temperatur des Namiebbodens der nächtlichen Lufttemperatur gleichkam (Diagramm II). Die mittlere Oberflächentemperatur des Sandes lag $11\frac{1}{2}^{\circ}$ über der mittleren Lufttemperatur; die des Namiebbodens $8\frac{1}{4}^{\circ}$ darüber. (Diagramm II und III.)

Im Namiebboden bedingte eine Temperaturschwankung an der Oberfläche von $37\cdot 2^{\circ}$ eine solche des Bodens, in 31 *cm* Tiefe, von $2\cdot 5^{\circ}$, und die Wärmewelle brauchte 7 St. 11 bis 20 Min. um 31 *cm* tief einzudringen. (Diagramm II.) Im Sandboden verursachte eine Schwankung der Oberflächentemperatur von $37\cdot 8^{\circ}$ (40° ?) eine Amplitude von (0·65) in 75 *cm* Tiefe (Diagramm V); über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärme in diesem Fall geben die Diagramme III und V keinen genügenden Aufschluss. Nach den Beobachtungen zu Zwartbank (im Sande) scheint die Wärmewelle circa $26\frac{1}{2}$ Stunden zu brauchen um 75 *cm* tief einzudringen (die gestrichelte Linie auf Diagramm III verbindet Temperaturen in verschiedener Tiefe).

Einer mittleren täglichen Lufttemperatur von $19\cdot 3^{\circ}$ (Namieb, II), $17\cdot 5^{\circ}$ (Namieb, IV), $19\cdot 3^{\circ}$ (Sand, III), $21\cdot 5^{\circ}$ (Sand, V) entsprach: die mittlere Oberflächentemperatur $27\cdot 6^{\circ}$ (Namieb, II), $26\cdot 8^{\circ}$ (Namieb, IV), $30\cdot 8^{\circ}$ (Sand, III), $31\cdot 8^{\circ}$ (Sand, V); mittlere Bodentemperatur $27\cdot 2^{\circ}$ in 31 *cm* (Namieb, II), $27\cdot 1^{\circ}$ in 31 *cm* (Namieb, IV), $27\cdot 9^{\circ}$ in 57 *cm* (Sand, III), $27\cdot 9^{\circ}$ in 75 *cm* (Sand, V); mittlere Wassertemperatur im Sand des Flussbettes $23\cdot 8^{\circ}$ in 190 *cm* (Namieb, IV), $23\cdot 4^{\circ}$ in 148 *cm* (Sand, III), $23\cdot 0^{\circ}$ in 188 *cm* (Sand, V).

Das Wasser war also stets kälter ($3\cdot 3$ bis $4\cdot 9^{\circ}$) als die Bodentemperatur in 31 bis 75 *cm* Tiefe, und kälter als die Boden-

oberflächentemperatur ($3\cdot0$ bis $8\cdot8^\circ$), so dass sich hier die Bodentemperatur nicht durch Quelltemperaturmessungen ermitteln lässt. Es war aber $1\cdot7$ bis $6\cdot3^\circ$ wärmer als die Lufttemperatur im hohen Sommer, also noch wärmer als die mittlere Jahrestemperatur der Luft, und dies steht in geradem Widerspruche mit den citirten Beobachtungen von Congo, Habana und Cumana.

Zu den in Tabelle II, und theilweise auch auf den Diagrammen, zusammengestellten Wassertemperaturbeobachtungen sei noch Folgendes bemerkt:

Die Temperatur des feuchten Sandes in der Fluthlinie zu Walfischbay, 52 cm unter Oberfläche, schwankte im Verlauf des Tages zwischen $20\cdot7$ und $22\cdot6^\circ$ und war im Mittel $21\cdot6^\circ$ (Nr. 1), also fast gleich der Temperatur des den Strand benetzenden Meerwassers (21°), welches aber in der Bay aussenvor nur $16\cdot4^\circ$ besass.¹ Es will daher scheinen, dass das den Strand benetzende Wasser von diesem erwärmt wurde. Diese Wahrnehmung würde in ihren Consequenzen von Bedeutung sein für Beurtheilung der niedrigen Wassertemperaturen am Meeresboden. Die nahe dem Meeresstrande hervortretenden Quellen von Sandwichhafen (Nr. 2) mit $21\cdot3^\circ$ Mitteltemperatur, entstammen dem Wasser des !Khuseb, welches 28 km weit unter einer Sanddecke von 0 bis 160 m Mächtigkeit nach dem Strand sickert und bei Hinuib 23° (respective $21\cdot5$) hatte (Nr. 8). Beide Beobachtungsreihen ausser Acht gelassen, ergeben die übrigen als Mitteltemperatur des im !Kusebthal unter 148 cm (30 bis 333 cm) Sanddecke sickernden Flusswassers $23\cdot4^\circ$ (Diagramm III), womit auch die durchgeführten Einzelbeobachtungen von Roodebank (Diagramm IV) $23\cdot3$ bis $23\cdot8^\circ$ und Zwartbank (Diagramm V) $23\cdot0^\circ$, sowie der Brunnen zu Ni Guib (Nr. 12) mit $23\cdot2^\circ$ in Einklang stehen. Wie sehr die Wassertemperatur in einem offenen besonnten Loch des Flussbettes im Verlauf des Tages schwankt, erhellt aus den Beobachtungen zu Roodebank und Zwartbank (Diagramm IV und V), nach welchen sie gegen $9\frac{1}{2}$ Vm. und $7\frac{2}{3}$ Nm. der mittleren Tagestemperatur entspricht, gegen $2\frac{1}{2}$ Nm. ihren höchsten Stand erreicht, und dann mit circa $1\frac{1}{2}^\circ$ per Stunde abnimmt. Bei Berücksichtigung dieses Um-

¹ Annalen der Hydrographie, 1877, S. 68 u. 353.

standes erhellt aus den Beobachtungen, dass die Temperatur des verdeckten Flusses mit zunehmender Meereshöhe oder richtiger mit zunehmender Entfernung vom Meeresstrand, im grossen Ganzen zunimmt, wie dies ja auch mit der Luft- und Bodenflächentemperatur der Fall ist, in Folge des allmählichen Eintretens von continentalem Klima für littorales. Es ist nämlich:

Nr. 3 Sandfontein, 11 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 4 *km*, Wassertemperatur 2^h 9 Nm. 19·5°, 5^h 30 Nm. 22·7°, geschätzte Mitteltemperatur 16°;

Nr. 5 Fredriksdam, 19 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 5½ *km*, Wassertemperatur 5^h Nm. 17·9° (Quelloch), geschätzte Mitteltemperatur 17·9°;

Nr. 7 Roodebank, 130 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 20 *km*, Wassertemperatur 5 bis 6^h Nm. 23·3° (Quelloch), geschätzte Mitteltemperatur 23·3°; *ibid.* Tagesmittel 23·5°;

Nr. 8 Hinuib, 235 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 26 *km*, Wassertemperatur 10^h 30 Vm. 23·0°, geschätzte Mitteltemperatur? 21·5°;

Nr. 11 Zwartbank, 286 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 37 *km*, Tagesmittel 23·0°;

Nr. 12 Ni-Guib, 316 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 42 *km*, Brunnen 23·2°;

Nr. 15 Natab, 425 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 56 *km*, Wassertemperatur 3^h 35 Nm. 24·6° (Quelloch), geschätzte Mitteltemperatur 24·6°;

Nr. 16 Hahomeb, 435 *m* ü. M., kürzeste Entfernung vom Strande 64 *km*, Brunnen 25·2°.

Aus den auf Diagramm IV zusammengestellten Beobachtungsdaten zu Roodebank: Temperaturamplitude an Oberfläche $A = 32·7°$, desgleichen in 0·31 *m* Tiefe, $a = 2·3°$, ergibt sich zwar für die eintägige Periode und Tiefe von 1 *m* ein Werth für die Constante:

$$\sqrt{\frac{\pi c}{x}}, \text{ nämlich } \frac{\log \text{nat } 32·7 - \log \text{nat } 2·3}{0·31} = 8·56,$$

doch lässt sich derselbe nicht verwerthen zur Ermittlung der Tiefe d , in welcher die Bodentemperatur für unveränderlich an-

gesehen werden darf, denn die jährliche Amplitude der Oberflächentemperatur ist unbekannt. In Hopemine dürfte die Amplitude des mittleren Minimums und Maximums der monatlichen Lufttemperatur etwa 21° betragen. (Es war dieselbe zu Omaruru (1883) 24.6° , zu Walfischbay (1885) 17.6°). Stünde die jährliche Amplitude der Oberflächentemperatur in demselben Verhältniss zur Amplitude der Lufttemperatur wie die tägliche, nämlich 2:1 (nach Diagramm II bis V) oder Amplitude an Bodenoberfläche = Amplitude der Luft $+18.5^\circ$, so wäre sie zu Hopemine ungefähr = 40° für die Jahresperiode, und lässt man für die „constante“ Temperatur eine jährliche Oscillation von 0.05° zu, so wäre die Tiefe, wo diese constante Temperatur herrscht:

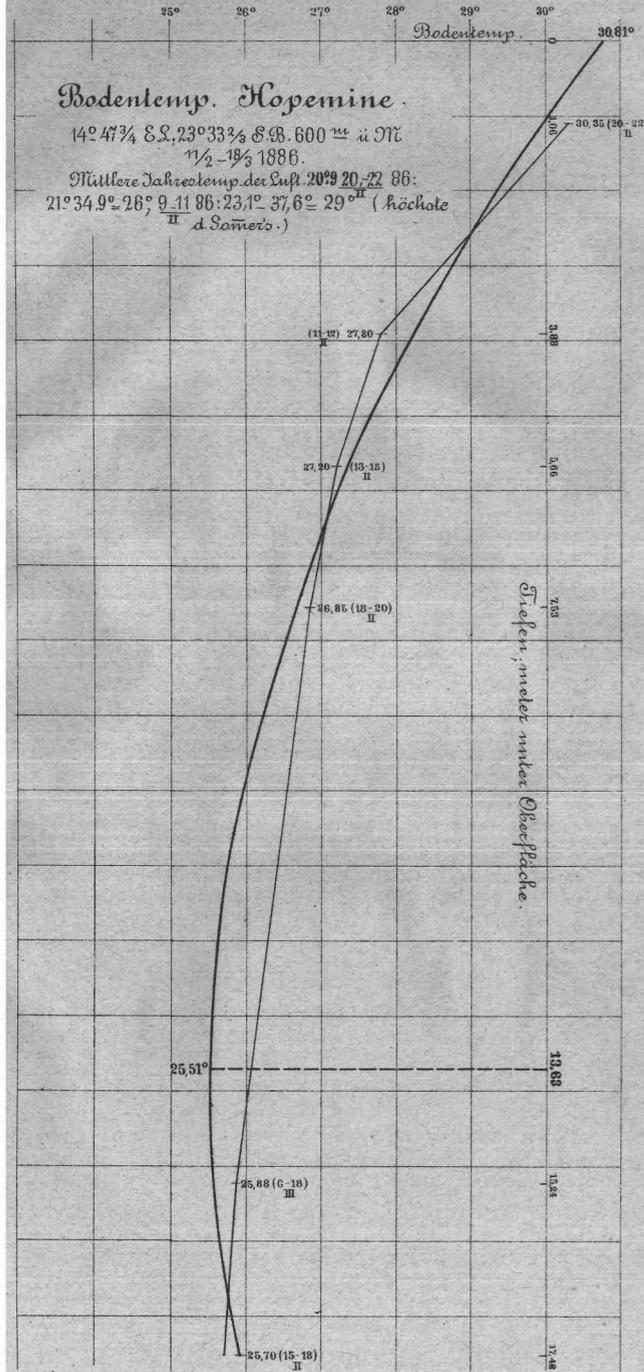
$$d = \frac{\log \text{nat } 40 - \log \text{nat } 0.05}{8.56} \cdot \sqrt{365} = 14.9 \text{ m.}$$

Oder, nähme man an, dass die Oberflächentemperatur zu Hopemine zwischen 30.8° als Maximum und $25.5 - (30.8 - 25.5) = 20.2^\circ$ als Minimum schwankte, dass ihre jährliche Amplitude also 10.6° wäre, so würde

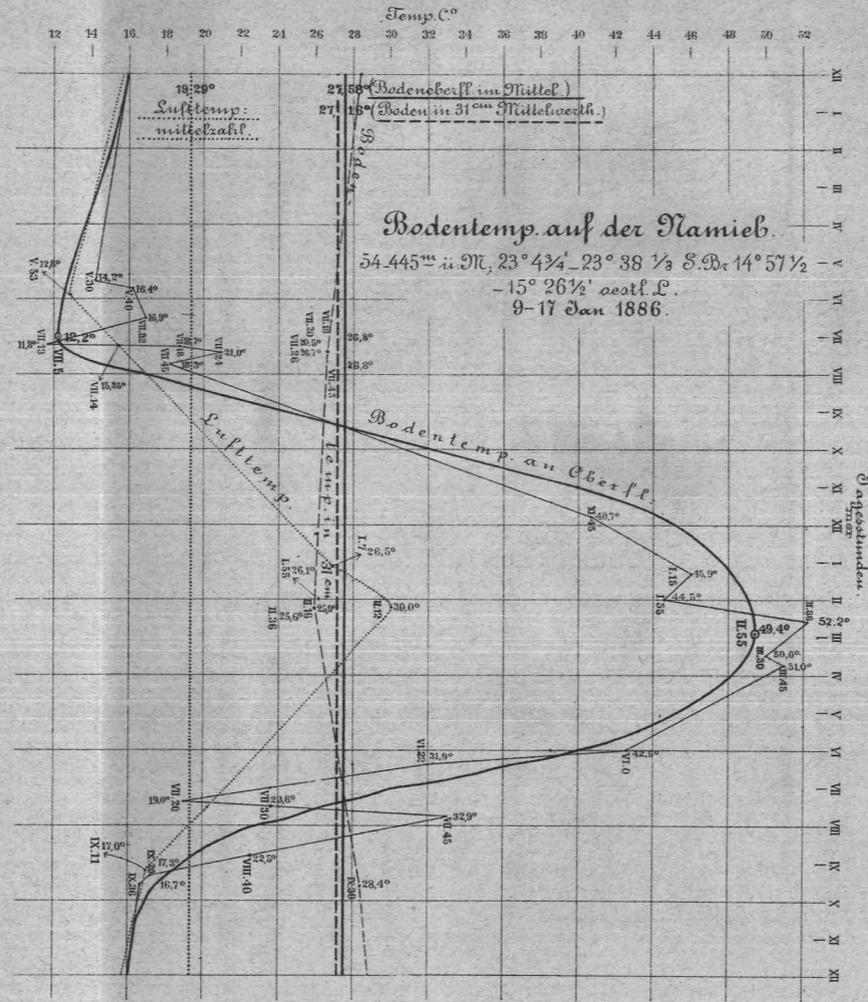
$$d = \frac{\log \text{nat } 10.6 - \log \text{nat } 0.05}{8.56} \cdot \sqrt{365} = 11.9 \text{ m.}$$

Zwischen diesen beiden Grenzen 14.9 m und 11.9 m dürfte der wahre Werth von d liegen, für welchen wir Eingangs empirisch 13.6 m fanden.

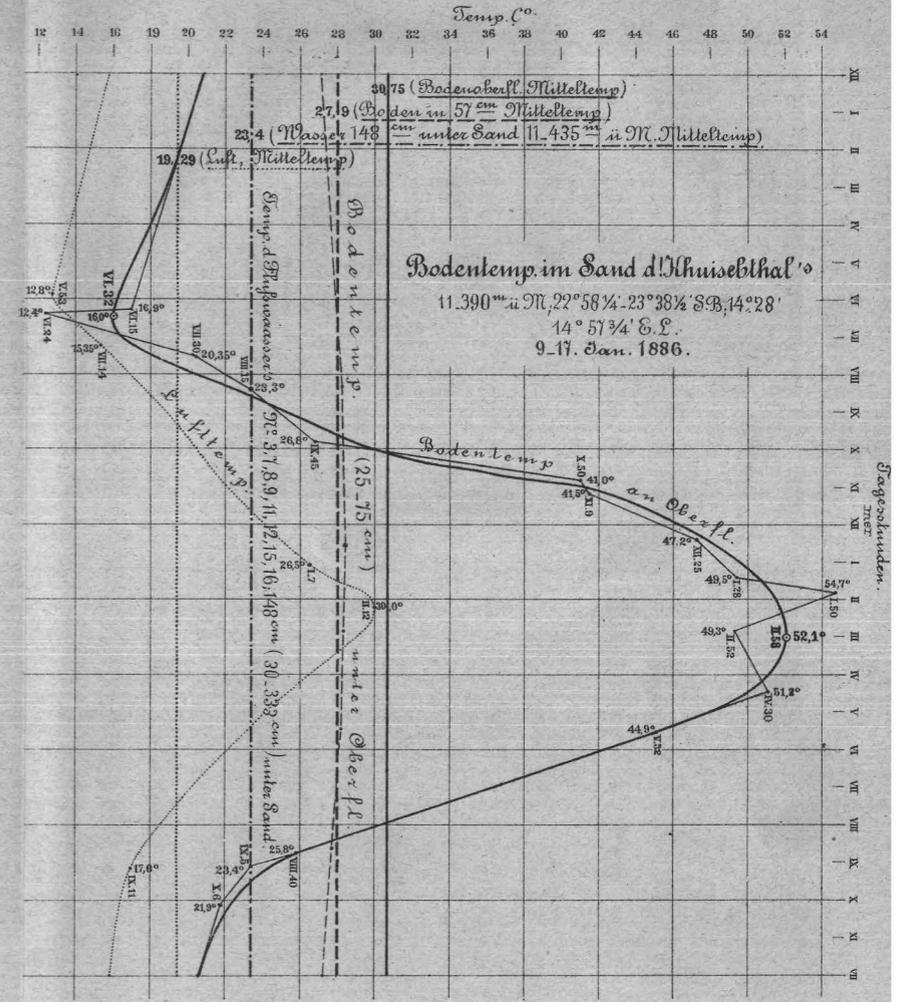
Diagr. I.



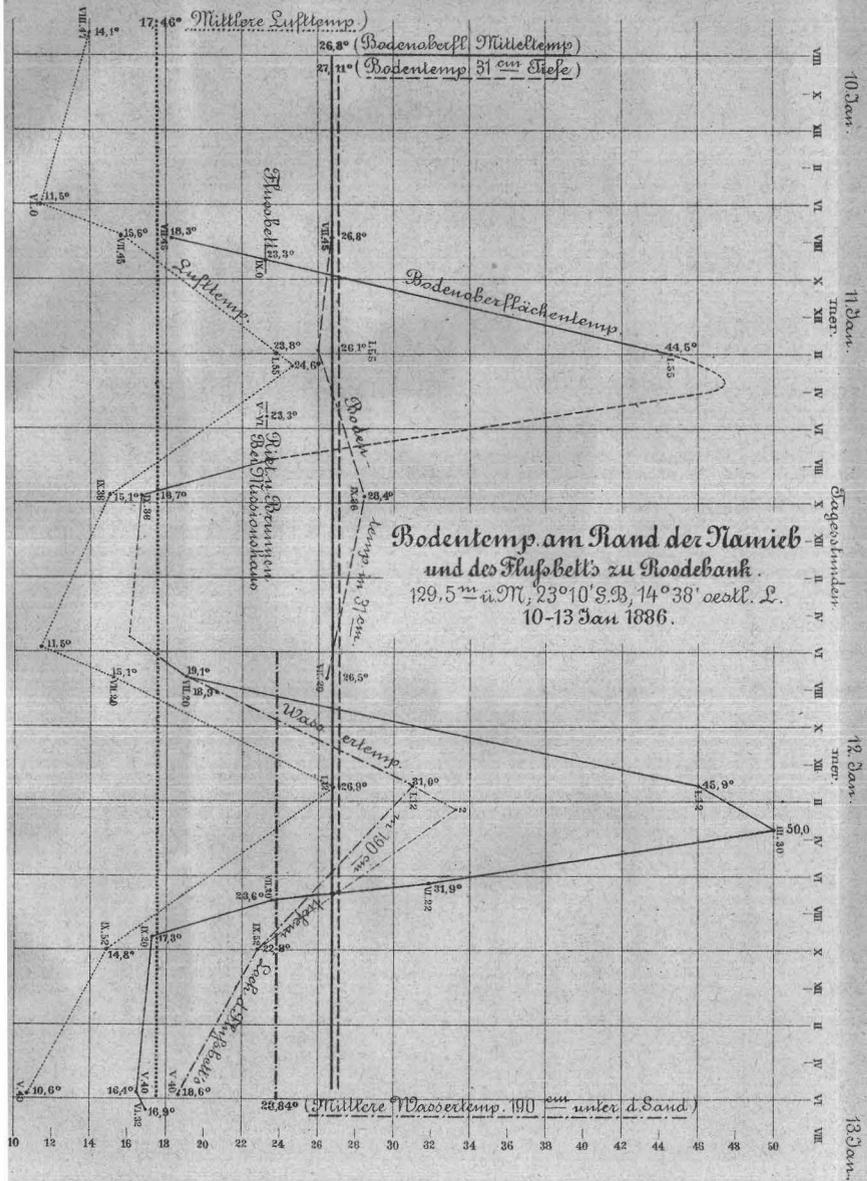
Diagr. II.



Diagr. III.



Diagr. IV.



Diagr. V.

