

## Werk

**Label:** Chapter

**Jahr:** 1907

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223\\_0005|log11](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223_0005|log11)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

sehr unbeliebt sind und dadurch auch der Pendel-Expedition viele Unannehmlichkeiten bereitet haben, wie in Kap. 4 bereits geschildert ist. Bei der Kürze der zur Vorbereitung der Expedition zu Gebote stehenden Zeit war es aber nicht möglich, die Instrumente dieser Forderung anzupassen; sie mußten daher in der Anordnung eingepackt und mitgenommen werden, die ihnen vom Geodätischen Institut für die heimischen Arbeiten gegeben worden war. Hätten wir ein so leichtes und handliches Pendelstativ wie die Südpolar-Expedition gehabt, so wären uns manche Schwierigkeiten erspart geblieben.

---

## Zweiter Teil.

### Die Höhenmessungen.

#### 8. Die benutzten Instrumente und ihre Fehler, das Beobachtungsverfahren und die erzielte Genauigkeit der meteorologischen Elemente.

Wie in der Denkschrift ausgeführt ist, mußte auf die Höhenbestimmungen der Pendel-Stationen großes Gewicht gelegt und versucht werden, mit dem barometrischen Nivellement, das wegen der Zeitdauer und der Kosten allein in Betracht kommen konnte, eine möglichst große Genauigkeit zu erzielen. Wie die dazu in Aussicht genommenen Basisstationen im Innern sämtlich versagt<sup>1)</sup> haben, ist bereits oben bei der Beschreibung des Verlaufs der Expedition dargelegt worden. Ich glaube trotzdem durch eine eingehende Untersuchung der Bedingungen der barometrischen Höhenmessung in Ostafrika erreicht zu haben, daß die aus einer Anzahl von Siedepunktsbestimmungen gefundenen Höhen der Pendel-Stationen innerhalb eines Maximalfehlers von  $\pm 15$  m der Wahrheit nahe kommen.

---

1) Den gemeinsamen Grund hierfür suche ich darin, daß die Beobachter freiwillige waren, und glaube, daß eine Aenderung hierin nur durch einen Systemwechsel herbeigeführt werden kann, den ich andeutungsweise hier erwähnen möchte. Meiner Ansicht nach könnte der Meteorologe des Gouvernements in Daressalam eine Anzahl von farbigen Beobachtern heranbilden, die dann als solche auf den Innenstationen gegen ein kleines Jahresgehalt angestellt werden würden. Von den Europäern bräuchte dann nur eine gewisse Beaufsichtigung von Zeit zu Zeit ausgeübt zu werden, wozu sie sich sehr viel leichter verstehen werden, als zu den zeitraubenden und durch die Bindung an die Tageszeit beschwerlichen regelmäßigen Beobachtungen. Eine dauernde und durchgehende Kontrolle und Sichtung des eingehenden Materials würde schließlich von dem Meteorologen des Gouvernements ausgeführt werden müssen, wie es jetzt bereits geschieht.

Ferner ist zum Zwecke der Kartographie die Höhe einer ganzen Reihe von Punkten, die während des Marsches berührt wurden, durch Aneroidablesungen mit einer sehr viel geringeren Genauigkeit, innerhalb eines Maximalfehlers von etwa  $\pm 40$  m ermittelt worden.

Dazu treten als Ergänzung gelegentliche trigonometrische Höhenbestimmungen von Bergen, die aus Zeitmangel nicht bestiegen werden konnten.

Die Hauptinstrumente für die Höhenmessungen waren 2 Fues'sche Siedeapparate älterer Konstruktion, wie sie bei W. Jordan: Handbuch der Vermessungskunde Bd. II 5. Aufl. 1897 S. 563 beschrieben und abgebildet sind. Dazu gehörten 4 Siedethermometer, die nicht die Temperatur des Wasserdampfes, sondern auf einer von 2 zu 2 mm fortschreitenden Teilung direkt den Luftdruck abzulesen gestatteten. Durch Schätzung von Zehnteln erlaubten sie daher eine Ablesegenauigkeit von 0.2 mm.

Von diesen Thermometern wurde, wie bereits erwähnt, Fues 338 am 19. August 1899 in Ndjilla beim Oeffnen der Büchse zerbrochen vorgefunden. Obwohl der Apparat an den vorhergehenden Tagen von einem zuverlässigen Soldaten getragen worden war, ließ sich nicht feststellen, bei welcher Gelegenheit und aus welchem Grunde der Unfall sich ereignet hatte. Vermutlich ist es bei einem Sprung oder leichten Fall während des Abstieges vom Mämia-Berge über den die Rukwa südlich begrenzenden steilen und steinigten Steilabsturz geschehen. Einen Ersatz dafür bekamen wir sehr bald in Bismarckburg, wo uns der Stationschef Herr Hauptmann v. Prittwitz und Gaffron das Thermometer Fues 199, das für ihn nutzlos war, übergab. Es gab nicht sofort den Luftdruck, sondern nur die Temperatur des Wasserdampfes an und gestattete, noch hundertstel Grade zu schätzen.

Die Thermometer sind vor der Ausreise und nach der Rückkehr von der II. Abteilung der physikalisch-technischen Reichs-Anstalt untersucht worden, die folgende Korrekturen gefunden hat.

	Fues 338		Fues 478		Fues 486		Fues 488		bei	Fues 199	
	August 1897	Novbr. 1897	März 1901	Novbr. 1897	März 1901	Novbr. 1897	März 1901	Mai 1891		März 1901	
bei	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	bei			
450 mm	-0.7			-0.1	-0.2				85°	+0.01°	-0.03°
500 "	-0.5	+0.3	+0.2	+0.1	0.0	+0.2	0.0		90	0.00	-0.02
550 "	-0.6	+0.2	+0.2	0.0	0.0	+0.1	0.0		95	-0.01	-0.03
600 "	-0.4	+0.2	+0.2	0.0	-0.2	+0.2	0.0	100		-0.02	-0.04
650 "	-0.7	+0.1	+0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2				
700 "	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4				
760 "	-0.7	-0.3	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4				

Man sieht, daß die doppelt untersuchten Thermometer sich ausgezeichnet konstant erhalten haben; selbst bei Fues 199, das noch aus einer früheren

Zeit der weniger entwickelten Technik stammt, gehen die Aenderungen trotz der langen Zwischenzeit von 10 Jahren nicht über 0.6 mm hinaus. Immerhin zeigen die vorgekommenen Aenderungen die Notwendigkeit, die Thermometer auch nach der Expedition prüfen zu lassen, was von den meisten Reisenden wohl verabsäumt werden dürfte.

Zur Reduktion der Luftdruckbeobachtungen wurden bei Fueß 338 die aus der einzigen Bestimmung sich ergebenden Korrekturen, bei Fueß 199 diejenigen von März 1901 und bei den drei anderen Thermometern das Mittel der beiden Bestimmungen angewendet. Die Korrekturen von Fueß 199 aus dem Mai 1891 liegen zeitlich allzu weit von den Beobachtungen während der Expedition ab, um Berücksichtigung zu verdienen. Wir werden indessen nachher sehen, daß seine wahre Korrektur zwischen den in der Tabelle angegebenen gelegen hat.

Bei allen Thermometern sind die Korrekturen kleiner geworden, jedoch gehen die Unterschiede, abgesehen von Fueß 199, nicht über 0.2 mm hinaus, sodaß die Fehler der benutzten Reduktionsgrößen unter 0.1 mm geblieben sein dürften.

Außerdem verfügte die Expedition über drei Federbarometer, über die in Kapitel 38 „Die Aneroide der Expedition und ihre Korrekturen“ berichtet werden soll. Hier sei nur vorweggenommen, daß sie sich zu Höhenbestimmungen nicht geeignet erwiesen haben, und daß diese Luftdruckmesser aus der instrumentellen Ausrüstung von Forschungsreisenden gänzlich verschwinden sollten.

Zur Bestimmung der Lufttemperatur und des Dunstdrucks aus trockenem und feuchtem Thermometer dienten eine Anzahl Fueßscher Schleuderthermometer, die im Verlaufe der Expedition mehrmals unter einander verglichen wurden. Dabei zeigten sich Abweichungen zwischen  $0.0^{\circ}$  und  $0.3^{\circ}$ , die wegen ihres geringen Wertes vernachlässigt worden sind. - Diese Fehler können allerdings den Dunstdruck merklich beeinflussen; da dieser aber bei der barometrischen Höhenmessung nur eine untergeordnete Rolle spielt, so wurde ihnen trotzdem keine Beachtung geschenkt.

Die Abkochungen wurden auf den Pendel-Stationen möglichst zu den Terminstunden 7 a, 2p und 9p vorgenommen, doch war es wegen der Pendel-Beobachtungen nicht immer möglich, diese Zeiten streng einzuhalten. Indessen sind auf jeder Pendel-Station wenigstens drei volle Beobachtungssätze ausgeführt worden.

Ein solcher Satz umfaßte folgende Messungen.

1. Lufttemperatur und Dunstdruck mit trockenem und feuchtem Schleuderthermometer.
2. Luftdruck mit zwei Siedethermometern mit je drei Ablesungen.
3. Lufttemperatur und Dunstdruck, wie zu 1. und Stand der drei Aneroide.
4. Luftdruck mit den beiden anderen Siedethermometern mit je drei Ablesungen.
5. Lufttemperatur und Dunstdruck, wie zu 1.

Der Zeitpunkt einer jeden Beobachtung wurde nach der Taschenuhr des Beobachters notiert, die durch öftere Kontrolle innerhalb einer Viertelstunde auf richtigem Stande erhalten wurde.

Bei den späteren Stationen wurde das Material durch Aneroidablesungen und Temperaturmessungen in den Zwischenzeiten zwischen diesen Sätzen ergänzt und erweitert. Wir erkannten die Zweckmäßigkeit dieser Vermehrung der Beobachtungen, wie vieles andere, eben erst im Verlaufe der Expedition und haben das Programm ständig danach modifiziert.

Die Ausführung der Beobachtungen ging folgendermaßen vor sich.

Das trockene und das feuchte Thermometer wurde während des Beobachtungszusatzes von je einem Soldaten oder schwarzen Diener dauernd geschwungen, und die erste Ablesung etwa 5 Minuten nach Beginn des Schwingens gemacht, wenn anzunehmen war, daß das Quecksilber die richtige Temperatur angenommen hatte. Dabei wurden die Thermometer nötigenfalls durch einen darüber gehaltenen Sonnenschirm gegen die direkte Sonnenstrahlung geschützt, doch so, daß sie dem Einfluß der bewegten oder wenigstens der freien Luft nicht entzogen wurden. Auch auf die Erhaltung der Feuchtigkeit an der Kugel des feuchten Thermometers wurde geachtet. Ich glaube, daß wir auf diese Weise trotz des Mangels eines Abmannschen Aspirations-Psychrometers einwandfreie Werte der Lufttemperatur und des Dunstdrucks erhalten haben.

Die Ablesung der Siedethermometer geschah den Vorschriften des Herrn v. Danckelman<sup>1)</sup> entsprechend stets derart, daß das Steigen des Quecksilbers und das darauf folgende Stillstehen verfolgt wurde. Notiert wurde der Stand, der nach Beendigung des Steigens etwa während einer Minute konstant innegehalten wurde. Wie schon erwähnt, wurde jedes Thermometer dreimal abgelesen. Um unabhängige Beobachtungen zu erhalten, wurde das Quecksilber vor jeder Wiederholung durch Entfernen der Flamme erst wieder zum Sinken gebracht. Dabei machten wir öfters die eigentümliche Wahrnehmung, daß beim ersten Kochen das Quecksilber auf einem sehr merklich zu niedrigen Stand stehen geblieben war; eine Erklärung dieser Erscheinung ist mir nicht bekannt, vielleicht ist sie in Spannungen des Glases zu suchen. Sie dürfte auch bei anderen Reisenden vorgekommen, aber unbemerkt geblieben sein und ebenso wie die Ansammlung von Quecksilber im oberen Teil der Röhre manchmal den Grund für die vielfach festgestellte Tatsache gebildet haben, daß die Siedethermometer dazu neigen, den Luftdruck zu niedrig anzugeben.

Ueberhitzung des Dampfes dürfte kaum vorgekommen sein, da wir stets mit möglichst kleiner Flamme arbeiteten, deren Höhe indessen so reguliert wurde, daß ohne Unterbrechung Dampf aus den unteren Abzugslöchern des Dampfmantels entwich. Alle diese Vorsichtsmaßregeln, deren Nichtbeachtung bei der

1) Anweisung zu Höhenmessungen im Vordruck der von der Kolonial-Abteilung gelieferten Routen-Aufnahme-Bücher.

Empfindlichkeit der Siedethermometer unweigerlich zu groben Fehlern führt<sup>1)</sup>, wurden stets peinlich erfüllt, sodaß die zur Höhenbestimmung nötigen Elemente innerhalb der Grenzen der Möglichkeit mit voller Sicherheit bestimmt worden sind. Ich glaubte dies hier ausführen zu müssen, um Zweifel an der Zuverlässigkeit der Grundlagen unserer Höhenbestimmungen auszuschließen.

Aus den Beobachtungen eines jeden Satzes wurden die Mittelwerte von Luftdruck, Temperatur und Dunstdruck gebildet, die wegen der Symmetrie in der Reihenfolge der Ablesungen alle für die Zeit der Satzmitte gelten. Die Beobachtungszeiten, die nach dem vorhergehenden bis zu 15<sup>m</sup> fehlerhaft sein können, wurden nicht verbessert, weil der dadurch erzielte Gewinn in keinem Verhältnis zu der aufgewandten Arbeit gestanden haben würde.

Die Differenzen der Luftdruckangaben der 4 neueren Thermometer untereinander übersteigen in einem Satze selten 0.2 mm; das nur einmal vorkommende Maximum ist 0.6 mm. In diesen Zahlen steckt jedoch noch die Veränderung des Luftdrucks in der Zwischenzeit zwischen den Ablesungen der Thermometer, die allein schon hinreicht, den größten Teil der obigen Differenzen zu erklären, da diese Zwischenzeit bis zu 30<sup>m</sup> betragen hat. Man kann daher den Luftdruck durch einen vollen Satz von 4 Thermometern als auf 0.1 mm sicher bestimmt ansehen und auch unvollständigen Sätzen von nur 2 Thermometern eine solche Genauigkeit zusprechen, daß sie für die Höhenbestimmungen mit demselben Gewicht verwendet werden können, wie die vollen Sätze.

Weniger zuverlässig zeigte sich das ältere Thermometer Fueß 199, das bis Dezember 1899 einen um durchschnittlich 0.1 mm, danach um 0.3 mm niedrigeren Luftdruck anzeigte, als das Mittel der anderen Thermometer. Dies beweist, daß die angewendeten Korrekturen dieses Thermometers vom März 1901 nicht für die Expeditionszeit gültig sind. Seine Angaben wurden daher um die obigen Größen verbessert und nur mit halbem Gewicht bei der Mittelbildung berücksichtigt.

Die Resultate der Beobachtungen findet man übersichtlich zusammengestellt in Kapitel 37 „Die Meereshöhen der Pendel-Stationen“ in Tabelle 62.

#### 9. Die barometrische Höhenmessung in Ostafrika und Herrn Lemaïres Ansichten darüber.

Ich war von vornherein geneigt, der barometrischen Höhenmessung in Deutsch-Ostafrika eine große Genauigkeit zuzuschreiben, da der regelmäßige tägliche Gang der meteorologischen Elemente in den Tropen nur sehr selten eine Störung erfährt, und somit besonders günstige Bedingungen für das barometrische

1) Selbst bei geographisch gut geschulten Forschern findet man falsche Behandlung der Siedepunkte. So pflegte der verstorbene Geograph Schmitt Hölzchen unter den Gummiring zu legen, damit der Dampf oben abziehen könne und nicht erst im Dampfmantel herabzusteigen brauche. Bekannt ist auch das Fehlschlagen der Siedepunktsbestimmungen von Lent. Mittheilungen a. d. Deutschen Schutzgebieten. Bd. IX S. 8. 1896.

Nivellement-vorzuliegen schienen. Beim Studium der einschlägigen Litteratur fand ich diese Annahme jedoch keineswegs bestätigt, es zeigten sich vielmehr Unterschiede von vielen Dekametern der für dieselben Orte von verschiedenen Reisenden gefundenen Höhen, die zu der Gleichförmigkeit des Tropenklimas einen auffallenden Gegensatz bildeten.

Eine besonders große und unwahrscheinliche Differenz fand sich zwischen den Angaben der Seehöhe des Tanganjika-Spiegels in zwei Werken, die eben erschienen waren, als ich diese Arbeit begann. Das erste davon ist das von Capitaine Lemaire, Charles verfaßte und in 15 Heften erschienene Werk „Mission Scientifique du Ka-Tanga, Publications de l'État Indépendant du Congo“, im besonderen dessen zweites Heft und ein nachträglich herausgegebenes 16. Heft mit Zusätzen und Berichtigungen zu den Höhenmessungen; es soll im folgenden mit M. s. bezeichnet werden. Das zweite ist Heft X und XI der Deutschen überseeischen meteorologischen Beobachtungen, gesammelt und herausgegeben von der Deutschen Seewarte; sie enthalten „Meteorologische Beobachtungen in Deutsch-Ost-Afrika, gesammelt und bearbeitet von Dr. Hans Maurer“, und sollen mit D. ü. m. B. X oder XI zitiert werden.

Die erste Zahl, die Herr Lemaire für die Seehöhe des Tanganjika in M. s. 2 Seite 70 aus seinen Beobachtungen in Moliro, einer Station am Süden des Sees, herausrechnet, ist 777 m. Da die Grundlagen seiner Rechnung jedoch falsch waren, so war Herr Lemaire genötigt, sich selbst zu berichtigen und diese Höhe in M. s. 16 S. 29 auf 854 m festzusetzen. Maurer dagegen findet aus den Beobachtungen von Ramsay, Hösemann und Deininger die Höhe des Stationsbarometers von Udjidji zu 855 m (D. ü. m. B. XI S. 262). Da, wie wir weiterhin sehen werden (Kap. 13) die Höhe des Barometers über dem Seespiegel etwa 61 m beträgt und nicht, wie Maurer a. a. O. nach einer Schätzung von Ramsay annimmt, 30 m, so ergibt sich die Höhe des Seespiegels zu 794 m. Der Unterschied der beiden Bestimmungen beträgt somit 60 m, was mir weit über die Ungenauigkeit hinauszugehen schien, die man im gleichförmigen Tropenklima von Monatsmitteln der barometrischen Höhen erwarten sollte. Da für die Schwere-messungen die Höhen so genau als möglich ermittelt werden mußten, so sah ich mich genötigt, den Ursachen der großen Differenzen zwischen den Werten von Lemaire und Maurer nachzugehen, wobei ich hoffen konnte, auch für die Bearbeitung der Höhenmessungen der Pendel-Expedition wichtige Fingerzeige zu bekommen.

Durch diese Untersuchung wurde ich naturgemäß auch zu einer Kritik der Arbeit des Herrn Lemaire geführt, die im folgenden an den geeigneten Stellen eingestreut ist. Zunächst aber hat sie sich mit den unberechtigten Angriffen zu beschäftigen, die Herr Lemaire in M. s. 16 gegen einen verdienten deutschen Gelehrten gerichtet hat, den er zwar ohne Namensnennung aber doch ganz unverkennbar als Herrn v. D. . . . ., den bekannten deutschen Meteorologen aus der Redaktion der Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten, bezeichnet.

Wie Herr Lemaire ausführt (M. s. 16. S. 13), hat Herr v. D. nach dem Erscheinen des zweiten Heftes der M. s. an M. Lancaster einen Brief gerichtet, worin er ihn um nähere Auskunft über die von Lemaire zur Höhenberechnung benutzte Formel bittet, da in M. s. 2 nichts darüber gesagt, sondern nur auf das Werk und die Tafel von M. Delporte betitelt „Astronomie et Cartographie pratiques, à l'usage des explorateurs de l'Afrique“ verwiesen wird. Dieser Brief hat nun Herrn Lemaire veranlaßt, die Grundlagen seiner Rechnungen nachzuprüfen und die in den vorhergehenden Heften bereits veröffentlichten Höhen im 16. Heft nachträglich zu berichtigen, wobei er, wie schon erwähnt, aus demselben Beobachtungsmaterial von Moliro die Höhe des Tanganjika um 77 m größer herausbekommt, wie in der ersten Publikation. Diese Tatsache allein beweist, daß die Bedenken des Herrn v. D. gegen das erste Resultat nicht unbegründet waren, und man sollte daher meinen, daß Herr Lemaire den Hinweis auf seinen Irrtum dankbar angenommen hätte. Weit gefehlt, er benutzt vielmehr die Gelegenheit, die Ansichten des Herrn v. D. in scharfer Weise zu kritisieren unter dem Vorwande, das Andenken des auf seinem Posten in Afrika gestorbenen Delporte in Schutz nehmen zu müssen, und zweitens die Urteilsfähigkeit des Herrn v. D. vor der Oeffentlichkeit herabzusetzen, indem er nachzuweisen sucht, daß die Fragen, die in dem Briefe enthalten sind, ganz unnötig waren.

Es ist ja allerdings eine sehr lobenswerte Tat, einen Toten gegen Angriffe in Schutz zu nehmen, und das Vorgehen des Herrn Lemaire wäre zu billigen, wenn Herr v. D. gegen Delporte öffentlich aufgetreten wäre. Der Brief des Herrn v. D. war aber eine reine Privatangelegenheit. Er war nicht einmal an Herrn Lemaire gerichtet, und die Oeffentlichkeit würde nichts davon erfahren haben, wenn Herr Lemaire nicht die Indiskretion begangen hätte, ihn ohne Vorwissen und gegen den Willen des Herrn v. D. zum Abdruck zu bringen. Von einem von Herrn v. D. ausgehenden Angriff auf das Andenken Delportes kann also gar nicht die Rede sein, und Herr Lemaire hat sich erst selbst einen solchen Angriff durch die Publikation des gar nicht für die Oeffentlichkeit bestimmten Briefes künstlich geschaffen. Auf diese Weise gewann er einen Vorwand, gegen Herrn v. D. vorgehen und dadurch möglichst die Tatsache verschleiern zu können, daß er die in den ersten 15 Heften der M. s. enthaltenen Höhenmessungen mit falschen Grundlagen berechnet hat und sie durch die in M. s. 16 mitgeteilten ersetzen mußte.

Was nun die Behauptung Lemaire's betrifft, daß die Fragen des Herrn v. D. nach den angewandten Korrekturen und Formeln unnötig und daher töricht wären, so wird an der Hand eines Auszuges aus dem Delporteschem Werke nachgewiesen, daß Herr v. D. die Antworten auf seine Fragen mit Leichtigkeit selbst daraus hätte entnehmen können. Zur Würdigung dieser Beweisführung beachte man, daß Herr v. D. in dem Briefe selbst ausdrücklich sagt, er kenne die Delporteschene Schrift nicht, und es sei ihm auch nicht möglich, sie einzusehen, und daß er daher brieflich um Auskunft bitten müsse. Hätte Herr v. D. das fragliche Werk zur Hand gehabt, so hätte er vermutlich den Brief nicht geschrieben,

da die Antworten auf seine Fragen sich allerdings ohne weiteres aus den Darlegungen Delportes ergeben. Der Umstand, daß Herr v. D. die Schrift Delportes nicht kannte, was auch Lemaire, nachdem der Brief in seine Hände gekommen war, wußte, ist aber allein entscheidend und erweist zur Genüge die Berechtigung der Fragen des Herrn v. D. Das Urteil über das Vorgehen des Herrn Lemaire, der trotzdem die Fragen des Herrn v. D. in schroffer Form als unnötig hinstellt und dadurch bei seinem Publikum Zweifel an der Urteilsfähigkeit des Herrn v. D. hervorruft, kann ich dem Leser überlassen.

Der andere Punkt, den Herr Lemaire zu kritisieren unternimmt, ist die Bemerkung des Herrn v. D., daß die Ueberlegungen Delportes, auf denen er seine Tafel aufgebaut hat, unglückliche seien. Betrachten wir ein wenig die Tatsachen, die diese Ansicht hervorgerufen haben. Aus dem Briefe geht hervor, daß Herr v. D. aus den Daten in M. s. 2 mit zwei verschiedenen Annahmen Werte für die Höhe des Tanganjika herausrechnet, die von der von Lemaire selbst gefundenen wesentlich abweichen. Da er die Schrift von Delporte nicht zur Verfügung hatte, so mußte er diesen Unterschied auf einen Fehler der Tafel oder ihrer Berechnungsweise schieben und konnte so ganz folgerichtig dazu kommen, die Ueberlegungen Delportes unglückliche zu nennen. Dieser Ausdruck ist nun in der Tat nicht berechtigt, denn die Ueberlegungen Delportes sind dieselben, auf denen alle Tafeln der sogenannten rohen Meereshöhen beruhen. Daß sie trotzdem falsche Höhen ergeben, liegt, wie Herr Lemaire in M. s. 16 nachgewiesen hat, daran, daß Delporte seinen Berechnungen veraltete Annahmen über den Luftdruck im Meeresniveau zu Grunde gelegt hat, die die Tafel auch nach Ansicht des Herrn Lemaire selbst unbrauchbar machen.

Diese Sachlage, daß Herr v. D. die Fehlerhaftigkeit der Delporteschen Tafel an einer falschen Stelle gesucht und dies in einem privaten Briefe, dessen mißbräuchliche Benutzung er nicht voraussehen konnte, zu stark zum Ausdruck gebracht hat, gibt aber Herrn Lemaire jedenfalls nicht das Recht, mit solcher Entrüstung, wie er es getan hat, gegen Herrn v. D. zu Felde zu ziehen und ihn der unberechtigten Antastung des Andenkens Delportes zu zeihen.

Ich bedaure lebhaft, daß der verstorbene Capt. Delporte in diese Erörterungen hineingezogen worden ist, muß aber ausdrücklich feststellen, daß dies von Herrn Lemaire selbst geschehen ist, denn Herr v. D. hat in keiner seiner Publikationen gegen ihn Stellung genommen.

Trotz dieses Bedauerns sehe ich mich zur Abwehr der scharfen Kritik, die Lemaire an dem Briefe des Herrn v. D. übt, genötigt, einige darin enthaltene Behauptungen in betreff des Werkes von Delporte richtig zu stellen.

Herr Lemaire kommt nämlich bei dieser Kritik zu der Behauptung (M. s. 16 S. 35), daß Delporte „eine Methode und eine neue Tafel geliefert habe, die gestatten, die absolute Höhe über dem Meeresspiegel eines Punktes innerhalb der Tropen durch eine einzige Beobachtung des Barometers und des Thermometers an diesem Punkte zu bestimmen“, und nimmt damit für Delporte die Priorität in der Konstruktion von Tafeln der rohen Meereshöhe in Anspruch. Diese An-

sicht entspricht jedoch keineswegs den Tatsachen und beweist nur, wie wenig Herr Lemaire trotz seiner Abhandlung über barometrisches Höhenmessen in der bekanntesten Litteratur bewandert ist. Wenn Delporte auch als der erste eine solche Tafel speziell für die Zone, innerhalb deren der Kongostaat liegt, aufgestellt hat, so ist doch der Gedanke an solche Tafeln mit denselben Begründungen, wie sie Delporte vorbringt, schon lange vor ihm gefaßt und für andere Gebiete ausgeführt worden. Man braucht nur ein Litteraturverzeichnis über barometrisches Höhenmessen aufzuschlagen, um eine ganze Anzahl solcher Tafeln zu finden, die vor der Delporteschen Schrift erschienen sind, so die Tafel von Biot, erschienen 1811, Radau 1864 (neu herausgegeben 1874), Jordan 1879<sup>1)</sup>, während die Tafel von Delporte erst 1889 herauskam. Daß bei einer solchen Sachlage Herr Lemaire die Behauptung aufzustellen wagt, der Gedanke an solche Tafeln sei zuerst von Delporte ausgegangen, kann ich mir nur in der oben angegebenen Weise erklären.

Ein anderer Punkt betrifft die Grundlagen der Delporteschen Tafel. Herr Lemaire hat in M. s. 16 nachgewiesen, daß diese Tafel falsche Resultate liefert, weil Delporte den Luftdruck im Meeresniveau in der heißen Zone zu 758 mm anstatt zu 761.6 mm angenommen hat, was er mit folgendem Satze entschuldigt: „Zu der Zeit, als Delporte seine Tafel berechnete, war dies derjenige Wert, an den man sich hielt.“ Dies entspricht jedoch keineswegs den Tatsachen, denn selbst, wenn Delporte die Tafel einige Jahre vor ihrem Erscheinen (1889) berechnet hat, hätte er ihr einen richtigen Wert des mittleren Luftdrucks im Meeresniveau zu Grunde legen können, da zu jener Zeit schon eine ganze Anzahl zuverlässiger Beobachtungen darüber bekannt waren. Z. B. hatte die jahrgangswise Publikation der Beobachtungen in St. Paul de Loanda, aus denen Lemaire selbst den Wert 761,2 mm abgeleitet hat, im Jahre 1882 begonnen. Die Beobachtungen in Chinchoxo<sup>2)</sup>, die den Mittelwert 760,8 mm ergaben, sind 1878, diejenigen in Vivi<sup>3)</sup> am Kongo mit 761,9 mm sind 1884 publiziert. Im letzteren Werk befinden sich auch Angaben über Beobachtungen in Gabon mit 762,2 mm und St. Thomé mit 760,2 mm mittlerem Luftdruck, die also bereits vor 1884 veröffentlicht waren. Mittelwerte dieser Größe für verschiedene Breitengrade finden sich bei Ferrel: *Meteorological Researches* 1877 und 1880 und Hann: *Handbuch der Klimatologie* 1883, die den nicht auf Normalschwere reduzierten mittleren Luftdruck im Meeresniveau, den Delporte zu Grunde legt, am Aequator zu 760,0 mm und in 10° Südbreite zu 761,0 mm angeben.

Statt dieses reichhaltige Material zu benutzen, das einen richtigen Wert ergeben hätte, hat Delporte die Zahl 758 mm aus dem Werke von Valérius „*Les phénomènes de la nature*“ entnommen, das in Brüssel im Jahre — 1859 er-

1) Ich zitiere nach W. Jordan: *Handbuch der Vermessungskunde* Bd. II 5. Aufl. 1897.

2) Die meteorologischen Beobachtungen der Gückfeldtschen Loango-Expedition. Bearbeitet von A. von Danckelman. Leipzig 1878.

3) *Mémoire sur les observations météorologiques faites à Vivi (Congo inférieure)*, par A. von Danckelman, Berlin 1884. Publication de l'association internationale du Congo.

schienen ist. Angesichts der Tatsache, daß Delporte seine 1889 erschienene Tafel auf klimatologische Angaben von 1859 aufgebaut, und daß er somit die große Entwicklung der Klimatologie zwischen diesen Jahren einfach vernachlässigt hat, fragt man sich, ob denn Herr v. D. mit seiner Bemerkung über die Delportesche Schrift wirklich so Unrecht hat, wie Herr Lemaire es hinstellt<sup>1)</sup>. Jedenfalls hat Delporte seine Studien nicht in der Weise vertieft, wie man es von dem Verfasser eines Leitfadens der Astronomie und Kartographie für Forschungsreisende in Afrika erwarten muß. Die Behauptung des Herrn Lemaire aber, daß es zur Zeit, als Delporte seine Tafel berechnete, keine besseren Daten als 758 mm für den mittleren Luftdruck im Meeresniveau unter den Tropen gegeben hätte, läßt sich nur durch einen Mangel an Kenntnissen erklären, der sein Unterfangen, Herrn v. D. zurechtweisen zu wollen, in sonderbarem Lichte erscheinen läßt.

Wie Herr Lemaire selbst zugibt (M. s. 16. S. 22), hat er die Höhenzahlen, die in den ersten 15 Heften seines Werkes und auf einem Teil der Karten enthalten sind, in Afrika mit Hilfe der fehlerhaften Tafeln von Delporte berechnet, ohne sie nach seiner Rückkehr einer Nachprüfung zu unterziehen. Die an den Verfasser eines wissenschaftlichen Werkes, das noch dazu den Anspruch erhebt, für die Kartographie des Kongostaates von grundlegender Bedeutung zu sein, in erster Linie zu stellende Anforderung, daß er seine Hilfsmittel und die benutzten Quellen einer eingehenden Untersuchung unterwirft und seine Arbeit auf verlässliche Grundlagen stellt, hat Herr Lemaire demnach nicht erfüllt, obgleich er selbst diese Anforderung als selbstverständlich hinstellt. Er sagt nämlich wörtlich (M. s. 16. S. 35): Es versteht sich von selbst, daß der Forscher nach Rückkehr von der Reise nicht verfehlen wird, seine Rechnungen wieder vorzunehmen, indem er diesmal Beobachtungen, die an der Meeresküste oder auf Stationen, deren Höhenlage genau bekannt ist, von anderen Beobachtern angestellt sind, und die ihm im Verlauf seiner eigenen Reise nicht zugänglich waren, in den Kreis seiner Betrachtungen zieht.“ Trotzdem hat es erst des von ihm so scharf kritisierten Briefes des Herrn v. D. bedurft, um Herrn Lemaire zu dieser selbstverständlichen Wiederaufnahme seiner Rechnungen und der nachträglichen Berichtigung der schon publizierten Höhenwerte zu veranlassen.

Um die Richtigkeit seiner Höhenzahlen zu erweisen, berechnete sie Herr Lemaire außer mit Hilfe der verbesserten Delporteschen Tafel noch nach 4 verschiedenen Umformungen, die der Laplaceschen Formel von verschiedenen Autoren gegeben worden sind, mit dem vorauszusehenden Ergebnis, daß die ge-

1) Die Zahl 758 mm ist übrigens auch der von Ferrel und Hann angenommene mittlere Druck am Aequator, aber reduziert auf Normalschwere. Aus den von Lemaire M. s. 16 abgedruckten Sätzen (das Werk von Valérius selbst ist mir nicht zugänglich gewesen) geht nicht hervor, ob Valérius den auf 45° reduzierten oder den unreduzierten Druck zu 758 mm ansetzt. Im ersteren Falle würde sein Wert mit dem jetzt angenommenen übereinstimmen, dann hätte aber Delporte den schlimmeren Fehler begangen, an der unteren Station den auf Normalschwere reduzierten Druck einzusetzen, während er auf der oberen Station den nicht reduzierten Druck benutzt.

gefundenen Werte bis auf wenige Meter untereinander übereinstimmen. Dies von Herrn Lemaire als bemerkenswert hervorgehobene Resultat beweist aber nicht die Richtigkeit der gefundenen Höhen, sondern nur die längst bekannte und keines weiteren Beweises bedürftige Tatsache, daß alle Modifikationen der Laplaceschen Höhenformel und die in den Tafeln der rohen Meereshöhen gemachten Vernachlässigungen auf das Resultat nur einen verschwindenden Einfluß ausüben. Es scheint Herrn Lemaire nicht bekannt zu sein, daß nicht diese kleinen Vernachlässigungen in der benutzten Formel die Unsicherheit des barometrischen Nivellements hervorrufen, sondern die Unkenntnis der richtigen in die Formel einzusetzenden Werte von Luftdruck und Lufttemperatur.

Es erscheint trivial, überhaupt noch darauf hinzuweisen, daß erstens die Neigung der Flächen gleichen Druckes, besonders wenn die obere Station im Innern des afrikanischen Festlandes und die untere an seinen Küsten liegt, und zweitens der Unterschied zwischen wahrer und beobachteter Lufttemperatur ganz bedeutende, viele Dekameter betragende Fehler erzeugen kann. Trotzdem ist dieser Hinweis notwendig, da Herr Lemaire diese hauptsächlichsten Fehlerquellen der barometrischen Höhenmessung gar nicht zu kennen scheint; denn er erwähnt sie nicht einmal, geschweige, daß er den Versuch macht, sie zu eliminieren. Daher können die von ihm gefundenen Höhenzahlen, obwohl sie unter einander übereinstimmen, doch sehr fehlerhaft sein, da sie eben alle in gleicher Weise mit diesen Fehlern behaftet sind. Beispiele dafür werden wir noch kennen lernen.

Auch die Vorschriften zur Ausführung der barometrischen Höhenmessung, mit denen Herr Lemaire seine Abhandlung schließt, nehmen auf die mögliche Eliminierung dieser Fehlerquellen bei einer späteren sorgfältigen Bearbeitung keine Rücksicht und beschränken sich auf die Beobachtungen, die der Reisende machen muß, um nur eine ganz rohe Annäherung der Höhe gleich an Ort und Stelle finden zu können. Da die mögliche Erhöhung der Genauigkeit bei späterer fachkundiger Bearbeitung nicht unbedeutend ist, so werden Reisende, die den Wunsch haben, für die Kartographie möglichst genaue Höhenzahlen zu liefern, gut tun, die Lemaireschen Vorschriften nicht zu benutzen, sondern sich an die gewöhnlichen früheren Angaben zu halten, die an ihre Zeit und Arbeitskraft außerdem nur verschwindend geringe Mehrforderungen stellen. Genaueres hierüber findet man im Kapitel 32.

Nach Abweisung der Angriffe des Herrn Lemaire können wir uns nun unsern Hauptaufgaben zuwenden, der Ableitung des wahrscheinlichsten Wertes der Seehöhe des Tanganjika aus den von Maurer in D. ü. m. B. XI veröffentlichten Beobachtungen aus Udjidji und der Ermittlung der Gründe für die großen Differenzen der von verschiedenen Reisenden an denselben Orten gefundenen Höhen. Daran wird sich dann die Berechnung der Höhenbestimmungen der Pendel-Expedition anschließen.

#### 10. Gewinnung des Tagesmittels aus den Terminbeobachtungen.

Zur Ableitung des Tagesmittels der meteorologischen Elemente aus den drei Terminbeobachtungen um 7a, 2p und 9p sind verschiedene Formeln vorgeschlagen

worden. Es fragt sich, welche von ihnen für die Beobachtungen aus Ostafrika die beste ist.

Nach einer gütigen schriftlichen Mitteilung hat Herr Dr. Maurer für Dar-  
essalam die folgenden Beziehungen bewährt gefunden zur Berechnung des Tages-  
mittels von Luftdruck und Feuchtigkeit:

$$I = \frac{1}{8} (7a + 2p + 9p)$$

und zur Berechnung des Tagesmittels der Temperatur:

$$II = \frac{1}{4} (7a + 2p + 2 \times 9p).$$

Da es mir nicht ohne Bedenken erschien, zu den Höhenbestimmungen Werte  
der Tagesmittel heranzuziehen, die aus verschiedenen Formeln hergeleitet sind,  
prüfte ich, ob das Temperaturmittel nicht auch ebensogut nach Formel I als nach  
Formel II berechnet werden könne, wozu sich genügendes Material in den Ver-  
öffentlichungen von Maurer (D. ü. m. B. X) findet.

Bezeichnet M das wirkliche Tagesmittel eines Monats, das von Maurer aus  
den stündlichen Ablesungen der Thermographenstreifen ermittelt worden ist, I  
und II die nach den obigen Formeln berechneten Mittelwerte der monatlichen  
Tagestemperatur, so findet man folgende Fehler der Formeln.

Tabelle 1. Unterschied des wahren Monatsmittels und der nach den Formeln I u. II  
berechneten Mittel.

1 Mittel aus den Jahren 1897, 98 und 99	2 Daressalam <sup>1)</sup>		3 Kwei <sup>1)</sup>		4 Tosamaganga		5 Kiboscho			
	M-I	M-II	M-I	M-II	M-I	M-II	M-I	M-II		
Januar	-0.1	+0.1	0.0	+4.0	1898 Juli	-0.5	+0.1	1899 April	-0.3	+0.1
Februar	-0.1	+0.1	+0.2	+0.6	August	-0.5	0.0	Mai	-0.1	0.0
März	0.0	+0.1	+0.1	+0.5	September	-0.4	+0.1	Juni	-0.3	-0.1
April	0.0	+0.1	+0.1	+0.3	Oktober	-0.3	+0.2	Juli	-0.2	0.0
Mai	-0.2	0.0	-0.2	0.0	November	-0.6	-0.1	August	0.0	+0.1
Juni	-0.2	+0.1	-0.1	+0.1	Dezember	-0.5	-0.1	September	0.0	+0.2
Juli	-0.1	+0.1	-0.2	0.0	1899 Januar	0.0	+0.3	Oktober	-0.2	+0.1
August	-0.1	+0.2	0.0	+0.3	Februar	-0.2	+0.2	November	+0.1	+0.5
September	+0.1	+0.2	0.0	+0.4	März	-0.4	0.0	Dezember	+0.1	+0.5
Oktober	-0.1	+0.1	0.0	+0.4	April	-0.4	+0.1	1900 Januar	+0.1	+0.5
November	-0.1	0.0	-0.2	+0.3	Mai	-0.3	+0.2	Februar	+0.2	+0.6
Dezember	-0.2	0.0	-0.2	+0.2	Juni	-0.4	+0.2	März	+0.2	+0.5
Jahr	-0.09	+0.09	-0.04	+0.29	Jahr	-0.36	+0.10	Jahr	-0.03	+0.25

1) Die in D. ü. m. B. X nicht veröffentlichten Beobachtungen der letzten Monate des Jahres  
1899 sind mir in zuvorkommendster Weise von Herrn Dr. Maurer handschriftlich zur Verfügung  
gestellt worden.

Man erkennt aus Tabelle 1, daß im allgemeinen die Abweichungen sehr gering sind, und daß Formel I ein wenig zu große, Formel II ein wenig zu kleine Resultate liefert. Je nach der Jahreszeit und dem Charakter des Jahres, ob feuchtes oder trockenes, gibt bald I, bald II die größere Annäherung an die richtigen Mittelwerte. Für den uns beschäftigenden Zweck sind beide Formeln in gleicher Weise brauchbar.<sup>1)</sup> Daher soll der Bequemlichkeit und Gleichförmigkeit halber Formel I auch zur Berechnung der Temperaturmittel, ebenso wie der Luftdruck- und Feuchtigkeitsmittel verwendet werden. Die Zulässigkeit dieser Formel bei den Höhenberechnungen werden wir auch später noch bestätigt finden.

#### 11. Korrekturen der Instrumente der meteorologischen Stationen im Innern Deutsch-Ostafrikas.

Die in D. ü. m. B. X u. XI enthaltenen Beobachtungen bedürfen teilweise noch kleiner Korrekturen, die von der Pendel-Expedition ermittelt worden sind. Alle Instrumente der meteorologischen Stationen sind, bevor sie ins Innere geschickt wurden, von Herrn Dr. Maurer in Daressalam mit den dortigen Instrumenten verglichen worden, die selbst an den Normal-Instrumenten der Deutschen Seewarte und der Physikalisch-technischen Reichs-Anstalt geprüft worden waren. Die Temperaturangaben, bei denen es auf große Genauigkeit sowieso nicht ankommt, können daher ohne weiteres als zuverlässig angesehen werden; nicht so aber die Stände der Gefäßbarometer, da diese Instrumente ihren Nullpunkt beim Transport von Daressalam ins Innere geändert haben können. Wir haben daher, wie schon im ersten Teil dieser Arbeit berichtet worden ist, gelegentlich unseres Aufenthaltes auf den mit Quecksilber-Barometern ausgerüsteten Stationen diese Barometer mit den Siedethermometern der Expedition mehrfach verglichen. Nach dem, was oben in Kap. 8 über die Genauigkeit der Bestimmung des Luftdrucks mittels der Siedethermometer der Expedition gesagt worden ist, darf man annehmen, daß die Standkorrekturen der Quecksilber-Barometer so genau ermittelt worden sind, als dies ohne Berücksichtigung der wechselnden Kapillardepression überhaupt möglich ist.

Das Gefäßbarometer Hechelmann 2386, das sich in Tabora befindet, erfordert danach die aus 10 Vergleichen hervorgehende Korrektur + 3.6 mm. Da Herr Dr. Maurer die Korrektur + 3.8 mm angewendet hat, so ist an den Luftdruckwerten von Tabora in D. ü. m. B. X und XI noch die Standkorrektur - 0.2 mm anzubringen und in den folgenden Untersuchungen von mir auch angebracht worden.

In Kwei wurde 1900 April 17 aus 3 Beobachtungen die Standkorrektur des dortigen Gefäßbarometers Fueß 1313 zu - 0.1 mm ermittelt, während Herr

1) Als genaueste, für Ostafrika allgemein gültige Formel würde sich aus Tabelle 1 ergeben:  

$$\text{Mittel} = \frac{1}{7} (2 \times 7a + 2 \times 2p + 3 \times 9p),$$
 die aber un bequem zu berechnen ist.

Dr. Maurer die Korrektion  $-0.8$  mm angebracht hat. Diejenigen Luftdruckzahlen von Kwei in D. ü. m. B. X und XI, die auf den Angaben dieses Instrumentes beruhen, sind daher um  $+0.7$  mm zu korrigieren. Nach den Bemerkungen in D. ü. m. B. X S. 35 ist dies erst von Februar 1899 ab der Fall; vorher diente allein der mehrfach durch Siedethermometer kontrollierte Barograph als Luftdruckinstrument. In der Zeit seit der letzten derartigen Kontrolle im März 1898 durch Herrn Dr. Maurer bis zum Februar 1899 mußte ein gleichförmiges Anwachsen der noch anzubringenden Korrektion von 0 bis auf  $+0.7$  mm angenommen werden. Diese Verbesserungen sind im folgenden berücksichtigt worden; vor März 1898 wurden die in D. ü. m. B. X mitgeteilten Werte beibehalten.

Das Stations-Barometer von Udjidji ist nach dem Fortgange von Ramsay nur ganz vorübergehend in Tätigkeit gewesen, bis es, wie schon erwähnt, unbrauchbar wurde. Es war ziemlich ungeschützt in der Messe aufgehängt, wo am 25. Mai 1899 die Katastrophe eintrat, die dem Vernehmen nach durch einen Papagei, der das Instrument als Schaukel benutzte, herbeigeführt worden ist. Dabei drang Luft in das Rohr ein und machte das Instrument unbrauchbar. Der erst nach diesem Ereignis in Udjidji eintreffenden Pendel-Expedition war es nicht möglich, die Standkorrektion zu bestimmen, die das Barometer zur Zeit der Beobachtungen Ramsays gehabt hat. Die von Maurer mitgeteilten Luftdruckwerte müssen daher zunächst als richtig angenommen werden. In Kap. 30 wird jedoch gezeigt werden, daß sie noch einer nicht unbedeutlichen Korrektion bedürfen.

Die Korrektion des Barometers von Langenburg ist bereits früher veröffentlicht worden (s. S. 15 Anm. 3).

## 12. Der Dunstdruck in Udjidji und im Innern Ostafrikas überhaupt.

Beobachtungen des Dunstdrucks, dessen Kenntnis zu den barometrischen Höhenbestimmungen erforderlich ist, liegen aus Udjidji leider nicht vor. Da sein Einfluß auf die errechneten Höhen aber nur sehr gering ist, so genügen rohe Mittelwerte für den vorliegenden Zweck. Auf den Hochebenen des inneren Deutsch-Ostafrika sind längere Reihen solcher Beobachtungen in Tabora in den Jahren 1894, 95 und 99 und Mpapua in den Jahren 1898 und 99 gemacht. Wegen der Höhendifferenz dieser beiden Orte sind die Beobachtungen nicht unmittelbar mit einander vergleichbar; aber die Formel von Hann über die Abhängigkeit des Dunstdrucks von der Höhe

$$e'' = e' \cdot 10^{-\frac{h}{c}}$$

gibt ein Mittel an die Hand, die Beobachtungen von Mpapua auf die Höhe von Tabora zu reduzieren.

Die Konstante  $c$  wurde dabei zu 7040 m angenommen. Dieser Wert, den Großmann aus den Beobachtungen von Hans Meyer am Kilimandjaro berechnet

hat<sup>1)</sup>, dürfte zur Zeit für Ostafrika die meiste Geltung beanspruchen, da er aus sehr großen Höhendifferenzen abgeleitet ist. Die Höhe von Mpapua ist zu 1030 m, die von Tabora zu 1230 m angenommen worden. Damit war

$$e_T = e_{Mp} \cdot 10^{\frac{h_{Mp} - h_T}{c}} = 0.94 e_{Mp}$$

In Tabelle 2 sind die hiernach reduzierten mittleren Werte des in Mpapua beobachteten Dunstdrucks in Spalte 3 aufgeführt. In Spalte 4 sind auch noch die gelegentlichen Messungen der Pendel-Expedition an verschiedenen Orten der zentralen Plateaus mitgeteilt.

Tabelle 2. Dunstdruck auf den zentralen Hochebenen Ostafrikas.

1 Monat	2 Tabora Mittel aus 1894, 95 u. 99	3 Mpapua Mittel aus 1896 und 99 auf die Höhe 1230 m reduziert	4 Pendel- Expedition	5 $e_T$	6 $e_U$
Januar	14.7 mm	14.8 mm	12.9 mm	15.2 mm	17.2 mm
Februar	14.8		14.2	15.1	17.1
März	15.1		13.6	15.0	17.0
April	14.5		15.5	14.5	16.4
Mai	12.3	11.4		12.2	13.8
Juni	10.3	9.1	8.6	9.9	11.2
Juli	9.4	10.2		9.7	11.0
August	10.8		11.4	10.6	12.0
September	13.0	9.9	10.2	12.5	14.2
Oktober	13.7	16.2	15.6	14.4	16.0
November	14.0	16.9	12.8	14.9	16.8
Dezember	15.5	15.0	13.1	15.2	17.2
Jahr				13.1	14.8

Man ersieht aus der Tabelle, daß sowohl der jährliche Gang als auch die Größe des Dunstdrucks aus den Beobachtungen in Tabora und Mpapua nahezu übereinstimmend hervorgehen, und daß sich auch die an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen der Pendel-Expedition diesen Werten gut anschließen. Daraus darf geschlossen werden, daß sie für die vorliegende Untersuchung hinreichend genau für alle Teile der zentralen Hochebenen als gültig angesehen werden können. Daher wurden die Zahlen von Tabora und Mpapua durch eine zwanglose einfache Kurve ausgeglichen, die die in Spalte 5 von Tabelle 2 angegebenen Mittelwerte des Dunstdrucks, gültig für die Höhe von Tabora (1230 m), ergab. Hieraus wurde dann der Dunstdruck von Udjidji nach der Hannschen Formel

$$e_U = e_T \cdot 10^{\frac{h_T - h_U}{c}} = 1.13 e_T$$

abgeleitet; die gefundenen Werte, die in den folgenden Untersuchungen benutzt worden sind, stehen in Tabelle 2 in Spalte 6.

1) Mittheilungen aus den Deutschen Schutzgebieten Bd. XII S. 143. 1899.

Tabelle 3. Ausgangswerte der meteorologischen Elemente und Differenzialquotienten.

1		2		3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		
Höhendifferenz		obere Station		t			e			b <sub>u</sub>			b <sub>o</sub>			mittleres h <sub>o</sub> - h <sub>u</sub>			mittleres h			T			E			B <sub>u</sub>			B <sub>o</sub>		
untere Station				°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
Darassalam		Kwei		+ 21.0	15	759.1	629.0	1636	1649	+ 5.6	+ 0.9	+ 11.5	- 13.8																				
Darassalam		Ssangerawe		+ 23.0	16.5	759.0	667.0	1182	1146	+ 8.8	+ 0.6	+ 11.6	- 13.1																				
Mombasa und Kismayu		Kibwezi		+ 24.2	20	768.1	684.5	900	918	+ 3.0	+ 0.5	+ 11.6	- 12.9																				
Pagamojo		wiss. Stat. Marangu		+ 21.0	16	758.7	632.3	1586	1604	+ 5.4	+ 0.8	+ 11.5	- 13.8																				
Darassalam		Kilossa		+ 25.0	17	759.0	717.2	500	513	+ 1.7	+ 0.2	+ 11.6	- 12.3																				
Kismayu		Namirembe		+ 23.0	19	757.9	662.9	1175	1193	+ 4.0	+ 0.6	+ 11.6	- 13.2																				
Darassalam		Tabora		+ 24.3	16	760.2	660.1	1243	1256	+ 4.2	+ 0.7	+ 11.6	- 13.3																				
Darassalam		Udjidji		+ 24.0	17	759.0	690.0	838	790	+ 2.8	+ 0.4	+ 11.6	- 12.8																				
Lindi (Rosahöhe)		Lofoi		+ 23.8	15.5	754.9	684.1	865	947	+ 2.9	+ 0.5	+ 11.6	- 12.8																				
Lindi (Rosahöhe)		Langenburg		+ 24.1	18	753.0	718.5	413	491	+ 1.4	+ 0.2	+ 11.7	- 12.2																				
Mohorro		Langenburg		+ 24.4	19	758.7	718.5	480	491	+ 1.4	+ 0.2	+ 11.6	- 12.2																				
Lindi (Rosahöhe)		Fort Johnston		+ 24.5	17	753.4	719.0	412	487	+ 1.4	+ 0.2	+ 11.6	- 12.2																				
Ssangerawe		Kwei		+ 18.0	11.5	667.0	629.0	505	505	+ 1.7	+ 0.3	+ 12.9	- 13.7																				
Kibwezi		"		+ 19.4	14	684.5	628.8	736	736	+ 2.5	+ 0.4	+ 12.7	- 13.6																				
wiss. Stat. Marangu		"		+ 16.2	11	632.3	629.0	45	45	+ 0.2	0.0	+ 13.5	- 13.6																				
Kilossa		"		+ 20.3	13	717.2	628.8	1141	1141	+ 3.9	+ 0.6	+ 12.1	- 13.8																				
Namirembe		"		+ 17.9	12.5	662.9	629.0	452	452	+ 1.6	+ 0.3	+ 13.0	- 13.7																				
Tabora		"		+ 19.8	12	660.1	629.1	416	416	+ 1.4	+ 0.2	+ 13.1	- 13.8																				
Udjidji		"		+ 19.0	12	690.0	629.0	799	861	+ 2.7	+ 0.4	+ 12.5	- 13.7																				
Lofoi		"		+ 19.2	12	684.1	629.7	716	716	+ 2.4	+ 0.4	+ 12.6	- 13.7																				
Langenburg		"		+ 19.8	14	718.5	629.0	1152	1156	+ 3.9	+ 0.6	+ 12.1	- 13.8																				
Fort Johnston		"		+ 20.0	13	719.0	629.0	1158	1165	+ 3.9	+ 0.6	+ 12.1	- 13.8																				

\* Über die Quellen siehe Bemerkungen zu Tabelle 23 (Kap. 24). Wenn nichts bemerkt ist, so ist Maurer D. ü. m. B. X u. XI die Quelle.

## 13. Die zur Höhenberechnung benutzten Formeln und Konstanten.

Von der Erwägung ausgehend, daß es infolge der nicht zu vermeidenden tatsächlichen Unsicherheit des barometrischen Nivellements nicht auf die äußerste theoretisch erreichbare Genauigkeit ankommt, habe ich die mir am bequemsten erscheinende Form der Laplaceschen Gleichung, nämlich die von Jordan<sup>1)</sup> angenommene, zu Grunde gelegt:

$$h_o - h_u = K \cdot c_\varphi \cdot c_t \cdot c_e \cdot \log \frac{b_u}{b_o},$$

worin der Index  $u$  die untere,  $o$  die obere Station,  $h$  die barometrisch gemessenen Höhen,  $b$  die auf  $0^\circ$  und Normalschwere reduzierten Barometerstände,  $t$  die beobachteten Lufttemperaturen,  $e$  den Dunstdruck und  $\varphi$  die mittlere Breite bezeichnen, und die Faktoren folgende Werte haben:

$$K = 18400$$

$$c_\varphi = (1 + 0.00265 \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{h_o + h_u}{r}\right)$$

$r =$  Erdradius

$$c_t = 1 + 0.003665 t$$

$$t = \frac{1}{2}(t_o + t_u)$$

$$c_e = 1 + 0.378 \frac{e}{b}$$

$$e = \frac{1}{2}(e_o + e_u)$$

$$b = \frac{1}{2}(b_o + b_u)$$

Die Korrekturfaktoren  $c_\varphi$ ,  $c_t$ ,  $c_e$  sind den Jordanschen Tafeln<sup>2)</sup> entnommen.

Nach dieser Formel ist jedoch nur je eine mittlere Höhe gerechnet worden, während die vielen Einzelhöhen durch ein differenzielles Verfahren daraus abgeleitet sind, auf das ich durch Großmanns Berechnung<sup>3)</sup> der Hans Meyerschen Höhenbeobachtungen aufmerksam gemacht wurde. Durch Differenziation obiger Formel findet man nämlich:

$$dh = T \cdot dt + E \cdot de + B_u \cdot db_u + B_o \cdot db_o,$$

worin die partiellen Differenzialquotienten folgende Werte haben:

$$T = K \cdot c_\varphi \cdot c_e \cdot \log \frac{b_u}{b_o} \cdot 0.003665$$

$$E = K \cdot c_\varphi \cdot c_t \cdot \frac{0.378}{b} \cdot \log \frac{b_u}{b_o}$$

$$B_u = K \cdot c_\varphi \cdot c_t \cdot c_e \cdot M \cdot \frac{1}{b_u}$$

$$B_o = -K \cdot c_\varphi \cdot c_t \cdot c_e \cdot M \cdot \frac{1}{b_o},$$

wo  $M$  den Modul der Briggischen Logarithmen bezeichnet. Zur Berechnung dieser Differenzialquotienten dienen dieselben mittleren Werte, mit denen auch

1) W. Jordan: Handbuch der Vermessungskunde Bd. II 5. Aufl. Stuttgart 1897.

2) W. Jordan: Handbuch der Vermessungskunde Bd. II 5. Aufl. Stuttgart 1897. Anhang.

3) Mittheilungen aus den Deutschen Schutzgebieten. Bd. XII S. 143. 1899.

die mittleren Höhen gerechnet worden sind. Sie sind in Tabelle 3 (s. S. 51) mitgeteilt.

In dieser Tabelle sind gleich die Konstanten aller derjenigen Höhenunterschiede aufgenommen worden, deren Berechnung sich im Laufe der Untersuchung als notwendig herausgestellt hat.

Tabelle 4. Angewandte Reduktionen auf den Meeres- und die Seespiegel.

1 Station	2 Reduktion auf		
	3 Meeresspiegel	4 Tanganjika-Spiegel	5 Njassa-Spiegel
Daressalam	13.5 m		
Mombasa und Kismayu	18		
Bagamojo	18		
Lindi (Rosahöhe)	82		
Mohorro	15		
Udjidji		61.5 m	
Langenburg			4 m
Fort Johnston			7

Bei der Berechnung der Einzelhöhen haben nicht die Höhendifferenzen  $h_o - h_u$  selbst als mittlere Höhe gedient, sondern die in Spalte 8 aufgeführten Werte. Sie sind aus jenen entstanden, indem zu den Höhenunterschieden mit Stationen an der Küste die in Tabelle 4 enthaltenen Reduktionen auf den Meeresspiegel, zu denen mit Udjidji, Langenburg und Fort Johnston die Reduktionen auf den Spiegel des Tanganjika- bzw. Njassa-Sees hinzugefügt wurden. Demnach sind alle im folgenden mitgeteilten Höhendifferenzen gegen Küstenstationen als Höhen über dem Meeresspiegel anzusehen und die Höhenangaben für Udjidji, Langenburg und Fort Johnston beziehen sich nicht auf den Standort der Stations-Barometer, sondern auf den Tanganjika- und Njassa-See. An den anderen Stationen geben sie dagegen die Höhe des Standorts der Barometer an, in Kwei also die der Wohnräume des steinernen Wohnhauses, in Tabora die der alten Boma der Regierungs-Station u. s. w.

Die Höhendifferenz zwischen dem Tanganjika-Spiegel und dem Barometer in Udjidji ist von der Pendel-Expedition barometrisch und von Herrn Hauptmann Herrmann bei der Kiwu-Grenzregulierungs-Expedition trigonometrisch bestimmt worden. Bei der barometrischen Messung fand sich:

1	2	3	4
	Beob. Luftdruck auf 0°, Normal- schwere und gleiche Zeit reduziert	Luft- temperatur	Dunstdruck
In Höhe des Stations-Barometers	686.4 mm	+ 27.2°	15 mm
1.5 m über dem Seespiegel	691.2	+ 27.0	—

Daraus ergibt sich ein Höhenunterschied von 63 m, während die trigonometrische Messung 60.5 m ergeben hat. Die Differenz rührt wohl hauptsächlich von dem verschiedenen Wasserstande des Sees her, da die Expedition während des niedrigsten Standes Udjidji passierte, während Herr Hauptmann Herrmann seine Messung bald nach der Regenzeit vorgenommen hat. Zur Höhenberechnung wurde, wie oben schon angegeben, der mittlere Wert 61,5 m verwendet.

Die Pendel-Expedition hat auch den Anschluß der neuen Boma in Tabora<sup>1)</sup> an den alten Standort des Barometers durch korrespondierende Luftdruckmessungen hergestellt. Die Angaben für die neue Boma beziehen sich auf das Erdgeschoß des damals zweistöckig geplanten und noch im Bau befindlichen Hauses in der Südostecke. Wir fanden:

1	2	3	4
	Beob. Luftdruck auf 0°, Normal-schwere und gleiche Zeit reduziert	Luft-temperatur	Dunstdruck
Alte Boma	658.2 mm	—	—
Neue Boma	655.1	+ 22.4°	16 mm

und daraus die Höhe der neuen Boma über der alten = 41 m.

Die von Maurer mitgeteilten Beobachtungen, sowohl die Terminbeobachtungen wie die Aufzeichnungen der Registrierinstrumente, sind auf Ortszeit bezogen und daher haben die Beobachtungen auf den verschiedenen Stationen nicht gleichzeitig stattgefunden, wie es in der gemäßigten Zone von Beobachtungen, die zu einem barometrischen Nivellement dienen sollen, verlangt wird. Indessen erscheint es mir für das Tropenklima mit seiner eminenten Regelmäßigkeit im täglichen Verlauf der meteorologischen Elemente für die Höhenmessung wichtiger, daß die Beobachtungen denselben Phasen der täglichen Luftdruck- und Temperatur-Wellen entsprechen, als daß sie gleichzeitig gemacht werden. Dies wird aber gerade durch die Verwendung der überall zu derselben Ortszeit gemachten Ablesungen erreicht. Von einer Reduktion der in D. ü. m. B. X und XI gegebenen Beobachtungsdaten auf gleiche Zeiten ist daher abgesehen worden.

#### 14. Die barometrische Höhe von Kwei.

Als ein besonders günstiger Umstand kommt uns zu statten, daß von dem hochgelegenen und verhältnismäßig küstennahen Kwei mehrere vollständige Jahresreihen von Beobachtungen vorhanden sind. Denn dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Innenstation, deren Höhe bestimmt werden soll, auf zwei sie der Höhenlage nach einschließende Basisstationen zu beziehen, wodurch ein Teil der Fehler der barometrischen Höhenmessung eliminiert wird. Da die Höhe von Kwei aber nicht hinreichend sicher ist, so muß sie selbst erst genauer bestimmt werden.

<sup>1)</sup> Die von früheren Reisenden vielfach als Absteigequartier benutzte Tembe Baccharin liegt in derselben Höhe, wie die alte Boma.

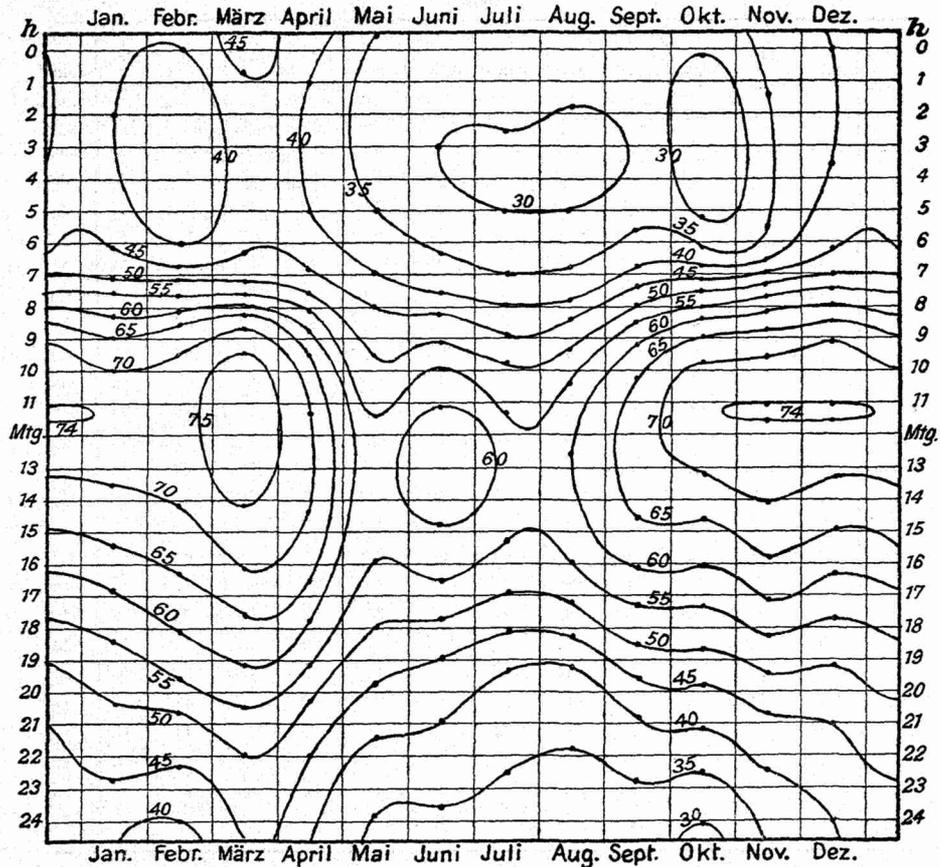
Tabelle 5. Barometrische Höhenunterschiede Kwei-Daressalam  $\frac{1}{3}$  (1897 + 98 + 99).  
Meter.

Tages- stunde	Januar	Fe- bruar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sep- temb.	Okto- ber	No- vemb.	De- zemb.	Jahr
1 a	1641	1640	1645	1640	1632	1633	1632	1630	1632	1630	1635	1638	1636
2	41	40	45	39	33	31	32	30	32	29	36	40	36
3	41	41	45	38	32	34	30	30	32	28	36	40	36
4	43	42	43	39	35	33	31	30	33	28	36	40	36
5	43	42	42	40	36	34	31	31	34	30	35	43	37
6	45	41	44	41	38	34	32	32	34	32	35	44	38
7	49	46	48	46	40	37	34	34	40	43	47	51	43
8	58	59	60	55	45	44	40	41	51	55	58	60	52
9	66	68	71	63	51	49	47	50	60	65	67	69	60
10	70	72	76	68	53	55	51	54	65	71	72	73	65
11	71	74	78	69	54	60	55	57	66	75	74	74	67
Mittag	73	73	78	70	56	61	58	59	68	72	73	72	68
1 p	71	72	76	68	57	62	58	60	68	69	70	70	67
2	67	70	75	68	58	62	57	58	64	66	69	68	65
3	66	69	75	68	56	61	56	57	64	65	67	66	64
4	65	67	72	67	56	58	54	56	61	62	67	62	62
5	61	64	70	64	53	55	49	50	57	60	62	58	59
6	58	62	64	60	49	49	45	47	52	55	57	54	54
7	52	58	61	55	47	45	41	41	49	49	51	50	50
8	50	52	56	50	43	42	40	38	42	44	47	47	46
9	48	48	51	47	43	41	39	35	41	41	43	45	44
10	49	47	50	46	40	39	36	35	37	37	42	43	42
11	46	45	48	43	36	36	34	33	35	33	38	42	39
Mncht.	43	40	46	41	34	34	34	31	34	30	37	39	37
Monats- mittel = M	1655	1656	1659	1654	1645	1645	1642	1642	1648	1649	1652	1654	1650

Zu diesem Zweck wurden die monatlichen Mittelwerte von Luftdruck und Temperatur in Daressalam und Kwei für jede Stunde des Tages während der drei Jahre 1897, 98 und 99 aus D. ü. m. B. X<sup>1)</sup> entnommen und nach Anbringung der auf Seite 49 erwähnten Korrekturen der Mittelwert aus den drei Jahren gebildet. Der Dunstdruck, der ja nur von sehr geringer Bedeutung für die Höhenbestimmung ist, wurde für jeden Monat konstant angenommen und aus den

1) Für die letzten Monate des Jahres 1899 aus handschriftlichen von Herrn Dr. Maurer gütigst zur Verfügung gestellten Tabellen.

1600 m +



Figur 2. Isoplethen des barometrischen Höhenunterschiedes Kwei-Daressalam.

Terminbeobachtungen auf einer jeden der beiden Stationen durch einfache Mittelbildung berechnet. Der dadurch erzeugte Höhenfehler beträgt höchstens 1 bis  $1\frac{1}{2}$  m und verschwindet im Monatsmittel. Aus diesen Daten sind nach dem in Kapitel 13 geschilderten Differenzialverfahren die barometrischen Höhen von Kwei berechnet worden, die in Tabelle 5 (siehe Seite 55) zusammengestellt sind.

Eine graphische Darstellung dieser Zahlen zeigen die Kurven in Figur 1 (auf Tafel II), in der die täglichen Perioden eines jeden Monats dargestellt sind, und zweitens Figur 2 (s. oben), in der die Isoplethen der Höhe von Kwei von

5 zu 5 m angezogen sind. Die Tabelle 5 und noch besser die Figuren 1 und 2 zeigen die vollständige Gesetzmäßigkeit, mit der die Höhe nach Tages- und Jahreszeit variiert. Der Verlauf der jährlichen und täglichen Periode stimmt vollständig mit dem Verlauf dieser Perioden in Europa überein, die von Ramond, Plantamour, Bauernfeind und Rühlmann aufgefunden und namentlich von dem letzteren eingehend untersucht worden sind<sup>1)</sup>. Auch die Amplitude, die im vorliegenden Falle 50 m beträgt, steht den in Europa beobachteten Schwankungen keineswegs nach.

Infolge der Konstatierung einer starken täglichen Periode gewinnt die Frage, ob sich das Monatsmittel durch eine einfache Formel aus den drei Terminbeobachtungen herleiten läßt, erhöhte Bedeutung. Die in der letzten Zeile von Tab. 5 stehenden wahren Monatsmittel (M) sind daher dazu benutzt worden, die nach den beiden Formeln

$$I = \frac{1}{3} (7a + 2p + 9p)$$

$$II = \frac{1}{4} (7a + 2p + 2 \times 9p)$$

berechneten Mittel zu prüfen. Tabelle 6 zeigt die Resultate dieser Vergleichung.

Tabelle 6. Fehler der nach I und II berechneten Monatsmittel der Höhe.

1	2	3
$\frac{1}{3} (1897 + 98 + 99)$	M - I	M - II
Januar	0 m	+ 2 m
Februar	+ 1	+ 3
März	+ 1	+ 3
April	0	+ 1
Mai	- 2	- 1
Juni	- 1	0
Juli	- 1	0
August	0	+ 2
September	0	+ 2
Oktober	- 1	+ 1
November	- 1	+ 2
Dezember	- 1	+ 2
Jahr	- 0.4	+ 1.4

Beide Formeln sind hiernach brauchbar, die einfachere Formel I gibt aber etwas bessere Resultate. Man ist daher berechtigt, die nach I aus den Terminbeobachtungen berechneten Mittelwerte als wahre Tagesmittel der barometrischen Höhen anzusehen und zu benutzen.

Da der Breitenunterschied zwischen Kwei und Daressalam schon recht beträchtlich ist, und der Luftdruck im Meeresniveau mit der Breite sich ändert,

1) Rühlmann: Die barometrischen Höhenmessungen und ihre Bedeutung für die Physik der Atmosphäre. Leipzig 1870.

so ist es angezeigt, Tanga anstelle von Daressalam als Basisstation zu wählen, da es nahezu auf dem Breitenparallel von Kwei liegt. Aus dem von Maurer in D. ü. m. B. X u. XI mitgeteilten Material ergeben sich die in Tabelle 7 zusammengestellten Unterschiede der meteorologischen Elemente in Tanga und Daressalam in den Jahren 1897, 98 u. 99, sowie die daraus folgenden Korrekturen der Höhe von Kwei. Die anderen Spalten der Tabelle 7 finden später ihre Erklärung.

Tabelle 7. Unterschiede Tanga—Daressalam.

1 Monat	2 Luftdruck im Meeresniveau $V_0$	3 Temperatur $V_t$	4 Korrektion der Höhe von Kwei		6 Korrektion der Höhe von Tabora		8 Korrektion der Höhe von Uđjidji	
			berechnet	ausgegl.	berechnet	ausgegl.	berechnet	ausgegl.
		°						
Januar	+ 0.2 mm	- 0.2	+ 2 m	+ 6 m	+ 2 m	+ 5 m	+ 2 m	+ 5 m
Februar	+ 0.4	0.0	+ 5	+ 5	+ 5	+ 4	+ 5	+ 4
März	+ 0.1	+ 1.2	+ 5	+ 4	+ 4	+ 3	+ 3	+ 3
April	+ 0.1	+ 1.0	+ 4	+ 2	+ 3	+ 2	+ 3	+ 1
Mai	- 0.1	+ 0.5	0	+ 1	0	+ 1	- 1	0
Juni	0.0	+ 1.1	+ 3	+ 1	+ 2	+ 1	+ 1	0
Juli	+ 0.1	+ 0.5	+ 3	+ 2	+ 2	+ 1	+ 2	+ 1
August	+ 0.1	+ 0.2	+ 2	+ 3	+ 2	+ 3	+ 2	+ 3
September	+ 0.3	+ 0.2	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 4	+ 4
Oktober	+ 0.4	+ 0.5	+ 6	+ 6	+ 6	+ 6	+ 5	+ 6
November	+ 0.5	+ 0.3	+ 7	+ 7	+ 6	+ 7	+ 6	+ 6
Dezember	+ 0.6	0.0	+ 7	+ 7	+ 7	+ 6	+ 7	+ 6
Jahr	+ 0.2	+ 0.4	+ 4	+ 4	+ 3.5	+ 3.5	+ 3	+ 3

Werden die in der Spalte 5 der Tabelle 7 angegebenen Korrekturen der Höhen zu den Zahlen der Tabelle 5 addiert, so erhält man die barometrischen Höhen von Kwei über dem Meeresspiegel bei Tanga d. h. in derselben Breite. Die Monatsmittel der Tabelle 5 sind daher durch die der Spalte 2 in Tabelle 8 zu ersetzen, die aus jenen durch Hinzufügung der Korrektur entstanden sind.

Diese Mittel werden sehr gut durch die Formel

$$(A) \quad h = 1654 + 9.3 \sin (75.4^\circ + x) \text{ m}^1)$$

dargestellt, wie die geringen Unterschiede zwischen den beobachteten und den aus der Formel berechneten Höhen, die in Tabelle 8 Spalte 3 im Sinne  $B-R$  aufgenommen sind, und besonders die große Zahl der Zeichenwechsel (6 Wechsel und 5 Folgen) ausweisen. Die Formel A gibt demnach die besten aus dem

1) Für das Januarmittel ist  $x = 15^\circ$ , für das Februarmittel =  $45^\circ$  u. s. w. zu setzen.

Tabelle 8. Monatsmittel der barometrischen Höhe von Kwei über dem Meeresspiegel in 5° Südbreite.

1	2	3	1	2	3	1	2	3
	<i>h</i>	<i>B-R</i>		<i>h</i>	<i>B-R</i>		<i>h</i>	<i>B-R</i>
Januar	1661 m	- 2 m	Mai	1646 m	- 3 m	September	1652 m	+ 3 m
Februar	61	- 1	Juni	46	0	Oktober	55	+ 1
März	63	+ 4	Juli	44	- 1	November	59	0
April	56	+ 2	August	45	- 1	Dezember	61	- 1

Jahr 1654 m

vorhandenen Material zu ziehenden Mittelwerte der barometrischen Meereshöhe von Kwei an. Werden damit die Resultate aus den einzelnen Monatsmitteln während der drei benutzten Jahre verglichen, so bekommt man die in Tabelle 9 zusammengestellten Unterschiede im Sinne *B-R*.

Tabelle 9. Abweichungen der Monatsmittel vom Mittelwert.

	1897	1898	1899
Januar	- 7 m	+ 3 m	0 m
Februar	+ 5	- 10	+ 1
März	+ 13	- 10	+ 13
April	+ 11	- 8	+ 2
Mai	+ 9	- 12	- 7
Juni	+ 7	- 8	+ 3
Juli	0	- 9	+ 6
August	- 2	- 5	+ 5
September	- 5	+ 2	+ 10
Oktober	- 3	0	+ 8
November	- 2	- 2	+ 7
Dezember	- 1	- 4	+ 5

Diese Tabelle zeigt, daß die zufälligen Fehler der barometrischen Höhenmessung nur gering sind. Der durchschnittliche Fehler eines Monatsmittels ist nur  $\pm 5.7$  m, der größte, überhaupt vorkommende Fehler 13 m, während die systematischen Fehler nach Ausweis von Tabelle 5 bis auf etwa 30 m steigen können. Durch die Berücksichtigung der täglichen und jährlichen Perioden gewinnt das barometrische Nivellement also auch in Afrika ganz bedeutend an Genauigkeit. Diese bei europäischen Messungen wohl allgemein als selbstverständlich geltende Tatsache schien mir doch der Hervorhebung wert, da ich mich nicht erinnere, in der geographischen Litteratur <sup>1)</sup> eine Anwendung davon bei der

1) Selbst in Neumayers Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 3. Aufl. fehlt ein Hinweis darauf.

Bearbeitung der in unbekanntem Erdteilen vorgenommenen Höhenbestimmungen außer bei E. Wagner<sup>1)</sup> gefunden zu haben.

Des weiteren zeigt Tabelle 9, daß die zufälligen Fehler in Gruppen auftreten, z. B. sind sie von Februar bis Juni 97 positiv, bleiben dann bis Januar 1898 nahe bei Null, worauf bis August 1898 eine Periode starker negativer Fehler eintritt u. s. w. Es geht daraus hervor, daß die Abweichungen von der normalen Witterung, denen die Fehler ihre Entstehung verdanken, sich meist mehrere Monate hindurch erhalten.

Es erscheint auffällig, daß von Februar 1899 ab mit Ausnahme eines Monats die Abweichungen sämtlich positiv sind. Da nun gerade von diesem Monat ab die dauernde Kontrolle des Barographen durch das Quecksilber-Barometer begonnen hat, und daher dem Jahre 1899 ein größeres Gewicht zugeschrieben werden muß, so ist man berechtigt, das Jahresmittel der Höhe allein aus diesem Jahrgang abzuleiten, während man für die Periode das Resultat der drei Jahre beibehält. Die barometrische Höhe von Kwei wird dann dargestellt durch

$$(B) \quad h = 1658 + 9.3 \sin (75.4^\circ + x) \text{ m.}$$

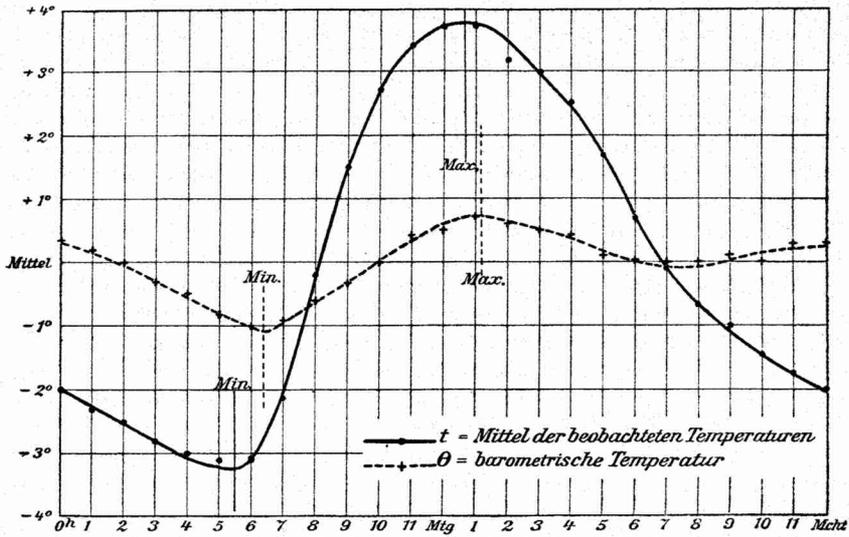
Die stärkeren negativen Abweichungen im Anfang des Jahres 1898 könnten dann zum Teil dadurch veranlaßt sein, daß bei der Kontrolle des Barographen im Februar 1898 ein Irrtum untergelaufen ist. Ich lasse es vorläufig dahingestellt, ob Gleichung A oder Gleichung B den Vorzug verdient.

Die Erklärung sowohl der täglichen, als auch der jährlichen Periode ist von Plantamour, Rühlmann und anderen darin gefunden worden, daß das Mittel der an den beiden Stationen beobachteten Lufttemperaturen nicht die mittlere Temperatur der zwischen beiden Stationen befindlichen Luftsäule anzeigt. Sie haben daher aus den Fehlern der barometrischen Höhen rückwärts diejenigen Temperaturen berechnet, die in die barometrische Formel hätten eingesetzt werden müssen, um die richtige Höhe zu ergeben. Diese Temperaturen sollen im folgenden „barometrische Temperaturen“ genannt werden, da der früher und namentlich auch von Rühlmann gebrauchte Name „wahre Lufttemperatur“ von Jordan<sup>2)</sup> als unkorrekt nachgewiesen worden ist.

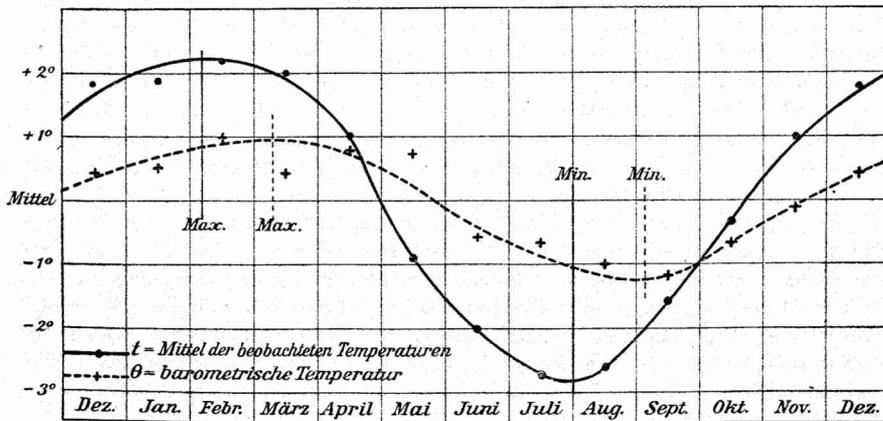
In derselben Weise habe ich auch aus den Abweichungen der barometrischen Einzelhöhen von Kwei von ihrem Jahresmittel Temperaturwerte  $\theta$  berechnet und mit dem Mittel  $t$  der beobachteten Temperaturen zusammen in Fig. 3 und 4 zur graphischen Darstellung gebracht. Diese läßt erkennen erstens, daß die berechneten Temperaturen  $\theta$  dieselben Perioden haben, wie die beobachteten  $t$ , nur mit einer zeitlichen Verspätung, die bei der täglichen Periode etwa  $\frac{3}{4}$  Stunden, bei der jährlichen etwas über einen Monat beträgt, und zweitens, daß die Amplituden der  $\theta$  kleiner sind, als die der beobachteten Temperaturen  $t$ . Bei der

1) In C. W. Werther: Die mittleren Hochländer des nördlichen Deutsch-Ostafrika. Wissenschaftliche Ergebnisse der Irangi-Expedition 1896—1897 nebst kurzer Reisebeschreibung. Berlin 1898. S. 116 u. f.

2) W. Jordan: Handbuch der Vermessungskunde Bd. II 5. Aufl. 1897. S. 611.



Figur 3. Täglicher Gang der Lufttemperatur zwischen Kwei und der Küste.



Figur 4. Jährlicher Gang der Lufttemperatur zwischen Kwei und der Küste.

täglichen Periode haben die  $t$  die Amplitude  $6^{\circ}9$ , die  $\theta$  dagegen nur  $1^{\circ}8$ , bei der jährlichen Periode sind die entsprechenden Zahlen  $5^{\circ}0$  und  $2^{\circ}2$ . Auch das kleine sekundäre Maximum in den Stunden um Mitternacht stimmt mit den Erscheinungen in Europa (nach Rühlmann) überein. Da diese Eigenschaften,

gleicher Verlauf der Perioden mit Verspätung und geringerer Amplitude, für die barometrischen Temperaturen charakteristisch sind, so haben wir auch die Werte  $\theta$  als solche Temperaturen anzusehen. Die Perioden der Höhe von Kwei können daher vollständig und allein aus dem Unterschiede der barometrischen und der beobachteten Temperaturen erklärt werden. Daraus folgt aber weiter, daß ein mit der Jahreszeit wechselnder namhafter Luftdruck-Gradient zwischen Kwei und der Küste nicht besteht; und da es nach den wechselnden Winden nicht wahrscheinlich ist, daß ein konstanter Gradient vorhanden ist, so müssen wir schließen, daß das Jahresmittel der barometrischen Höhen gar nicht oder nur in verschwindendem Maße durch die unbekannte Neigung der Flächen gleichen Druckes zwischen der Küste und Kwei entstellt ist, oder mit anderen Worten, daß das Jahresmittel keiner wesentlichen Isobaren-Korrektion bedarf. Bei der nahezu 90 km betragenden Entfernung der Station Kwei von der Küste war dies nicht ohne weiteres vorauszusetzen. Für einzelne Monate werden wir später auch in der Tat kleine Gradienten finden, die aber auf das Resultat keinen wesentlichen Einfluß ausüben (s. Kap. 25).

Es ist nunmehr zu untersuchen, ob das Jahresmittel der barometrischen Höhe trotz des Fehlens einer Isobaren-Korrektion die wahre Höhe angibt, wie das in Europa bekanntlich mit sehr weitgehender Annäherung tatsächlich der Fall ist<sup>1)</sup>. Der Unterschied zwischen barometrischer und beobachteter Temperatur entsteht durch die nicht gleichmäßige Abnahme der Temperatur mit der Höhe, durch Luftbewegungen in vertikaler Richtung sowie dadurch, daß die Thermometer an jeder der beiden Stationen sich in den dem Erdboden benachbarten Luftschichten befinden, deren Temperatur stark durch diejenige des Bodens und die Bodenstrahlung beeinflusst wird, während die barometrische Temperatur sich mehr derjenigen der freien Atmosphäre nähert. Daher ist in der gemäßigten Zone im Sommer, wenn der Boden stark erwärmt ist, und daher in den unteren Luftschichten eine schnellere Abnahme der Temperatur mit der Höhe statt hat, als in den oberen, die beobachtete Temperatur höher als die barometrische, im Winter dagegen infolge der stärkeren Abkühlung des Bodens und der häufigen Temperaturumkehrungen niedriger. Im Jahresmittel heben sich diese Einflüsse auf mit dem Erfolg, daß beobachtete und barometrische Temperatur gleich werden. In den Tropen dagegen fehlt die Ausgleichung durch den Winter mit seiner Schnee- und Eisdecke und starken Bodenabkühlung, sodaß hier auch im Jahresmittel die beobachtete Temperatur höher sein muß, als die barometrische. In der Tat geht auch aus den Messungen der Bodentemperatur durch Herrn Dr. Maurer in Daressalam (D. ü. m. B. XI) hervor, daß im Jahresmittel die Temperatur von Sandboden 2° bis 3°, von Humusboden 1° über derjenigen der Luft liegt. Dieser, das ganze Jahr hindurch vorhandene Überschuß wirkt natürlich stärker auf die dem Boden benachbarten Schichten ein, als auf

1) Ein Beispiel siehe bei Liznar: Die barometrische Höhenmessung. Leipzig u. Wien 1904. S. 21 u. 22.

die höheren, und somit ist auch das Jahresmittel der beobachteten Temperaturen zu hoch, und die damit berechneten Höhen fallen zu groß aus.

#### 15. Die barometrische Höhe von Ssangerawe.

Eine direkte Bestätigung der im vorhergehenden Kapitel entwickelten Ansicht ist mir durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Landmessers Böhler ermöglicht worden, der mir die Beobachtungsdaten zur Verfügung gestellt hat, die von ihm zur Festlegung eines Höhen-Nullpunkts für die Vermessung von Ost-Usambara in den Jahren 1898 und 99 gesammelt worden sind. Herr Böhler hatte erstens zu diesem Zweck eine große Anzahl barometrischer Höhenbestimmungen des Hauptlagers Ssangerawe mit einem Quecksilber-Barometer gemacht, dessen Standfehler durch Vergleiche mit geprüften Siedethermometern sicher ermittelt war, und zweitens die Höhe des Mlinga-Gipfels über dem Meere durch direkte trigonometrische Messung ermittelt. Da Ssangerawe und Mlinga auch Punkte des sehr genauen Netzes trigonometrischer Höhen sind, mit dem Herr Böhler Ost-Usambara überspannen hat, so ist ein Vergleich zwischen barometrischen und trigonometrischen Höhen möglich.

Da der Dunstdruck in Ssangerawe ( $e_s$ ) nicht gemessen ist, so wurde er nach der Hannschen Formel (s. S. 49)

$$e_s = e_x \cdot 10^{\frac{h_x - h_s}{c}} = 1.18 e_x$$

aus den Monatsmitteln des Dunstdrucks in Kwei ( $e_x$ ) berechnet, wobei die Höhe von Ssangerawe vorläufig zu 1150 m angenommen wurde.

In bekannter Weise wurden nun aus den Beobachtungen in Ssangerawe und den gleichzeitigen Werten der meteorologischen Elemente in Daressalam die Höhenunterschiede berechnet, die ebenfalls eine tägliche und jährliche Periode aufwiesen. Da die Beobachtungen jedoch nicht zahlreich genug und nicht hinreichend gleichmäßig verteilt waren, um die Perioden daraus ableiten zu können, so wurden die für die Höhe von Kwei geltenden Abweichungen vom Mittel, multipliziert mit einem Reduktionsfaktor, auch für die Höhe von Ssangerawe als gültig angenommen. Dieser Faktor wurde für die tägliche Periode aus sämtlichen Beobachtungen zu 0.6 ermittelt und damit die Beobachtungen auf die einzelnen Monatsmittel reduziert<sup>1)</sup>. Beispielsweise wurde im Monat September folgendes gefunden.

1) Das Verhältnis der Höhen ist 0.7; doch schien es mir richtiger, statt dessen den aus den Beobachtungen abgeleiteten Faktor 0.6 beizubehalten, um keine andere Voraussetzung, als die der Proportionalität der Perioden zu machen.

1	2	3	4	5
1899 September 1 bis 24 Tageszeit	Berechnete Höhe	Reduktion der Höhe von Kwei auf das Monatsmittel nach Tabelle 5	$0.6 \times$ Reduktion	Monatsmittel der Höhe von Ssangerawe
7 a	1139 m	+ 8 m	+ 5 m	1144 m
2 p	1153	- 16	- 10	43
5 p	1148	- 9	- 5	43

Dieses Beispiel, das über die Hälfte aller Beobachtungen enthält, beweist durch die schöne Übereinstimmung der Resultate die Berechtigung des Verfahrens. Die auf Daressalam bezogenen Monatsmittel wurden durch Anbringung der Korrekturen aus Tabelle 7 auf Tanga als Basisstation reduziert, wodurch die Werte entstanden, die in der folgenden Zusammenstellung unter „berechnete Höhe“ in Spalte 2 stehen.

1	2	3	4	5	6	7
Jahr und Monat	berechnete Höhe	Reduktion der Höhe von Kwei auf das Jahresmittel nach Formel (A)	$0.6 \times$ Reduktion	Auf d. Jahres- mittel reduz. Höhe von Ssangerawe	Anzahl der Beobach- tungen	Gewicht
1899 Januar u. Februar	1154 m	- 9 m	- 5 m	1149 m	2	1
98 März u. April	53	- 4	- 2	51	24	3
98 Mai u. Juni	48	+ 6	+ 4	52	2	1
99 August u. September	47	+ 6	+ 4	51	78	6
98 September	46	+ 5	+ 3	49	1	1
98 Dezember	66	- 8	- 5	61	4	1

Aus denselben Gründen wie bei der täglichen Periode mußten auch hier die Abweichungen der einzelnen Monate vom Jahresmittel den entsprechenden der Höhe von Kwei, d. h. dem periodischen Teile der Formel (A) (s. S. 58) proportional angenommen werden. Als Reduktionsfaktor wurde derjenige der täglichen Periode beibehalten, da er sicherer erschien, als der aus den Monatsmitteln selbst abzuleitende. Die Übereinstimmung der auf das Jahresmittel reduzierten Höhen ist denn auch eine vollkommen befriedigende, zumal wenn man die geringe Anzahl der Beobachtungen in einzelnen Monaten in Betracht zieht. Das Mittel mit Berücksichtigung der in Spalte 7 stehenden Gewichte ergibt:

Jahresmittel der barometrischen Höhe von Ssangerawe = 1151 m.

Zur Kontrolle habe ich auch noch in derselben Weise den barometrischen Höhenunterschied Kwei—Ssangerawe bestimmt. Der Reduktionsfaktor der täglichen Periode betrug dabei 0.5 und die Fehlerquadrat-Summe ging durch Berücksichtigung dieser Periode von 6000 auf 3000 zurück, woraus die Notwendigkeit

dieser Reduktion klar hervorgeht. Der mittlere Fehler eines einzelnen Höhenunterschiedes ergibt sich zu  $\pm 10$  m. Die Monatsmittel haben folgende Werte.

1 Jahr und Monat	2 Monatsmittel	3 Anzahl der Beobachtungen
1899 Januar und Februar	508 m	2
98 März und April	498	24
98 Mai und Juni	497	2
99 August und September	508	78
98 September	517	1
98 Dezember	494	4

Diese Monatsmittel zeigen nicht die durch Formel (A) oder (B) dargestellte Periode, was eigentlich zu erwarten war, da in den Monatsmitteln des Höhenunterschiedes Ssangerawe—Tanga diese Periode mit verminderter Amplitude deutlich hervortrat. Dagegen haben sie einen ähnlichen Verlauf, wie die beobachteten Abweichungen der entsprechenden einzelnen Monatsmittel der Höhe von Kwei von ihrem Mittelwert. Beim Vergleich mit Tabelle 9 (S. 59) beachte man besonders die durch zahlreichere Beobachtungen ausgezeichneten Monate März und April, sowie August und September. Dies deutet darauf hin, daß die Abweichungen hauptsächlich lokalen, nur in Kwei wirksamen Ursachen ihre Entstehung verdanken, wie z. B. fehlerhafter Annahme der Barographen-Korrekturen, auf deren Möglichkeit schon oben S. 60 hingewiesen wurde. In der Tat, wären normale atmosphärische Zustände die Ursache dieser Abweichungen, so müßten auch die Höhenunterschiede Ssangerawe—Tanga davon beeinflußt sein, da Ssangerawe zwischen der Küste und Kwei und nicht weit von diesem Orte entfernt liegt; dies ist aber nicht der Fall, wie schon hervorgehoben wurde.

Aus dieser Tatsache ergibt sich zunächst, daß die Barographen-Beobachtungen und daher auch die Höhen von Kwei in den Jahren 1897 und 98 fehlerhaft oder wenigstens zweifelhaft sind, sodaß die Formel (B), deren Jahresmittel = 1658 m nur auf den Beobachtungen von 1899 beruht, zur Berechnung der barometrischen Höhen von Kwei vorzuziehen ist. Sodann folgt daraus, daß der Höhenunterschied Kwei—Ssangerawe nur unsicher zu bestimmen ist. Ich habe die Fehler ihrer Natur gemäß dadurch zu beseitigen versucht, daß ich zu den obigen Monatsmitteln des Höhenunterschiedes Kwei—Ssangerawe die Differenzen

„Formel (B) — beobachtetes Mittel der Höhe von Kwei“<sup>1)</sup> der entsprechenden Monate hinzugefügt habe, wodurch die in der Spalte 2 des folgenden Täfelchens stehenden berechneten Höhen erlangt wurden. Die Reduk-

1) Diese Unterschiede sind gleich denen der Tabelle 9 (S. 59) mit entgegengesetztem Vorzeichen + 4 m.

Tabelle 13. Barometrische Höhenunterschiede Kwei—Tabora 1899.  
Meter.

Tages- stunde	Ja- nuar	Fe- bruar	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Juni, Juli, Okt., Nov.	
												Mittel	Abweich.vom Monats-Mittel = $\Delta h_x$
1 a						401	403			393	410	402	+ 4
2						02	06			397	11	04	+ 2
3						05	08			400	13	06	0
4						08	09			03	14	08	- 2
5						09	09			05	14	09	- 3
6						09	10			06	14	10	- 4
7	426	435	439	426	419	412	412	411	410	409	417	412	- 6
8						13	12			10	20	14	- 8
9						12	13			12	20	14	- 8
10						12	14			11	19	14	- 8
11						11	13			09	18	13	- 7
Mittag						10	11			07	17	11	- 5
1 p						09	09			00	14	08	- 2
2	407	422	432	413	404	408	409	402	398	402	412	408	- 2
3						06	08			399	10	06	0
4						05	06			98	09	04	+ 2
5						05	05			97	06	03	+ 3
6						02	03			95	06	02	+ 4
7						00	03			95	06	01	+ 5
8						400	02			93	03	00	+ 6
9	416	428	426	413	403	399	401	397	394	393	405	400	+ 6
10						399	02			93	06	00	+ 6
11						401	01			91	06	00	+ 6
M.-Nacht						00	02			93	07	01	+ 5
Monats- Mittel	417	428	432	419	409	406	407	403	400	400	412	406	

haft sein können<sup>1)</sup>. Die zufälligen Fehler sind im Durchschnitt sehr viel kleiner, als diese systematischen Fehler, wie wir oben S. 59 gesehen haben, wo die größte zufällige Abweichung eines Monatsmittels zu 13 m und der durchschnittliche Fehler zu  $\pm 5.7$  m abgeleitet wurde. Aus diesem Grunde werden wir uns auch bei Bestimmung der Höhe des Tanganjika zunächst ein Bild über den Verlauf der täglichen und jährlichen Periode machen müssen. Da aber die Beobachtungen von Udjidji sich über einen Zeitraum von nur 8 Monaten erstrecken, so erschien es zweckmäßig, die Station Tabora, die ähnliche klimatische Verhältnisse aufweist, und von der Beobachtungen aus 11 Monaten des Jahres vorhanden sind, mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Die freie Plateaulage Taboras bietet außerdem den Vorteil, daß es ein typisches Beispiel für das Verhalten der barometrischen Höhen auf den Hochflächen des inneren Ostafrikas liefert.

Das Material zur Herleitung der täglichen Perioden ist freilich sehr dürftig,

1) Nach Tabelle 5 ist der größte Unterschied = 44 m. Es kommen aber noch die Verbesserungen nach Tabelle 7 und Formel (B) hinzu.

II S. 577) berechnet. Bezeichnet  $\tau_u$  die Änderung der Temperatur bei 1 m Höhenzunahme in Tanga,  $\tau_o$  diejenige auf dem Mlinga, so ist

$$\begin{aligned} \text{in Tanga } \kappa_u &= 0.2013 + 5.96 \cdot \tau_u \\ \text{auf dem Mlinga } \kappa_o &= 0.1847 + 5.45 \cdot \tau_o. \end{aligned}$$

Daraus findet man unter Annahme gleichmäßiger Temperaturabnahme und eines mittleren Refraktions-Koeffizienten die Höhe des Instruments über dem Feuer zu 1042.4 m.

Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daß die Temperatur gleichförmig abgenommen hat, vielmehr ist die Abnahme unten vermutlich langsamer gewesen, oder hat sich in eine Zunahme umgekehrt, ist dann stärker geworden, um in der Nähe des Mlinga-Gipfels wieder geringer zu werden. Dementsprechend habe ich eine plausible Kurve<sup>1)</sup> mit der Höhe als Abscisse und der zugehörigen Temperaturänderung  $\tau$  als Ordinate angenommen, von der die in der zweiten Spalte von Tabelle 10 aufgeführten Werte von  $\tau$  abgelesen wurden. Um den Einfluß ver-

Tabelle 10. Hypothesen über die Temperaturänderung  $\tau$ , die einer Höhenzunahme von 1 m entspricht.

1 Höhe	2 Mittlerer Verlauf von $\tau$	3 Extremer Verlauf von $\tau$		4
		starke Umkehr in der Nähe des Erdbodens	starke Abnahme in der Nähe des Erdbodens	
	0	0	0	
0 m	+ 0.0100	+ 0.020	- 0.015	
50	+ 0.0029	+ 0.013	- 0.010	
150	- 0.0020	+ 0.004	- 0.006	
250	- 0.0040	- 0.002	- 0.004	
350	- 0.0055	- 0.0055	- 0.003	
450	- 0.0062	- 0.008	- 0.003	
550	- 0.0068	- 0.0095	- 0.003	
650	- 0.0068	- 0.010	- 0.003	
750	- 0.0068	- 0.010	- 0.003	
850	- 0.0067	- 0.010	- 0.003	
950	- 0.0055	- 0.0085	- 0.004	
1020	- 0.0034	- 0.004	- 0.008	
1045	- 0.0005			

schiedener Annahmen über die Temperaturverteilung zahlenmäßig festzustellen,

1) Die blätterige Struktur der Atmosphäre, die durch die neueren Ballon- und Drachen-Aufstiege nachgewiesen ist, war mir zur Zeit, als diese Berechnungen ausgeführt wurden, noch nicht bekannt.

wurden noch zwei extreme Annahmen über die Kurve der  $\tau$  gemacht, einmal eine sehr bedeutende Umkehr in der Nähe des Bodens und dann eine stärkere Abnahme in den dem Boden benachbarten Schichten; die aus diesen Kurven sich ergebenden Werte sind in den beiden letzten Spalten von Tabelle 10 aufgeführt. Mit Hilfe der  $\tau$  ließ sich zu jeder Höhe die zugehörige Lufttemperatur und der Luftdruck berechnen, aus denen wieder der differenzielle Refraktions-Koeffizient  $\kappa$  für jede Höhe nach der schon zitierten Helmerischen Formel hergeleitet wurde. Den Höhenunterschied selbst fand ich daraus mittels mechanischer Quadratur der beiden Formeln (siehe Helmert l. c. II S. 554 und 555)

$$dz = -(1 - \kappa) \cdot d\gamma \quad dh = \rho \cdot \text{arc } 1'' \cdot \left(1 + \frac{h}{\rho}\right) \cdot \text{ctg } z \cdot d\gamma,$$

wenn  $\rho$  den Krümmungshalbmesser bezeichnet. Da  $d\gamma$  für die verschiedenen Höhen nicht konstant ist, so mußte durch Umkehrung der zweiten Formel zunächst eine Annäherung der einzelnen Werte von  $d\gamma$  berechnet werden, die dann noch in gleichmäßiger Weise soweit abgeändert wurden, daß ihre Summe gleich dem Gesamt-Zentriwinkel  $\gamma = 1530''.8$  wurde. Die kleinen Fehler in der Annahme von  $d\gamma$ , die dann noch übrig sind, haben keinen Einfluß auf das Resultat, da sie nur bewirken, daß die Kurve der  $\tau$  ein klein wenig verzerrt wird, und kleine Änderungen dieser nur auf Hypothese beruhenden Werte gleichgültig sind. Mir scheint dieses Verfahren, den Lichtstrahl gewissermaßen Schrittmacher für Schrittmacher zu verfolgen, wenn es sich um die Gewinnung bestimmter zahlenmäßiger Resultate handelt, zuverlässiger als die Annahme eines mehr oder weniger einfachen mathematischen Gesetzes über die Gestalt der Lichtbahn. Die mechanische Integration führte zu den in Tabelle 11 mitgeteilten Ergebnissen.

Tabelle 11. Zenitdistanzen und Höhenunterschiede für die verschiedenen  $\tau$ .

1	2	3	4
	Mittlerer Verlauf von $\tau$	Extremer Verlauf von $\tau$ starke Umkehr in der Nähe des Erdbodens	starke Abnahme in der Nähe des Erdbodens
Zenit- distanz	Gemessener Ausgangswert auf dem Mlinga	91° 26' 19''	91° 26' 19''
	in 500 m Höhe	91 15 51	91 16 2
	Endwert am Feuer Ulenge	91 5 5	91 5 3
Höhenunterschied	1040.7 m	1038.8 m	1042.4 m

Einige der Zenitdistanzen sind in Tabelle 11 mit aufgeführt worden, um zu zeigen, wie der Lichtstrahl, der bei allen drei Hypothesen oben und unten die gleiche Richtung hat, doch in der Mitte sehr verschieden gekrümmt ist<sup>1)</sup>.

1) Dadurch gewinnt diese Berechnung ein allgemeines Interesse, denn sie zeigt, daß durch die

Als wahrscheinlichsten Wert müssen wir nach dem vorstehenden 1041 m annehmen, womit die Höhe des Mlinga über dem Meere = 1071 m und die von Ssangerawe = 1134 m wird. Die sämtlichen Höhenzahlen auf der Böhlerschen Karte von Ost-Usambara<sup>1)</sup> sind demnach um 8 m zu verkleinern.

Da die beiden Stationen Mlinga und Ulenge ganz frei liegen, die eine auf einem isolierten Bergkegel, die andere auf einem vorspringenden Kap einer der flachen Küste vorgelagerten Insel, und somit der im Monat Juli stark wehende vom freien Ozean herkommende Südostpassat freien Zutritt hat, so dürften größere Ungleichheiten der Temperaturabnahme, als die in den Extremfällen angenommenen, wohl kaum vorhanden gewesen sein. Man wird daher den Fehler der Höhe infolge unregelmäßiger Refraktion mit  $\pm 2$  m nicht zu klein ansetzen, den Fehler der Zenitdistanz-Messung schätzt Herr Böhler auf  $\pm 10''$ , was in Höhe  $\pm 2.3$  m ausmacht. Die Unsicherheit der Höhendifferenz Ssangerawe-Mlinga wird von Böhler auf der Karte von Ost-Usambara<sup>1)</sup> zu  $\pm 0.5$  m angegeben. Alles dies zusammen gibt für die trigonometrische Höhe von Ssangerawe einen Fehler von  $\pm 5$  m, in naher Übereinstimmung mit dem von Herrn Böhler a. a. O. angegebenen Wert. Wir finden daher:

Höhe von Ssangerawe	
trigonometrisch	1134 m $\pm$ 5 m
barometrisch im Jahresmittel	1151 m.

Der Unterschied beider Werte von 17 m ist so groß, daß er als reell betrachtet werden muß, um so mehr, als die trigonometrische Höhe eher zu groß, als zu klein ist, denn wenn die beiden gemachten extremen Annahmen, die wirkliche Verteilung der Temperaturänderung nicht einschließen sollten, so kann es nur in dem Sinne sein, daß die infolge der stärkeren nächtlichen Ausstrahlung des Bodens auftretende Umkehrschicht nicht mächtig genug angenommen worden ist, wodurch aber die berechnete Höhe zu groß ausgefallen sein muß.

Die oben auf S. 62 ausgesprochene Ansicht, daß in Ost-Afrika im Gegensatz zu der gemäßigten Zone selbst die Jahresmittel der barometrischen Höhen ein fehlerhaftes und zwar ein zu großes Resultat liefern, bestätigt sich also in vollkommener Weise. Damit ist auch nachgewiesen, daß selbst das Jahresmittel der beobachteten Temperaturen zu groß ist, und daß es einer Korrektur bedarf, wenn es zur barometrischen Höhenbestimmung verwandt werden soll. Dieses Ergebnis ist nun zur Bestimmung der Höhe von Kwei zu benutzen.

#### 17. Die wahrscheinlichste Höhe von Kwei.

Nennen wir die Temperatur, die die richtige Höhe ergeben würde, barometrische Temperatur des Jahresmittels und bezeichnen sie mit  $\theta^m$ , so ist  $(\theta - t)^m$  die an das Jahresmittel der beobachteten Höhen  $t^m$  anzubringende Korrektur.

gleichzeitige Messung des Höhenwinkels in Ulenge keine größere Sicherheit gewonnen worden wäre, während die allgemeine Annahme dahin geht, daß gleichzeitige beiderseitige Messungen ein zuverlässigeres Resultat ergeben, als eine einseitige Messung.

1) Mitteilungen a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XIV, Karte Nr. 1, 1901.

Die in Fig. 4 (S. 61) eingezeichnete Kurve der barometrischen Temperaturen  $\theta$  ist also noch parallel zu sich selbst um den Betrag  $(\theta - t)^m$  zu verschieben, wenn man die endgültigen barometrischen Temperaturen haben will. An eine einzelne beobachtete Temperatur  $t$  würden also drei Korrekturen anzubringen sein, wenn man die den richtigen Wert der Höhe ergebende barometrische Temperatur  $\theta$  haben will, nämlich die Korrektur der täglichen Periode  $(\theta - t)^d$  (Fig. 3), die der jährlichen Periode  $(\theta - t)^j$  (Fig. 4) und die des Jahresmittels  $(\theta - t)^m$ , sodaß

$$\theta = t + (\theta - t)^d + (\theta - t)^j + (\theta - t)^m$$

ist. Die Gesamtkorrektur  $(\theta - t)$  besteht also aus zwei periodischen und einem konstanten Teile.

In den barometrischen Höhen 1151 m für Ssangerawe, 1658 m für Kwei und 508 m für den Unterschied Kwei—Ssangerawe sind die periodischen Teile der Korrektur schon berücksichtigt, sodaß zur Eliminierung des konstanten Teiles die trigonometrisch bestimmte Höhe von Ssangerawe eine Handhabe bietet.

Wir setzen dazu die absolute barometrische Temperatur der absoluten beobachteten Temperatur proportional, sodaß

$$273^0 + \theta^m = d \cdot (273^0 + t^m)$$

ist, woraus

$$(\theta - t)^m = (d - 1) \cdot (273^0 + t^m)$$

hervorgeht oder, wenn  $d - 1 = f$  gesetzt wird,

$$(\theta - t)^m = f \cdot (273^0 + t^m).$$

Der Faktor  $f$  wird im allgemeinen für verschiedene Stationen verschieden sein. Da aber die Lage von Kwei und Ssangerawe auf den hochplateauartigen Gebirgen von West- und Ost-Usambara einander ähnlich ist, und da die drei oben angeführten barometrischen Höhenunterschiede, in sich nur um den Betrag von 1 m differieren, so wird man der Wahrheit wohl recht nahe kommen, wenn man  $f$  für diese Höhenunterschiede als gleich ansieht. Später werden wir für andere Stationen mit anderen klimatologischen Bedingungen wesentlich abweichende Werte von  $f$  finden (s. Kap. 27).

Nennen wir die wahre Höhe  $H$ , so wird also

$$(C) \quad H = h + T \cdot f \cdot (273^0 + t^m),$$

wo  $T$  die Differenzialquotienten der Tabelle 3 (S. 51) bedeutet. Für das Mittel  $\frac{1}{2}$  (Tanga + Ssangerawe) ist  $t^m = 22.3^0$ , und nach der trigonometrischen Bestimmung  $H = 1134$  m, daher haben wir

$$1134 = 1151 + 3.8 \cdot f \cdot (273^0 + 22.3^0),$$

woraus

$$f = -0.01515$$

folgt. Für die andern beiden Höhenunterschiede finden wir mit diesem  $f$  folgendes:

	$h$	$T$	$t^m$	$H$
Kwei—Tanga	1658 m	5.6	21.5	1633 m
Kwei—Ssangerawe	508	1.7	17.7	501

Die Höhe von Kwei wird also bei direkter Rechnung gleich 1633 m und über Ssangerawe = 1635 m. Als wahrscheinlichstes Resultat nehmen wir bis auf weiteres das Mittel an, also

Höhe von Kwei über dem Meeresspiegel = 1634 m.

### 18. Die barometrischen Höhen von Tabora und Udjidji.

Ein Vergleich der soeben abgeleiteten wahrscheinlichsten Höhe von Kwei mit den Zahlen der Tabelle 5 (S. 55) zeigt, daß selbst die aus dreijährigen Monatsmitteln der meteorologischen Elemente an der oberen und unteren Station, also aus je 90 Beobachtungen berechneten barometrischen Höhen zu Zeiten bis zu 52 m fehler-

Tabelle 12. Barometrische Höhenunterschiede Tabora—Daressalam 1899.

Meter.

Tages- stunde	Ja- nuar	Fe- bruar	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Juni, Juli, Okt., Nov.	
												Mittel	Abweich. vom Monats-Mittel = $\Delta h_p$
1a						1246	1248			1264	1247	1251	+ 15
2						44	45			59	46	48	+ 17
3						38	41			55	45	45	+ 20
4						35	38			53	42	42	+ 23
5						33	36			49	40	40	+ 25
6						32	36			48	40	39	+ 26
7	1225	1213	1222	1224	1227	1237	1237	1241	1248	1254	1245	1243	+ 22
8						47	48			66	55	54	+ 11
9						56	55			76	61	62	+ 3
10						67	64			84	68	71	- 6
11						74	71			90	73	77	- 12
Mittag						80	77			94	76	82	- 17
1p						85	82			98	80	86	- 21
2	1269	1254	1261	1271	1276	1286	1286	1291	1305	1299	1282	1288	- 23
3						84	85			98	84	88	- 23
4						82	84			98	82	86	- 21
5						78	80			96	81	84	- 19
6						73	76			93	77	80	- 15
7						68	70			86	72	74	- 9
8						65	68			82	70	71	- 6
9	1237	1221	1238	1247	1253	1262	1264	1264	1280	1277	1265	1267	- 2
10						58	60			74	60	63	+ 2
11						54	55			71	56	59	+ 6
M.-Nacht						50	53			66	52	55	+ 10
Monats- Mittel	1244	1229	1240	1247	1252	1260	1261	1265	1278	1276	1262	1265	

Tabelle 13. Barometrische Höhenunterschiede Kwei—Tabora 1899.  
Meter.

Tages- stunde	Ja- nuar	Fe- bruar	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Juni, Juli, Okt., Nov.	
												Mittel	Abweich.vom Monats-Mittel = $\Delta h_x$
1 a						401	403			393	410	402	+ 4
2						02	06			397	11	04	+ 2
3						05	08			400	13	06	0
4						08	09			03	14	08	- 2
5						09	09			05	14	09	- 3
6						09	10			06	14	10	- 4
7	426	435	439	426	419	412	412	411	410	409	417	412	- 6
8						13	12			10	20	14	- 8
9						12	13			12	20	14	- 8
10						12	14			11	19	14	- 8
11						11	13			09	18	13	- 7
Mittag						10	11			07	17	11	- 5
1 p						09	09			00	14	08	- 2
2	407	422	432	413	404	408	409	402	398	402	412	408	- 2
3						06	08			399	10	06	0
4						05	06			98	09	04	+ 2
5						05	05			97	06	03	+ 3
6						02	03			95	06	02	+ 4
7						00	03			95	06	01	+ 5
8						400	02			93	03	00	+ 6
9	416	428	426	413	403	399	401	397	394	393	405	400	+ 6
10						399	02			93	06	00	+ 6
11						401	01			91	06	00	+ 6
M.-Nacht						00	02			93	07	01	+ 5
Monats- Mittel	417	428	432	419	409	406	407	403	400	400	412	406	

haft sein können<sup>1)</sup>. Die zufälligen Fehler sind im Durchschnitt sehr viel kleiner, als diese systematischen Fehler, wie wir oben S. 59 gesehen haben, wo die größte zufällige Abweichung eines Monatsmittels zu 13 m und der durchschnittliche Fehler zu  $\pm 5.7$  m abgeleitet wurde. Aus diesem Grunde werden wir uns auch bei Bestimmung der Höhe des Tanganjika zunächst ein Bild über den Verlauf der täglichen und jährlichen Periode machen müssen. Da aber die Beobachtungen von Udjidji sich über einen Zeitraum von nur 8 Monaten erstrecken, so erschien es zweckmäßig, die Station Tabora, die ähnliche klimatische Verhältnisse aufweist, und von der Beobachtungen aus 11 Monaten des Jahres vorhanden sind, mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Die freie Plateaulage Taboras bietet außerdem den Vorteil, daß es ein typisches Beispiel für das Verhalten der barometrischen Höhen auf den Hochflächen des inneren Ostafrikas liefert.

Das Material zur Herleitung der täglichen Perioden ist freilich sehr dürftig,

<sup>1)</sup> Nach Tabelle 5 ist der größte Unterschied = 44 m. Es kommen aber noch die Verbesserungen nach Tabelle 7 und Formel (B) hinzu.

Tabelle 14.  
Barometrische Höhenunterschiede Udjidji (Seespiegel)—Daressalam 1897 und 99.  
Meter.

Tagesstunde	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mai 1899	Juni Abweichung vom Monats-Mittel = $\Delta h_p$
1 a		799								+ 2
2		798								+ 3
3		796								+ 5
4		794								+ 7
5		790								+ 11
6		787								+ 14
7	780	788	790	793	794	785	780	777	824	+ 13
8		792								+ 9
9		797								+ 4
10		803								- 2
11		807								- 6
Mittag		810								- 9
1 p		814								- 13
2	810	815	821	828	820	817	789	785	847	- 14
3		816								- 15
4		814								- 13
5		813								- 12
6		806								- 5
7		802								- 1
8		797								+ 4
9		796								+ 5
10	792	796	805	813	814	807	783	771	838	+ 5
11		798								+ 3
M.-Nacht		798								+ 3
Monats- Mittel	794	801	805	811	809	803	784	778	836	

da nur in Tabora von Mai bis November 1899 ein Barograph tätig gewesen ist, und aus Udjidji nur aus dem Juni und der ersten halben Dekade des Juli 1897 von Herrn Hauptmann Ramsay beobachtete und vielfach unvollständige tägliche Barometergänge vorliegen (D. ü. m. B. XI), und da Thermographen-Beobachtungen überhaupt nicht vorhanden sind.

Um aus den Barometergängen von Udjidji die tägliche Periode möglichst rein zu erhalten, wurden sie mittels der harmonischen Formel ausgeglichen, die sich den Beobachtungen so gut anschließt, daß die mittlere Abweichung einer Beobachtung nur  $\frac{1}{2}$  mm beträgt.

Infolge des Mangels von Ablesungen registrierender Thermometer an den beiden Stationen ist man zur Ableitung des täglichen Temperaturganges auf die wenigen diesbezüglichen Beobachtungen angewiesen, die teils in D. ü. m. B. XI publiziert sind, teils von Herrn Dr. Maurer handschriftlich mitgeteilt wurden. Die Temperaturkurve wurde daraus interpoliert unter strenger Berücksichtigung

Tabelle 15.

Barometrische Höhenunterschiede Kwei—Udjidji (Seespiegel) 1897 und 99.  
Meter.

Tagesstunde	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mai 1899	Juni Abweichung vom Monats-Mittel = $\Delta h_x$
1 a		848								+ 15
2		847								+ 16
3		850								+ 13
4		851								+ 12
5		854								+ 9
6		858								+ 5
7	873	867	854	850	856	865	864	871	835	— 4
8		872								— 9
9		875								— 12
10		878								— 15
11		879								— 16
Mittag		877								— 14
1 p		874								— 11
2	874	871	858	848	854	853	872	878	829	— 8
3		871								— 8
4		870								— 7
5		867								— 4
6		865								— 2
7		864								— 1
8		861								+ 2
9	866	858	845	834	834	833	857	868	819	+ 5
10		856								+ 7
11		852								+ 11
M.-Nacht		849								+ 14
Monats- Mittel	871	863	852	844	848	853	864	873	828	

der durch die Terminbeobachtungen für jeden Monat gegebenen Fixpunkte um 7 a, 2 p, 9 p und des Minimums. Die mittlere Abweichung einer Beobachtung von diesen Kurven ist  $\frac{1}{2}^{\circ}$ , sodaß die letzteren ein nicht allzu unrichtiges Bild von dem wirklichen Temperaturgang geben dürften.

Da das Material doch unvollständig ist, so kann es sich nur darum handeln, einige Beispiele für den vollständigen Verlauf der täglichen Periode der barometrischen Höhen zu geben. Daher habe ich die tägliche Periode der Höhe von Stunde zu Stunde in Udjidji nur für den Juni, in Tabora nur für die 4 Monate Juni, Juli, Oktober und November berechnet. Für die übrigen Monate haben die 3 Terminbeobachtungen einen Anhalt zur Darstellung gegeben. Als Basisstationen dienten Daressalam und Kwei. Die gefundenen Höhenunterschiede sind in den Tabellen 12—15 (S. 71—74) zusammengestellt und auf den Figuren 5—8 (s. Taf. III—VI) zur graphischen Darstellung gebracht.

Von Interesse scheint mir die Konstatierung ganz bedeutender täglicher und jährlicher Perioden, die sich aus diesen Zusammenstellungen ergeben, und die dahin wirken, daß z. B. der barometrische Höhenunterschied Tabora—Daressalam im Minimum (Februar 6*a*) etwa 1208 m, im Maximum (September 2*p*) 1305 m, also beinahe 100 m mehr beträgt, wobei zufällige Fehler schon fast ganz ausgeschlossen sind.

#### 19. Die Erklärung der täglichen Perioden der barometrischen Höhen von Tabora und Udjidji.

Bei Betrachtung der Tabellen und Figuren des vorigen Kapitels fällt es sofort in die Augen, daß die Perioden der Höhenunterschiede zwischen Kwei und den Innenstationen nicht den Verlauf zeigen, den wir nach dem Charakter der täglichen Periode in Europa und in der Höhe von Kwei erwarten sollten, und der auch in den Höhenunterschieden derselben Stationen gegen Daressalam zum Ausdruck kommt. Die bisher gegebene Erklärung der täglichen Periode genügt also nicht, was noch deutlicher wird, wenn man in derselben Weise, wie oben S. 60 bei Kwei geschehen ist, rückwärts die Temperaturen berechnet, die anstelle der beobachteten Temperaturen  $t$  in die Barometerformel eingesetzt werden müssen, wenn die tägliche Periode verschwinden soll. Der Verlauf dieser in den Figuren 9—12 (s. Taf. VII) in roten gestrichelten Linien dargestellten berechneten Temperaturen  $\tau$  zeigt aufs deutlichste, daß sie gegenüber den durch schwarze ausgezogene Linien bezeichneten beobachteten Temperaturen  $t$  keine Annäherung an die Temperaturen der freien Atmosphäre darstellen, daß sie also nicht, wie es bei Kwei der Fall war, barometrische Temperaturen sind. Dies gilt ebenso wie für die Höhendifferenzen gegen Kwei auch für diejenigen gegen Daressalam, sodaß der vorhin erwähnte normale Verlauf der letzteren nur scheinbar ist. Die Erklärung, daß die Temperatur der unteren Luftschichten durch die Bodenstrahlung beeinflusst ist und dadurch die tägliche Periode erzeugt, reicht also im Falle der Höhen von Tabora und Udjidji nicht aus.

Infolge der weiten Entfernung der Innenstationen von der Küste und dem von Maurer hervorgehobenen großen Unterschied der Amplituden der ganztägigen Luftdruck-Welle in Tabora und an der Küste (D. ü. m. B. X S. 61) liegt es nahe, eine tägliche Periode des zwischen den Innenstationen und der Küste vorhandenen Luftdruck-Gradienten zur Erklärung dieser abnorm erscheinenden täglichen Perioden der barometrischen Höhenunterschiede anzunehmen. Es müssen daher kleine Isobaren-Korrekturen  $(\beta - b)^d$  bestehen, die, an den beobachteten Luftdruck angebracht, in Gemeinschaft mit den Temperatur-Korrekturen  $(\theta - t)^d$  die tägliche Periode verschwinden lassen. Es seien  $b$  und  $t$  der beobachtete Luftdruck und das Mittel der oben und unten beobachteten Temperaturen,  $\beta$  der korrigierte Luftdruck,  $\theta$  die barometrische Temperatur der Luftsäule zwischen den beiden Orten. Die letzteren beiden Größen sind so zu bestimmen, daß die mit ihnen berechnete Höhe zu allen Tagesstunden frei von der Periode, d. h. gleich dem Monatsmittel sein muß.

Der Index  $D$  bedeutet, daß die damit versehenen Größen sich auf den Höhenunterschied zwischen den Innenstationen und Daressalam beziehen, ebenso zeigt  $K$  die Basisstation Kwei an. Der obere Index  $d$  weist darauf hin, daß die Unbekannten sich auf die tägliche Periode beziehen.

Die Abweichungen der einzelnen Höhen vom Mittel =  $\Delta h$  (s. letzte Spalte der Tabellen 12 bis 15) müssen bei diesen Annahmen durch folgende Gleichungen dargestellt werden.

$$(D) \quad \begin{cases} (\text{Mittel} - h)_D = \Delta h_D = T_D \cdot (\theta - t)_D^d + B_{oD} \cdot (\beta - b)^d \\ (\text{Mittel} - h)_K = \Delta h_K = T_K \cdot (\theta - t)_K^d + B_{uK} \cdot (\beta - b)^d \end{cases}$$

Hier bedeuten  $T$ ,  $B_o$  und  $B_u$  die Differenzialquotienten, die in Tabelle 3 (S. 51) gegeben sind.

Die Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)^d$  gelten für das Niveau der Innenstation und sind in beiden Gleichungen dieselben, da von einem Gradienten zwischen den Basisstationen abgesehen werden kann und muß. Um aber die Gradienten der verschiedenen Stationen mit einander vergleichbar zu machen, müssen sie auf ein und dasselbe Niveau bezogen werden, wozu zweckmäßigerweise das Niveau der unteren Basisstation d. h. das Meeresniveau (Index  $Mn$ ) gewählt wird.

Es muß nun sein

$$B_{oD} \cdot (\beta - b)^d = B_{uD} \cdot (\beta - b)_{Mn}^d$$

oder

$$(D^*) \quad (\beta - b)^d = \frac{B_{uD}}{B_{oD}} \cdot (\beta - b)_{Mn}^d$$

Der Quotient  $\frac{B_{uD}}{B_{oD}}$  ist nach Tabelle 3 (S. 51) für Tabora = -0.87, für Udjidji = -0.91, was nachher bei der numerischen Aufstellung der Gleichungen berücksichtigt werden wird.

Die Beziehung zwischen den unbekanntem Temperatur-Korrekturen  $(\theta - t)_D^d$  und  $(\theta - t)_K^d$  ist dagegen nicht bekannt, und es können nur Annahmen darüber gemacht werden, deren Richtigkeit allein durch das Resultat bestätigt wird. Wenn die aus den Gleichungen hervorgehenden  $\theta$  wirklich barometrische Temperaturen sind, so werden sie auch deren Eigenschaften haben, d. h. ihr Verlauf wird dem Verlauf der  $\theta$  in Fig. 3 (S. 61), die für den Höhenunterschied Kwei—Daressalam gelten, ähnlich sein müssen. Da nun ferner nach Fig. 9 u. 10 (s. Taf. VII) das Mittel der beobachteten Temperaturen von Tabora und Daressalam ( $t_D$ ) und das Mittel der beobachteten Temperaturen von Tabora und Kwei ( $t_K$ ) nahezu denselben Verlauf haben, so müssen auch  $(\theta - t)_D^d$  und  $(\theta - t)_K^d$  nahezu denselben Verlauf haben, wenn die Kurven der  $\theta_D$  und  $\theta_K$  beide derjenigen von  $\theta$  in Fig. 3 (S. 61) ähnlich werden sollen. Es ist daher das naheliegendste

$(\theta - t)_K^d = (\theta - t)_D^d$  zu setzen. Noch mehr Ähnlichkeit in den Kurven der  $\theta_D$  und  $\theta_K$  dürfte aber erzielt werden, wenn man noch der Verschiedenheit der Amplituden der Wellen von  $t_D$  und  $t_K$  Rechnung trägt und die  $(\theta - t)$  diesen Amplituden proportional setzt. Daher habe ich angenommen, daß

$$(D^{**}) \quad (\theta - t)_K^d = \frac{\text{tgl. Ampl. v. } t_K}{\text{tgl. Ampl. v. } t_D} \cdot (\theta - t)_D^d$$

ist. Die Figuren 11 u. 12 (s. Taf. VII) zeigen, daß dieselben Überlegungen auch für Udjidji gelten.

Die täglichen Amplituden der beobachteten Temperaturen sind:

	tgl. Ampl. v. $t_D$	tgl. Ampl. v. $t_K$
für Tabora	9 <sup>o</sup> .2	10 <sup>o</sup> .0
für Udjidji	10.1	8.2.

Daher ist

$$\begin{aligned} \text{für Tabora} \quad (\theta - t)_K^d &= 1.1 (\theta - t)_D^d \\ \text{für Udjidji} \quad (\theta - t)_K^d &= 0.8 (\theta - t)_D^d. \end{aligned}$$

Bei der Kleinheit der Faktoren würde übrigens auch kein wesentlich anderes Resultat herausgekommen sein, wenn man  $(\theta - t)_K^d = (\theta - t)_D^d$  gesetzt haben würde.

Die Gleichungen (D) können nunmehr zahlenmäßig aufgestellt werden. Man findet

$$\begin{aligned} \text{für Tabora:} \quad & \begin{cases} + 4.2 (\theta - t)_D^d + 11.6 (\beta - b)_{Mn}^d = \Delta h_D \\ + 1.5 (\theta - t)_D^d - 11.4 (\beta - b)_{Mn}^d = \Delta h_K \end{cases} \\ \text{für Udjidji:} \quad & \begin{cases} + 2.8 (\theta - t)_D^d + 11.6 (\beta - b)_{Mn}^d = \Delta h_D \\ + 2.2 (\theta - t)_D^d - 11.3 (\beta - b)_{Mn}^d = \Delta h_K. \end{cases} \end{aligned}$$

Diese Gleichungssysteme sind für jede Stunde des Tages nach  $(\theta - t)_D^d$  und  $(\beta - b)_{Mn}^d$  aufgelöst worden. Die erhaltenen Werte zeigen einen kontinuierlichen gesetzmäßigen Verlauf, der sich am besten an ihrer graphischen Darstellung erkennen läßt. In Figur 13 u. 14 (s. Taf. VIII) sind daher die Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_{Mn}^d$  aufgezeichnet, und außerdem zum Vergleich in roter Farbe die Unterschiede der ganztägigen Luftdruck-Welle an den Innenstationen und in Daressalam. Man sieht, daß die  $(\beta - b)_{Mn}^d$  einen ganz gesetzmäßigen Verlauf zeigen und in Tabora (Fig. 13) sich den Unterschieden der ganztägigen Welle nahe anschließen, während in Udjidji (Fig. 14) auch die halbtägige Welle zum Vorschein kommt. Dies letztere rührt vielleicht nur von der Lückenhaftigkeit des Beobachtungsmaterials her, in Folge deren die halbtägige Welle von Udjidji durch die Ausgleichung eine unwahrscheinlich große

Amplitude erhalten hat. Die Amplitude der Luftdruck-Gradienten ist zwar etwas größer, als die des Unterschiedes der Luftdruck-Wellen an der Küste und im Innern, trotzdem scheint mir aber das Vorhandensein eines solchen Gradienten eine ungezwungene Erklärung durch die von Maurer in D. ü. m. B. X nachgewiesene Vertiefung der ganztägigen Welle über den innerafrikanischen Hochflächen mit ihrer stärkeren täglichen Temperaturschwankung zu finden. Daher spricht diese Übereinstimmung für die Realität der gefundenen Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_{M}^d$ , sodaß  $\beta$  tatsächlich als der an der gedachten Meeresoberfläche unterhalb der Innenstationen herrschende Luftdruck angesehen werden kann.

Die aus den Gleichungen hervorgehenden  $(\theta - t)_D^d$  interessieren uns hier nicht und sollen deshalb nicht mitgeteilt werden; ich habe jedoch aus ihnen die barometrischen Temperaturen  $\theta_D$  und  $\theta_K$  selbst berechnet und deren Verlauf in den Figuren 9 bis 12 (s. Taf. VII) durch gestrichelte schwarze Linien dargestellt. Diese Temperaturen zeigen nun tatsächlich die von Rühlmann aufgefundenen und bei Besprechung der Periode der Höhe von Kwei gekennzeichneten charakteristischen Eigenschaften der barometrischen Temperaturen im Vergleich zu den durch die ausgezogenen schwarzen Linien bezeichneten beobachteten Temperaturen  $t$ . Man darf daher die  $\theta$  in der Tat als barometrische Temperaturen der zwischen den Innenstationen und der Meeresoberfläche befindlichen gedachten Luftsäule ansehen. Die oben gemachte Annahme über das Verhältnis der Korrekturen  $(\theta - t)_D^d$  und  $(\theta - t)_K^d$  wird dadurch als berechtigt nachgewiesen.

Der Einfluß der Bodenstrahlung hat sich auf den Innenstationen in doppelter Weise geltend gemacht, einmal indem er die Variationen der in den unteren Luftschichten gemessenen Temperaturen vergrößert hat, ein Einfluß, der nach Rühlmann, und wie wir oben bei Kwei gesehen haben, auch bei dicht beieinander liegenden Stationen berücksichtigt werden muß, und zweitens, indem er durch Vertiefung der täglichen Luftdruck-Welle an den Innenstationen einen Gradienten zwischen der gedachten Meeresoberfläche unter diesen Stationen und der Küste hervorgerufen hat. Durch die Trennung dieser beiden Wirkungen ist es aber gelungen, die anfänglich sich widersprechenden und nicht erklärbaren Perioden der barometrischen Höhenunterschiede zwischen den Innenstationen einerseits und Kwei und Daressalam andererseits auf zwanglose Weise zu erklären und auf dieselbe Ursache, die auch bei nahe aneinander gelegenen Stationen die tägliche Periode der barometrischen Höhe hervorruft, nämlich die stärkere Erwärmung des Bodens und die Bodenstrahlung am Tage und die Temperaturumkehr in der Nacht, zurückzuführen.

Ferner erlauben die 5 Monate, für die die vollständige tägliche Periode berechnet ist, die nochmalige Konstatierung der Tatsache, daß die wahren Monatsmittel der barometrischen Höhen hinreichend genau aus den Terminbeobachtungen nach den beiden schon vielfach erwähnten Formeln I und II berechnet werden können. Die Fehler dieser Formeln sind auch in diesen Fällen verschwindende, wie Tab. 16 zeigt.  $M$  ist, wie früher, das wahre Mittel.

Tabelle 16. Fehler der nach I und II berechneten Monatsmittel der Höhe.

		M-I	M-II			M-I	M-II
1899 Juni	Tabora-Daressalam	-2 m	-2 m	Kwei-Tabora	0 m	+2 m	
Juli	"	-1	-2	"	0	+1	
Oktober	"	-1	-1	"	-1	+1	
November	"	-2	-2	"	+1	+2	
1897 Juni	Udjidji-Daressalam	+1	+2	Kwei-Udjidji	-2	-1	

Damit ist nochmals der Nachweis erbracht, daß auch die nach Formel I berechneten Monatsmittel der übrigen Monate in Tabelle 12-15 als wahre Monatsmittel anzusehen sind.

#### 20. Die tägliche Periode an anderen Stationen.

Schließlich erschien es mir auch noch von Interesse, zu sehen in welcher Weise sich die Zerlegung der täglichen Periode bei anderen Stationen gestaltet, wobei ich mich aber auf die drei Terminstunden beschränken mußte, da Registrier-Beobachtungen von diesen Stationen nicht vorhanden sind. Um eine Trennung nach Monaten vorzunehmen, schien mir das Material zu dürftig, daher sind im folgenden nur Jahresmittel angegeben, bei Tabora und Udjidji das Mittel aus den vorhandenen Monaten. Inbetreff der Quellen und sonstiger Einzelheiten muß ich auf die Bemerkungen zu Tabelle 23 (S. 93) verweisen; dort sind auch die benutzten unteren Basisstationen angegeben, die möglichst in derselben geographischen Breite wie die Inlandstationen angenommen worden sind. Als obere Basisstation mußte stets Kwei beibehalten werden. Zunächst wurden die Abweichungen vom Mittel =  $\Delta h$  berechnet (analog den letzten Spalten der Tabellen 12 bis 15) und in Tabelle 17 zusammengestellt.

Tabelle 17. Abweichungen der barometrischen Höhen vom Tagesmittel an den drei Terminstunden (Mittel -  $h$ ).

Innenstation	Basisstation im Meeresniveau $\Delta h_{M_s}$			Basisstation Kwei $\Delta h_K$		
	7 a	2 p	9 p	7 a	2 p	9 p
Kibwezi	+ 10 m	- 14 m	+ 3 m	+ 1 m	- 6 m	+ 4 m
Kilossa	+ 12	- 13	+ 1	- 3	- 6	+ 3
Tabora	+ 22	- 24	+ 1	- 8	+ 2	+ 5
Udjidji	+ 12	- 13	0	- 4	- 5	+ 9
Fort Johnston	+ 10	- 12	+ 2	+ 2	- 6	+ 4
Marangu	+ 11	- 23	+ 13	0	- 4	+ 3
Langenburg	+ 6	- 6	- 1	+ 3	- 7	+ 3

Für jede Station wurden die Gleichungen (D) aufgestellt und in derselben Weise behandelt, wie es soeben an dem Beispiel für Tabora und Udjidji gezeigt worden ist. Die Auflösung geschah nach  $(\theta - t)_{Mn}^d$  und  $(\beta - b)_{Mn}^d$  und ergab die in Tabelle 18 mitgeteilten Resultate. Die in dieser Tabelle ebenfalls enthaltenen Temperatur-Korrekturen für die Basisstation Kwei  $(\theta - t)_K^d$  wurden aus den Werten  $(\theta - t)_{Mn}^d$  durch Multiplikation mit den entsprechenden Faktoren  $\frac{\text{tgl. Ampl. v. } t_K}{\text{tgl. Ampl. v. } t_{Mn}}$  erhalten.

Tabelle 18. Reduktion auf barometrische Temperatur  $(\theta - t)^d$  und Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_{Mn}^d$  zwischen Küste und Inland zur Beseitigung der täglichen Periode der barometrischen Höhen.

Station	$(\theta - t)_{Mn}^d$			$(\theta - t)_K^d$			$(\beta - b)_{Mn}^d$		
	7 a	2 p	9 p	7 a	2 p	9 p	7 a	2 p	9 p
Kibwezi	+ 1.9	- 3.5	+ 1.2	+ 2.1	- 3.8	+ 1.3	+ 0.4mm	- 0.3mm	- 0.1mm
Kilossa	+ 1.6	- 3.3	+ 1.6	+ 1.7	- 3.4	+ 1.7	+ 0.8	- 0.6	- 0.1
Tabora	+ 2.3	- 3.7	+ 1.1	+ 2.5	- 4.1	+ 1.2	+ 1.0	- 0.7	- 0.3
Udjidji	+ 1.4	- 3.2	+ 1.7	+ 1.1	- 2.6	+ 1.4	+ 0.7	- 0.3	- 0.4
Fort Johnston	+ 2.2	- 3.2	+ 1.1	+ 2.3	- 3.4	+ 1.2	+ 0.6	- 0.7	- 0.0
Marangu	+ 2.0	- 4.9	+ 2.9	+ 1.7	- 4.3	+ 2.5		<sup>1)</sup>	
Langenburg	+ 1.5	- 2.2	+ 0.3	+ 1.7	- 2.5	+ 0.4	+ 0.3	- 0.3	- 0.1
Mittel	+ 1.8	- 3.4	+ 1.4	+ 1.9	- 3.4	+ 1.4	+ 0.6	- 0.5	- 0.2
Kwei	+ 1.2	- 2.8	+ 1.1						

Die Werte  $(\theta - t)_{Mn}^d$ , die wir für den Höhenunterschied Kwei — Daressalam gefunden hatten (s. Fig. 3 S. 61), sind zum Vergleich in der letzten Zeile der Tabelle 18 nochmals aufgeführt.

Die auf die Basisstation Kwei bezüglichen Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_K^d$  können aus den oben gegebenen  $(\beta - b)_{Mn}^d$  nach der Relation

$$(\beta - b)_K^d = - \frac{B_u}{B_0} (\beta - b)_{Mn}^d = + 0.84 (\beta - b)_{Mn}^d$$

abgeleitet werden.

Die gute Übereinstimmung in Tabelle 18 trotz der großen Verschiedenheit der Höhenlage der einzelnen Stationen und ihrer Höhenunterschiede gegen das Meeresniveau und gegen Kwei fällt sofort in die Augen. Nur die  $(\theta - t)_{Mn}^d$  Marangu und Langenburg weichen etwas stärker ab, was wohl mit der topo-

1) Für Marangu sind die  $(\beta - b)_K^d$  nicht zu berechnen, weil infolge des geringen Höhenunterschiedes Kwei—Marangu die zufälligen Fehler einen überwiegenden Einfluß gewinnen.

graphischen Lage dieser beiden Stationen zusammenhängt, die eine auf dem Abhang des Bergmassivs des Kilimandscharo, die andere am Fuß des Steilabsturzes des Livingstone-Gebirges. Auch die geringere Amplitude in Kwei ist wohl aus seiner küstennahen Gebirgslage zu erklären. Tabelle 19, die die Abweichungen der einzelnen Stationen vom Mittel enthält, bringt diese Gleichförmigkeit sehr gut zur Anschauung. Es ist danach wohl kein Zweifel, daß die oben besprochene, in doppelter Weise zur Wirkung kommende Ursache der tatsächliche Grund der täglichen Periode der barometrischen Höhen ist, der für die Hochländer im Innern Ostafrikas ganz allgemeine Gültigkeit besitzt. Er ruft einen gleichförmigen Unterschied zwischen Küste und Inland hervor, der durch die Lage der Stationen nur geringe lokale Abweichungen erleidet<sup>1)</sup>. Da, wo das Material zur Bestimmung dieser lokalen Abweichungen nicht ausreicht d. h. an solchen

Tabelle 19. Abweichungen vom Mittelwert in Tabelle 18 im Sinne B—R.

	$(\theta - t)_{\text{m}}^{\text{d}}$			$(\theta - t)_{\text{z}}^{\text{d}}$			$(\beta - b)_{\text{m}}^{\text{d}}$		
	7a	2p	9p	7a	2p	9p	7a	2p	9p
Kibwezi	+ 0°1	- 0°1	- 0°2	+ 0°2	- 0°4	- 0°1	- 0.2mm	+ 0.2mm	+ 0.1mm
Kilossa	- 0.2	+ 0.1	+ 0.2	- 0.2	0.0	+ 0.3	+ 0.2	- 0.1	+ 0.1
Tabora	+ 0.5	- 0.3	- 0.3	+ 0.6	- 0.7	- 0.2	+ 0.4	- 0.2	- 0.1
Udjidji	- 0.4	+ 0.2	+ 0.3	- 0.8	+ 0.8	0.0	+ 0.1	+ 0.2	- 0.2
Fort Johnston	+ 0.4	+ 0.2	- 0.3	+ 0.4	0.0	- 0.2	0.0	- 0.2	+ 0.2
Marangu	+ 0.2	- 1.5	+ 1.5	- 0.2	- 0.9	+ 1.1			
Langenburg	- 0.3	+ 1.2	- 1.1	- 0.2	+ 0.9	- 1.0	- 0.3	+ 0.2	+ 0.1

Orten, von denen keine Bestimmung der täglichen Periode vorhanden ist, wird man jedenfalls durch Benutzung der Mittelwerte aus Tabelle 18 eine beträchtliche Verbesserung der barometrischen Höhen erwarten können. Es wird hierauf noch zurückzukommen sein (s. Kap. 32).

#### 21. Die jährliche Periode der Höhen von Tabora und Udjidji und ihre Zerlegung in eine Isobaren- und eine Temperatur-Korrektion.

Wenden wir uns nun der Betrachtung der jährlichen Periode zu, die sich in den Monatsmitteln der barometr. Höhenunterschiede der Stationen Tabora und Udjidji gegen Daressalam und Kwei in den letzten Zeilen der Tabellen 12 bis 15 (S. 71—74) zeigen.

Zunächst wurden die Höhenunterschiede dieser beiden Innenstationen mit Daressalam durch Hinzufügung der Korrekturen aus Tabelle 7 (S. 58) in solche gegen Tanga verwandelt, sodaß jetzt beide Basisstationen auf demselben Parallel

1) Nach E. Wagner (s. S. 60) ist die tägliche Periode auf Berggipfeln kleiner als auf Hochflächen, für die gemäß der Lage der benutzten Stationen die Mittelwerte der Tabelle 18 gelten. Die Bemerkung Wagners, daß auch an den Ufern der großen Binnenseen eine Verminderung der Amplitude statt hat, gilt dagegen nicht allgemein, wie die Beispiele von Udjidji, Fort Johnston und Langenburg in Tabelle 18 zeigen.

wie die zu bestimmenden Stationen liegen. Die Höhenunterschiede bekommen dadurch die in den Spalten 2 der Tabelle 20 stehenden Werte. Eine graphische Darstellung der Perioden dieser Höhen enthalten die Figuren 15 und 16 (s. Taf. VIII). Die Abweichungen der Höhenwerte vom Jahresmittel stehen in den Spalten 3 der Tabelle 20. Zum Vergleich sind auch die zugehörigen beobachteten Temperaturen  $t$  in Spalte 1 derselben Tabelle aufgenommen worden. Die eingeklammerten Zahlen sind mit Hilfe der graphischen Darstellungen der entsprechenden Perioden in Fig. 15 bis 20 (s. Taf. VIII) extrapoliert worden, da aus den betreffenden Monaten keine Beobachtungen vorlagen. Der annähernd parallele Verlauf der Kurven für Tabora und Udjidji und der im übrigen auffallend gute Anschluß der Beobachtungen an die Kurven bietet eine Gewähr, daß die Extrapolation nicht allzu willkürlich ist, obwohl sich die extrapolierten Teile der Kurven natürlich in weiten Grenzen variieren lassen.

Tabelle 20. Jährliche Periode der beobachteten Lufttemperaturen und der barometrischen Höhendifferenzen zwischen den Innen- und den Küsten-Stationen.

	Tabora—Tanga 1899			Kwei—Tabora 1899			Udjidji (Seespiegel)— Tanga 1897			Kwei—Udjidji (See- spiegel) 1897		
	$t =$ 24°5+	$h_{xy}$	$(M-h)_{xy}$ = $\Delta h_{xy}$	$t =$ 19°7+	$h_x$	$(M-h)_x$ = $\Delta h_x$	$t =$ 24°6+	$h_{xy}$	$(M-h)_{xy}$ = $\Delta h_{xy}$	$t =$ 19°6+	$h_x$	$(M-h)_x$ = $\Delta h_x$
Januar	0°0	1249m	+10m	+0°4	417m	- 5m	(+0°7)	(777m)	(+17m)	(+0°7)	(878m)	(-13m)
Februar	+0.5	33	+26	+1.1	28	-16	(+0.4)	(74)	(+20)	(+0.5)	(80)	(-15)
März	+0.8	43	+16	+0.6	32	-20	(+0.2)	(79)	(+15)	(+0.2)	(79)	(-14)
April	0.0	49	+10	0.0	19	- 7	( 0.0)	(86)	(+ 8)	(-0.1)	(76)	(-11)
Mai	-0.6	53	+ 6	-1.1	09	+ 3	-0.3	94	0	-0.4	71	- 6
Juni	-1.2	61	- 2	-2.3	06	+ 6	-0.6	801	- 7	-1.2	63	+ 2
Juli	-1.8	62	- 3	-2.3	07	+ 5	-1.2	06	-12	-1.0	52	+13
August	-1.6	68	- 9	-1.5	03	+ 9	-0.6	14	-20	-0.5	44	+21
September	-0.2	83	-24	+0.2	00	+12	-0.2	13	-19	+0.2	48	+17
Oktober	+1.4	82	-23	+1.7	00	+12	+0.5	09	-15	+0.5	53	+12
November	+1.6	69	- 10	+1.8	12	0	+0.2	790	+ 4	+0.2	64	+ 1
Dezember	(+1.4)	(55)	(+4)	(+1.7)	(16)	(-4)	+1.1	84	+10	+1.1	73	- 8
Jahr = M	0.0	1259	± 15	0.0	412	±10	0.0	794	± 14	0.0	865	± 13

Der Vergleich der Temperaturperioden mit den Perioden der barometrischen Höhen in Tabelle 20 genügt, um erkennen zu lassen, daß die letzteren nur zum geringsten Teile von dem Unterschied der beobachteten und barometrischen Temperaturen herrühren können, der die jährliche Periode der Höhe von Kwei allein erklärte. Der gerade entgegengesetzte Verlauf der schwarzen und roten Kurven in Figur 15 und 16 weist außerdem darauf hin, daß ein Teil der jährlichen Höhenperioden ebenso, wie bei den täglichen durch einen periodisch veränderlichen Luftdruck-Gradienten hervorgebracht wird. Es mußte daher versucht werden, dessen Einfluß von dem der Temperatur-Korrekturen durch Gleichung

chungen von der Form des Systems  $D$  (s. S.76) zu trennen. Der obere Index  $j$  zeigt an, daß sich die Korrekturen auf die jährliche Periode beziehen.

$$(E) \quad \begin{cases} \Delta h_{T_y} = T_D \cdot (\theta - t)_{T_y}^j + B_{oD} \cdot (\beta - b)^j \\ \Delta h_x = T_x \cdot (\theta - t)_x^j + B_{oX} \cdot (\beta - b)^j \end{cases}$$

Für  $(\beta - b)^j$  wurde, wie in Kap. 19, die auf das Meeresniveau ( $M_N$ ) bezügliche Isobaren-Korrektur nach Gleichung ( $D^*$ ) (s. S. 76) eingeführt. Ferner ist das Verhältnis von  $(\theta - t)_{T_y}^j$  zu  $(\theta - t)_x^j$ , wie bei der täglichen Periode, aus dem Verhältnis der Amplituden analog zu Gleichung ( $D^{**}$ ) (s. S. 77) bestimmt worden. Man findet dafür:

	jrl. Ampl. v. $t_{T_y}$	jrl. Ampl. v. $t_x$	$\frac{(\theta - t)_x^j}{(\theta - t)_{T_y}^j}$
Tabora	3.0	4.1	1.2
Udjidji	2.3	2.3	1.0

Die Gleichungen nehmen damit folgende Zahlenwerte an, die nur wenig von den oben (S. 77) für die tägliche Periode gefundenen abweichen.

$$(E^*) \quad \begin{cases} \text{für Tabora: } 4.2 (\theta - t)_{T_y}^j + 11.6 (\beta - b)_{M_N}^j = \Delta h_{T_y} \\ \quad \quad \quad 1.7 (\theta - t)_{T_y}^j - 11.4 (\beta - b)_{M_N}^j = \Delta h_x \\ \text{für Udjidji: } 2.8 (\theta - t)_{T_y}^j + 11.6 (\beta - b)_{M_N}^j = \Delta h_{T_y} \\ \quad \quad \quad 2.7 (\theta - t)_{T_y}^j - 11.3 (\beta - b)_{M_N}^j = \Delta h_x. \end{cases}$$

Die Auflösung dieser Systeme liefert die Werte

$$(E^{**}) \quad \begin{cases} \text{für Tabora: } (\theta - t)_{T_y}^j = +0.163 \Delta h_{T_y} + 0.165 \Delta h_x \\ \quad \quad \quad (\beta - b)_{M_N}^j = +0.027 \Delta h_{T_y} - 0.059 \Delta h_x \\ \text{für Udjidji: } (\theta - t)_{T_y}^j = +0.180 \Delta h_{T_y} + 0.182 \Delta h_x \\ \quad \quad \quad (\beta - b)_{M_N}^j = +0.042 \Delta h_{T_y} - 0.044 \Delta h_x. \end{cases}$$

Damit wurden für jeden Monat die Temperatur-Unterschiede  $(\theta - t)_{T_y}^j$  abgeleitet (s. Tab. 25 S. 97 u. Fig. 27 Taf. XII) und daraus die barometrischen Temperaturen  $\theta_{T_y}$  und  $\theta_x$  selbst berechnet. Die letzteren sind zusammen mit den beobachteten Temperaturen  $t$  in Figur 17 bis 20 dargestellt. Bei den auf Tabora bezüglichen Temperaturen ist von den charakteristischen Eigenschaften der barometrischen Temperaturen die Verspätung deutlich ausgeprägt, während die Amplitude fast ebenso groß ist als die der beobachteten Temperaturen, im Gegensatz zu der täglichen Periode, wo gerade die Abschwächung der Amplitude besonders deutlich hervortrat. Auch in Europa und bei der Höhe von Kwei zeigte sich ein ähn-

liches Verhalten. Dies ist auch ganz plausibel, da die höheren Luftschichten, durch deren abweichende Temperatur-Verhältnisse die Perioden hervorgerufen werden, sehr viel stärker an dem langsamen jahreszeitlichen Wechsel der Temperaturen der unteren Luftschichten teilnehmen können, als an den schnellen Variationen im Verlauf eines Tages. In Udjidji freilich ist die Verspätung nicht zu erkennen und die Amplitude der barometrischen Temperaturen ist sogar größer, als die der beobachteten. Dabei ist aber im Auge zu behalten, daß die beobachteten Temperaturen von Januar bis Mai und die Höhen, aus denen die barometrischen Temperaturen berechnet sind, von Januar bis April extrapoliert sind, und dieser Teil der Kurven daher etwas willkürlich ist. Immerhin findet auch bei den Höhen von Udjidji noch eine solche Übereinstimmung der Perioden und der Amplituden der  $\theta$  und der  $t$  statt, daß die  $\theta$  als barometrische Temperaturen angesehen werden können.

Es ist bemerkenswert, daß sich bei den Temperaturen  $\theta$  der typischen Station Tabora in freier Plateau-Lage trotz der großen Entfernung von den Basisstationen und der klimatischen Verschiedenheiten die Eigenschaften der barometrischen Temperaturen noch in solcher Reinheit nachweisen lassen.

Hieraus ergibt sich aber, daß auch den  $(\beta - b)_{m}^i$  eine reelle Bedeutung als Luftdruck-Gradienten zukommt. Sie sind in Fig. 21 (s. Taf. VIII) graphisch dargestellt (ihre Zahlenwerte s. Tab. 25, S. 96) und durch Kurven ausgeglichen worden, die sich den beobachteten Werten sehr nahe anschließen. Man sieht, daß sie eine einfache jährliche Periode haben, die nahe übereinstimmt mit den Unterschieden der jährlichen Luftdruck-Perioden an den Innenstationen und an der Küste, wie es ja auch sein muß, da das Vorhandensein eines solchen Gradienten in den Perioden des Luftdrucks an den beiden Stationen zum Ausdruck kommen muß.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß  $\beta$  der Luftdruck ist, der an der gedachten Meeresoberfläche unterhalb der Innenstationen herrscht, während  $b$  der an der Küste beobachtete Druck ist.  $\theta = \theta_x$  ist die mittlere Temperatur der gedachten Luftsäule unterhalb der Innenstationen bis zur Meeresoberfläche.  $\theta_x$  die mittlere Temperatur der Luftsäule über der Station bis zum Niveau von Kwei, dem oberen Basisniveau. Die mit  $\beta$  und  $\theta$  berechneten Höhen sind in allen Monaten gleich dem Jahresmittel.

## 22. Das Jahresmittel der barometrischen Höhen.

Die jährlichen Perioden in den barometrischen Höhenunterschieden zwischen den Plateaustationen und der Küste und Kwei sind somit in ungezwungener Weise auf dieselben Ursachen zurückgeführt, die auch schon bei der täglichen Periode gefunden worden waren. Während wir uns damals aber damit begnügen konnten, zahlenmäßig festgestellt zu haben, wie die Beobachtungen auf das Monatsmittel zu reduzieren seien, können wir das Jahresmittel nicht als die richtige Höhe ansehen und annehmen, daß die Isobaren-Korrekturen sich im Mittel herausheben. Im Gegenteil. Bei dieser Annahme würde sich nämlich

aus Fig. 21 (s. Taf. VIII) ergeben, daß an der Küste in den Monaten Dezember bis Mai der Luftdruck zu niedrig, in den Monaten Juni bis November dagegen zu hoch gemessen wird, oder mit anderen Worten, daß über den zentralen Plateau-Landschaften von Dezember bis Mai relativ zur Küste ein Maximum und in den Monaten Juni bis November ein Minimum lagert. Diese Verteilung des Luftdrucks ist aber nach den Wind-Verhältnissen nicht möglich, denn das ganze Jahr hindurch wehen östliche Winde, die nach Maurer<sup>1)</sup> für das ganze äquatoriale Ost-Afrika charakteristisch sind. Es findet dies nach Maurer seine Begründung darin, daß dieses Gebiet in allen Jahreszeiten eine positive thermische Anomalie, der äquatoriale Teil des Indischen Ozeans eine negative aufweist. Danach muß also während des ganzen Jahres über den inneren Hochebenen eine Auflockerung der Luft vorhanden sein, sodaß die von uns konstatierte Periode nur so zu Stande kommen kann, daß in den Monaten Februar und März dieses Minimum am flachsten ist (Fig. 21), während es dann tiefer wird, und im September und Oktober seinen tiefsten Wert erreicht. Daher sind in allen Monaten die barometrischen Höhen zu groß, und demgemäß muß auch das Jahresmittel der barometrischen Höhen zu groß ausfallen.

Die einzigen Isobaren-Karten, die über diese Verhältnisse Auskunft geben könnten, und die mir zugänglich waren, sind die von Buchan<sup>2)</sup>. Sie setzen den Luftdruck von Tabora bezogen auf Meeresniveau von April bis August gleich dem der Küste, während er in den übrigen Monaten niedriger sein soll. Dies ist eine Periode, die der hier konstatierten direkt entgegengesetzt ist. Die Karten sind daher für Ost-Afrika unbrauchbar.

Nach den Untersuchungen von Wild und Teisserenc de Bort<sup>3)</sup> haben aber Isobaren und Isanomalien der Temperatur einen parallelen Verlauf, was letzterer folgendermaßen ausdrückt:

„Sobald eine Gegend von einer gewissen Ausdehnung einen Temperatur-Überschuß aufweist, entweder absolut oder relativ zu der Temperatur anderer Orte unter demselben Breitenparallel, so besteht eine Neigung zur Bildung eines Minimums an diesem Ort und fast vollständige Übereinstimmung zwischen dem barometrischen Minimum und dem Maximum der Temperatur; und es besteht sogar eine gewisse Proportionalität zwischen ihnen. Diese Neigung spricht sich entweder im Vorhandensein eines geschlossenen Minimums oder auch nur in einer Ausbuchtung der Isobaren aus.

Die barometrischen Maxima, Punkte, von denen die Luft abfließt, haben die

1) Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1901 Nr. 3 S. 22.

2) Aus dem Challenger Report wieder abgedruckt im Atlas of Meteorology von Bartholomew und Herbertson, herausgegeben von A. Buchan, Westminster 1899. Tafel 12.

3) Teisserenc de Bort, Étude sur la distribution relative des températures et des pressions moyennes. Annales du Bureau Central Météorologique de France. Météorologie générale. Année 1878. Paris 1879.

Neigung sich mit Vorliebe in der Umgebung solcher Gegenden auszubilden, wo die Temperatur niedrig ist entweder in absolutem Sinne oder relativ zu ihrer Breite“.

Ferner sagt Maurer<sup>1)</sup> speziell für das uns hier interessierende Gebiet:

„Der jährliche Gang des Luftdrucks ist im großen und ganzen dem der Temperatur entgegengesetzt. Viele Spezialitäten im jährlichen Temperaturgang spiegeln sich auch hier im Gang des Luftdrucks“.

Danach erschien ein Versuch aussichtsvoll die Proportionalität, von der Teisserenc de Bort spricht, zahlenmäßig auszudrücken und so aus dem Temperatur-Überschuß eines jeden Monats den Luftdruck-Gradienten zwischen Küste und Innen-Stationen zu berechnen, dessen Einfluß dann auch aus den barometrischen Höhen eliminiert werden kann. Maurer hält zwar das vorhandene Material zur Konstruktion von Isothermen-Karten nicht für ausreichend, aber mit Unrecht, wie mir scheint; wenigstens lassen sich die relativen Isanomalien auf die es hier nur ankommt, sehr gut herstellen. Aus der Karte von Teisserenc de Bort selbst ist gerade für das uns hier beschäftigende Gebiet nichts zu entnehmen.

### 23. Die relativen Isanomalien der Temperatur.

Was zunächst den Faktor der Temperaturabnahme mit der Höhe betrifft, dem Maurer kein Vertrauen entgegenbringt, weil er für Berg- und Plateau-Stationen im Jahresmittel stark verschiedene Werte annimmt, so braucht man nur seine jährliche Periode zu verfolgen, um festzustellen, daß in den Monaten Januar bis März in gleicher Weise für Berg-Stationen, wie für Plateau-Stationen die Temperatur-Abnahme 0°50 auf 100m beträgt, während in den anderen Monaten die Berg-Stationen untereinander und gegen die Plateau-Stationen und diese letzteren untereinander Unterschiede zeigen, die recht erhebliche Beträge erreichen können. Dies führt darauf, die Abnahme von 0°50 auf 100m auch in Ost-Afrika, wie in anderen Teilen der Erdoberfläche<sup>2)</sup>, als die normale anzusehen, da in den genannten Monaten größere Störungen offenbar fehlen.

Der an 9 Küstenstationen<sup>3)</sup> wirklich beobachtete Mittelwert der Temperatur im Meeresniveau in den Monaten Januar bis März ist 27°0. Die Bergstationen, 13 an Zahl, (mit Ausnahme von Moschi, das total gestört zu sein scheint) geben, mit dem Faktor 0°50 reduziert, denselben Wert, während die 9 Plateaustationen, mit demselben Faktor reduziert, 27°3 als Temperatur im Meeresniveau liefern. Die Abweichungen der einzelnen Stationen vom Mittelwert 27°1 sind gering und übersteigen 1° nur in Kiboscho und Moschi, wie Tabelle 21 zeigt.

1) Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1901 Nr. 3, S. 26.

2) J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 1. Aufl. 1901, S. 128 und 139.

3) Maurer, Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1901, Nr. 3 Tabelle III. S. 10.

Tabelle 21. Abweichungen der mit dem Faktor 0,50 für je 100m auf Meeresniveau reduzierten Temperaturen der Monate Januar bis März vom Mittelwert 27° 1.

Berg-Stationen	Höhe in Hektometern	B — R	Plateau-Stationen	Höhe in Hektometern	B — R
Ikombe	5.0	+ 0,2	9 Küsten-Stationen	0.2	— 0,1
Wangemannshöh	8.8	— 0.7			
Buloa	9.2	+ 0.3			
Rutenganio	11.4	— 0.4	Ulanga	2.8	+ 0.1
Moschi	11.7	+ 2.3	Lukuledi	3.6	— 0.7
Sakarre	12.3	— 0.6	Kilossa	5.1	+ 0.4
Ambangulu	12.5	— 0.6	Masinde	5.7	+ 0.8
Marangu Mil.St.	14.3	— 0.7	1/2 (Lofoi <sup>1</sup> ) + Mpapua)	9.9	— 0.4
Mamba	15.5	+ 0.7	Bukoba	11.9	— 0.8
Marangu wiss.St.	15.6	+ 0.3	Muansa	12.0	+ 0.7
Manow	15.8	— 0.3	Tabora	12.3	+ 0.8
Kwei	16.3	— 0.5	Peramiho und Ngomba	13.0	+ 0.8
Kiboscho	16.3	+ 1.5			
Tossamaganga	16.4	— 0.8			

Bei Beurteilung der Abweichungen ist noch zu berücksichtigen, daß sie auch noch die Verschiedenheiten der Jahrgänge untereinander enthalten, da die Beobachtungen, auf denen sie beruhen, aus ganz verschiedenen Jahren stammen. Es kommt uns hier aber die Gleichförmigkeit des Tropenklimas zu statten, infolge deren auf derselben Station die Monatsmittel der Temperatur in den einzelnen Jahren selten mehr als 1° von einander abweichen.

Auf Grund der vorstehenden Darlegungen wurde die Abnahme von 0,50 auf 100m als die normale angenommen, und damit für sämtliche Stationen die Unterschiede der Mitteltemperaturen der einzelnen Monate von den aus den Küstenbeobachtungen berechneten Normal-Temperaturen d. h. die relativen Temperatur-Anomalien des Inlands gegenüber der Küste und den benachbarten Teilen des Ozeans abgeleitet. Die verschiedene Breite der Küstenstationen brauchte dabei nicht berücksichtigt zu werden, da längs des deutschen Teils der Küste die Änderungen der Temperatur mit der Breite minimal sind. Wenn im folgenden von Temperatur-Anomalien und Linien gleicher Anomalie oder Isanomalien die Rede ist, so sind immer diese relativen Anomalien des Inlands gegen die Küste gemeint. Um die Konstruktion einer Karte der Isanomalien zu erleichtern, wurde noch eine Anzahl Stationen aus Britisch-Ostafrika, Britisch-Zentralafrika und dem Kongostaate herangezogen, deren Mittelwerte in Tabelle 22, in hundertteilige Grade verwandelt, aufgeführt sind. Bei der Ableitung der Monatsmittel dieser Stationen machte es sich unangenehm bemerkbar, daß die Ablesungen zu sehr verschiedenen und teilweise ungeeigneten Tageszeiten angestellt sind. So ist vielfach um 9a beobachtet, eine Stunde, zu der ausweislich der Thermographen-

1) Nach Lemaire M. s. 16. S. 36.

Beobachtungen in D. ü. m. B. X in Ost-Afrika das Tagesmittel bereits stark überschritten ist. Ich habe mit Hilfe der soeben zitierten Thermographen-Beobachtungen für jede vorkommende Kombination von Beobachtungs-Stunden eine Formel ausgesucht, die möglichst nahe das Monatsmittel ergibt; sie ist in den Bemerkungen zu Tab. 22 jedesmal mit aufgeführt.

Tabelle 22. Monatsmittel der Temperatur von 12 Stationen in Britisch-Ost- und Zentralafrika und in Mpwéto (hundertteilige Grade).

	Mombasa 1894 bis 1900	Kismayu 1896 bis 1900	Sagala 1893	Kibwezi 1897	Machakos 1894 und 1896 bis 1900	Fort Smith 1894 bis 98 und 1900	Namirembe 1893 und 1 94	Kambola 1898	Nkata-Bay 1898 bis 1900	Fort Johnston 1898 bis III 99 und XI, XII 1900	Zomba Teile von 1892 bis 1894, 1898 und 99	Lauderdale 1894 bis 1900	Mpwéto 1898
Januar	26°9	26°6		21°7	17°9	17°0	20°9	18°8	24°2	25°8	21°9	22°5	
Februar	27.1	26.6	22.9	23.5	18.9	18.0		19.4	24.1	25.2	21.0	22.1	
März	27.9	27.4	24.	24.4	18.8	17.8	19.1	21.0	24.2	25.4	20.9	22.1	
April	27.7	28.1	20.	23.1	18.4	17.1	19.4	20.0	23.6	23.9	19.8	20.8	
Mai	25.8	26.8	20.	22.0	17.6	16.2	19.2	19.2	22.1	22.2	17.5	18.7	
Juni	24.9	25.2	19.	21.1	15.6	14.6	19.2	17.2	19.4	19.5	16.3	16.9	
Juli	24.2	24.7	18.5	20.8	14.8	13.9	18.2	16.1	19.4	19.0	15.6	17.1	
August	24.4	24.7	18.5	21.4	15.2	13.5	19.7	17.7	20.2	19.5	17.0	18.1	
September	25.3	24.9	20.	22.1	17.0	15.3	18.8	21.9	22.9	23.8	20.1	21.0	
Oktober	26.0	26.1	20.5	23.3	18.3	16.6	19.5	22.5	25.0	27.2	22.9	23.9	25°2
November	26.9	27.0	23.	24.0	17.5	16.0	19.7	20.7	27.0	28.0	23.1	24.2	23.2
Dezember	27.0	27.0		22.6	17.7	16.4	20.9	20.2	25.6	26.9	22.1	22.7	23.1
Jahr	26.2	26.3		22.5	17.2	16.0		19.4	23.1	24.4	19.8	20.8	

Bemerkungen zu Tabelle 22. Die Angaben für die englischen Stationen sind entnommen aus „Report of the British Association for the advancement of science 1894 bis 1901, diejenigen für Mpwéto aus Lemaire, Mission scientifique du Katanga. Journal de Route 1<sup>ère</sup> section.

Mombasa Br. 4°1 S. Lg. 39°7 O. Höhe 20m. Mitteltemperatur berechnet 1894 nach  $\frac{1}{4}(3 \times 7.5a + 4p)$ , 1895 nach  $\frac{1}{6}(9a + 2 \max + 3 \min)$ , 1896 bis 1900 nach  $9a - 1.2$ . Die Formeln stimmen in Daressalam und Tanga.

Kismayu Br. 0°4 S. Lg. 43°5 O. Höhe 20m. Mitteltemperatur gleich  $9a - 1.2$ .

Sagala (Taita) Br. 3°5 S. Lg. 38°6 O. Höhe 1000m. Mitteltemp. gleich  $\frac{1}{2}(\max + \min) - 1$ .

Kibwezi (Ukamba) Br. 2°4 S. Lg. 37°9 O. Höhe 900m. Mitteltemp., wie im Report angegeben, aus  $\frac{1}{4}(7a + 2p + 2 \times 9p)$ .

Machakos (Ukamba) Br. 1°5 S. Lg. 37°3 O. Höhe 1750m. Mitteltemp. 1894 aus  $\frac{1}{4}(3 \times 7.5a + 4p)$ , 1896 bis 1899 gleich  $9a - 1.7$  (bestimmt nach Kwei, Kiboscho und Tossamaganga) und 1900 aus  $\frac{1}{6}(9a + 2 \max + 3 \min)$ .

Fort Smith (Kikuyu) Br. 1°2 S. Lg. 36°7 O. Höhe 2050 m. Mitteltemp. 1894 aus  $\frac{1}{4}$  ( $3 \times 7.5a + 4p$ ), 1895 aus  $\frac{1}{6}$  ( $9a + 2 \max + 3 \min$ ), 1896 und 97 gleich  $9.5a - 2^\circ$ , 1898 gleich  $9a - 1.7$ , 1900 X bis XII aus  $\frac{1}{2}$  ( $\max + \min$ )  $- 2^\circ$ .

Namirembe (Uganda) Br. 0°3 N. Lg. 32°6 O. Höhe 1200 m. Mitteltemp. aus  $\frac{1}{2}$  ( $\max + \min$ ). Unsichere Angaben.

Kambola (Tanganjikaplateau) Br. 8°8 S. Lg. 31°0 O. Höhe 1500 m. Mitteltemp. aus  $\frac{1}{8}$  ( $2 \times 7a + 3 \max + 3 \min$ ).

Nkata Bay (Njassaland) Br. 11°6 S. Lg. 34°3 O. Höhe 520 m. Mitteltemp. nach Report aus  $\frac{1}{4}$  ( $7a + 2p + 2 \times 9p$ ).

Fort Johnston (Njassaland) Br. 14°5 S. Lg. 35°2 O. Höhe 500 m. Mitteltemp. nach Report aus  $\frac{1}{4}$  ( $7a + 2p + 2 \times 9p$ ).

Zomba (Schirehochland) Br. 15°4 S. Lg. 35°3 O. Höhe 930 m. Mitteltemp. 1892 bis 1894 =  $8a$ , 1898 aus  $\frac{1}{8}$  ( $7a + 2p + 9p$ ), 1899 aus  $\frac{1}{4}$  ( $7a + 2p + 2 \times 9p$ ).

Lauderdale (Mlanje) Br. 16°0 S. Lg. 35°6 O. Höhe 800 m. Mitteltemp. 1894 aus  $\frac{1}{8}$  ( $6a + 6p + 2 \max + 2 \min$ ), 1895 bis 1898 aus  $\frac{1}{8}$  ( $6a + 2p + 9p$ ), 1899 nach Report aus  $\frac{1}{4}$  ( $6a + 2p + 2 \times 9p$ ), 1900 aus  $\frac{1}{6}$  ( $6a + 9p + 2 \max + 2 \min$ ).

Mpwéto (Kongostaat) Br. 8°5 S. Lg. 28°9 O. Höhe 1000 m. Mitteltemp. aus  $\frac{1}{2}$  ( $\max + \min$ )  $- 1^\circ$ .

Außerdem sind noch die Monatsmittel der Stationen Fwambo<sup>1)</sup> Br. 8°9 S. Lg. 31°5 O. Höhe 1600 m, Kavala<sup>1)</sup> Br. 5°4 S. Lg. 29°5 O. Höhe 850 m, Kakoma und Igonda<sup>2)</sup> Br. 5°7 S. Lg. 32°6 O. Höhe 1100 m. benutzt worden, so wie sie von Hann a. a. O. auszugsweise mitgeteilt sind. Die Lage sämtlicher Stationen zeigt Figur 22 (s. Taf. IX u. XI).

Für die Stationen von Britisch-Ostafrika dienten Mombasa und Kismayu als Küstenstationen, für diejenigen in den Njassa- und Schireländern die Küstenstationen in Deutsch-Ostafrika, nachdem sie mit Hilfe der Isothermenkarten in dem von der Seewarte herausgegebenen Atlas des Indischen Ozeans auf die Breite von 15° S. reduziert worden waren. Als normale Temperaturabnahme mit der Höhe wurde auch hier 0°50 auf 100 m angesehen.

Die Unterschiede gegen die auf den Küstenbeobachtungen beruhenden Normaltemperaturen sind, auf ganze Grade abgerundet, in Fig. 23 (s. Taf. IX) bei jeder Station mit roter Farbe eingeschrieben. Dazwischen wurden möglichst ungezwungen die Isanomalien gezogen. Es wurde dabei darauf Rücksicht genommen, daß die Bergstationen und die im Bereich der Land- und Seewinde der großen Binnenseen gelegenen Uferstationen stets etwas tiefere Temperaturen aufweisen, als die Plateaustationen, die allein für den Verlauf der Isanomalien maßgebend sind, da sie die Temperatur-Verhältnisse der ausgedehnten Hochflächen widerspiegeln.

Im Januar und Februar (Fig. 23), während des Südsommers sendet das weiter südlich gelegene Gebiet zu großer Erwärmung einen Ausläufer in die zentralen Teile der Kolonie, deren Temperatur jedoch kaum um einen Grad zu hoch ist. Im

1) Meteorologische Zeitschrift Bd. X S. 59. 1893.

2) Meteorologische Zeitschrift Bd. IV S. 421. 1887.

März bildet sich über der Kolonie ein selbständiges Gebiet zu hoher Temperatur heraus, das sich nach Westen bis zum Tanganjika ausdehnt, und dessen Zentrum etwa über Tabora liegt. Im April nimmt der Temperaturüberschuß zu, und das Gebiet der höchsten Temperatur ist schon über den Tanganjika nach Westen vorgerückt; in der Nähe der Küste haben sich im Norden und Süden Gebiete mit zu niedriger Temperatur gebildet, die im Mai an Temperaturmangel und Ausdehnung zunehmen, während sich das Gebiet zu hoher Temperatur weiter nach Norden verschoben hat. Im Juni haben die beiden Gebiete zu geringer Temperatur sich vereinigt und bilden einen der Küste parallelen Streifen, der den ganzen Süden der Kolonie und den Njassa-See umfaßt und das Gebiet des Temperaturüberschusses von der Küste trennt. Dieses hat an Intensität stark zugenommen und hat dem Sonnenstande entsprechend seine nördlichste Lage in dem Nordwestwinkel der Kolonie eingenommen. Im Juli, August und September wandert das Zentrum des Auflockerungsgebietes westlich vom Tanganjika wieder nach Süden, dabei an Intensität immer zunehmend (bis 7°) und sich nach Osten ausdehnend, wodurch der Streifen zu geringer Temperatur an der Küste zurückgedrängt wird und schließlich verschwindet. Im Oktober und November rückt auch der zentrale Teil des Gebiets zu hoher Temperatur wieder nach Osten vor, so daß er sich im November gerade über dem Njassa-See befindet, wobei seine Intensität rasch abnimmt, obwohl die Sonne zu dieser Zeit ihren höchsten Stand erreicht. Im Dezember folgt das Auflockerungsgebiet der Sonne weiter nach Süden, während über den zentralen Teilen der Kolonie noch ein abgesonderter an Intensität stark abnehmender Zweig bestehen bleibt, der im Januar und Februar dann in den Ausläufer des Gebiets zu hoher Temperatur übergeht, mit dem der Kreislauf des Jahres wieder beginnt.

24. Die barometrischen Höhen von sieben weiteren ostafrikanischen Stationen und ihre jährlichen Perioden.

Verfolgt man im besonderen den Temperaturgang an den Stationen Tabora und Udjidji, so fällt sofort seine vollständige Übereinstimmung mit der früher gefundenen Periode des Luftdruck-Gradienten in die Augen.

Um den daraus zu ziehenden Schlüssen aber größere Sicherheit zu verleihen, habe ich noch untersucht, ob sich auch an einigen anderen Stationen, von denen Luftdruck-Messungen vorliegen, dieselbe Parallelität zeigt. Die Resultate, aus denen die jährlichen Gänge der barometrischen Höhen zu ersehen sind, sind in Tabelle 23 in den Spalten 1 enthalten. In Spalte 2 steht die Abweichung der Monatshöhen vom Jahresmittel im Sinne: Mittel-Beobachtung. Die mittleren Abweichungen sind aus den  $\Delta h$  nach Art des mittleren Fehlers berechnet worden. Der Index  $Mn$  bezeichnet die jedesmal benutzte an der Küste (Meeresniveau) möglichst in gleicher Breite gelegene untere Basisstation, deren Name in der Überschrift steht.

Die obere Basisstation (Index  $K$ ) ist in allen Fällen Kwei; es mußte als solche beibehalten werden, obwohl sein Breitenunterschied gegen die drei letzten Stationen der Tabelle 23 recht beträchtlich ist; aber eine andere Station weiter im Süden, die es hätte ersetzen können, ist nicht vorhanden.

Tabelle 23. Barometrische Höhenunterschiede einiger weiterer Stationen in Ost-Afrika.

Monat	1		2		1		2		1		2	
	Kibwezi—		Mombasa		Kwei—Kibwezi		Marangu—Bagamojo		Kwei—Marangu			
	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel										
	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$				
Januar	921 m	- 2 m	737 m	- 1 m	1590 m	- 12 m	68 m	+ 3 m				
Februar	922	- 3	746	- 10	1595	- 17	71	0				
März	904	[+ 15]	764	[- 28]	1582	- 4	74	- 3				
April	921	- 2	743	- 7	1583	- 5	75	- 4				
Mai	918	+ 1	739	- 3	1575	+ 3	74	- 3				
Juni	912	+ 7	734	+ 2	1568	+ 10	72	- 1				
Juli	916	+ 3	728	+ 8	1568	+ 10	70	+ 1				
August	925	- 6	720	+ 16	1569	+ 9	69	+ 2				
September	925	- 6	723	+ 13	1578	0	68	+ 3				
Oktober	919	0	726	+ 10	1577	+ 1	67	+ 4				
November	925	- 6	733	+ 3	1592	- 14	67	+ 4				
Dezember	921	- 2	734	+ 2	1590	- 12	66	+ 5				
Mittel und mittlere Abw.	919	± 4	736	± 9	1578	± 10	71	± 3				

Monat	1		2		1		2		1		2	
	Kilossa—Daressalam		Kwei—Kilossa		Namirembe—Kismayu		Kwei—Namirembe					
	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel										
	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$				
Januar	517 m	- 4 m	1135 m	+ 6 m	1184 m	+ 9 m	461 m	- 9 m				
Februar	513	0	1149	- 8	(1178)	(+ 15)	(474)	(- 22)				
März	509	+ 4	1147	- 6	1179	+ 14	475	- 23				
April	504	+ 9	1145	- 4	1187	+ 6	460	- 8				
Mai	504	+ 9	1153	- 12	1195	- 2	447	+ 5				
Juni	500	+ 13	1145	- 4	1202	- 9	433	+ 19				
Juli	510	+ 3	1134	+ 7	1201	- 8	431	+ 21				
August	512	+ 1	1131	+ 10	1220	- 27	428	+ 24				
September	517	- 4	1130	+ 11	1205	- 12	431	+ 21				
Oktober	518	- 5	1133	+ 8	1201	- 8	440	+ 12				
November	524	- 11	1132	+ 9	1185	+ 8	472	- 20				
Dezember	524	- 11	1135	+ 6	1178	+ 15	472	- 20				
Mittel und mittlere Abw.	513	± 8	1141	± 8	1193	± 13	452	± 19				

Monat	Lofoi—Lindi		Kwei—Lofoi		Langenburg—Lindi		Kwei—Langenburg	
	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel
	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$
Januar					497 m	— 6 m	1156 m	0 m
Februar					493	— 2	1157	— 1
März	922 m	+ 25 m	736 m	— 20 m	493	— 2	1168	— 12
April	922	+ 25	734	— 18	483	+ 8	1168	— 12
Mai	910	+ 37	731	— 15	478	+ 13	1156	0
Juni	949	— 2	715	+ 1	478	+ 13	1159	— 3
Juli	966	— 19	699	+ 17	475	+ 16	1160	— 4
August	966	— 19	705	+ 11	473	+ 18	1164	— 8
September	983	— 36	701	+ 15	487	+ 4	1164	— 8
Oktober	964	— 17	704	+ 12	519	— 28	1139	+ 17
November					517	— 26	1138	+ 18
Dezember					502	— 11	1148	+ 8
Mittel und mittlere Abw.	947	± 26	716	± 16	491	± 15	1156	± 10

Monat	Fort Johnston—Lindi		Kwei—Fort Johnston	
	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel	barometr. Höhen- unter- schied	Ab- weichung vom Mittel
	= $h_{M_n}$	= $\Delta h_{M_n}$	= $h_K$	= $\Delta h_K$
Januar	485 m	+ 2 m	1163 m	+ 2 m
Februar	484	+ 3	1168	— 3
März	484	+ 3	1170	— 5
April	474	+ 13	1171	— 6
Mai	473	+ 14	1170	— 5
Juni	467	+ 20	1178	— 13
Juli	467	+ 20	1174	— 9
August	470	+ 17	1166	— 2
September	503	— 16	1165	0
Oktober	509	— 22	1151	+ 14
November	514	— 27	1157	+ 8
Dezember	505	— 18	1159	+ 6
Mittel und mittlere Abw.	487	± 17	1165	± 8

Bemerkungen zu Tabelle 23. Kibwezi<sup>1)</sup>. Die meteorologischen Elemente sind aus dem Report of the British Association for the advancement of science 1898 entnommen. Sie sind 1897 beobachtet, Luftdruck und Dunstdruck sind nach der Formel  $\frac{1}{3}(7a + 2p + 9p)$  berechnet, die Temperatur nach  $\frac{1}{4}(7a + 2p + 2 \times 9p)$ . Als Küstenstationen dienten Mombasa, Lamu und Kismayu, auf denen jedoch nur um 9a beobachtet ist. Die Reduktionen auf das Monatsmittel sind mittels der von Maurer mitgeteilten täglichen Perioden von Daressalam ausgeführt, wobei für einige Monate die Amplitude der täglichen Luftdruck-Schwankung etwas größer angenommen wurde, wie die Beobachtungen von Mombasa aus früheren Jahrgängen, die um 10a und 4p angestellt sind, es andeuten. Das Mittel der geogr. Breiten der drei Küstenstationen ist gleich der Breite von Kibwezi.

Marangu, wissenschaftliche Station. Die Mittelwerte von Luftdruck und Lufttemperatur sind aus den Mittheilungen von Forschungsreisenden und Gelehrten aus den Deutschen Schutzgebieten Bd. IX, 1896 entnommen. Der Luftdruck und Dunstdruck ist aus  $\frac{1}{3}(7a + 2p + 9p)$ , die Temperatur aus  $\frac{1}{4}(7a + 2p + 2 \times 9p)$  berechnet. Die Reduktion auf Normalschwere ist in den a. a. O. mitgeteilten Zahlen bereits enthalten. Die Beobachtungen umfassen die Zeit von Juli 1893 bis Dezember 1894. Gleichzeitige Beobachtungen von der Küste liegen nur aus Bagamojo vor, deren Mittelwerte aus Maurer: Meteorologische Beobachtungen aus Deutsch-Ostafrika, Mittheilungen a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XVI, 1903 entnommen sind. Sie sind nach denselben Formeln gebildet, wie die Werte von Marangu. Eine Reduktion des Luftdrucks auf die Breite von Marangu hat nicht stattgefunden, da die Beobachtungen in Marangu nicht zuverlässig sind (vergl. a. a. O.). Von der Höhenstation Kwei sind aus diesen Jahren keine Beobachtungen vorhanden. Daher wurden die aus dem ganzen Material von Maurer (a. a. O. S. 72) gebildeten Mittelwerte benutzt und die Höhen durch eine einfache Kurve ausgeglichen, weil die Beobachtungen aus verschiedenen Jahren herrühren.

Kilossa. Die Mittelwerte der meteorologischen Elemente sind nach Maurer (a. a. O.) angenommen und daher nach den bei Marangu zitierten Formeln berechnet. Das Beobachtungsjahr ist 1897. In Kwei sind im März und April dieses Jahres schon oben lokale Störungen konstatiert worden (vergl. S. 65), die über 10m betragen. Der Höhenunterschied Kwei—Kilossa wurde deswegen in diesen beiden Monaten nach Tabelle 9 (S. 59) korrigiert.

Namirembe<sup>1)</sup>. Die Beobachtungen sind dem Report of the British Association for the advancement of science 1894 entnommen und gehen von März 1893 bis Januar 1894. Zur Messung des Luftdrucks diente ein Aneroid, dessen Korrekturen nicht bekannt sind; indessen läßt der Umstand, daß der Luftdruck im Januar 1894 nahezu gleich dem vom März 1893 ist, darauf schließen, daß die Korrektur konstant geblieben ist. Infolgedessen wird die berechnete Höhe wahrscheinlich noch einer

1) Über die Lage dieser Station siehe Bemerkungen zu Tabelle 22 (S. 88).

Korrektion bedürfen, ihre Periode aber, auf die es hier in erster Linie ankommt, sich nahezu richtig ergeben. Die Ablesungen sind um  $8\frac{1}{4}$  gemacht und mußten daher noch mit Hilfe des in Tabora am Barographen beobachteten täglichen Ganges auf Monatsmittel reduziert werden. Die Korrekturen des Thermometers sind ebenfalls nicht bekannt, das Monatsmittel ist nach  $t = \frac{1}{2}(\max + \min)$  berechnet; es scheint aber in den meisten Monaten viel zu klein zu sein, wie ein Vergleich mit den in Bukoba beobachteten Temperaturen ergibt. Es entsteht hierdurch ein weiteres Moment der Unsicherheit. Der Dunstdruck ist gleich den Mittelwerten der entsprechenden Monate in Bukoba gesetzt. Von der Küste sind aus demselben Zeitraum nur Beobachtungen aus Bagamojo bekannt. Sie wurden wegen des starken Breitenunterschiedes mit Hilfe des „Atlas des Indischen Ozeans“ der Deutschen Seewarte auf die Breite von Namirembe ( $0^\circ$ ) reduziert. Die Luftdruckwerte stimmen mit den in einem anderen Jahr in Kismayu (Breite  $0^\circ 4' S.$ ) beobachteten gut überein und wurden daher beibehalten. Die Temperaturen fielen aber sehr viel niedriger aus, als die in Kismayu beobachteten, daher wurden die in Tab. 22 (S. 88) gegebenen Mitteltemperaturen dieses Ortes als diejenigen der unteren Basisstation angenommen. Der Dunstdruck wurde gleich dem von Lamu gesetzt. Da von der oberen Basisstation Kwei aus dem Jahre 1893 keine Beobachtungen vorhanden sind, wurde dafür das Mittel aller vorhandenen Jahre benutzt.

Lofoi. Die Mittelwerte von Luftdruck und Temperatur sind aus Lemaire M. s. 16 entnommen. Der Dunstdruck wurde nach der Hannschen Formel (s. S. 49) aus demjenigen von Tabora berechnet. Das Beobachtungsjahr ist 1899. Wie die Mittelwerte gefunden sind, ist nicht bekannt. Diejenigen der Basisstation Lindi, Rosahöhe sind nach Maurer (a. a. O.) angenommen.

Langenburg. Der Luftdruck ist nach den Beobachtungen des Bezirksamtsschreibers Herrn Kleemann aus  $\frac{1}{3}(7a + 2p + 9p)$  berechnet, doch sind einige Monate wegen geringer Anzahl der Beobachtungen recht unsicher, die Beobachtungszeit ist Juni 1898 bis Juni 1899. (Von mir mitgeteilt in den Mitt. a. d. Deutsch. Schutzgeb. Bd. XVI, S. 201, 1903). Als Lufttemperatur ist diejenige von Ikombe genommen, das nur wenige Kilometer von Langenburg entfernt unter genau denselben klimatischen Bedingungen liegt. Die Beobachtungen bei Maurer (a. a. O.) gehen jedoch nur bis November 1898. Für die übrigen Monate wurde das aus früheren Beobachtungen abgeleitete Mittel der Temperaturen in Ikombe verwendet. Für den Dunstdruck gilt das gleiche. Als Basisstationen wurden Lindi, Rosahöhe und Mohorro nach Maurer (a. a. O.) genommen und aus den Resultaten das Mittel gebildet. Die in der Tabelle angegebenen Höhen beziehen sich bereits auf den Spiegel des Njassa-Sees, der 4 m unter dem Stationsbarometer liegt.

Fort Johnston. Die Elemente sind für 1898 aus dem Report of the British Association for the advancement of science 1899 (Dover) entnommen und nach  $\frac{1}{3}(7a + 2p + 9p)$  gemittelt. Die Barometerangaben müssen, wie ein Vergleich mit den gleichzeitigen Beobachtungen in Langenburg ergibt, bereits

auf  $0^\circ$  reduziert sein, obwohl im Report die Bemerkung „as read“ steht. Auch im Report von 1901 sind Barometerablesungen von Fort Johnston aus dem Jahre 1898 abgedruckt, die aber von denen des Reports von 1899 stark abweichen, und tatsächlich nicht auf  $0^\circ$  reduziert zu sein scheinen. Aus dem Report von 1901 sind außerdem Beobachtungen von Januar bis März 1899 und Oktober bis Dezember 1900 entnommen. Diejenigen von Januar bis Juni 1900 weichen so stark ab, daß ein grober Fehler darin zu sein scheint, sie wurden deshalb ausgeschlossen. Für diejenigen Monate, in denen gleichzeitige Beobachtungen in Lindi fehlen, wurde das Gesamtmittel der in Lindi, Stadt und Lindi, Rosahöhe gemachten Beobachtungen nach Maurer (a. a. O.) angesetzt. Eine Korrektur wegen Änderung des Barometerstandes mit der Breite ist nicht angebracht. Die in der Tabelle angegebenen Höhenunterschiede beziehen sich schon auf den Njassa-Spiegel, der nach meiner Erinnerung etwa 7m unter dem Barometer in Fort Johnston anzunehmen ist.

25. Die Temperatur- und Isobaren-Korrekturen dieser Stationen und die Beziehungen zwischen Isobaren-Korrekturen und Temperatur-Anomalien.

Für jede der neu hinzugekommenen Stationen wurden dann in derselben Weise, wie für Tabora und Udjidji, die Gleichungen ( $E$ ) (s. S. 82) aufgestellt und auf die Form ( $E^*$ ) gebracht. Dazu war die Kenntnis des Verhältnisses der Temperatur-Reduktionen  $(\theta - t)_{m_n}^y$  zu  $(\theta - t)_x^y$  nötig, das wieder gleich dem Verhältnis der jährlichen Amplituden angenommen wurde, und wofür sich die in Tabelle 24 enthaltenen Werte ergaben.

Tabelle 24. Verhältnis der Temperatur-Reduktionen  $\frac{(\theta - t)_x^y}{(\theta - t)_{m_n}^y}$ .

Kibwezi	$(\theta - t)_x^y = 1.08 (\theta - t)_{m_n}^y$
Marangu	0.87
Kilossa	1.04
Namirembe	1.54
Lofoi	1.11
Langenburg	1.15
Fort Johnston	1.05.

Die Auflösung der Gleichungssysteme ( $E^*$ ) lieferte dann folgende Formeln für  $(\theta - t)_{m_n}^y$  und  $(\beta - b)_{m_n}^y$ .

(E**)	}	für Kibwezi	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.173 \Delta h_{mn} + 0.176 \Delta h_x$	
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.041$	- 0.046
		„ Marangu	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.182$	+ 0.170
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.002$	- 0.080
		„ Kilossa	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.172$	+ 0.175
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.061$	- 0.025
		„ Namirembe	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.150$	+ 0.165
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.035$	- 0.058
		„ Lofoi	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.176$	+ 0.178
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.042$	- 0.045
		„ Langenburg	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.167$	+ 0.170
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.066$	- 0.020
		„ Fort Johnston	$(\theta - t)_{mn}^j = +0.179$	+ 0.182
			$(\beta - b)_{mn}^j = +0.065$	- 0.022.

Nach diesen Gleichungen wurden die Werte von  $(\theta - t)_{mn}^j$  und  $(\beta - b)_{mn}^j$  für alle Stationen und alle Monate einzeln berechnet und in Tabelle 25 in den

Tabelle 25. Unterschiede der barometrischen und der beobachteten Temperaturen und Luftdruck-Gradienten.

Monat	Kibwezi					Marangu				
	$(\theta - t)_{mn}^j$	$(\beta - b)_{mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta - b)_{mn}^j$ Rechn.	$v$ = R - B	$(\theta - t)_{mn}^j$	$(\beta - b)_{mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta - b)_{mn}^j$ Rechn.	$v$ = R - B
		mm		mm	mm		mm		mm	mm
Januar	- 0 <sup>95</sup>	0.0	+ 0 <sup>95</sup>	- 0.2	- 0.2	- 1 <sup>97</sup>	- 0.3	+ 1 <sup>0</sup>	- 0.2	+ 0.1
Februar	- 2.3	+ 0.3	+ 1	- 0.4	- 0.7	- 3.1	0.0	+ 1	- 0.2	- 0.2
März	- 2.3	[+ 1.9]	+ 1	- 0.4	[- 2.3]	- 1.2	+ 0.3	+ 1	- 0.2	- 0.5
April	- 1.5	+ 0.2	- 1	+ 0.2	0.0	- 1.6	+ 0.5	0	+ 0.1	- 0.4
Mai	- 0.3	+ 0.2	- 1	+ 0.2	0.0	0.0	+ 0.3	- 1	+ 0.4	+ 0.1
Juni	+ 1.6	+ 0.2	- 1	+ 0.2	0.0	+ 1.6	+ 0.1	- 0.5	+ 0.2	+ 0.1
Juli	+ 1.9	- 0.2	0	- 0.1	+ 0.1	+ 2.0	- 0.1	0	+ 0.1	+ 0.2
August	+ 1.8	- 1.0	+ 1	- 0.4	+ 0.6	+ 2.0	- 0.2	+ 1	- 0.2	0.0
September	+ 1.3	- 0.8	+ 1	- 0.4	+ 0.4	+ 0.6	- 0.3	+ 1	- 0.2	+ 0.1
Oktober	+ 1.8	- 0.5	+ 1.5	- 0.5	0.0	+ 0.9	- 0.3	+ 1.5	- 0.3	0.0
November	- 0.5	- 0.4	+ 1	- 0.4	0.0	- 1.8	- 0.4	+ 1.5	- 0.3	+ 0.1
Dezember	+ 0.1	- 0.2	+ 1	- 0.4	- 0.2	- 1.2	- 0.4	+ 1.5	- 0.3	+ 0.1
Quadrat-Summe		2.3			1.2		1.1			0.5

Monat	Kilossa					Namirembe				
	$(\theta-t)_{Mn}^j$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Rechn.	$v$ $=R-B$	$(\theta-t)_{Mn}^j$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Rechn.	$v$ $=R-B$
		mm		mm	mm		mm		mm	mm
Januar	+ 0°5	- 0.2	+ 1°	0.0	+ 0.2	- 0°1	+ 0.8	0°	+ 1.4	+ 0.6
Februar	- 1.2	+ 0.1	+ 1	0.0	- 0.1	- 1.4	+ 1.8	0	+ 1.4	- 0.4
März	- 0.4	+ 0.4	+ 1	0.0	- 0.4	- 1.7	+ 1.8	0	+ 1.4	- 0.4
April	+ 0.8	+ 0.6	+ 0.5	+ 0.2	- 0.4	- 0.4	+ 0.7	+ 0.5	+ 1.0	+ 0.3
Mai	- 0.6	+ 0.6	- 0.5	+ 0.6	0.0	+ 0.5	- 0.4	+ 2	- 0.1	+ 0.3
Juni	+ 1.6	+ 0.7	- 1	+ 0.8	+ 0.1	+ 1.7	- 1.4	+ 4	- 1.6	- 0.2
Juli	+ 1.8	0.0	0	+ 0.4	+ 0.4	+ 2.3	- 1.5	+ 4	- 1.6	- 0.1
August	+ 1.9	- 0.1	+ 1	0.0	+ 0.1	0.0	- 2.3	+ 5	- 2.3	0.0
September	+ 1.2	- 0.3	+ 2	- 0.4	- 0.1	+ 1.7	- 1.6	+ 4	- 1.6	0.0
Oktober	+ 0.7	- 0.4	+ 2.5	- 0.6	- 0.2	+ 0.8	- 1.0	+ 3	- 0.8	+ 0.2
November	- 0.2	- 0.8	+ 2.5	- 0.6	+ 0.2	- 2.1	+ 1.5	0	+ 1.4	- 0.1
Dezember	- 0.8	- 0.8	+ 2	- 0.4	+ 0.4	- 1.1	+ 1.7	0	+ 1.4	- 0.3
Quadrat-Summe		3.0			0.8		26.0			1.0

Monat	Tabora					Udjidji				
	$(\theta-t)_{Mn}^j$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Rechn.	$v$ $=R-B$	$(\theta-t)_{Mn}^j$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{Mn}^j$ Rechn.	$v$ $=R-B$
		mm		mm	mm		mm		mm	mm
Januar	+ 0°8	+ 0.6	+ 1°	+ 1.0	+ 0.4	+ 0°7	+ 1.3	0°	+ 1.4	+ 0.1
Februar	+ 1.6	+ 1.6	+ 1	+ 1.0	- 0.6	+ 0.8	+ 1.5	0	+ 1.4	- 0.1
März	- 0.7	+ 1.6	+ 1	+ 1.0	- 0.6	+ 0.1	+ 1.2	+ 1	+ 0.9	- 0.3
April	+ 0.5	+ 0.7	+ 1.5	+ 0.7	0.0	- 0.6	+ 0.9	+ 2	+ 0.4	- 0.5
Mai	+ 1.5	0.0	+ 2	+ 0.5	+ 0.5	- 1.1	+ 0.2	+ 2.5	+ 0.2	0.0
Juni	+ 0.7	- 0.5	+ 3	- 0.1	+ 0.4	- 0.9	- 0.4	+ 3.5	- 0.3	+ 0.1
Juli	+ 0.3	- 0.3	+ 3	- 0.1	+ 0.2	+ 0.2	- 1.1	+ 5	- 1.1	0.0
August	0.0	- 0.8	+ 4.5	- 0.9	- 0.1	+ 0.3	- 1.8	+ 6.5	- 1.8	0.0
September	- 2.0	- 1.4	+ 6.	- 1.6	- 0.2	- 0.3	- 1.5	+ 6	- 1.6	- 0.1
Oktober	- 1.8	- 1.3	+ 5.5	- 1.4	- 0.1	- 0.5	- 1.2	+ 5	- 1.1	+ 0.1
November	- 1.7	- 0.2	+ 3.5	- 0.3	- 0.1	+ 0.9	+ 0.1	+ 2	+ 0.4	+ 0.3
Dezember	0.0	+ 0.3	+ 2	+ 0.5	+ 0.2	+ 0.3	+ 0.8	+ 0.5	+ 1.2	+ 0.4
Quadrat-Summe		10.7			1.4		15.2			0.6

Monat	Lofoi					Langenburg				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	$(\theta-t)_{M_n}^j$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Rechn.	$v$ =R-B	$(\theta-t)_{M_n}^j$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Rechn.	$v$ =R-B
		mm		mm	mm		mm		mm	mm
Januar						-1 <sup>0</sup>	-0.4	+1 <sup>0</sup>	+0.3	+0.7
Februar						-1.8	-0.1	+1	+0.3	+0.4
März	+0 <sup>8</sup>	+1.9	0 <sup>0</sup>	+2.0	+0.1	-2.3	+0.1	+1	+0.3	+0.2
April	+1.2	+1.8	+1	+1.3	-0.5	-0.7	+0.8	+0.5	+0.5	-0.3
Mai	+3.8	+2.2	+1.5	+1.0	-1.2	+2.2	+0.9	0	+0.8	-0.1
Juni	-0.2	-0.1	+2	+0.6	+0.7	+1.7	+0.9	-0.5	+1.1	+0.2
Juli	-0.3	-1.6	+3	-0.1	+1.5	+1.9	+1.2	0	+0.8	-0.4
August	-1.3	-1.3	+4	-0.8	+0.5	+1.6	+1.3	+1	+0.3	-1.0
September	-3.6	-2.2	+7	-2.8	-0.6	-0.6	+0.4	+2	-0.3	-0.7
Oktober	-0.9	-1.2	+4.5	-1.1	+0.1	-1.8	-2.2	+5	-2.1	+0.1
November						-1.2	-2.1	+4	-1.5	+0.6
Dezember						-0.4	-0.9	+2	-0.3	+0.6
Quadrat-Summe		21.8			5.0		15.8			3.2

Monat	Fort Johnston				
	1	2	3	4	5
	$(\theta-t)_{M_n}^j$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Beob.	$\Delta t$	$(\beta-b)_{M_n}^j$ Rechn.	$v$ =R-B
		mm		mm	mm
Januar	+0 <sup>7</sup>	+0.1	+1 <sup>0</sup>	0.0	-0.1
Februar	0.0	+0.2	+1	0.0	-0.2
März	-0.4	+0.3	+1	0.0	-0.3
April	+1.2	+0.9	-0.5	+0.9	0.0
Mai	+1.6	+1.0	-1	+1.2	+0.2
Juni	+1.3	+1.6	-2	+1.8	+0.2
Juli	+1.8	+1.5	-1	+1.2	-0.3
August	+2.7	+1.1	-0.5	+0.9	-0.2
September	-2.7	-1.0	+2	-0.6	+0.4
Oktober	-1.5	-1.7	+4.5	-2.1	-0.4
November	-3.5	-1.9	+4	-1.8	+0.1
Dezember	-2.1	-1.3	+2	-0.6	+0.7
Quadrat-Summe		17.2			1.2

Spalten 1 und 2 zusammengestellt. Die Resultate würden sich in Bezug auf die allein wichtige Unbekannte  $(\beta - b)_{m_n}^j$  nur unwesentlich geändert haben, wenn für das Verhältnis von  $(\theta - t)_k^j$  zu  $(\theta - t)_{m_n}^j$  andere in der Nähe von 1 liegende Werte angenommen worden wären, während die andere Unbekannte  $(\theta - t)_{m_n}^j$  auf die Höhe nur einen verschwindenden Einfluß hat, wie in Kap. 32 gezeigt werden wird. Es ist daher unwesentlich, welche Annahme über das Verhältnis  $\frac{(\theta - t)_k^j}{(\theta - t)_{m_n}^j}$  gemacht wird. In der Spalte 3 der Tabelle 25 stehen zum Vergleich die aus den Kärtchen der Temperatur-Anomalien in Fig. 23 (Taf. IX) entnommenen Temperaturunterschiede  $\Delta t$  der Stationen gegen die auf den Küstenbeobachtungen beruhenden Normal-Temperaturen auf halbe Grade abgerundet.

Aus dieser Tabelle und noch augenfälliger aus der graphischen Darstellung in Figur 24 (Taf. X) ergibt sich für alle 9 Stationen die Parallelität der jährlichen Perioden der Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_{m_n}^j$  und der relativen Temperatur-Anomalien  $\Delta t$ , die wir oben bereits für die Stationen Tabora und Udjidji vermutet hatten. Erstere sind in Fig. 24 schwarz, letztere rot gezeichnet.

Da wir bei Ableitung der Luftdruck-Gradienten von den Abweichungen der barometrischen Höhen von ihrem Jahresmittel ausgegangen sind, so ist auch das Jahresmittel der  $(\beta - b)_{m_n}^j$  der Nullpunkt, von dem aus diese Größen gezählt sind. Da es nun vollkommen unbekannt, und sogar unwahrscheinlich ist (s. S. 84), daß das Jahresmittel der  $(\beta - b)_{m_n}^j$  gleich Null ist, so muß man zu den Werten von  $(\beta - b)_{m_n}^j$  in Spalte 2 einer jeden Station eine Konstante addieren, um die wahren Gradienten zu erhalten. Dies würde einer Parallelverschiebung der Kurven der Luftdruck-Gradienten in Fig. 24 nach oben oder nach unten entsprechen.

Zur Bestimmung dieser Konstanten dient der Satz von Teisserenc de Bort, daß die Luftdruck-Gradienten den Temperatur-Anomalien proportional sind. Um diesem Satze zu genügen, müssen die Kurven der Luftdruck-Gradienten (schwarz in Fig. 24) parallel zu sich nach oben oder unten so verschoben werden, daß sie mit den Kurven der Temperatur-Anomalien (rot) zusammenfallen. Bei der Gleichheit der Perioden der beiden Kurven ist dies im großen und ganzen möglich. Der Betrag, um den die schwarze Kurve verschoben werden muß, ist die gesuchte Konstante, und da die Kurven nach der Verschiebung zusammenfallen, ist die von Teisserenc de Bort geforderte Proportionalität alsdann vorhanden.

Rechnerisch läßt sich dies folgendermaßen darstellen.

Nennt man die Konstante, um die die Kurve der Luftdruck-Gradienten verschoben werden muß,  $c$  und den Proportionalitätsfaktor zwischen den wahren Luftdruck-Gradienten und den Temperatur-Anomalien  $x$ , so muß sein:

$$(F) \quad x \cdot \Delta t = (\beta - b)_{m_n}^j + c.$$

Jeder Monat liefert eine solche Gleichung, aus denen  $c$  und  $x$  für jede Station nach dem Rechenschema der M. d. kl. Qu. hergeleitet wurden. Die Resultate sind in Tabelle 26 (s. S. 100) zusammengestellt worden.

Die Darstellung der Luftdruck-Gradienten durch Gleichung (F) und die Konstanten der Tabelle 26 findet man in Tabelle 21 in der Spalte 4 als  $(\beta - b)_{m_n}^j$  Rechn. Daneben auch den Unterschied  $v$  zwischen diesen berechneten  $(\beta - b)_{m_n}^j$  und den aus den Beobachtungen hervorgegangenen der Spalte 2. Die große Verbesserung, die durch Annahme der Proportionalität zwischen  $(\beta - b)_{m_n}^j + c$  und

Tabelle 26. Die wahrscheinlichsten Werte der Größen  $c$  und  $x$ .

Station	$c$	$x$
Kibwezi	+ 0.1 mm	- 0.29 mm
Marangu	- 0.1	- 0.32
Kilossa	- 0.4	- 0.39
Namirembe	- 1.4	- 0.73
Tabora	- 1.5	- 0.52
Udjidji	- 1.4	- 0.50
Lofoi	- 2.0	- 0.69
Langenburg	- 0.8	- 0.58
Fort Johnston	- 0.6	- 0.59

$\Delta z$ , d. h. durch Gleichung (F) erzielt worden ist, findet ihren zahlenmäßigen Ausdruck in den in Tabelle 21 stehenden Quadratsummen. Läßt man nämlich diese Proportionalität nicht gelten, so sind die beobachteten  $(\beta - b)_{m_n}^j$  als die Fehler der Luftdruck-Messungen anzusehen; ihre Quadratsummen stehen in der letzten Zeile der Spalte 2. Andernfalls sind die  $v$  diese Fehler, deren Quadratsummen (in Spalte 5) sehr viel kleiner sind. Die Gesamtsummen der Fehlerquadrate sind:

$$[(\beta - b)_{m_n}^j \cdot (\beta - b)_{m_n}^j] = 113.1 \quad [vv] = 14.9.$$

Durch die Annahme der Proportionalität geht also die Fehlerquadratsumme auf beinahe  $\frac{1}{8}$  ihres früheren Wertes zurück, ferner ist im Verlaufe der übrigbleibenden Fehler  $v$  keine Gesetzmäßigkeit mehr vorhanden, die in den  $(\beta - b)_{m_n}^j$  so deutlich ausgeprägt ist.

Nach dem Satze von Teisserenc de Bort sind die Werte  $(\beta - b)_{m_n}^j + c$  die wahren Luftdruck-Gradienten und  $c$  ist der gesuchte Gradient des Jahresmittels. Man kann indessen zweifeln, ob es erlaubt ist diesen Satz, der aus den Verhältnissen großer Flächenräume abgeleitet ist, auf die jährliche Periode der Luftdruck-Gradienten an einer und derselben Station anzuwenden. Hier tritt die Hypothese in die vorliegende Theorie der barometrischen Höhenmessung in Ost-Afrika ein. Der vollständig parallele Verlauf der durch die Beobachtung zweifelsfrei festgestellten Perioden der Luftdruck-Gradienten und Temperatur-Anomalien, den die Kurven der Figur 24 ad oculos demonstrieren, und die enorme Herabdrückung der Fehlerquadratsumme scheint mir indessen die Erweiterung des Satzes von Teisserenc de Bort genügend zu rechtfertigen.

Wollte man annehmen, daß die  $(\beta - b)_{m_n}^j + c$  nicht die wahren Gradienten sind, so müßten diese letzteren wegen der durch die Beobachtungen nachgewiesenen Parallelität der Perioden die Form  $x \cdot \Delta t + C$  haben, wo  $C$  eine unbekannte Konstante ist. Sie müßten daher aus einem mit  $\Delta t$  proportionalen Gradienten und einem das ganze Jahr hindurch konstanten Gradienten  $C$  zusammengesetzt sein, der auch vorhanden wäre, wenn  $\Delta t = 0$ , also der bisher allein bekannte Grund zur Bildung von Luftdruck-Gradienten nicht vorhanden ist. Da also ein solcher konstanter Gradient neben einem periodischen nach den geltenden Anschauungen über die Physik der Atmosphäre nicht möglich ist, so möchte ich die Hypothese, daß der Satz von Teisserenc de Bort in Ost-Afrika auch auf die jährlichen Perioden der Luftdruck-Gradienten und Temperatur-Anomalien ausgedehnt werden kann, als zutreffend ansehen und somit die Werte  $(\beta - b)_{m_n}^j + c$  als die wahren Luftdruck-Gradienten betrachten.

So hat uns der Satz von Teisserenc de Bort zur Berechnung des Jahresmittels der Gradienten verholphen, und er hat dadurch selbst eine Illustration erfahren, die uns berechtigt, den von Teisserenc gebrauchten Ausdruck „gewisse Proportionalität“ für Ost-Afrika und die jährlichen Perioden in „strenge Proportionalität“ zu verwandeln.

Zweifelhaft bleiben noch die Werte von  $\Delta t$ , da sie von dem Faktor der Temperaturabnahme mit der Höhe abhängig sind, der von dem oben angenommenen Wert  $0.5^\circ$  auf 100 m etwas abweichen könnte. Wir kommen darauf in dem Kap. 28 noch zurück.

Die in den Kärtchen in Fig. 23 gezeichneten Isanomalien können dazu dienen, für jeden Ort in Ost-Afrika und jeden Monat die wahre Isobaren-Korrektur zu bestimmen, da nach dem vorigen

$$(F^*) \quad \text{wahres } (\beta - b)_{m_n}^j = x \cdot \Delta t$$

ist. Dazu ist also außerdem die Kenntnis des Faktors  $x$  erforderlich, der nach Tabelle 26 für die verschiedenen Stationen recht verschiedene Werte annehmen kann. Da jedoch die räumlich näher zusammenliegenden Stationen Gruppen gleicher Werte von  $x$  bilden, wie Kibwezi, Marangu und Kilossa, wie Tabora und Udjidji und wie Langenburg und Fort Johnston, so kann man  $x$  wenigstens für größere Gebiete als konstant ansehen. Deshalb habe ich in Fig. 25 (Tafel IX u. XI) den Versuch gemacht, diesen Faktor in der Karte durch Linien gleicher Werte von  $x$  zur graphischen Darstellung zu bringen.

Eine etwas bessere Übereinstimmung der Werte von  $x$  würde sich möglicherweise auch ergeben, wenn die Luftdruck-Differenzen zwischen Kwei und der Küste berücksichtigt würden. Nach den Kärtchen in Fig. 23 sind sie zwar gering, aber gerade bei den Stationen Kibwezi, Marangu und Kilossa mit geringer Amplitude der jährlichen Periode dürften sie doch einen merkbaren Einfluß ausüben. Eigentlich müßten die sämtlichen Rechnungen nun wiederholt werden, nachdem die Barometerstände von Kwei entsprechend den Temperatur-Anomalien in Fig. 23 von der Neigung der Schichten gleichen Drucks befreit

worden wären. Da das Jahresmittel der barometrischen Höhe von Kwei selbst und auch der anderen Stationen sich dadurch aber nur unwesentlich ändern würde (etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 m), so habe ich auf diese weitere Rechnung verzichtet und bin bei der ersten Näherung stehen geblieben.

Um die Entnahme der Isobaren-Korrekturen für einzelne Beobachtungen zu erleichtern und die in der Gleichung (F\*) angegebene Multiplikation zu ersparen, habe ich diese Korrekturen für eine große Anzahl gleichmäßig über das Gebiet verteilter Punkte berechnet, in Karten eingetragen und die Orte, an denen sie gleiche Werte aufwiesen, durch Linien verbunden. So entstanden die in Fig. 26 (Tafel XI) enthaltenen Monatskärtchen der Linien gleicher Isobaren-Korrekturen oder gleicher Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)_{m_n}^j$ . Der Verlauf dieser in roter Farbe gezeichneten Linien ist außerhalb des von den Beobachtungsstationen eingeschlossenen Gebiets und besonders in der Nordwestecke der Kolonie um den Kiwu-See herum indessen recht unsicher<sup>1)</sup>.

## 26. Die jährlichen Perioden der Temperatur-Reduktionen und der barometrischen Temperaturen.

### Verbesserte barometrische Höhen.

Die Konstante  $c$  aus Tabelle 26 gibt die Größe der Parallelverschiebung der Kurve  $(\beta - b)_{m_n}^j$  an und daraus könnte man leicht die Höhe berechnen, die  $\Delta t = 0$  entspricht, also vom Isobarenfehler frei ist. Statt dessen habe ich es vorgezogen, diese Höhe aus jedem Monat einzeln zu berechnen, um über die Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten ein Urteil zu gewinnen. An die barometrischen Höhen  $h$  (Spalte 2 der Tabelle 20 und Spalte 1 der Tabelle 23) der einzelnen Monate sind daher die Isobaren-Korrekturen von der Form

$$B' \cdot x \cdot \Delta t$$

anzubringen, wo  $B'$  den Faktor von  $(\beta - b)_{m_n}^j$  in den auf die betreffende Station bezüglichen Gleichungen (E\*) bedeutet.

Um aber die zufälligen Fehler der Höhe zu erhalten, muß auch noch der regelmäßige Teil von  $(\theta - t)_{m_n}^j$  in Abzug gebracht werden. Dazu wurden die Perioden von  $(\theta - t)_{m_n}^j$  auf graphischem Wege (s. Fig. 27, Taf. XII) aus den in Tabelle 25 mitgeteilten Einzelwerten abgeleitet. Diese Figur lehrt durch die Regelmäßigkeit der Perioden und die gruppenweise Übereinstimmung, daß die

1) Beim Vergleich der Linien gleicher Temperatur-Anomalien in Fig. 23 mit den Linien gleicher Luftdruck-Gradienten in Fig. 26 fällt in die Augen, daß die Luftdruck-Minima und Maxima gegenüber den Gebieten größten und kleinsten Temperaturüberschusses, die eigentlich zusammenfallen sollten, infolge der verschiedenen Werte von  $x$  etwas nach Nordwesten oder Südwesten hin, je nach der Jahreszeit, verschoben sind. Die Erscheinung ist dieselbe, wie sie in größerem Maßstabe H. Wild für Sibirien nachgewiesen hat. (Über die Beziehungen zwischen Isobaren und Isanomalen. Bull. d. Petersburger Akademie. T. XI). Vielleicht läßt sich diese Übereinstimmung als eine weitere Stütze für meine Hypothese ansehen.

$(\theta - t)_{m_n}^j$  nicht zufällige Werte sind, sondern solche, die im Laufe des Jahres sich gesetzmäßig ändern. Damit ist auch die Berechtigung erwiesen, den Einfluß des periodischen Teils der Werte  $(\theta - t)_{m_n}^j$  bei Berechnung der Höhen zu berücksichtigen. Die Übereinstimmung der Perioden in den Gruppen Kibwezi, Marangu, Kilossa, Namirembe und Langenburg einerseits und Tabora und Lofoi, wo die Periode etwas nach dem Jahresanfang zu verschoben erscheint, andererseits ist auffallend. Fort Johnston liegt zwischen beiden Gruppen, Kwei weicht nur unbedeutend von der ersten Gruppe ab, zu der es auch seiner geographischen Lage nach gehört, und nur Udjidji fällt gänzlich heraus. Es ist dabei aber zu beachten, daß die Beobachtungen in Udjidji nur von Juni bis Dezember reichen und der übrige Teil interpoliert ist.

Die Werte von  $(\theta - t)_{m_n}^j$  sind außerdem in Fig. 26 (Tafel XI) für die einzelnen Monate neben den betreffenden Stationen in roter Farbe eingeschrieben.

Ich habe auch noch die barometrischen Temperaturen  $\theta$  selbst abgeleitet und mit den beobachteten  $t$  zusammen in Fig. 28 (Taf. XIII) graphisch dargestellt. Diese Figur ist daher eine Fortsetzung der früheren Figuren 4 (S. 61) 17 und 19 (Taf. VIII). Bei den meisten Stationen sind die charakteristischen Rühlmannschen Eigenschaften der barometrischen Temperaturen, Verspätung und Abschwächung der Extreme, trotz des weiten Abstandes und des verschiedenen Klimas der Innenstationen und der Basisstationen in Fig. 28 zu erkennen. Bei Kibwezi und Namirembe ist die Verflachung der  $\theta$ -Kurve gegenüber der  $t$ -Kurve sogar so stark, daß sie in die entgegengesetzte Krümmung übergegangen ist. Am deutlichsten treten die charakteristischen Eigenschaften bei den in freier Ebene liegenden Stationen Kilossa, Fort Johnston, Tabora und Lofoi hervor. Wir dürfen darin wohl eine weitere Bestätigung für die Gesetzmäßigkeit der gefundenen Unterschiede  $(\theta - t)_{m_n}^j$  erblicken und können die Kurven von Fig. 27 als die mittleren jährlichen Perioden betrachten, und für die Weiterrechnung benutzen.

Werden die aus den Kurven entnommenen Werte mit  $(\theta - t)^e$  bezeichnet, so muß man zu dem Zweck, die barometrischen Höhen von allen gesetzmäßigen Unterschieden zu befreien, zu diesen Höhen noch eine Temperatur-Korrektion von der Form

$$T' \cdot (\theta - t)^e$$

hinzufügen, wo  $T'$  den Faktor von  $(\theta - t)_{m_n}^j$  der Gleichungen (E\*) bezeichnet.

Die an die barometrischen Höhenunterschiede anzubringende Gesamtkorrektion wird demnach

$$(G) \quad \text{Korr.} = B' \cdot x \cdot \Delta t + T' \cdot (\theta - t)^e,$$

wo  $B'$  und  $T'$  die in Tabelle 27 stehenden Werte haben.

Werden die Korrekturen (G) an die barometrischen Höhen  $h$  der Tabellen 20 und 23 angebracht, so erhält man die in Tabelle 28 aufgenommenen verbesserten barometrischen Höhen  $\mathfrak{H}$  nebst ihren Abweichungen vom arithmetischen Mittel =  $v$  im Sinne  $B-R$ .

Tabelle 27. Faktoren der Gleichung (G).

Höhenunterschied	$B' \cdot x$	$T'$	Höhenunterschied	$B' \cdot x$	$T'$
Kibwezi — { Mombasa Lamu Kismayu	- 3.4	+ 3.0	Tabora—Tanga	- 6.0	+ 4.2
			Kwei—Tabora	+ 5.9	+ 1.7
			Udjidji—Tanga	- 5.8	+ 2.8
Kwei—Kibwezi	+ 3.3	+ 2.7	Kwei—Udjidji	+ 5.6	+ 2.7
Marangu—Bagamojo	- 3.7	+ 5.4	Lofoi—Lindi	- 8.0	+ 2.9
Kwei—Marangu	+ 3.9	+ 0.1	Kwei—Lofoi	+ 7.9	+ 2.7
Kilossa—Daressalam	- 4.6	+ 1.7	Langenburg—{ Mohorro Lindi	- 6.8	+ 1.4
Kwei—Kilossa	+ 4.5	+ 4.1			
Namirembe—Kismayu	- 8.5	+ 4.0	Fort Johnston—Lindi	- 6.9	+ 1.4
Kwei—Namirembe	+ 7.5	+ 2.4	Kwei—Fort Johnston	+ 6.8	+ 4.1

Tabelle 28. Verbesserte barometrische Höhen =  $\xi$ .

Monat	Kibwezi— Mombasa Lamu Kismayu		Kwei—Kibwezi		Marangu—Bagamojo		Kwei—Marangu	
	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied	Abweichung vom Mittel	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied	Abweichung vom Mittel	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied	Abweichung vom Mittel	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied	Abweichung vom Mittel
	= $\xi_{Kib}^{Kib}$	= $v$	= $\xi_{Kib}^{Kib}$	= $v$	= $\xi_{Mar}^{Mar}$	= $v$	= $\xi_{Mar}^{Kib}$	= $v$
Januar	915 m	+ 5 m	735 m	0 m	1574 m	+ 2 m	72 m	+ 1 m
Februar	912	+ 3	743	- 8	79	- 3	75	- 2
März	[894]	[+ 26]	[761]	[- 26]	68	+ 3	73	- 5
April	920	0	736	- 1	77	- 1	75	- 2
Mai	921	- 1	735	0	79	- 3	70	+ 3
Juni	919	+ 1	734	+ 1	77	- 1	70	+ 3
Juli	922	- 2	733	+ 2	78	- 2	70	+ 3
August	928	- 3	729	+ 6	75	+ 1	73	0
September	927	- 7	731	+ 4	80	- 4	72	+ 1
Oktober	918	+ 2	734	+ 1	72	+ 4	73	0
November	923	- 3	737	- 2	82	- 6	73	0
Dezember	919	+ 1	736	- 1	76	0	72	+ 1
Mittel und mittlere Abweich.	920	± 5	735	± 4	1576	± 4	73	± 2

Monat	1 Kilossa—Daressalam		2 Kwei—Kilossa		1 Namirembe—Kismayu		2 Kwei—Namirembe	
	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{Mn}^{Kd}$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{Kd}^K$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{Mn}^Y$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{N}^K$	Abweichung vom Mittel $= v$
Januar	511 m	- 2 m	1186 m	+ 9 m	1178 m	- 1 m	457 m	+ 9 m
Februar	07	+ 2	50	- 5	72	+ 5	70	- 4
März	04	+ 5	50	- 5	75	+ 2	72	- 6
April	02	+ 7	48	- 3	82	- 5	63	+ 3
Mai	08	+ 1	55	- 10	80	- 3	63	+ 3
Juni	07	+ 2	47	- 2	73	+ 4	66	0
Juli	13	- 4	41	+ 4	73	+ 4	65	+ 1
August	10	- 1	42	+ 3	84	- 7	69	- 3
September	10	- 1	45	0	75	+ 2	63	+ 3
Oktober	08	+ 1	47	- 2	77	0	63	+ 3
November	12	- 3	42	+ 3	83	- 6	71	- 5
Dezember	12	- 3	41	+ 4	74	+ 3	69	- 3
Mittel und mittlere Abweich.	509	+ 3	1145	+ 5	1177	+ 4	466	+ 4

Monat	1 Tabora—Tanga		2 Kwei—Tabora		1 Udjidji—Tanga		2 Kwei—Udjidji	
	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{Mn}^T$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{T}^K$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{Mn}^U$	Abweichung vom Mittel $= v$	Verbesserte barometrischer Höhenunterschied $= \mathfrak{S}_{U}^K$	Abweichung vom Mittel $= v$
Januar	1245 m	- 3 m	424 m	+ 5 m	(779 m)	- 1 m	(880 m)	+ 1 m
Februar	31	+ 11	36	- 7	(76)	+ 2	(82)	- 1
März	42	0	40	- 11	(73)	+ 5	(85)	- 4
April	45	- 3	30	- 1	(73)	+ 5	(86)	- 5
Mai	45	- 3	23	+ 6	77	+ 1	82	- 1
Juni	46	- 4	25	+ 4	78	0	80	+ 1
Juli	45	- 3	25	+ 4	75	+ 3	78	+ 3
August	39	+ 3	29	0	76	+ 2	80	+ 1
September	41	+ 1	33	- 4	79	- 1	82	- 1
Oktober	41	+ 1	29	0	81	- 3	82	- 1
November	43	- 1	31	- 2	80	- 2	77	+ 4
Dezember	42	0	28	+ 1	83	- 5	77	+ 4
Mittel und mittlere Abweich.	1242	+ 4	429	+ 5	(778) 779	+ 3	(881) 880	+ 3

Monat	1 Lofoi—Lindi		1 Kwei—Lofoi		1 Langenburg—(Mohorro Lindi)		1 Kwei—Langenburg	
	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{M_n}^L$	Abweichung vom Mittel = $v$	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{L_n}^K$	Abweichung vom Mittel = $v$	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{M_n}^{Lg}$	Abweichung vom Mittel = $v$	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{L_n}^K$	Abweichung vom Mittel = $v$
Januar					488 m	— 7 m	1156 m	+ 9 m
Februar					83	— 2	56	+ 9
März	925 m	— 1 m	739 m	— 1 m	84	— 3	68	— 3
April	17	+ 7	44	— 6	78	+ 3	68	— 3
Mai	00	+ 24	44	— 6	80	+ 1	60	+ 5
Juni	33	— 9	31	+ 7	84	— 3	63	+ 2
Juli	40	— 16	21	+ 17	77	+ 4	67	— 2
August	31	— 7	34	+ 4	68	+ 13	75	— 10
September	24	0	53	— 15	74	+ 7	78	— 13
Oktober	25	— 1	37	+ 1	84	— 3	70	— 5
November					88	— 7	60	+ 5
Dezember					86	— 5	55	+ 10
Mittel und mittlere Abweich.	924	± 12	738	± 10	481	± 6	1165	± 8

Monat	1 Fort Johnston—Lindi		1 Kwei—Fort Johnston	
	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{M_n}^{FJ}$	Abweichung vom Mittel = $v$	Verbessertes barometrischer Höhenunterschied = $\mathfrak{S}_{FJ_n}^K$	Abweichung vom Mittel = $v$
Januar	476 m	+ 4 m	1165 m	+ 6 m
Februar	77	+ 3	74	— 3
März	78	+ 2	80	— 9
April	79	+ 1	73	— 2
Mai	82	— 2	70	+ 1
Juni	83	— 3	72	— 1
Juli	76	+ 4	73	— 2
August	74	+ 6	64	+ 7
September	88	— 8	74	— 3
Oktober	75	+ 5	73	— 2
November	83	— 3	73	— 2
Dezember	88	— 8	63	+ 8
Mittel und mittlere Abweich.	480	± 5	1171	± 5

In Kibwezi wurde der eingeklammerte Monat als offenbar gestört ausgeschlossen.

In Ujdjidi sind die eingeklammerten Monate aus der extrapolierten Höhenkurve abgeleitet, sie wurden daher nur zur Bildung der  $v$  benutzt, während zur Weiterrechnung der nicht eingeklammerte Mittelwert aus den Monaten mit Beobachtungen beibehalten wurde.

Die verbesserten barometrischen Höhen  $\mathfrak{S}$  sind frei vom Isobarenfehler und den periodischen Änderungen von  $(\theta - t)^j$ , sie wären demnach gleich den wahren Höhen, abgesehen von den zufälligen Fehlern, wenn das Jahresmittel der barometrischen Temperatur  $(\theta^m)$  gleich dem der beobachteten und in die Rechnung eingestellten Temperaturen  $(t^m)$  wäre. Dies ist aber nicht der Fall, wie die Differenz zwischen barometrischer und trigonometrischer Höhe von Ssangerawe bewiesen hat, und wovon man sich auch in den jetzt behandelten Fällen überzeugen kann, indem man die Summe der beiden Höhenunterschiede  $\mathfrak{S}_{Mn}^{St} + \mathfrak{S}_{St}^K$  bildet. Diese Summe sollte gleich der Höhe von Kwei sein, ist aber in allen Fällen größer.

## 27. Die wahrscheinlichen und die wahrscheinlichsten Höhen.

Wir hatten diese Erscheinung schon bei Ableitung der Höhen von Ssangerawe und Kwei auf die Abweichung des Jahresmittels der barometrischen Temperaturen  $(\theta^m)$  von dem der beobachteten Temperaturen  $(t^m)$  zurückgeführt und gesetzt (s. S. 70):

$$\theta^m - t^m = f \cdot (273^\circ + t^m).$$

Bezeichnen wir die wahrscheinlichen Höhenunterschiede wiederum mit  $H$ , so wird wie oben

$$(C) \quad H = \mathfrak{S} + T \cdot f \cdot (273^\circ + t^m).$$

Nun ist nach S. 52

$$T = \frac{0.003665 \mathfrak{S}}{1 + 0.003665 t^m} = \frac{\mathfrak{S}}{273^\circ + t^m}$$

also

$$H = \mathfrak{S} + \mathfrak{S} \cdot f.$$

Kennzeichnet man noch die einzelnen Höhenunterschiede durch beigefügte obere und untere Indices, wobei sich  $St$  auf die zu bestimmende Station bezieht, so wird:

$$(C^*) \quad H_{Mn}^{St} = \mathfrak{S}_{Mn}^{St} + \mathfrak{S}_{Mn}^{St} \cdot f_{Mn} \quad \text{und} \quad H_{St}^K = \mathfrak{S}_{St}^K + \mathfrak{S}_{St}^K \cdot f_K.$$

Der durch Einführung der Faktoren  $f$  zu beseitigende Unterschied zwischen den wahren und barometrischen Höhenunterschieden rührt von der zu starken Erwärmung der unteren Luftschichten, unregelmäßiger Temperaturabnahme und vertikalen Luftströmungen her,  $f_{Mn}$  ist der Mittelwert dieser Einflüsse in

den Luftsäulen über der Küstenstation und der Innenstation,  $f_K$  dasselbe für die Luftsäulen über Kwei und derselben Innenstation. Wir wollen zuerst annehmen, daß  $f_K = f_{Mn} = f$  ist, wodurch wir wohl nicht allzu sehr von der Wahrheit abweichen werden, da es sich um Jahresmittel handelt und die Temperaturabnahme von der Küste bis Kwei im Jahresmittel sehr nahe den normalen Wert  $0.5^\circ$  auf 100 m hat. Damit finden wir:

$$H_{Mn}^K = 1634 = (\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K) + f \cdot (\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K)$$

und

$$(C^{**}) \quad f = \frac{1634 - (\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K)}{\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K}.$$

Für die einzelnen Stationen findet man damit die in Tabelle 29 mitgeteilten Werte, unter die auch der früher für Ssangerawe gefundene aufgenommen ist.

Tabelle 29. Werte von  $f$  und ihre Darstellung durch die Formel.

1	2	3	4	5
Station	1634 m $-(\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K)$	$f$	$u$	B-R $v$
Ssangerawe	- 25 m	- 0.0151	- 0.3°	- 8 m
Kibwezi	- 21	- 0.0127	+ 0.8	0
Marangu	- 15	- 0.0091	- 1.4	- 2
Kilossa	- 20	- 0.0121	+ 0.9	+ 1
Namirembe	- 9	- 0.0055	- 0.8	+ 6
Tabora	- 37	- 0.0221	+ 4.3	- 4
Udjidji	- 25	- 0.0151	+ 0.3	- 6
Lofoi	- 28	- 0.0169	+ 4.3	+ 3
Langenburg	- 12	- 0.0073	+ 0.4	+ 6
Fort Johnston	- 17	- 0.0103	+ 0.5	+ 2

In dem Verlauf der  $f$  sprechen sich deutlich die Eigentümlichkeiten der einzelnen Stationen aus. So ist  $f$  in den Plateaustationen Kibwezi und Kilossa größer, als in den mehr Gebirgscharakter tragenden Stationen Marangu und Langenburg, während es auf den schon früher als besonders stark plateauartig erkannten Stationen Tabora und Lofoi noch größere Werte erreicht. In Namirembe dagegen mit der abkühlenden Wirkung des Viktoria-Sees ist  $f$  sehr klein. Nur Ssangerawe und Udjidji fallen aus der Reihe etwas heraus.

Hat man, wie im vorliegenden Falle die Höhenunterschiede der zu bestimmenden Station mit einer Küstenstation und mit Kwei berechnen können, so kann man mittels der Gleichungen (C\*) und (C\*\*)  $f$  und die wahrscheinliche Höhe ermitteln. Dies Verfahren kommt darauf hinaus, daß der Unterschied  $1634 - (\mathfrak{H}_{Mn}^{St} + \mathfrak{H}_{St}^K)$  proportional zu den Höhen verteilt wird. Um nun auch für die Fälle, wo nur eine der Höhen  $\mathfrak{H}_{Mn}^{St}$  oder  $\mathfrak{H}_{St}^K$  bekannt ist, einen möglichst rich-

tigen Wert von  $f$  zu erhalten, habe ich  $f$  als lineare Funktion des Unterschiedes der beobachteten Temperaturen und der mit der normalen Abnahme berechneten darzustellen versucht. Setzt man

$$u = t_{st} - \left( t_{Mn} - 0.5^\circ \frac{\mathfrak{S}_{Mn}^{st}}{100} \right),$$

so habe ich  $f$  durch

$$f = f_0 + f_1 \cdot u$$

ausgedrückt. Die für die einzelnen Stationen im Mittel des Beobachtungs-Zeitraums geltenden  $u$  sind in Spalte 4 der Tabelle 29 enthalten. Die Ausgleichung nach der M. d. kl. Q. ergab

$$f_0 = -0.0107 \pm 0.0011 \quad f_1 = -0.00207 \pm 0.00017.$$

Die Darstellung der gegebenen Größen  $[1634m - (\mathfrak{S}_{Mn}^{st} + \mathfrak{S}_{st}^k)]$  durch diese Konstanten läßt die in Spalte 5 der Tabelle 29 stehenden Fehler  $v$  im Sinne  $B-R$  übrig. Die Summe der Fehlerquadrate wird 206.

Obwohl einige  $v$  noch recht beträchtliche Werte haben, so ist doch nicht zu verkennen, daß die Reduktion einer berechneten Höhe mittels einer der Formeln ( $C^*$ ), in der

$$f = -0.0107 - 0.00207 u$$

gesetzt wird, eine sehr große Verbesserung bedeutet, worauf auch die Kleinheit der mittleren Fehler von  $f_0$  und  $f_1$  hinweist.

Dieses befriedigende Resultat hat mich dazu geführt, einen zweiten Versuch zur Beseitigung der Unterschiede zwischen den verbesserten barometrischen Höhen  $\mathfrak{S}$  und den wahrscheinlichen Höhen  $H$  ohne die Voraussetzung  $f_{Mn} = f_x$  zu machen. Da sich die mittleren Werte  $f$  so gut den Temperaturunterschieden  $u$  anschließen, so durfte ich hoffen, daß auch die  $(\theta - t)^m$  der einzelnen Stationen dies tun würden. Ich setzte daher allgemein unter Fortlassung des oberen Index  $m$ , der überall hinzuzudenken ist,

$$273^\circ + \theta = (l + q_1 \cdot u) \cdot (273^\circ + t),$$

d. h. das Verhältnis der absoluten barometrischen Temperaturen zu den beobachteten absoluten Temperaturen wurde nicht, wie bisher, als konstant, sondern als eine lineare Funktion des Temperatur-Überschusses angenommen.

Mit  $q_0 = l - 1$  folgt daraus

$$\theta - t = (q_0 + q_1 \cdot u) \cdot (273^\circ + t),$$

und für die drei uns interessierenden Fälle erhalten wir

$$(H) \quad \left\{ \begin{array}{l} (\theta - t)_{Mn} = q_0 \cdot (273^\circ + t_{Mn}), \\ (\theta - t)_{st} = q_0 \cdot (273^\circ + t_{st}) + q_1 \cdot u_{st} \cdot (273^\circ + t_{st}), \\ (\theta - t)_x = q_0 \cdot (273^\circ + t_x) + q_1 \cdot u_x \cdot (273^\circ + t_x). \end{array} \right.$$

Benutzen wir diese Ausdrücke zur differenziellen Verbesserung der Höhen, so sind sie in die Gleichung

$$H = \mathfrak{S} + T \cdot \frac{(\theta - t)_u + (\theta - t)_s}{2}$$

einzuführen. Damit ergibt sich:

$$H_{Mn}^{St} = \mathfrak{S}_{Mn}^{St} + T_{Mn}^{St} \cdot q_0 \cdot (273^\circ + t_{Mn}^{St}) + T_{Mn}^{St} \cdot \frac{q_1 \cdot u_{St}}{2} \cdot (273^\circ + t_{St}),$$

$$H_{St}^K = \mathfrak{S}_{St}^K + T_{St}^K \cdot q_0 \cdot (273^\circ + t_{St}^K) + T_{St}^K \cdot q_1 \cdot \frac{u_{St} \cdot (273^\circ + t_{St}) + u_K \cdot (273^\circ + t_K)}{2}$$

Da

$$T_{Mn}^{St} = \frac{\mathfrak{S}_{Mn}^{St}}{273^\circ + t_{Mn}^{St}} \quad \text{und} \quad T_{St}^K = \frac{\mathfrak{S}_{St}^K}{273^\circ + t_{St}^K}$$

ist, so finden wir

$$(J) \quad \begin{cases} H_{Mn}^{St} = \mathfrak{S}_{Mn}^{St} + \mathfrak{S}_{Mn}^{St} \cdot q_0 + \mathfrak{S}_{Mn}^{St} \cdot \frac{u_{St}}{2} \cdot \frac{273^\circ + t_{St}}{273^\circ + t_{Mn}^{St}} \cdot q_1 \\ H_{St}^K = \mathfrak{S}_{St}^K + \mathfrak{S}_{St}^K \cdot q_0 + \mathfrak{S}_{St}^K \cdot \frac{u_{St} \cdot (273^\circ + t_{St}) + u_K \cdot (273^\circ + t_K)}{2 \cdot (273^\circ + t_{St}^K)} \cdot q_1. \end{cases}$$

Da nun wieder  $H_{Mn}^{St} + H_{St}^K = 1634$  m sein muß, so lieferte jede Station eine Gleichung, aus deren Gesamtheit ich in erster Näherung  $q_0$  und  $q_1$  abgeleitet habe. Für die letztere Konstante fand sich

$$q_1 = -0.0043 \pm 0.0011.$$

Da dieser Wert viermal so groß ist, als sein mittlerer Fehler, so ist er reell.

Mit diesem  $q_1$  wurde die Höhe von Kwei sowohl über dem Meeresniveau als auch über Ssangerawe nochmals berechnet. Für Kwei ist  $u_K = -1.3^\circ$ . Die Gleichungen (J) werden damit

$$H_{Mn}^K = 1658 + 1658 q_0 + 5.6,$$

$$H_S^K = 508 + 508 q_0 + 2.0.$$

Aus der trigonometrischen Höhe von Ssangerawe folgt aber

$$H_{Mn}^K - H_S^K = H_{Mn}^S = 1134,$$

woraus

$$q_0 = -0.0170$$

und als endgültiger

wahrscheinlichster Wert der Höhe von Kwei = 1635 m folgt.

Mit dieser Zahl wurde eine zweite Näherung von  $q_0$  und  $q_1$  nach den Gleichungen (J) berechnet, wovon in Tabelle 30 die hauptsächlichsten Daten gegeben sind. Die Koeffizienten von  $q_1$  sind mit  $S_{Mn}^K$  und  $S_{St}^K$  bezeichnet.

Tabelle 30. Zur Berechnung von  $q_0$  und  $q_1$ .

1	2	3	4	5	6	7
Station	1635 m $-(\bar{S}_{Mn}^{St} + \bar{S}_{St}^K)$	$\bar{S}_{Mn}^{St}$	$\bar{S}_{St}^K$	$S_{Mn}^{St}$	$S_{St}^K$	$B-R$ $v$
Ssangerawe	- 24 m	1151 m	508 m	- 171 m	- 455 m	- 7.6 m
Kibwezi	- 20	920	735	+ 366	- 248	- 0.5
Marangu	- 14	1576	73	- 1085	- 106	0.0
Kilossa	- 19	509	1145	+ 228	- 325	- 0.4
Namirembe	- 8	1177	466	- 463	- 534	+ 6.8
Tabora	- 36	1242	429	+ 2658	+ 617	- 3.3
Udjidji	- 24	840 <sup>1)</sup>	819 <sup>1)</sup>	+ 125	- 483	+ 6.5
Lofoi	- 27	924	738	+ 1981	+ 1061	+ 4.7
Langenburg	- 11	485 <sup>1)</sup>	1161 <sup>1)</sup>	+ 96	- 628	+ 5.7
Fort Johnston	- 16	487 <sup>1)</sup>	1164 <sup>1)</sup>	+ 120	- 570	+ 1.1

1) Hier muß die Höhe des Barometers und nicht, wie sonst, des Seespiegels eingesetzt werden.

Die Ausgleichung ergab folgende Werte

$$(J^*) \quad q_0 = -0.0115 \pm 0.0010 \quad q_1 = -0.00413 \pm 0.00108.$$

Die Fehler, die diese Darstellung übrig läßt, sind in Spalte 7 der Tabelle 30 gegeben. Die Summe der Fehlerquadrate wird 213. Trotzdem diese Darstellung danach etwas schlechter ist als die erste, ziehe ich sie doch vor, da sie auch den Unterschied der  $(\theta-t)$  von Kwei und von der Küste berücksichtigt.

Die wahrscheinlichen Höhen  $H_{Mn}^{St}$  und  $(1635 - H_{St}^K)$  wurden daher nach den Gleichungen (J) und (J\*) berechnet. Sie stehen in Spalte 2 u. 4 der Tabelle 31. Die Unterschiede zwischen beiden Werten, die gleich den  $v$  in Tabelle 30 sind,

Tabelle 31. Wahrscheinliche und wahrscheinlichste Höhen.

1	2	3	4	5	6	7
Station	$H_{Mn}^{St}$	$v = H - H_{Mn}^{St}$	$1635 - H_{St}^K$	$v = H - (1635 - H_{St}^K)$	$H$	Verbesserung des Jahresmittels der barometr. Höhen $H - \bar{h}_{Mn}$
Ssangerawe	1139m	- 5 m	1131 m	+ 3 m	1134 m	
Kibwezi	908	- 1	907	0	907	- 12 m
Marangu	1562	0	1562	0	1562	- 16
Kilossa	502	0	502	0	502	- 11
Namirembe	1165	+ 5	1172	- 2	1170	- 23
Tabora	1217	- 3	1213	+ 1	1214	- 45
Udjidji <sup>1)</sup>	769	- 4	762	+ 3	765	- 29
Lofoi	905	+ 3	910	- 2	908	- 39
Langenburg <sup>1)</sup>	475	+ 2	481	- 4	477	- 14
Fort Johnston <sup>1)</sup>	474	0	475	- 1	474	- 13

1) Seespiegel.

haben ihre Ursache in der Abweichung der wirklichen  $q$  von den in (J\*) angegebenen Mittelwerten. Daher findet man die wahrscheinlichsten Werte der Höhen ( $H$ ), indem man diese Unterschiede im Verhältnis von  $\mathfrak{H}_{Mn}^{St} : \mathfrak{H}_{St}^K$  verteilt. Die resultierenden Zahlen, die in Tabelle 31, Spalte 6 stehen, werden als endgültige Höhen angesehen mit Ausnahme derer von Udjidji und Lofoi, die noch weiterer Verbesserungen bedürfen.

Der mittlere Fehler einer Höhe, die nur aus einer Basisstation nach einer der Formeln (J) berechnet ist, stellt sich nach den Fehlern  $v$  der wahrscheinlichen Höhen in Spalte 3 und 5 der Tabelle 31 auf  $\pm 3$  m. Dies ist der mittlere Fehler, der dadurch entsteht, daß die den einzelnen Stationen eigentümlichen Werte von  $q_0$  durch das mittlere  $q_0$  nach (J\*) ersetzt worden sind.

Zur leichteren Benutzung für andere Fälle sind die Korrekptionsgrößen in (J) zusammengefaßt worden, derart daß

$$(K) \quad \left\{ \begin{array}{l} H_{Mn}^{St} = \mathfrak{H}_{Mn}^{St} + Q_{Mn}^{St} \\ H_{St}^K = \mathfrak{H}_{St}^K + Q_{St}^K \end{array} \right.$$

gesetzt und Tafeln für die Werte von  $Q$  (s. Tabelle 52 und 53) berechnet wurden.

Das hervorstechendste Ergebnis der vorstehenden Ableitung der wahrscheinlichsten Höhen ist die durchweg auftretende Verminderung des Jahresmittels der barometrischen Höhen. Sie wird durch Spalte 7 der Tabelle 31 anschaulich gemacht, in der diese Verminderung für die einzelnen Stationen angegeben ist.

## 28. Die Genauigkeit der gefundenen Höhen. Zufällige und systematische Fehler.

Es ist jetzt die Frage zu behandeln, auf welchen Betrag die möglichen Fehler der im vorigen Kapitel abgeleiteten wahrscheinlichsten Höhen  $H$  abzuschätzen sind. Wir nehmen damit eine in Kap. 25 bereits angedeutete Frage wieder auf.

Vergleicht man die übrigbleibenden Fehler  $v$  der verbesserten barometr. Höhenunterschiede in Spalte 2 der Tabelle 28 (S. 104) mit den Abweichungen  $\Delta h$  der nicht verbesserten Höhen von ihrem Mittel (Spalte 3 der Tabelle 20 S. 82 und Spalte 2 der Tabelle 23 S. 91), so fällt sofort in die Augen, daß erstens die jährliche Periode verschwunden ist, und zweitens, daß die Fehler kleiner geworden sind, was sich am besten in der Verkleinerung der mittleren Fehler ausspricht, die in der letzten Zeile der  $\Delta h$ - und  $v$ -Spalten stehen. Im Durchschnitt geht die mittlere Abweichung eines Monats von  $\pm 12$  m der nicht verbesserten Höhen auf  $\pm 5$  m der verbesserten Höhen zurück. Der Hauptanteil dieser ganz außerordentlichen Verbesserung kommt der Isobaren-Korrektion zu. Die beiden erwähnten Punkte sind daher ein weiterer Beweis für die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges. Da der mittlere zufällige Fehler einer Monatshöhe im Durchschnitt nur  $\pm 5$  m beträgt, so kann man annehmen, daß im

Jahresmittel die zufälligen Fehler bis auf einen verschwindenden Betrag von ein oder zwei Metern eliminiert sind. Dasselbe konnten wir schon oben bei der Ableitung der Höhe von Kwei konstatieren, und es hat bei der Gleichförmigkeit des Tropenklimas auch nichts auffallendes, daß dieses Resultat schon aus den Beobachtungen eines Jahres gewonnen wird, da nach den Rechnungen von Rühlmann dieselbe Erscheinung sich bei dem barometrischen Höhenunterschiede St. Bernhard-Genf trotz des so viel ungleichmäßigeren Klimas der gemäßigten Zone schon im sechsjährigen Mittel zeigt. Die Unsicherheit der gefundenen Höhenzahlen liegt daher nur in den systematischen Fehlern, die durch Häufung der Beobachtungen an denselben Stationen nicht beseitigt werden können, sondern nur durch eine Vermehrung der Stationen. Andererseits zeigt dieser Umstand, daß die weitläufigen Rechnungen, die wir vorstehend zur Auffindung der systematischen Fehler ausführen mußten, nicht zwecklos waren und kein Zufallsresultat darstellen, das durch die besonderen klimatischen Verhältnisse desjenigen Jahres bedingt ist, in dem gerade die Beobachtungen an der betreffenden Station angestellt worden sind. Auch diejenigen, im vorhergehenden berechneten Verbesserungen des Jahresmittels der Höhe, die nicht mehr als 3 bis 5 m betragen, stellen daher eine reelle Verbesserung der Höhenzahlen dar.

Welches sind nun die systematischen Fehler, die die gefundenen Höhen noch entstellen können? Die Verbesserung der Höhen wegen der jährlichen Periode von  $\theta - t$  kann hier außer Betracht bleiben, da sie nur unbedeutend ist und das Jahresmittel dadurch überhaupt nicht beeinflußt wird. Es bleiben also nur die Temperatur-Reduktion des Jahresmittels  $(\theta - t)^m$  und die Isobaren-Korrektion auf ihre Unsicherheit hin zu betrachten.

Die erstere ist dadurch bestimmt, daß die mit einer Küstenstation als Basisstation berechnete Höhe mit der aus der Basisstation Kwei hergeleiteten verglichen und aus der Differenz das Verhältnis der barometrischen zu den beobachteten Temperaturen in Form einer linearen Funktion berechnet wurde.

Fehler können also dadurch entstanden sein, daß erstens die Höhe von Kwei selbst unrichtig ist, und zweitens das Verhältnis der beiden Temperaturen sich nicht in der angenommenen Form ausdrücken läßt.

Die Höhe von Kwei kann entsprechend der Art und Weise wie sie gefunden worden ist, in erster Linie durch Fehler der trigonometrischen Höhenbestimmung von Ssangerawe, dann aber ebenfalls durch Fehler aus dem zweiten der oben genannten Gründe entstellt sein. Der größte Fehler der trigonometrischen Messung ist oben (S. 69) bereits zu  $\pm 5$  m angegeben, und zwar ist die gefundene Höhe eher zu groß als zu klein. Da jedoch nur eine einmalige unkontrollierte Messung vorgenommen ist, so muß außerdem die Möglichkeit eines groben, durch irgend ein Versehen entstandenen Fehlers zugegeben werden, auf den jedoch bei dieser Abschätzung keine Rücksicht genommen werden kann.

Inbetreff der zweiten Unsicherheit habe ich verschiedene extreme Annahmen über die Differenz der Jahresmittel der barometrischen und der beobachteten Temperaturen gemacht. Mit der Annahme, daß  $(\theta - t)^m$  proportional zur Höhe

abnimmt, und zwar so stark, daß in der Höhe von Kwei bereits  $(\theta - t)^m = 0$  ist, findet man aus der Gleichung

$$H = \mathfrak{S} + T \cdot \frac{(\theta - t)_u^m + (\theta - t)_o^m}{2} \quad (\text{s. S. 110})$$

die Höhe von Kwei = 1640 m. Mit der Annahme  $\theta - t = \text{constans}$  wird sie = 1635 m, und mit der Annahme, daß  $(\theta - t)^m$  proportional zur Höhe zunimmt und in der Höhe von Kwei doppelt so groß ist, als an der Küste, findet man die Höhe = 1632 m. Trotz dieser ganz extremen Annahmen variiert die Höhe demnach nur um  $\pm 4$  m, und da es am wahrscheinlichsten ist, daß  $(\theta - t)^m$  mit der Höhe abnimmt, so erscheint die definitive Höhe von 1635 m eher zu klein als zu groß. Bei der trigonometrischen Höhe hatten wir die entgegengesetzte Tendenz konstatiert, sodaß sich die beiden Fehlerquellen teilweise gegenseitig aufheben und der größtmögliche Fehler der Höhe von Kwei mit  $\pm 6$  m anzusetzen ist.

Dieser Fehler geht im Verhältnis der Höhen in die übrigen oben berechneten Höhen ein, sodaß der erste Teil des Fehlers einer wahrscheinlichsten Höhe  $H$  gleich

$$z_1 = \pm 6 \cdot \frac{H}{1635} \text{ m}$$

wird. Der zweite von der möglicherweise irrigen Annahme über das Verhältnis der barometrischen zu den beobachteten Temperaturen herrührende Teil dürfte etwas größer sein, als wir ihn bei Kwei gefunden haben, wegen der größeren klimatischen Verschiedenheiten zwischen diesen Stationen und Kwei als zwischen Kwei und Ssangerawe. Andererseits ist ein Teil dieses Fehlers, der ja auch die Höhe von Kwei in gleichem Sinne beeinflusst, schon in dem Fehler  $z_1$  enthalten, sodaß ich den Betrag von  $z_2$  auf 3 bis 5 m abschätzen möchte, kleiner für die hochgelegenen, größer für die tiefergelegenen Stationen. Beides zusammen gibt für die wahrscheinlichsten Höhen einen größtmöglichen Fehler von  $\pm 10$  m.

Die wahre Höhe von Kwei sollte bei der großen Bedeutung, die ihr nach der vorliegenden Abhandlung zukommt, genauer festgestellt werden. Dazu ist nur nötig, diese meteorologische Station an das trigonometrische Höhennetz von Usambara anzuschließen und die Höhenlage des Nullpunktes dieses Netzes über dem mittleren Meeresspiegel durch ein geometrisches Nivellement, das längs der Usambarabahn ohne Schwierigkeiten ausgeführt werden könnte, festzulegen. Diese Arbeiten würden nicht nur für die Höhen in Usambara selbst, sondern, wie wir gesehen haben, für diejenigen in der ganzen Kolonie und benachbarten Gebieten von Nutzen sein.

Wir wenden uns nun zu den Fehlern, die aus der Unsicherheit der Isobaren-Korrekturen hervorgehen können.

Diese Korrekturen beruhen auf den relativen Temperatur-Anomalien und diese wieder auf der als normal angenommenen Temperaturabnahme von 0°50 auf 100 m

Erhebung. Wenn diese Zahl zu groß ist, so sind die berechneten Höhen zu klein und umgekehrt. Nehmen wir an, daß sie tatsächlich zu groß ist, so kann sie doch nur soweit vermindert werden, daß das Gebiet des Temperaturüberschusses von  $1^\circ$ , das die Kärtchen der Monate Januar bis März in Fig. 23 (Taf. IX) für die zentralen Teile der Kolonie anzeigen, verschwindet. Wollte man die Temperaturstufe noch weiter vermindern, so müßte dort ein Temperaturmangel statthaben, womit die in diesen Monaten an der Küste herrschenden monsunartigen Nordostwinde nicht in Einklang zu bringen sein würden. Diese Winde machen es vielmehr wahrscheinlich, daß im Inneren sich noch ein Gebiet niedrigeren Luftdrucks befindet, das aber nach Ausweis der veränderlichen und häufig durch Stillen unterbrochenen Winde in Tabora, Tossamaganga, Mpapua und Ulanga sehr ausgedehnt und nur flach sein muß, so wie es die Kärtchen der Temperatur-Anomalien in Fig. 23 und diejenigen der Luftdruck-Gradienten in Fig. 26 (Taf. XI) auch wirklich zeigen. Eine Verkleinerung der Temperaturstufe ist also zwar unwahrscheinlich, aber soweit möglich, daß  $\Delta t$  in den genannten Monaten überall = 0 wird. Dies würde aber eine Zunahme der Höhen um durchschnittlich 6 m mit sich bringen. Viel wahrscheinlicher ist der andere Fall, nämlich der, daß die Abnahme von  $0^{\circ}50$  auf 100 m zu klein ist. Vergrößert man diese Zahl entsprechend, so würde der auffallende Temperaturmangel von Mai bis Juni auf den Plateau- und Steppenstationen Ulanga, Kilossa und Masinde fortfallen (s. Fig. 23). Die Temperaturüberschüsse würden überall stärker werden und die wahrscheinlichsten Höhen würden noch mehr zu verkleinern sein. Ich schätze daher den Höhen-Fehler der Isobaren-Korrekturen auf  $\pm 6$  m, wobei im Auge zu behalten ist, daß eine negative Verbesserung der berechneten Höhen wahrscheinlicher ist, als eine positive.

Als eine durchgreifende Probe auf die in Fig. 26 (Taf. XI) dargestellten Isobaren-Korrekturen können die Windverhältnisse des Gebietes gelten. In der Tat entsprechen die beobachteten Modifikationen der hauptsächlich durch den Wechsel von Monsun und Passat bedingten Windrichtungen, soweit sie nicht lokal als Land- und Seewinde, Berg- und Talwinde zu deuten sind, der auf den Kärtchen in Figur 26 angedeuteten Luftdruck-Verteilung. So wird z. B. das Überwiegen südlicher Winde in Daressalam und Lindi von April bis Juli durch den Temperaturmangel und das Luftdruckmaximum im Südosten der Kolonie und südlich davon bedingt, während diese Windrichtung in Tossamaganga, Ulanga und besonders in Peramiho und Ngomba bis zum September anhält, entsprechend der weiteren Ausdehnung dieses Maximums nach Westen und seinem Zurückweichen nach Süden. Umgekehrt herrschen an diesen Stationen nördliche bis nordöstliche Winde in den Monaten November bis März, wo über dem Njassa-See und dann südlich davon ein Luftdruckminimum lagert. Die starken rein östlichen Winde in Tabora und die rein südlichen über dem Moëro-See, von denen Lemaire <sup>1)</sup> berichtet, in den Monaten Mai bis September, entsprechen dem Luftdruckminimum

1) Mission scientifique du Katanga. Journal de route Iièrè section S. 117.

im Nordwesten der Kolonie und westlich davon. Auch die Windersplitterung in Kilossa von April bis Juni und das Vorherrschen nördlicher Winde im Juli ist nach den Kärtchen in Fig. 26 erklärlich, während die Ursache der nordwestlichen Winde an dieser Station im Januar und Februar allerdings nicht zu Tage tritt.

Diese im wesentlichen gute Übereinstimmung zeigt, daß die von einer falschen Temperaturstufe herrührenden Fehler der Isobaren-Korrekturen den oben angegebenen Betrag nicht übersteigen dürften.

Damit können wir den größtmöglichen Betrag des Fehlers der wahrscheinlichsten Höhen aus Tabelle 31 auf etwa

$$\pm 15 \text{ m}$$

festsetzen, wobei es mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß die wahren Höhen noch kleiner wie die berechneten sind, als daß sie größer sind, obgleich die letzteren gegenüber dem Jahresmittel der unverbesserten barometrischen Höhen schon bedeutende Verminderungen aufweisen.

Der Umstand, daß die zufälligen Fehler gegenüber den systematischen fast völlig verschwinden, bringt es mit sich, daß eventuelle Verbesserungen auf die sämtlichen Höhen in gleichem Sinne und zum Teil auch mit demselben Betrage einwirken werden. Die gefundenen Höhen bilden ein einheitliches System, dessen Glieder, abgesehen von etwa noch vorhandenen Instrumentalfehlern, nur im Ganzen vergrößert oder verkleinert werden können.

Die wirklichen Fehler dürften weit unter dem angegebenen Betrage von  $\pm 15 \text{ m}$  bleiben, wofür einige später abzuleitende Höhen, die anderweitig kontrolliert werden konnten, Beispiele liefern, und bei denen die Gesamt-Fehler tatsächlich nicht über  $2 \text{ m}$  betragen (Kap. 36 Tabelle 61), wenn man nur die sicheren barometrischen Bestimmungen betrachtet.

Werfen wir noch einen Blick zurück auf Tabelle 12 (S. 71), die die unverbesserten barometrischen Höhen von Tabora enthält, und vergleichen die Höhe des Monats September um 2 p mit der wahrscheinlichsten Höhe, so finden wir einen Unterschied von  $91 \text{ m}$ , der fast ganz auf Rechnung der systematischen Fehler zu setzen ist, da der mittlere zufällige Fehler des Monatsmittels  $\pm 5 \text{ m}$  betrug. Die auffällige Tatsache, daß trotz der großen Regelmäßigkeit des Tropenklimas die barometrischen Höhenmessungen zu verschiedenen Zeiten an derselben Station in Ostafrika stark verschiedene Resultate ergeben haben, findet ihre einfache Erklärung darin, daß die großen systematischen Änderungen der barometrischen Höhe vor dem Erscheinen des Werkes von Maurer nicht erkannt werden konnten. Es überwiegen nämlich auch bei einer vereinzelt Höhenmessung die systematischen Fehler die zufälligen. Zum Beweise dessen habe ich hundert barometrische Höhen von Tabora aus Einzelablesungen der meteorologischen Instrumente in Tabora und Daressalam berechnet, die gleichmäßig über das Jahr verteilt waren, derart, daß die Ablesungen von 7a am 1<sup>ten</sup>, 11<sup>ten</sup> und 21<sup>ten</sup>, von 2 p am 4<sup>ten</sup>, 14<sup>ten</sup> und 24<sup>ten</sup> von 9 p am 8<sup>ten</sup>, 18<sup>ten</sup> und

28<sup>ten</sup> eines jeden Monats, oder benachbarter Tage, wenn Beobachtungen fehlten, herausgegriffen wurden. Aus den Abweichungen der einzelnen Höhen vom Mittel berechnet sich der durchschnittliche Fehler einer Höhe zu  $\pm 24$  m, wozu noch der Fehler des Mittels im Betrage von 43 m kommt. Die größte Abweichung vom Mittel ist 62 m, von der richtigen Höhe 105 m. Werden aber die systematischen Korrekturen angebracht, so geht der durchschnittliche Fehler einer einzelnen Höhe auf  $\pm 10$  m und die größte vorkommende Abweichung von der richtigen Höhe auf 32 m herab. Diese Zahlen zeigen, daß auch aus vereinzelt barometrischen Höhenmessungen recht zuverlässige Resultate gewonnen werden können, wenn die systematischen Korrekturen berücksichtigt werden, und daß es tatsächlich von Vorteil ist, diese Korrekturen auch an die Höhenwerte einzelner Messungen anzubringen, wenn man möglichst sichere Resultate haben will.

Der Inhalt dieses Kapitels läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß die zu Anfang (S. 40) ausgesprochene Vermutung, daß im gleichförmigen Tropenklima die barometrische Höhenmessung besonders genau sei, sich bestätigt hat, und daß die bisher in Ostafrika konstatierte Unsicherheit dieser Methode nur auf der Unvollständigkeit der Reduktion beruhte.

#### 29. Kontrolle der Höhe des Tanganjika nach anderen Beobachtungen.

Nummehr bleibt noch die Differenz aufzuklären, die zwischen der von Lemaire und der von Maurer bestimmten Höhe des Tanganjika-Spiegels besteht, die den Anstoß zu dieser ganzen Untersuchung gegeben hat. Dabei habe ich zur größeren Sicherung des Resultats auch noch eine Reihe neuerer mir zugänglicher Siedepunkts-Bestimmungen herangezogen, da weder das Ramsaysche noch das Lemaire'sche Quecksilber-Barometer genügend kontrolliert waren. Das Material ist in Tabelle 32 (S. 118) zusammengestellt.

Als Basisstation an der Küste ist Daressalam angenommen worden, und da der Breitenunterschied nur gering ist, so wurde von einer Reduktion wegen Änderung des Luftdrucks und der Temperatur an der Küste mit der Breite abgesehen.

Die meteorologischen Elemente der Basisstationen sind nach den Registrier-Instrumenten nach Maurer D. ü. m. B. X angesetzt. Da, wo der Dunstdruck nicht beobachtet worden ist, ist er nach der Hannschen Formel aus Tabelle 2 (S. 50) berechnet worden.

Die aus den Beobachtungsdaten sich ergebenden unverbesserten barometrischen Höhen wurden mittels der für Udjidji gültigen täglichen Periode, die aus den Kurven in Fig. 7 und 8 (Taf. V und VI) entnommen wurde, auf Monatsmittel reduziert. Von den jährlichen Perioden konnte nur die Isobaren-Korrektion nach dem ersten Glied der Formel (G) (s. S. 103)

$$\text{Korr.} = B' \cdot x \cdot \Delta t$$

Tabelle 32. Einzelne Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe des Tanganjika.  
Die Luftdruckwerte sind auf 0° und Normalschwere reduziert.

Datum und Tageszeit	See-Station			Basis-Station						Bemerkungen	
	b mm	t °	e mm	Daressalam			Kwei				
				b mm	t °	e mm	b mm	t °	e mm		
Moliro, Seespiegel. Beobachter: Lemaire											
1898 Aug. 9 bis Sept. 18	691.0	23	13	760.7	23.7	17	630.1	14.3	9	Mittelwerte nach M. s. 16 S. 23 u. 25, über deren Ableitung nichts bekannt ist.	
Muina, 2 m über See. Beobachter: Herrmann (Njassa-Tanganjika-Grenzregulierung)											
1898 Okt. 15	11.5a	693.1	27.5	16	761.3	24.0	20	630.1	19.8	10	Aneroid
" 16	5.5a	693.3	24.5	16	760.5	20.6	18	629.1	11.6	9	Siedethermometer der Pendel-Expedition
Bismarckburg, 5 m über See. Beobachter: Herrmann (Njassa-Tanganjika-Grenzregulierung)											
1898 Okt. 16	11.5a	692.1	32.5	16	760.8	23.8	19	630.4	21.2	10	Aneroid 1)
" 17	5.5a	692.6	23.0	16	759.8	21.6	19	629.2	12.6	10	Siedethermometer der Pendel-Expedition
Bismarckburg, 25 m über See. Beobachter: Glauning, Kohlschütter											
1899 Sept. 13	8.2a	694.2	26.6	8	763.7	22.7	16	632.0	13.0	10	"
" 13	2.3p	691.7	29.1	15	761.5	27.9	17	630.0	16.4	10	
" 13	10.0p	692.3	22.2	11	762.9	22.3	18	631.1	12.1	9	
Moliro, 10 m über See. Beobachter: wie vorher											
1899 Sept. 20	7.4a	695.9	25.0	11	764.1	21.1	16	631.6	14.6	8	"
" 20	10.1p	693.8	24.4	9	763.2	22.8	19	631.2	13.9	9	
" 22	7.4a	694.5	25.6	9	763.8	22.3	17	631.2	13.8	8	
" 22	2.6p	691.5	29.9	17	762.1	26.1	20	630.3	20.0	10	
Kap Bangwe, 2 m über See. Beobachter wie vorher											
1899 Okt. 18	11.9a	693.5	26.4	19	759.5	27.0	19	629.3	23.8	10	"
" 20	3.4p	691.3	24	19	758.6	26.8	21	628.0	15.6	10	
Udjidji, 62 m über See. Beobachter: wie vorher											
1899 Okt. 25	3.0p	686.5	29.1	14	758.5	27.2	21	628.8	18.7	12	"
" 25	4.0p	686.1	28.4	14	758.4	27.0	20	628.7	17.0	12	
" 25	4.3p	685.9	28.6	14	758.5	26.8	20	628.7	17.1	11	
" 25	5.3p	686.3	27.2	15	758.7	26.1	20	628.9	17.4	11	
" 26	8.6a	689.6	26.1	14	761.1	26.0	17	630.2	19.5	10	
" 26	11.8a	688.1	28.5	14	760.4	28.0	19	629.8	22.5	10	
" 26	3.2p	685.8	27.7	14	758.9	26.7	19	628.3	19.4	10	
Usumbura, 2 m über See. Beobachter: Dannert (Kiwu-Grenzregulierung)											
1901 März 23 bis April 1	8.7a	694.3	22	17	758.7	23.1	22	628.6	19.0	11	Siedethermometer 2)
Udjidji, 62 m über See. Beobachter: v. Münchhausen											
1899 April 24 bis Mai 25	687.1	22.9	16	759.9	24.4	20	628.7	15.3	12	Stationsbarometer. Mittel aus $\frac{1}{3}(7a + 2p + 9p)$	
Mpala, 24 m über See. Beobachter: Lemaire											
1900 April 28 und 29	12 mtg	692.6	27.3	15	759.6	31.2	23	630.0	22.0	11	Siedethermometer 3) nach M. s. 13 S. 56 u. 57
Mtowa, 45 m über See. Beobachter: Lemaire											
1900 Mai 7 bis 13	12 mtg	691.8	27.2	14	761.2	28.0	22	631.1	18.2	12	"

1) Wegen elastischer Nachwirkung korrigiert; daher unsicher.

2) Für die Basisstationen sind mittlere Werte eingesetzt, da die Beobachtungen des Jahres 1901 noch nicht zugänglich waren.

3) Die Beobachtungen der Basisstationen sind von Herrn Dr. Maurer aus dem handschriftlichen Material der Seewarte gütigst mitgeteilt worden.

berücksichtigt werden, wo  $x$  für die Stationen am Süde und Mpala gleich  $-0.6$ , dem Mittel der für Udjidji und Lofoi gültigen Werte (s. Tabelle 26 S. 100), für die nördlicheren Stationen gleich  $-0.5$ , dem Werte für Udjidji gesetzt und  $\Delta t$  aus den Kärtchen der Isanomalien in Fig. 23 (Taf. IX) entnommen wurde. Die Temperatur-Korrekturen wurden im ganzen durch den Vergleich der auf die Basisstation Kwei bezogenen Höhen und der auf Daressalam bezogenen ermittelt. Die Resultate dieser Rechnungen sind in Tabelle 33 enthalten.

Tabelle 33. Barometrische Höhenunterschiede des Tanganjika-Spiegels mit dem Meere und Kwei.

See-Station	Basisstation Daressalam						Basisstation Kwei					
	Barom. Höhen- unterschied $h_D$	Abweichung vom Mittel $\Delta h_D$	Reduktion auf Monatsmittel	Isobaren- Korrektion	Verbess. baro- metr. Höhen- unterschied $\xi_{Da}^{Tka}$	Abweichung vom Mittel $v_D$	Barom. Höhen- unterschied $h_K$	Abweichung vom Mittel $\Delta h_K$	Reduktion auf Monatsmittel	Isobaren- Korrektion	Verbess. baro- metr. Höhen- unterschied $\xi_{Ka}^{Tka}$	Abweichung vom Mittel $v_K$
Moliro L.	856 m		0 m	-32 m	824 m		795 m		0 m	+31 m	826 m	
Udjidji M.	836		0	-15	821		828		0	+14	842	
Muina	842	+ 7 m	-10	-42	790	-11 m	837	-1 m	-15	+41	863	0 m
"	821	-14	+20	-42	799	-2	839	+1	-4	+41	876	+13
Bismarckburg H.	(860)	+25	-10	-42	(808)	+7	(832)	-6	-15	+41	(858)	-5
"	818	-17	+20	-42	796	-5	831	-7	-4	+41	868	+5
Bismarckburg P. Ex.	827	-8	+7	-39	795	-6	836	-2	-13	+38	861	-2
"	846	+11	-11	-39	796	-5	842	+4	-4	+38	876	+13
"	837	+2	-2	-39	796	-5	818	-20	+16	+38	872	+9
Moliro P. Ex.	821	-14	+13	-39	795	-6	848	+10	-10	+38	876	+13
"	840	+5	-6	-39	795	-6	826	-12	+17	+38	881	+13
"	838	+3	+13	-39	812	+11	838	0	-10	+38	866	+3
"	871	+36	-11	-39	821	+20	827	-11	-4	+38	861	-2
Kap Bangwe	819	-16	-10	-27	782	-19	858	+20	-14	+26	870	+7
"	834	-1	-14	-27	793	-8	834	-4	+1	+26	861	-2
Udjidji P. Ex.	841	+6	-14	-23	804	+3	833	-5	-1	+22	854	-9
"	843	+8	-13	-23	807	+6	827	-11	+2	+22	851	-12
"	847	+12	-12	-23	812	+11	824	-14	+3	+22	849	-14
"	841	+6	-11	-23	807	+6	825	-13	+6	+22	853	-10
"	824	-11	+5	-23	806	+5	850	+12	-17	+22	855	-8
"	842	+7	-11	-23	808	+7	844	+6	-14	+22	852	-11
"	852	+17	-13	-23	816	+15	831	-7	0	+22	853	-10
Usumbura	795	-40	+5	-6	794	-7	865	+27	-6	+6	865	-2
Mpala	817	-18	-11	-14	792	-9	857	+19	-5	+13	865	+2
Mtowa	820	-15	-11	-15	794	-7	848	+10	-5	+14	857	-6

Vergleicht man die Abweichungen  $\Delta h$  und  $v$  in den Spalten 2 und 6 einer jeden Basisstation mit einander, so erkennt man, daß durch die Einführung der

Korrekturen eine große Verbesserung erzielt worden ist. Dasselbe ergibt eine Vergleichung der Fehlerquadrat-Summen und zugehörigen mittleren Fehler, die in Tabelle 34 zusammengestellt sind.

Tabelle 34. Fehlerquadrat-Summen und mittlere Fehler einer Beobachtung.

Basisstation	Daressalam		Kwei	
	Fehlerquadrat-Summen	mittlere Fehler	Fehlerquadrat-Summen	mittlere Fehler
ohne Korrekturen	6019	± 17 m	3218	± 12 m
mit Korrekturen	1983	± 9	1882	± 9

Bei den Höhenunterschieden gegen Daressalam wird demnach die Fehlerquadrat-Summe durch die Korrekturen auf ein Drittel, bei denjenigen gegen Kwei beinahe auf die Hälfte herabgedrückt. Das bedeutet eine große Verbesserung in der Übereinstimmung der einzelnen Messungen. Diese Übereinstimmung tritt noch besser in Tabelle 35 hervor, die dadurch entstanden ist, daß die zeitlich nahe zusammenliegenden Bestimmungen in der Weise, wie es in Tabelle 33 durch Horizontalstriche angedeutet ist, zu Mittelwerten zusammengezogen wurden.

Die an die verbesserten barometrischen Höhenunterschiede  $\xi_{Mn}^{Tka}$  und  $\xi_{Tka}^K$  noch anzubringende Reduktion wegen des Unterschiedes der barometrischen und der beobachteten Temperaturen wurde ebenso angenommen, wie wir sie oben (vergl. Tabellen 28 und 31 S. 105 und 111) für Udjidji gefunden haben, nämlich gleich - 14 m für die Basisstation an der Küste

Tabelle 35. Wahrscheinliche und wahrscheinlichste Höhen des Tanganjika-Spiegels über dem Meere.

Station	Verbesserte barometrische Höhenunterschiede		Wahrscheinliche Höhen				Wahrscheinlichste Höhen	
	$\xi_{Mn}^{Tka}$	$\xi_{Tka}^K$	$H_{Mn}^{Tka}$	Ab- weichung vom Mittel	$1635 - H_{Tka}^K$	Ab- weichung vom Mittel	$H$	Ab- weichung vom Mittel
	m	m	m		m		m	
Moliro	824	826	810		819		815	
Udjidji	821	842	807		803		805	
Muina und Bismarckburg	797	867	783	0 m	778	- 4 m	781	- 1 m
Bismarckburg und Moliro	801	870	787	+ 4	775	- 7	780	- 2
Bangwe und Udjidji	802	857	788	+ 5	788	+ 6	788	+ 6
Usumbura	794	865	780	- 3	780	- 2	780	- 2
Mpala	792	865	778	- 5	780	- 2	779	- 3
Mtowa	794	857	780	- 3	788	+ 6	784	+ 2
Mittel			783		782		782	

und  $-10\text{ m}$  für die Basisstation Kwei. Damit erhält man die wahrscheinlichen Höhen  $H_{Mn}^{Tka}$  und  $1635 - H_{Tka}^K$  des Tanganjika-Spiegels, die nebst ihren Abweichungen vom Mittel in Tabelle 35 aufgenommen worden sind. Die wahrscheinlichsten Höhen ergeben sich wie oben (S. 112), indem der Unterschied zwischen  $H_{Mn}^{Tka}$  und  $1635 - H_{Tka}^K$  im Verhältnis der Höhen  $H_{Mn}^{Tka}$  und  $H_{Tka}^K$  verteilt wird. Bei der Mittelbildung in der letzten Zeile von Tabelle 35 wurden aus einem sogleich zu erörternden Grunde nur die mit Siedethermometern erhaltenen Bestimmungen berücksichtigt.

Man sieht, daß die Übereinstimmung der wahrscheinlichen Höhen, namentlich der mit der Basisstation Daressalam berechneten, eine sehr befriedigende ist, wodurch die Zweckmäßigkeit des angewandten Reduktionsverfahrens wiederum hervortritt.

In Tabelle 36 sind die sämtlichen für den Tanganjika erhaltenen Höhenzahlen nochmals zusammengestellt.

Tabelle 36. Verschiedene Höhen des Tanganjika.

Instrument	Station	Beobachter	Zeit	Höhe	Ab- weichung vom Mittel
Quecksilber- Barometer	Udjidi	Ramsay	1897 Mai bis Dezember	765 m	(s.S.111)
	Moliro	Lemaire	1898 August und September	815	
	Udjidi	v. Münchhausen	1899 April und Mai	805	
Siede- thermometer	Muina u. Bismarckburg	Herrmann	1898 Oktober	781	- 1 m
	Bismarckburg u. Moliro	Glauning u. Kohlschütter	1899 September	780	- 2
	Bangwe u. Udjidji	Glauning u. Kohlschütter	1899 Oktober	788	+ 6
	Usumbura	Dannert	1901 März	780	- 2
	Mpala	Lemaire	1900 April	779	- 3
	Mtowa	Lemaire	1900 Mai	784	+ 2
Mittel der Siedethermometer-Bestimmungen				782	± 1.4

Diese Zusammenstellung scheint mir besonders beachtenswert, einmal wegen der Übereinstimmung der Siedethermometer-Bestimmungen unter einander und dann wegen der ganz bedeutend abweichenden Werte, die aus den mit Quecksilber-Barometern gemessenen Luftdrücken folgen. Was den ersten Punkt anlangt, so beachte man, daß 5 verschiedene Beobachter an 8 verschiedenen Orten, die am ganzen See entlang vom äußersten Süden bis zum äußersten Norden teils an der Ostseite, teils an der Westseite gelegen sind, in verschiedenen Jahren und zu verschiedenen Jahreszeiten mit 8 verschiedenen Thermometern so nahe denselben Höhenwert gefunden haben, daß die größte Abweichung vom Mittel nur  $6\text{ m}$  und der mittlere Fehler einer Beobachtungsgruppe nur  $\pm 3\text{ m}$  beträgt. Diese Übereinstimmung kann m. E. nicht als zufällig angesehen werden. Deshalb nehme ich das Mittel aus den Siedethermometer-Bestimmungen als definitives Resultat an.

Höhe des Tanganjika-Spiegels über dem Meere =  $782\text{ m}$ .

## 30. Die Fehler der Quecksilber-Barometer von Udjidji und von Herrn Lemaire.

Es erübrigt nun noch die Erklärung der großen Abweichungen der Angaben der Quecksilber-Barometer. Da durch die Siedethermometer-Bestimmungen und auch früher schon (vergl. S. 116 u. 117) die geringe Veränderlichkeit der klimatischen Verhältnisse dargetan ist, so können diese nicht als Ursache der Abweichungen angesehen werden, und es bleibt nur die Erklärung aus Instrumentalfehlern übrig. Da, wie schon erwähnt, Ramsay leider unterlassen hat, das Barometer nach der Aufstellung in Udjidji wieder mittels eines Siedethermometers zu kontrollieren, so mußte Herr Dr. Maurer bei der Reduktion der Ablesungen dieses Instruments die in Daressalam bestimmte Standkorrektur anwenden. Es ist nun aber sehr gut denkbar, daß bei dem langen Transport des Barometers von der Küste bis Udjidji oder bei der Aufstellung daselbst die Standkorrektur sich geändert hat, und daß in einer solchen Änderung der Grund der Abweichung der von dem Barometer gelieferten Höhe tatsächlich zu suchen ist. Bringt man an die Stände dieses Barometers noch die Korrektur  $-1.3\text{ mm}$  an, so stimmen die Höhen mit den aus den Siedethermometern sich ergebenden überein. Ich halte nach dem vorigen diese Korrektur des Barometers in Udjidji  $= -1.3\text{ mm}$  für reell; sie muß an alle von Maurer mitgeteilten Luftdruckwerte von Udjidji angebracht werden. (D. ü. m. B. XI S. 262 bis 264. Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika im Archiv der Seewarte 1901 Nr. 3 S. 27. Meteorologische Beobachtungen aus Deutsch-Ostafrika in Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten XVI S. 103 u. 104 1903). Auffallend ist das Vorzeichen dieser Korrektur, da diejenigen Unglücksfälle, an die man bei dem langen Transport eines Gefäßbarometers zuerst denkt, nämlich Eindringen von Luft, Verschüttung von Quecksilber eine Korrektur mit positivem Vorzeichen erzeugen würden.

Dasselbe Barometer zeigt dann in den Monaten April und Mai des Jahres 1899 ein entgegengesetztes Verhalten und verlangt hier eine Korrektur von  $+1.8\text{ mm}$ , um die richtige Höhe anzugeben. Diese Änderung ist auch nicht auffallend, da das Barometer in der Zwischenzeit von  $1\frac{1}{4}$  Jahren zwischen den Beobachtungen Ramsays und v. Münchhausens unbenutzt und unbeaufsichtigt gewesen ist und von ungeübten und nicht instruierten Händen aus Ramsays Wohnung in die Messe transportiert worden war. Schließlich kann der Papagei, der durch sein Schaukelbedürfnis den gänzlichen Untergang des Barometers im Mai 1899 herbeiführte, auch schon vor Beginn der Beobachtungen des Herrn von Münchhausen in derselben Weise einige Luftblasen in das Rohr hineinpraktiziert haben.

Was nun das von Herrn Lemaire in Moliro angewandte Quecksilber-Barometer, Spiralsehnensystem nach Captain George, anlangt, so müßte an seine von Herrn Lemaire mitgeteilten Ablesungen noch eine Korrektur von  $+2.6\text{ mm}$  angebracht werden, um sie mit den Höhen der Siedethermometer in Überein-

stimmung zu bringen. Wodurch ein so großer Fehler bei diesem Instrument hat entstehen können, ist mir nicht bekannt; es genügt ja aber im vorliegenden Falle festzustellen, daß er vorhanden war. Leider fehlt in Moliro jede Kontrolle für dieses Barometer, obwohl sie mit Hülfe der Siedethermometer, die Herr Lemaire mit sich führte, leicht möglich gewesen wäre. Es ist sehr zu bedauern, daß sich Herr Lemaire von der irrigen Ansicht leiten ließ, daß das Quecksilber-Barometer zuverlässiger sei, als die Siedethermometer. Allerdings könnte man den Fehler ja auch diesen letzteren zuschreiben; dies ist aber sehr unwahrscheinlich, da die 4 Thermometer der Pendel-Expedition unter sich und mit den beiden Thermometern der Kiwu-Grenzregulierungs-Kommission und auch mit den beiden Lemaireschen Thermometern so vorzüglich übereinstimmen, wie Tabelle 36 zeigt. Daher sind die fast ebenso großen Unterschiede, die das Lemairesche Quecksilber-Barometer und die Siedethermometer auch an anderen Orten zeigen, als Fehler des *Hg*-Barometers aufzufassen.

An einigen anderen Stationen hat Herr Lemaire nämlich trotz seines Vorurteils gegen Siedethermometer sein Quecksilber-Barometer mit ihnen verglichen und daraus die Folgerung gezogen, daß diese Instrumente sehr gut übereinstimmen. Dies Resultat kommt aber nur dadurch zu Stande, daß er die Reduktion auf Normalschwere an den Ablesungen des Quecksilber-Barometers nicht anbringt. Bei Berechnung der Höhe kann diese Reduktion vernachlässigt werden, wenn es sowohl an der oberen, wie unteren Station geschieht, dagegen ist es ein Fehler, sie bei Vergleichen zwischen Quecksilber-Barometer und Siedethermometer nicht in Rechnung zu stellen, wie Herr Lemaire es getan hat. Seine Beobachtungen sind in Tabelle 37 zusammengestellt.

Tabelle 37. Vergleichung des *Hg*-Barometers von Herrn Lemaire mit seinen Siedethermometern.

1	2	3	4	5	6	7	8
Datum	Ableseung der Siede-thermometer	Ableseung des <i>Hg</i> -Barometers	Temperatur	Reduktion auf 0°	Reduktion auf Normal-schwere	Luftdruck nach <i>Hg</i> -Barometer	Korrektion des <i>Hg</i> -Barometers
Lou-Kafou (M. s. 10 S. 57 u. 58)							
1899 Dez. 21 Mtg.	679.9 mm	682.5 mm	25°.1	-2.9 mm	-1.9 mm	677.7 mm	+2.2 mm
1899 Dez. 24 Mtg.	681.4	684.3	26	-3.0	-1.9	679.4	+2.0
1899 Dez. 25 Sa	681.5	684.0	angen. 19°	-2.2	-1.9	679.9	+1.6
" " " 11a	680.5	683.2	" 25	-2.9	-1.9	678.4	+2.1
Lofoi (M. s. 3 S. 59)							
1899 April 3 Therm.	496 686.1	687.1	offenbar bereits auf 0° red.	-1.9	685.2	685.2	+0.9
" " 498	687.0						+1.3

Die angegebenen Temperaturen sind Lufttemperaturen, die Temperatur des Quecksilbers kann aber sehr wohl höher gewesen sein, als die der Luft, und ist

es in den vorliegenden Fällen wohl auch tatsächlich gewesen, sodaß die Reduktion auf 0° wahrscheinlich kleiner und die Korrektion des *Hg*-Barometers noch größer angesetzt werden müßte.

Eine weitere Vergleichung ermöglicht die doppelte Bestimmung der Höhe der Station Mpwéto und des Moëro-Sees. Herr Lemaire findet M. s. 11. S. 56 nur einen Unterschied von 16m, der, so können wir hinzufügen, verschwinden würde, wenn an seine Berechnungen noch die Isobaren-Korrekturen angebracht würden. Aber die Übereinstimmung ist nur scheinbar, denn während bei der Bestimmung aus dem *Hg*-Barometer die Luftdrucke an beiden Stationen nicht auf Normalschwere reduziert sind, ist bei der aus den Siedethermometern gefundenen Höhe der Druck an der unteren Station ebenfalls nicht reduziert, während er an der oberen Station reduziert ist, weil Herr Lemaire vergessen hat, die Reduktion auf Normalschwere mit umgekehrtem Vorzeichen an die Ablesungen der Siedethermometer anzubringen. Die Beobachtungen und Berechnungen zur Bestimmung der Höhe von Mpwéto sind in Tabelle 38 und 39 zusammengestellt. Die Bedeutung der Spalten ist dieselbe, wie in Tabelle 32, 33

Tabelle 38. Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe von Mpwéto.

Datum	Mpwéto			Daressalam			Kwei		
	b	t	e	b	t	e	b	t	e
1898 Okt. 17 bis Dez. 26 Mittel	677.3 mm	24°3	16mm	757.8 mm	26°3	20mm	628.3 mm	17°2	11mm
1900 Febr. 24 und 25 12 <sup>a</sup> Mtg.	680.3	27.4	16	757.6	30 2	24	628.6	23.9	12

u. 35 (S. 118—120). 1898 Okt. 17 bis Dez. 26 sind die Luftdruck-Beobachtungen in Mpwéto mit dem *Hg*-Barometer, 1900 Febr. 24 und 25 mit den Siedethermometern angestellt. Alle Luftdrucke sind auf 0° und Normalschwere reduziert. Die Beobachtungen von Mpwéto sind aus M. s. 16 und M. s. 11, diejenigen von Daressalam und Kwei 1898 Okt. 17 bis Dez. 26 aus D. ü. m. B. X entnommen, 1900 Febr. 24 und 25 aus den von Herrn Dr. Maurer handschriftlich mitgeteilten Monatsmitteln und den mittleren täglichen Gängen zusammengestellt.

Die Reduktion auf das Monatsmittel (Spalte 3 Tab. 39) bei der zweiten Beobachtung ist natürlich unsicher, da über die tägliche Periode der barometrischen Höhen von Mpwéto nichts bekannt ist. Ich habe diese Reduktion daher einmal aus den Kurven für Tabora in Fig. 5 und 6 (Taf. III u. IV) entnommen und zweitens aus denen für Udjidji in Fig. 7 und 8 (Taf. V u. VI) für den Monat Februar interpoliert. Der Wert von Tabora steht in der zweiten, der von Udjidji in der dritten Zeile. Der richtige Wert scheint zwischen beiden zu liegen, wie aus den Differenzen der  $H_{m}^p$  und  $1635 - H_{m}^p$ , die für die beiden Hypothesen verschiedene Vorzeichen haben, hervorgeht.

Tabelle 39. Berechnung der Höhe von Mpwéto.

Datum	Basisstation Daressalam				Basisstation Kwei				Wahrscheinliche Höhen		
	Barometr. Höhenunterschied $h_D$	Reduktion auf Monats-Mittel	Isobaren-Korrektion	Verbessertes barom. Höhenunterschied $\bar{h}_{Dp}^M$	Barometr. Höhenunterschied $h$	Reduktion auf Monats-Mittel	Isobaren-Korrektion	Verbessertes barom. Höhenunterschied $\bar{h}_{Kp}^M$	$H_{Mn}^M$	$1635 - H_{Mp}^K$	Wahrscheinlichste Höhe $H$
1898 Okt. 17 bis Dez. 26	1006 m	0 m	-16 m	990 m	652 m	0 m	+16 m	668 m	973 m	977 m	975 m
1900 Febr. 24 und 25	977	{ -25 - 8	0 0	952 969	699	{ +3 0	0 0	702 699	935 952	943 946	940 949

Bei der Berechnung der Isobaren-Korrektion ist  $x$  gleich dem für Lofoi errechneten (vergl. Tab. 26, S. 100) nämlich =  $-0.69$  angenommen; damit wird  $(B' \cdot x)_{Mn} = -8.0$  und  $(B' \cdot x)_K = +7.9$ . Für  $\Delta t$  findet man aus den Kärtchen in Fig. 23 (Taf. IX) für Okt. bis Dez.  $\Delta t = +2^\circ$ , für Februar  $\Delta t = 0^\circ$ .

Die Korrekturen (J) (s. S. 110) wurden ebenfalls mit den für Lofoi geltenden Werten von  $u_{si}$  und  $q_0$  berechnet, sie betragen  $-17$  m und  $-10$  m.

Die Abweichung der Höhenbestimmung mittels des  $Hg$ -Barometers beträgt also bei der Annahme der täglichen Periode von Tabora  $-35$  m, bei der von Udjidji  $-26$  m. Dies entspricht einer Korrektion der Barometerstände von  $+2.7$  mm und  $+2.0$  mm. Der richtige Wert liegt, wie bereits oben bemerkt, wahrscheinlich zwischen diesen beiden, sodaß man ihn mit  $+2.4$  mm wohl nahezu richtig ansetzt.

Die Vergleichung der Siedethermometer mit dem  $Hg$ -Barometer (System George) des Herrn Lemaire ergeben also überall Unterschiede mit demselben Vorzeichen und von nahezu derselben Größe, die in Tabelle 40 (S. 126) zusammengestellt sind.

Da nur geprüfte Siedethermometer zum Vergleich verwendet wurden, und 8 verschiedene Thermometer diese nahezu übereinstimmenden Korrekturen geliefert haben, so ist wohl kein Zweifel, daß die Angaben des  $Hg$ -Barometers fehlerhaft gewesen sind, und daß die aus den Siedethermometern bestimmten Höhen die richtigeren sind. Für den Tanganjika behalten wir daher das oben schon als definitiv bezeichnete Resultat von  $782$  m bei, während die Höhe von Mpwéto zu  $944$  m und damit die Höhe des Spiegels des Moëro-Sees zu  $918$  m anzusetzen ist. Die von Herrn Lemaire in M. s. 16 berechneten Höhen dieser beiden Seen sind  $854$  m und  $972$  m, also ganz bedeutend zu hoch.

Tabelle 40. Korrekturen des *Hg*-Barometers von Herrn Lemaire nach den Siedethermometern.

Station des <i>Hg</i> -Barometers	Korrektion	Mittel
Moliro	+ 2.6 mm	+ 2.6 mm
Mpwéto	+ 2.4	+ 2.4
Lofoi	+ 0.9	} + 1.4
"	+ 1.8	
Lou-Kafou	+ 2.2	} + 2.0
"	+ 2.0	
"	+ 1.6	
"	+ 2.1	
Mittel		+ 2.1

Es muß unentschieden bleiben, ob die durch Tabelle 40 nachgewiesene Korrektion des *Hg*-Barometers eine konstante gewesen ist, oder mit jeder Aufstellung gewechselt hat. Der erste Fall erscheint mir wahrscheinlicher, und deshalb ist die oben in Tabelle 31 (S. 111) angegebene wahrscheinlichste Höhe von Lofoi, die auf Beobachtungen des *Hg*-Barometers beruht, noch mit dem Mittelwert der Korrekturen = + 2.1 mm berichtigt worden. Da nach Tabelle 3 (S. 51) die barometrische Höhenstufe für Lofoi = - 12.7 m ist, so ist an die Höhe *H* noch eine Korrektion von - 27 m anzubringen, sodaß die definitive Höhe dieser Station = 881 m wird, während Herr Lemaire (in M. s. 16) 936 m herausrechnet.

### 31. Die Fehler der übrigen Höhenbestimmungen Lemaire's.

Die großen Fehler in den von Herrn Lemaire berechneten Höhenzahlen erklären sich zum Teil aus der Nichtbeachtung der täglichen und jährlichen Periode der barometrischen Höhe, von denen die erstere in den Mittagsstunden ihr Maximum erreicht, also gerade zu der Zeit, die Herr Lemaire als besonders günstig für barometrische Höhenbeobachtungen bezeichnet und zu der er auch beobachtet hat, während bereits von Ramond, Plantamour, Rühlmann, Reina und Ciconetti diese Tageszeit als die ungünstigste nachgewiesen ist. Wenn man auch bei dem Verfasser von Vorschriften für barometrisches Höhenmessen und dem Kritiker des Herrn v. D. diese elementaren Kenntnisse voraussetzen sollte, so fehlte doch der bindende Nachweis, daß diese Perioden auch im tropischen Afrika mit einer beachtenswerten Amplitude auftreten, und daraus könnte Herr Lemaire ein gewisses Recht zu ihrer Vernachlässigung herleiten. Zum anderen Teil verdanken aber die konstatierten Höhenfehler ihr Entstehen direkten theoretischen Fehlern, die Herr Lemaire begangen hat, und die ein sorgfältiger, mit der Theorie vertrauter Bearbeiter hätte vermeiden können. Dazu gehört die Vernachlässigung der Reduktion auf Normalschwere bei den aus Siede-

thermometer-Ablesungen bestimmten Höhen und die fehlende Kontrolle des *Hg*-Barometers durch die auf Reisen sehr viel zuverlässigeren Siedethermometer.

Die Beträge, die diese wohl zu vermeidenden Fehler erreichen können, sollen noch an einigen Beispielen gezeigt werden. Wir halten uns dabei einzig und allein an die Beobachtungsdaten, die Rechenvorschriften und die Tafel der rohen barometrischen Höhen, die Herr Lemaire in M. s. 1 bis 16 gegeben hat, also an das auch von Herrn Lemaire benutzte Verfahren, nur mit dem Unterschied, daß wir mit richtigen Luftdruckwerten in die Tafel eingehen. An der unteren Station ist das Mittel des Luftdrucks von Banana und Daressalam genommen nach der Tabelle in M. s. 16, S. 18 und die Lufttemperatur 25°, an der oberen die von Lemaire in dem bezeichneten Heft angegebenen Ablesungen der Siedethermometer. In Bezug auf die Temperatur gibt Herr Lemaire die Vorschrift, es solle die mittlere Jahrestemperatur angewandt werden, die er bei Höhen unter 1000 m auf 24° bis 25° normiert, während er bei der Höhe von 1600 m etwa 16° dafür festsetzt. Für die zwischenliegenden Höhen gibt Herr Lemaire keine Vorschrift, ich habe daher linear zwischen den von ihm gegebenen Werten interpoliert. Die rohen Höhen über der von Herrn Lemaire gewählten Null-ebene sind mit diesen Argumenten aus der von ihm berechneten Tafel M. s. 16 S. 51 bis 56 entnommen. Die Rechnung zeigt Tabelle 41 (S. 128).

Die Unterschiede zwischen den von Herrn Lemaire selbst und den von uns nach seinen Vorschriften, jedoch mit richtig reduzierten Luftdruckwerten, aus denselben Beobachtungen abgeleiteten Höhenzahlen sind fast durchgängig sehr groß, wie ein Blick auf die letzte Spalte von Tabelle 41 lehrt. Sie decken in den Lemaireschen Rechnungen Fehler auf, die selbst bei dem an sich ungenauen barometrischen Nivellement weit über der Grenze der zu vernachlässigenden Unsicherheiten liegen. Bedenkt man, daß zu diesen Fehlern noch die aus der Nichtberücksichtigung der täglichen und jährlichen Periode mit demselben Vorzeichen hinzutreten und daß auch die aus *Hg*-Barometer-Ablesungen abgeleiteten Höhen wegen des oben nachgewiesenen Fehlers dieses Instruments stark unrichtig sind, so muß man zu dem Resultat kommen, daß sämtliche von Herrn Lemaire in M. s. 1 bis 16 gegebenen Höhenzahlen nur eine ganz rohe Annäherung bedeuten und vollkommen unzuverlässig sind, sobald man den Maßstab der bei richtiger Berechnung zu erreichenden Genauigkeit des barometrischen Nivellements anlegt.

Ich sehe mich zu dieser wenig erfreulichen Feststellung gezwungen, einmal um darzutun, wie wenig Herr Lemaire berufen ist, als Kritiker des Herrn v. D. aufzutreten und zweitens, weil das große Ansehen, das Herr Lemaire mit Recht als erfolgreicher Reisender genießt, sich auch auf seine unrichtigen Berechnungen und verfehlten Anschauungen über barometrisches Höhenmessen übertragen und er darin Nachfolger finden könnte<sup>1)</sup>. Die Lemaireschen Höhenmessungen be-

1) Dies ist z. B. bereits geschehen in A. Cabra, Manuel d'astronomie, de géodésie & de cartographie pratiques usw. Bruxelles, Vanbuggenhoudt 1905, wo auf S. 139 u. f. die Ansichten Le-

Tabelle 41. Berechnung einiger von Herrn Lemaire gemessenen Höhen.

Heft und Seite der Mission scientifique du Katanga	Obere Station	Datum der Beobachtung	Beobachteter Luftdruck nach	Siedetherm. der oberen Station	Jahresmittel der Temperatur	Mittl. Luftdruck der unteren Stationen zur selben Zeit auf 0°	und Normalschwere reduziert	Rohe Höhe der oberen Station	Rohe Höhe der unteren Station	Höhen-Unterschied	Höhe der oberen Station über dem Meeres-Niveau	Die von Herrn Lemaire angegebene Höhe aus M. s. 16	Fehler der Lemaire'schen Höhe im Sinne „richtig — Lemaire“
			mm	mm	mm	mm	m	m	m	m	m	m	m
8. S. 48	Ka-Tendé	Sept. 29	659.2	20°	760.0	1303	55	1248	1257	1300	—	43	
„ 48	Zaza bei Mou-Inda	Okt. 6	655.8	19	759.8	1346	57	1289	1298	1396	—	98	
„ 49	Lou-Akéra bei Pakosso	Okt. 12—15	651.3	19	759.4	1406	62	1344	1353	1425	—	72	
9. S. 36	Tchi-mwé-Woulou	Okt. 21	646.7	19	759.1	1468	65	1403	1212	1450	—	38	
„ 36	Pempéré	Okt. 31, Nov. 1	641.1	18	758.6	1541	71	1470	1479	1525	—	46	
„ 37	Sources de la Ka-Michi	Nov. 3—16	640.9	18	758.1	1544	77	1467	1476	1525	—	49	
10. S. 56	Sources du Lou-Alaba	Nov. 23	641.5	18	757.8	1536	81	1455	1464	1520	—	56	
„ 56	Ki-Tchaba	Nov. 26 u. 27	662.8	21	757.8	1258	81	1177	1186	1240	—	54	
„ 57	Mou-Imbwa	Dez. 14	662.5	21	757.7	1262	82	1180	1189	1235	—	46	
11. S. 54	N'Gèla	Febr. 9—14	662.1	22	756.8	1269	92	1177	1186	1210	—	24	
„ 55	Ka-Babila	Febr. 18	675.6	24	756.6	1097	95	1002	1011	1020	—	9	
„ 55	Mou-Tombo	Febr. 21	652.4	20	756.7	1394	94	1300	1309	1016	+	293	
12. S. 44	Bandouin-Ville	April 12—14	665.9	22	757.7	1220	82	1138	1147	1200	—	53	
13. „ 56	Gan-jia bei Rou-Toukou	Mai 3	694.1	25	758.1	857	77	780	789	880	—	91	

dürfen, um brauchbar zu werden, einer Neubearbeitung von sachkundiger Hand ebenso wie auch andere von ihm nur ungenügend bearbeitete Beobachtungsreihen<sup>1)</sup>.

### 32. Die Berechnung von barometrischen Höhenbestimmungen in Ost-Afrika im allgemeinen.

Es erübrigen noch einige Bemerkungen und Folgerungen, die sich aus dem vorstehenden für barometrisches Höhenmessen in Ost-Afrika im allgemeinen er-

maires teilweise wörtlich wiederholt werden. Namentlich die völlige Verkenning des Wertes der modernen Hypsometer als Kontrollinstrumente für Quecksilber-Barometer, auf den besonders Mohn in Kristiania hingewiesen hat, ist a. d. O. auffallend.

1) Ein Beispiel s. in meinem Artikel: Einige vorläufige Resultate von Längenbestimmungen in Deutsch-Ostafrika u. s. w., in Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten XV S. 22, 1902.

geben und eine zusammenfassende kurze Wiederholung der gefundenen Regeln für die Berechnung der Höhen.

Sobald es sich nicht um Messungen zwischen horizontal nahe beieinander liegenden Punkten handelt, ist es wegen der klimatischen Fehlerquellen gleichgültig, welche Formel oder welche Hilfstafel bei der Berechnung benutzt wird. Auch die Tafeln der rohen Meereshöhen werden im allgemeinen ausreichen, nur die von Lemaire gegebene (M. s. 16) ist, wie wir oben nachgewiesen haben, fehlerhaft und zwingt durch die Annahme einer konstanten Temperatur im Meeresniveau den Rechner zu unnötigen Vernachlässigungen. Sie ist daher außer bei ganz rohen Annäherungsrechnungen besser zu vermeiden.

Doch ist dabei zu beachten, daß die Tafeln der rohen Meereshöhen noch kleiner Verbesserungen bedürfen, da sie im allgemeinen mit anderen Mittelbreiten und anderen Mittelwerten des Dunstdruckes berechnet sind, die von den in Ost-Afrika statthabenden Werten abweichen. Wir wollen hier nur die Verbesserungen der Jordanschen Tafeln<sup>1)</sup> betrachten. Jordan führt eine Konstante  $K_0$  ein, die durch die Gleichung

$$K_0 = K \cdot \left(1 + 0.377 \frac{e}{b}\right) \cdot \left(1 + 0.00265 \cos 2\varphi\right)$$

definiert ist. (Über die Bedeutung der Symbole s. S. 52).

Um den für Ost-Afrika gültigen Mittelwert von  $\frac{e}{b}$  zu bestimmen, entnehmen wir der Zusammenstellung<sup>2)</sup> von Maurer die in Tabelle 42 enthaltenen Daten.

Tabelle 42. Mittelwerte von  $\frac{e}{b}$  in Ost-Afrika.

Station	Jahresmittel			Station	Jahresmittel		
	des Dunstdrucks	des Luftdrucks	von $\frac{e}{b}$		des Dunstdrucks	des Luftdrucks	von $\frac{e}{b}$
<sup>1</sup> / <sub>2</sub> (Daressalam + Tanga)	20.0 mm	761 mm	0.026	Victoria-See	14.5 mm	666 mm	0.024
Lindi Rosahöhe	18.5	755	0.025	Tabora	13.3	662	0.023
Ulanga	17	734	0.025	Kilimandscharo	11.5	647	0.022
Njassa-See	16.7	723	0.025	Tossamaganga	10.3	633	0.022
Kilossa	15	719	0.024	Kwei	10.6	631	0.022

1) W. Jordan. Barometrische Höhentafeln für Mittelgebirge 1. Aufl. Stuttgart 1879. 2<sup>te</sup> bis 35<sup>o</sup> erweiterte Auflage, Stuttgart 1886. Barometrische Höhentafeln für Tiefland und für große Höhen, Hannover 1896.

2) Meteorologische Beobachtungen u. s. w. Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten XVI S. 20 1903.

Die Jahresmittel von  $\frac{e}{b}$  sind also nahezu konstant und es kann  $0.023 = \frac{1}{44}$  als geeigneter Mittelwert angenommen werden. Damit und mit der Mittelbreite von  $-6^\circ$  wird

$$\text{für Ost-Afrika} \quad K_0 = 18\,607,8.$$

In den Jordanschen Tafeln ist benutzt

$$\text{für Europa} \quad K_0 = 18\,460,9.$$

Alle aus den Jordanschen Tafeln entnommenen Höhen müssen daher für Ost-Afrika noch mit dem Quotienten dieser beiden Zahlen multipliziert werden, oder wenn  $H_{\text{Jord}}$  eine solche Höhe ist, so ist die richtige Höhe

$$(L) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{oder} \\ H = 1.00796 H_{\text{Jord}} \\ H = H_{\text{Jord}} + \frac{H_{\text{Jord}}}{125.6} = H_{\text{Jord}} + 8 \frac{H_{\text{Jord}}}{1000}. \end{array} \right.$$

Im allgemeinen wird jede Messung einer barometrischen Höhe mit einem systematischen Fehler behaftet sein, der sich aus den drei Komponenten: Fehler der täglichen Periode, Fehler der jährlichen Periode und Fehler des Jahresmittels zusammensetzt. Dazu kommt dann noch der zufällige Fehler. Nun ist oben bereits an den Beispielen von Ssangerawe und Tabora gezeigt worden (S. 65 und 117), daß die zufälligen Fehler im Mittel bei weitem kleiner sind als die systematischen Fehler, da sie nur  $\pm 10\text{m}$  betragen, und daß es daher zweckmäßig ist, auch eine vereinzelt Höhenmessung von den systematischen Fehlern zu befreien. Es ist dabei natürlich vorausgesetzt, daß zuverlässige und richtig zeigende Instrumente zur Bestimmung von Luftdruck und Temperatur verwendet worden sind, also Schleuderthermometer, Aßmannsche Aspirationsthermometer oder vorschriftsmäßig gegen Strahlung geschützte aber doch luftig aufgehängte Stationsthermometer für die Temperatur und verglichene oder durch Siedethermometer kontrollierte Quecksilber-Barometer, Siedethermometer, vielleicht auch häufig kontrollierte große Aneroide, wenn sie keine starken und schnellen Höhenänderungen in der Zwischenzeit durchgemacht haben, für den Luftdruck.

Bei den bisher behandelten Stationen hatten wir gefunden, daß die systematischen Höhenfehler durch 5 Korrekturen zu beseitigen waren, von denen sich  $(\theta - t)^2$  und  $(\beta - b)^2$  auf die tägliche,  $(\theta - t)^1$  und  $(\beta - b)^1$  auf die jährliche Periode und  $(\theta - t)^0$  auf das Jahresmittel bezogen. Die  $(\theta - t)$  waren an das Mittel der an der zu bestimmenden und an der Basisstation beobachteten Lufttemperaturen  $t_{m_n}^2$ , die  $(\beta - b)$  an den Luftdruck der Basisstation  $b_{m_n}$  anzubringen, sodaß man zu bilden hatte

$$\theta_{M_n}^{st} = t_{M_n}^{st} + (\theta - t)_{M_n}^d + (\theta - t)_{M_n}^j + (\theta - t)_{M_n}^m,$$

$$\beta_{M_n} = b_{M_n} + (\beta - b)_{M_n}^d + (\beta - b)_{M_n}^j,$$

und entsprechend für die Höhenunterschiede gegen die Basisstation Kwei.

Der mit der barometrischen Temperatur  $\theta_{M_n}^{st}$  und dem reduzierten Luftdruck  $\beta_{M_n}$  im gedachten Meeresniveau unterhalb der zu bestimmenden Station berechnete barometrische Höhenunterschied ergab die richtige Höhe der Station.

Es ist nunmehr zu zeigen, wie diese Korrekturen für einzelne Beobachtungen an anderen als den bisher behandelten Orten am bequemsten gefunden oder in anderer Weise berücksichtigt werden können.

Behandeln wir zuerst die tägliche Periode. Zu ihrer Beseitigung bieten sich vier Wege. 1) Reduktion der beobachteten Luftdrucks- und Temperaturwerte auf das Tagesmittel. 2) Bestimmung der Korrekturen auf reduzierten Luftdruck  $(\beta - b)^d$  und auf barometrische Temperatur  $(\theta - t)^d$ . 3) Prozentuale Verbesserung der berechneten Höhe. 4) Anordnung der Beobachtungen derart, daß die tägliche Periode herausfällt.

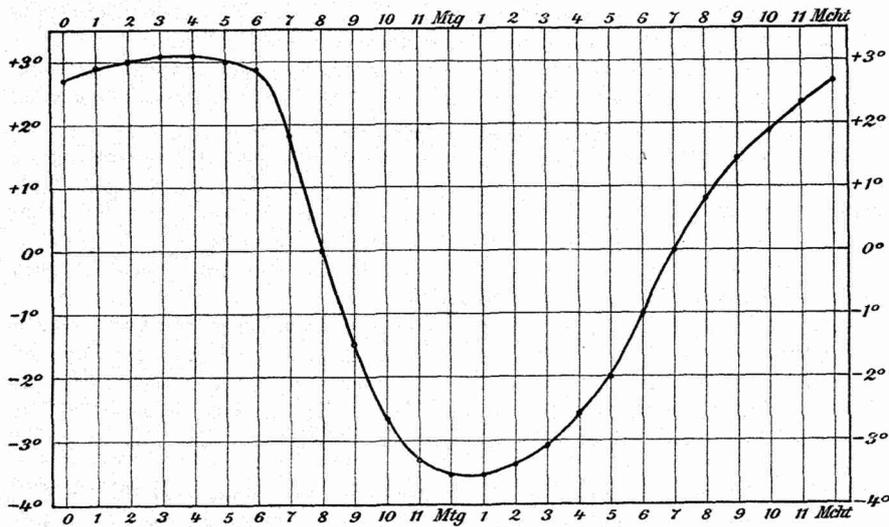
Zu 1. Da man die tägliche Periode der meteorologischen Elemente an dem zu bestimmenden Ort im allgemeinen nicht kennt, so muß man die Perioden der am nächsten liegenden Stationen, von denen die täglichen Gänge bekannt sind, der Reduktion auf das Tages- oder Monatsmittel zu Grunde legen. Diese Reduktionen werden größer und weniger sicher sein, als die unter 2) zu besprechenden.

Zu 2. Auf diesen Weg ist bereits früher (S. 81) hingewiesen worden, und es sind die Werte der Reduktionen  $(\theta - t)^d$  und  $(\beta - b)^d$  in Tabelle 18 (S. 80) für eine Anzahl von Stationen zu den drei Terminstunden und in Fig. 9 bis 14 (Taf. VII und VIII) für Tabora und Udjidji, in Fig. 3 (S. 61) für Kwei auch für jede Stunde des Tages gegeben worden. Ferner ist in Tabelle 19 (S. 81) gezeigt, daß die Beträge dieser Reduktionen für alle betrachteten Stationen nahezu dieselben sind, sodaß eine wesentliche Verbesserung der beobachteten Höhen schon dadurch erzielt werden kann, daß man die Beobachtungen mit den Mittelwerten von  $(\theta - t)^d$  und  $(\beta - b)^d$  reduziert. Will man noch weiter gehen, so könnte man die Reduktionswerte der nächstgelegenen Stationen aus Tabelle 18 benutzen, anstelle der mittleren.

Die Mittelwerte der Korrekturen  $(\theta - t)^d$  und  $(\beta - b)^d$  sind zwar nur für die drei Terminstunden  $7a$ ,  $2p$  und  $9p$  gegeben. Man wird aber infolge der bisher stets gefundenen großen Regelmäßigkeit des Tropenklimas für die zwischenliegenden Stunden derart interpolieren dürfen, daß der Verlauf der täglichen Periode dieser Korrekturen den in Kwei, Tabora und Udjidji gefundenen vollständigen Kurven parallel wird. Mit den Mittelwerten von  $(\theta - t)^d$  aus Tabelle 18, nämlich

um	$7a$	$2p$	$9p$
$(\theta - t)^d$	+ 1°8	- 3°4	+ 1°4

findet man auf diese Weise die in Fig. 29 graphisch dargestellten Temperatur-Reduktionen, die auch in Tabelle 48 (S. 143) enthalten sind. Diese Werte können nach Tabelle 18 und den Bemerkungen auf S. 77 sowohl für die Höhenunterschiede zwischen der zu bestimmenden Station und der Küste als zwischen Kwei und dieser Station benutzt werden.



Figur 29. Mittlere tägliche Periode der Reduktion der beobachteten Temperaturen  $t$  auf barometrische Temperaturen  $\bar{t}$ .

Was nun  $(\beta - b)^2$  betrifft, so muß es sich durch die harmonische Formel

$$(M) \quad (\beta - b)^2 = a_1 \cdot \sin(x + A_1) + a_2 \cdot \sin(2x + A_2)$$

ausdrücken lassen, da die Barometergänge an den beiden Stationen dieser Formel folgen. Nun ist der Phasenwinkel  $A_2$  der halbtägigen Welle über große Gebiete nahezu derselbe <sup>1)</sup>, während der Phasenwinkel  $A_1$  der ganztägigen Schwankung mit der Örtlichkeit sich ändert. In dem Ausdrucke  $(\beta - b)^2$ , der die Differenz der Luftdruck-Werte im Meeresniveau an zwei verschiedenen Orten darstellt, wird daher  $A_2$  denselben Wert haben, den es in den Darstellungen des täglichen Barometerganges an allen Stationen Ostafrikas hat, während  $A_1$  von Station zu Station sich ändert. Will man also die Parameter der Formel (M) bestimmen, so sind nur  $a_1$ ,  $A_1$  und  $a_2$  unbekannt, während für  $A_2$  der allgemein gültige Wert eingesetzt werden kann. Für diesen letzteren sind folgende Beträge gefunden worden.

1) J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 1. Aufl. 1901, S. 187.

in Daressalam	$A_2 = 161^\circ$ nach Maurer D. ü. m. B. X	
Kwei	149	"
Tabora	172	"
Moschi	170	"
Udjidji	169	vergl. S. 73
Langenburg	151	nach Mitt. a. d. D. Schutzgebiet. XVI S. 201, 1903.
Mittel	162	rund $160^\circ$ .

Diese Konstanz von  $A_2$  kommt uns sehr zu statten, denn nun können wir aus den Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)^d$  der drei Terminbeobachtungen, die in Tabelle 18 (S. 80) enthalten sind, für jede Station die Unbekannten  $a_1$ ,  $A_1$  und  $a_2$  berechnen und damit den Ausdruck (M) aufstellen, der dann für jede Tagesstunde die gesuchten Korrekptionsgrößen  $(\beta - b)^d$  liefert. Die Resultate zeigt Tabelle 43.

Tabelle 43. Harmonische Darstellung der Luftdruck-Gradienten  $(\beta - b)^d$  zwischen Küste und Inland (im Meeresniveau).

Station	$(\beta - b)^d_{m.}$ in mm ( $x$ von Mitternacht ab gezählt, $1^h = 15^\circ$ )
Kibwezi	$0.37 \sin(x + 0^\circ) + 0.17 \sin(2x + 160^\circ)$
Kilossa	$0.69 \sin(x - 5^\circ) + 0.46 \sin(2x + 160^\circ)$
Tabora	$0.92 \sin(x - 2^\circ) + 0.38 \sin(2x + 160^\circ)$
Udjidji	$0.66 \sin(x - 12^\circ) + 0.15 \sin(2x + 160^\circ)$
Fort Johnston	$0.66 \sin(x + 23^\circ) + 0.27 \sin(2x + 160^\circ)$
Langenburg	$0.35 \sin(x + 21^\circ) + 0.05 \sin(2x + 160^\circ)$

Man sieht, daß auch der Phasenwinkel  $A_1$  für größere Gebiete konstant ist, indem die Gruppe Kibwezi, Kilossa, Tabora und Udjidji sich scharf von der südlichen Gruppe Langenburg und Fort Johnston abhebt. Dagegen sind die Amplituden  $a_1$  und  $a_2$  innerhalb der beiden Gruppen sehr verschieden, was entweder auf starke lokale Eigentümlichkeiten der einzelnen Stationen oder auf die Unvollkommenheit des Materials oder auf beides zurückzuführen ist. Meiner Ansicht nach überwiegt der zweite Grund, und deshalb wird man eine nicht unbedeutende Verbesserung vereinzelter Beobachtungen erzielen, wenn man im nördlichen Teil des Schutzgebiets mit dem Mittel der ersten und im südlichen mit dem Mittel der zweiten Stationsgruppe rechnet.

Daher ist zu setzen

$$\text{im nördlichen Gebiet: } (\beta - b)^d_{m.} = 0.7 \sin(x - 5^\circ) + 0.3 \sin(2x + 160^\circ),$$

$$\text{im südlichen Gebiet: } (\beta - b)^d_{m.} = 0.5 \sin(x + 20^\circ) + 0.2 \sin(2x + 160^\circ).$$

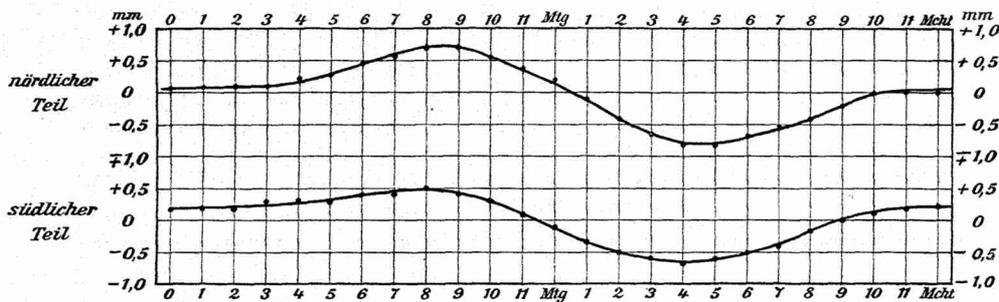
Für das Niveau einer anderen Basisstation sind diese Gradienten noch mit  $\frac{b}{760}$  zu multiplizieren, so daß für die Basisstation Kwei

$$(\beta - b)_x^d = 0.84 \cdot (\beta - b)_{Mn}^d$$

wird. (Für Tabora als Basisstation ist der Faktor gleich 0.87).

Mit diesen Formeln sind die in Figur 30 und in Tabelle 49 (S. 143) enthaltenen mittleren Luftdruck-Reduktionen berechnet, die an den auf der Basisstation beobachteten Luftdruck anzubringen sind.

Die Reduktionsgrößen  $(\theta - t)^d$  und  $(\beta - b)^d$  haben auch eine jährliche Periode, zu deren Herleitung das Material aber zu lückenhaft und unsicher ist.



Figur 30. Mittlere tägliche Periode der Unterschiede des Luftdrucks im Meeresniveau zwischen dem Innern von Ostafrika und der Küste.

Volle Sicherheit über die Reduktionselemente der barometrischen Höhen wird man erst gewinnen, wenn von einer größeren Anzahl von Stationen mehrjährige Beobachtungsreihen vorliegen und wenn namentlich von einigen Hauptstationen im Innern zusammenhängende Aufzeichnungen von Baro- und Thermographen wenigstens von einem Jahre vorhanden sein werden. Bis dahin wird man sich mit den Verbesserungen begnügen müssen, die durch die Anwendung der obigen mittleren Reduktionen erzielt werden können.

Zu 3. Die prozentuale Reduktion d. h. die Korrektur ausgedrückt in Prozenten der berechneten Höhe wird in Europa wohl ausschließlich angewendet. Ihrer Natur nach kommt sie nur in Betracht, wenn die horizontale Entfernung der beiden Stationen nicht groß ist, denn nur der von  $(\theta - t)^d$  herrührende Teil ist der Höhe proportional, während  $(\beta - b)^d$  eine nahezu konstante Korrektur liefert. Die prozentualen Reduktionen müssen daher für die verschiedenen Stationen sehr verschieden sein, wie auch die Tabelle 44 tatsächlich zeigt.

Man wird diese Korrekturen nur bei solchen Stationen anwenden können, die in der Nähe einer der in Tabelle 44 genannten Stationen und nahezu auch in derselben Höhe liegen. Über die prozentuale Reduktion bei nahe zusammenliegenden Stationen siehe ferner auch Kap. 41.

Zu 4. Hält sich ein Reisender länger an einem Ort auf, so kann er die Fehlerquelle der täglichen Periode dadurch vermeiden, daß er Beobachtungen

Tabelle 44. Reduktionen der barometrischen Höhendifferenzen auf das Monatsmittel ausgedrückt in Prozenten dieser Differenzen.

Innenstation	Innenstation — Basisstation im Meeresniveau			Kwei — Innenstation		
	7a	2p	9p	7a	2p	9p
Kwei	+ 0.4 ‰	— 0.9 ‰	+ 0.4 ‰			
Kibwezi	+ 1.1	— 1.5	+ 0.3	+ 0.1 ‰	— 0.8 ‰	+ 0.5 ‰
Marangu	+ 0.7	— 1.4	+ 0.8	0.0 <sup>1)</sup>	— 7.8 <sup>1)</sup>	+ 6.8 <sup>1)</sup>
Kilossa	+ 2.4	— 2.5	+ 0.2	— 0.3	— 0.5	+ 0.7
Tabora	+ 1.8	— 2.0	+ 0.1	— 1.9	+ 0.5	+ 1.2
Udjidji	+ 1.5	— 1.6	0.0	— 0.5	— 0.6	+ 1.1
Langenburg	+ 1.2	— 1.2	— 0.2	+ 0.3	— 0.6	+ 0.3
Fort Johnston	+ 2.1	— 2.4	+ 0.4	+ 0.2	— 0.5	+ 0.3

an den drei Terminstunden 7a, 2p, 9p anstellt, deren Mittel, wie oben nachgewiesen wurde (S. 57 u. 79), dem Monatsmittel sehr nahe kommt. Läßt sich dies nicht erreichen, so sollten die Beobachtungen wenigstens so über den Tag verteilt werden, daß sich die tägliche Periode für den betreffenden Ort aus den Beobachtungen selbst ermitteln läßt. Zu dem Zweck ist die Mitführung von Baro- und Thermograph auf der Reise sehr zu empfehlen.

Schließlich bietet sich auch die Möglichkeit, die Beobachtungen zu den Stunden anzustellen, wo die Korrekturen gleich Null sind. Da nun aber die Reduktionselemente  $(\theta - t)^d$  und  $(\beta - b)^d$  nicht gleichzeitig Null werden, so müssen diese Zeiten für verschiedene Höhendifferenzen verschieden sein. Und in der Tat finden sich dafür aus den Figuren 1, 5 bis 8 (Taf. II bis VI) im Jahresmittel folgende Zeiten.

Tabelle 45. Stunden, zu denen die barometrische Höhendifferenz gleich dem Monatsmittel ist.

Höhenunterschied	Stunden	
Kwei—Tabora	2a	und 1p
Kwei—Udjidji	6a	„ 4p
Kwei—Daressalam	8a	„ 7p
Tabora—Daressalam	9a	„ 9p
Udjidji—Daressalam	9a	„ 9p

Diese Zahlen haben auch eine jährliche Periode mit einer Amplitude von 1 bis 2 Stunden. Aus Tabelle 45 ergibt sich nun sofort der Satz:

**Bestimmte Stunden, zu denen sämtliche Höhendifferenzen**

1) Wegen des geringen Höhenunterschiedes (45m) werden diese Zahlen durch die zufälligen Fehler stark entstellt.

durch die Nulllinie der täglichen Periode gehen, gibt es nicht. Eine Ausnahme machen nahe zusammenliegende Stationen.

Wohl aber erweist sich hier die von uns vorgeschlagene Zerlegung der Korrektur in ein von  $(\theta - t)^d$  und ein von  $(\beta - b)^d$  abhängiges Glied wieder von Vorteil, denn jeder dieser Teile geht bei allen Höhenunterschieden nahe zur selben Zeit durch Null, und zwar  $(\theta - t)$  um 8a und 7p. Zum Beweis siehe Figur 3 (S. 61), 9, 10, 11, 12 (Taf. VII), 29 (S. 132) und Tabelle 48 (S. 143). Ferner  $(\beta - b)$  um Mtg und 9.5p. Zum Beweis siehe Fig. 30 (S. 134) und Tabelle 49 (S. 143) und besonders 43 (S. 133).

Diese Zeiten ändern sich je nach der Jahreszeit und Örtlichkeit um geringe Beträge, man wird aber, wenn man sie innehält, nur unbedeutende Fehler in der barometrischen Höhe begehen.

Es tritt hierbei nun aber der Übelstand auf, daß um 8a, wenn  $(\theta - t)^d$  verschwindet,  $(\beta - b)^d$  sein Maximum erreicht, und um Mtg, wenn  $(\beta - b)^d$  durch Null geht,  $(\theta - t)^d$  seinen größten Wert hat. In den Abendstunden ist es ähnlich, wenn die Gegensätze auch nicht so groß sind. Da die von  $(\beta - b)^d$  abhängigen Korrekturen über größere Gebiete hin konstant sind, nicht so sehr lokalen Abweichungen unterliegen und vor allem kleiner sind, als die von  $(\theta - t)^d$  abhängigen, so wird man den Stunden, in denen  $(\theta - t)^d$  verschwindet, als Beobachtungszeiten den Vorzug geben und als günstigste Zeit für barometrische Höhenmessungen 8a und 7p bezeichnen können. Die von  $(\beta - b)^d$  herrührende Reduktion muß dann bei der Berechnung berücksichtigt werden. Von den Stunden, zu denen  $(\beta - b)^d$  verschwindet, kommt als Beobachtungszeit nur noch 9.5p in Betracht, da um Mtg die lokalen Abweichungen und die zufälligen Fehler gerade am größten sind. Die Beobachtungen von 9.5p bedürfen dann noch der von  $(\theta - t)^d$  abhängigen Reduktion.

Eine weitere Möglichkeit, die tägliche Periode zu eliminieren, besteht darin, daß man Luftdruck und Temperatur nicht gleichzeitig beobachtet, sondern jedes Element zu der Stunde, zu der es durch sein Tagesmittel geht. Die Temperatur würde dann etwa um 8.5a oder 7p und der Luftdruck um 0.8p oder 9p zu beobachten sein<sup>1)</sup>. Wenn aber ein Reisender so lange an einem Ort bleibt, um

1) Für den Luftdruck hat Herr Lemaire schon denselben Vorschlag gemacht und gibt deshalb 0.5p als günstigste Beobachtungszeit an. Über die Periode der Temperatur, deren Berücksichtigung ebenso wichtig ist, sagt er nichts, M. s. 16 S. 37. Seine Formel und seine Tafel versagen aber bei dieser Anordnung der Beobachtungen, da er die Lufttemperatur gleich der Temperatur des Quecksilbers im Barometer setzt und diese an sich schon sehr fragliche Gleichheit sicher nicht vorhanden ist für die Lufttemperatur um 8.5a oder 7p und die Quecksilber-Temperatur um 0.5p.

M. E. hält man sich auch von dem anderen von Herrn Lemaire benutzten Kunstgriff, der Vereinigung der Reduktion auf 0° mit dem Temperaturglied der barometrischen Höhenformel, besser frei; denn dies führt leicht zu Verwirrung, weil alsdann an die absolut richtigen Angaben der Siedethermometer und Aneroiden die Reduktion auf 0° mit entgegengesetztem Zeichen angebracht werden muß, die mit diesen Instrumenten nichts zu tun hat, und deren Angaben dadurch künstlich verfälscht werden. Alle bedeutenden Autoren auf diesem Gebiete Angot, Hann, Jordan u. s. w. em-

zu so verschiedenen Zeiten beobachten zu können, so dürfte es sich doch vielmehr empfehlen an den drei Terminstunden 7<sub>a</sub>, 2<sub>p</sub> und 9<sub>p</sub> beide Elemente zu beobachten, da er auf diese Weise die Tagesmittel viel sicherer erhält.

Wenden wir uns nun zu der jährlichen Periode, die in gleicher Weise durch eine Isobaren-Korrektion  $(\beta - b)^j$  und eine Temperatur-Reduktion  $(\theta - t)^j$  beseitigt werden konnte.

Die erstere ist aus den Kärtchen in Fig. 26 (Taf. XI) zu entnehmen und zu dem gleichzeitig an der Küste in möglichst derselben Breite beobachteten und wegen des täglichen Gradienten bereits korrigierten Luftdruck hinzuzufügen. Der auf diese Weise erhaltene reduzierte Luftdruck  $\beta_{re}$  wird der Berechnung der barometrischen Höhe zu Grunde gelegt.

Wird ein im Inland gelegener Ort als Basisstation benutzt (z. B. Kwei oder Tabora), so ist die aus Fig. 26 sich ergebende Korrektion für diesen Ort ebenfalls zu berücksichtigen, indem sie von der Korrektion  $(\beta - b)^j_{re}$ , die zu der zu bestimmenden Station gehört, abgezogen wird. Der dadurch gewonnene Gradient zwischen den beiden Orten ist noch, wie bei der täglichen Periode, auf das Niveau der Basisstation zu beziehen durch Multiplikation mit  $\frac{b}{760}$ , wo  $b$  der Luftdruck der Basisstation ist. Für Kwei ist  $\frac{b}{760} = 0.84$ , für Tabora = 0.87. Die tägliche Temperatur-Korrektion und die jährliche Isobaren-Korrektion sind die wichtigsten der gefundenen Verbesserungen.

Die Temperatur-Korrektion  $(\theta - t)^j$  wird an das wegen täglicher Periode verbesserte Mittel der an der unbekanntten und an der Basisstation beobachteten Temperaturen angebracht. Für die Basisstation Kwei können dabei nach den Erörterungen auf S. 99 dieselben Werte benutzt werden, wie für eine an der Küste gelegene Basisstation.

Die Korrektionen  $(\theta - t)^j$  können für die verschiedenen Monate und für die verschiedenen Gebiete Ostafrikas aus Fig. 26 (Taf. XI) oder Fig. 27 (Taf. XII) entnommen werden. In der ersteren sind sie in kleinen roten Ziffern neben den bisher behandelten Höhenstationen eingeschrieben, sodaß sie für eine zu bestimmende Station dazwischen interpoliert werden können. Eine übersichtlichere Darstellung etwa durch Linien gleicher Werte von  $(\theta - t)^j$  ist bei der geringen Anzahl von Stationen nicht gelungen.

Das Einschalten zwischen den wenigen gegebenen Werten wird ja freilich mit großer Unsicherheit verknüpft sein. Das macht aber nicht viel aus, wenn man die Höhenunterschiede gegen eine untere und eine obere Basisstation berechnet, denn ein Temperaturfehler wirkt in demselben Sinne auf die beiden

---

pfählen daher auch eine reinliche Scheidung zwischen der Reduktion auf 0° und der barometrischen Höhenformel oder Höhentafel, zwischen denen ja auch kein organischer Zusammenhang besteht, und die nur der Ähnlichkeit des mathematischen Ausdrucks wegen zusammengeworfen sind. Das klare, sich der Natur anpassende Verfahren verdient auch hier den Vorzug vor der Künstelei.

Höhendifferenzen ein. Da nun aber die Höhendifferenz zu der Höhe der unteren Basisstation hinzugelegt, von der der oberen Basisstation aber abgezogen wird, so hebt sich der Temperaturfehler aus dem Mittel der beiden Höhenwerte zum größten Teile heraus.

Hat man nur eine Basisstation zur Verfügung, so muß man allerdings einen größeren Temperaturfehler in Kauf nehmen, aber sein Einfluß wird im Vergleich zu dem der Isobaren-Korrektion klein sein. Jedenfalls sollte man, wenn es irgend möglich ist, die Höhenunterschiede gegen eine untere und eine obere Basisstation berechnen, und nötigenfalls, wenn von einer dieser Stationen keine gleichzeitigen Beobachtungen vorliegen, die für den betreffenden Monat und die Tageszeit geltenden mittleren meteorologischen Elemente der betreffenden Station in die Rechnung einsetzen, da im Tropenklima die Einzelwerte nur selten stark von den Mittelwerten abweichen.

Was schließlich die Korrektur des Jahresmittels der Temperatur  $(\theta - t)^m$  an betrifft, so könnte sie aus den Gleichungen (H) (S. 109) unter Einsetzung der Konstanten aus (J\*) (S. 111) gefunden und an das verbesserte Temperaturmittel angebracht werden. Da es dazu jedoch der genäherten Kenntnis der Höhe bedarf, so ist es bequemer, diese Korrekturen erst nach Berechnung der Höhenunterschiede anzubringen und sie in der Form  $Q_{st}^{st}$  und  $Q_{st}^k$  der Gleichungen (K) (s. S. 112) zu berechnen.

Aus (J) geht nach einigen Umformungen, wenn man

$$u_{st} = t_{st} - \left( t_{mn}^m - 0.5^\circ \cdot \frac{\mathfrak{S}_{mn}^{st}}{100} \right)$$

einsetzt, hervor:

$$\begin{aligned} Q_{st}^{st} &= \mathfrak{S}_{mn}^{st} \cdot \left[ q_0 + \frac{q_1}{2} \cdot \left( t_{st}^m - t_{mn}^m + 0.5^\circ \cdot \frac{\mathfrak{S}_{mn}^{st}}{100} \right) \cdot \left( \frac{273^\circ + t_{mn}^m + (t_{st} - t_{mn})^m}{273^\circ + t_{mn}^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m} \right) \right] \\ &= \mathfrak{S}_{mn}^{st} \cdot \left[ q_0 + \frac{q_1}{2} \cdot \left( t_{st}^m - t_{mn}^m + 0.5^\circ \cdot \frac{\mathfrak{S}_{mn}^{st}}{100} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m}{273^\circ + t_{mn}^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m} \right) \right] \end{aligned}$$

und für den Höhenunterschied gegen Kwei:

$$\begin{aligned} Q_{st}^k &= \mathfrak{S}_{st}^k \cdot \left[ q_0 + \frac{q_1}{2} \cdot \left( t_{st}^m - t_{mn}^m + 0.5^\circ \cdot \frac{1651 - \mathfrak{S}_{st}^k}{100} \right) \cdot \left( \frac{273^\circ + t_x^m + (t_{st} - t_x)^m}{273^\circ + t_x^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_x)^m} \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{q_1}{2} \cdot \left( \frac{u_x \cdot (273^\circ + t_x)^m}{273^\circ + t_x^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_x)^m} \right) \right] \\ &= \mathfrak{S}_{st}^k \cdot \left[ q_0 + \frac{q_1}{2} \cdot \left( t_{st}^m - t_{mn}^m + 0.5^\circ \cdot \frac{1651 - \mathfrak{S}_{st}^k}{100} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m - \frac{1}{2}(t_x - t_{mn})^m}{273^\circ + t_x^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m - \frac{1}{2}(t_x - t_{mn})^m} \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{q_1}{2} \cdot \left( \frac{u_x (273^\circ + t_x)^m}{273^\circ + t_x^m + \frac{1}{2}(t_{st} - t_{mn})^m - \frac{1}{2}(t_x - t_{mn})^m} \right) \right]. \end{aligned}$$

Indem die mittleren Werte  $t_{mn}^m = 25.5^\circ$ ,  $t_x^m = 16.2^\circ$ ,  $u_x = -1.3^\circ$ ,  $q_0 = -0.0115$  und  $q_1 = -0.00413$  eingesetzt wurden, konnten mit den Variablen  $t_{st} - t_{mn}$  und  $\mathfrak{S}_{mn}^{st}$  sowie  $\mathfrak{S}_{st}^k$  Tafeln berechnet werden, aus denen die Korrekturen  $Q_{st}^{st}$  und

$Q_{st}^k$  entnommen werden können. Diese Tafeln findet man in Tabelle 52 und 53 (S. 145 u. 146). Diese Korrekturen sollten eigentlich mit dem Jahresmittel der Temperatur an dem zu bestimmenden Orte entnommen werden. Da dies bei vereinzelt Beobachtungen in der Regel nicht bekannt ist, so muß man die beobachtete Temperatur mit dem täglichen und jährlichen Gange einer benachbarten Station auf das Jahresmittel reduzieren, oder man muß wenigstens die Temperatur-Differenz ( $t_{st} - t_{m_n}$ ) von 8.5 a, die nicht sehr stark vom Jahresmittel abweicht, benutzen. Es hat nur einen verschwindenden Einfluß auf die resultierende Höhe, wenn man mit einer um 2° bis 3° falschen Temperatur-Differenz in die Tabellen 52 und 53 eingeht, nur muß in beide Tabellen mit demselben Wert von ( $t_{st} - t_{m_n}$ ) eingegangen werden. Der zweite horizontale Eingang von Tabelle 53, nämlich ( $t_{st} - t_x$ ) ist nur dann zu benutzen, wenn eine Basisstation an der Küste nicht vorhanden ist.

Die wahrscheinlichen Meereshöhen sind dann aus folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$(K^*) \quad \left\{ \begin{array}{l} H_{m_n} = H_{Basisst.} + (\mathfrak{S}_{m_n}^{st} + Q_{m_n}^{st}) \\ H_x = 1635 - (\mathfrak{S}_{st}^k + Q_{st}^k). \end{array} \right.$$

Die beiden Werte  $H_{m_n}$  und  $H_x$  sollten mit einander übereinstimmen. Tun sie das nicht, so liegt es daran, daß der für die zu bestimmende Station geltende Wert  $q_0$  von dem bei Berechnung der Korrekturen  $Q$  angewandten mittleren Werte abweicht. Die dem richtigen  $q_0$  entsprechende wahrscheinlichste Höhe  $H$  ergibt sich nach Gleich. (J) (S. 110) durch eine Verteilung des Unterschiedes proportional zu  $\mathfrak{S}_{m_n}^{st}$  und  $\mathfrak{S}_{st}^k$ , was nach folgender Gleichung geschieht:

$$(N) \quad H = H_{m_n} + W, \quad \text{wo} \quad W = H_{m_n} \cdot \frac{(H_x - H_{m_n})}{1635}$$

ist.

Die Korrekturen der jährlichen Periode und des Jahresmittels sind im vorstehenden unter der Voraussetzung abgeleitet, daß die an der Küste gelegene Basisstation annähernd dieselbe Breite wie die zu bestimmende Station hat (s. Bemerk. zu Tab. 23 S. 93). Da an der Küste fortlaufende Registrierungen aber nur in Daressalam gemacht sind, so müssen die mit einer Einzelbeobachtung korrespondierenden Küstenwerte den Tabellen von Daressalam entnommen werden. Um sie auf die Breite des Beobachtungsortes zu reduzieren, sind noch kleine Verbesserungen  $V_0$  und  $V_1$  anzubringen, wie die in Spalte 2 und 3 der Tabelle 7 (S. 58) für Tanga gegebenen. Um sie zu finden, habe ich nach dem gesamten vorliegenden Material von Kisimayu, Lamu, Mombasa, Tanga, Bagamojo, Daressalam, Mohorro, Kilwa, Lindi und Mikindani<sup>1)</sup> die Abhängigkeit des

1) Teils aus Reports of the British Association for the advancement of science, teils aus Maurer, Meteorol. Beobacht. a. D. Ostafrika. Mitth. a. d. Deutsch. Schutzgeb. 1903 entnommen. Über die Reduktion der um 9a gemachten Beobachtungen s. Bemerkungen zu Tabelle 23 (S. 93).

Luftdrucks und der Temperatur der Küstenstationen von der Breite in den Figuren 31 und 32 (Taf. XIV) dargestellt. Die Mittelwerte sind durch die ausgezogenen Kurven bezeichnet. Der Luftdruck ist noch nicht auf Normalschwere reduziert und gilt für das Niveau von Daressalam, nämlich 13.5 m über Meeresniveau. Um den Druck im Meeresniveau und für Normalschwere zu bekommen, ist daher an die Linien der Fig. 31 noch die Korrektur  $-0.8$  mm anzubringen.

Die teilweise nicht unbedeutenden Abweichungen der einzelnen Stationswerte von den ausgleichenden Kurven weisen auf das Vorhandensein starker lokaler Einflüsse hin, und es ist deshalb zu bedauern, daß ich im vorliegenden immer die Beobachtungen bestimmter Küstenorte und nicht die Werte der ausgleichenden Kurven als Basiswerte der meteorologischen Elemente angenommen habe.

Die Verbesserungen  $V_b$  und  $V_t$ , die zu den in Daressalam beobachteten Werten von Luftdruck und Temperatur hinzugefügt werden müssen, damit man die für eine bestimmte Breite geltenden Werte erhält, wurden diesen Figuren entnommen und in Tabelle 46 und 47 (S. 142) zusammengestellt.

### 33. Zusammenstellung der Formeln und Hilfstafeln.

Kurz zusammengefaßt ergeben sich daher folgende Rechenvorschriften zur Ableitung der Höhe aus einer einzelnen Beobachtung.

Gegeben. 1.  $b_{st}$ ,  $b_{mn}$ ,  $b_k$  die auf  $0^\circ$  und Normalschwere reduzierten Luftdrucke an dem zu bestimmenden Ort, der in möglichst gleicher Breite gelegenen Basisstation an der Küste und Kwei.

2.  $t_{st}$ ,  $t_{mn}$ ,  $t_k$  die beobachteten Lufttemperaturen an denselben Orten.

3.  $H_{bas}$  die Höhe der Küstenstation über dem Meere.

Berechnung. Ist Daressalam die Basisstation an der Küste, so sind  $V_b$  und  $V_t$  mit der Breite des zu bestimmenden Ortes aus Tab. 46 (S. 142) und 47 (S. 142) zu entnehmen und

$$b_{mn} = b_D + V_b \quad \text{und} \quad t_{mn} = t_D + V_t$$

zu bilden.

Nun berechnet man

$$t_{mn}^s = \frac{1}{2}(t_{mn} + t_{st}) \quad \text{und} \quad t_{st}^k = \frac{1}{2}(t_{st} + t_k)$$

und entnimmt die Verbesserungen  $(\theta - t)^d$  aus Tabelle 48 (S. 143) und  $(\theta - t)^j$  aus Figur 26 (Taf. XI) mit flüchtigem Interpolieren, womit

$$\theta_{mn} = t_{mn}^s + (\theta - t)^d + (\theta - t)^j \quad \text{und} \quad \theta_k = t_{st}^k + (\theta - t)^d + (\theta - t)^j$$

gefunden wird.

Aus Tabelle 49 (S. 143) bekommt man  $(\beta - b)_{mn}^d$  und  $(\beta - b)_k^d$  und aus Figur 26 (Taf. XI) die Gradienten  $(\beta - b)_{mn}^j$  für die zu bestimmende Station und für Kwei. Der letztere heiße  $(\beta - b)_{mn}^j$  f. K. Damit berechnet man

$$\beta_{Mn} = b_{Mn} + (\beta - b)_{Mn}^d + (\beta - b)_{Mn}^j$$

und

$$\beta_K = b_K + (\beta - b)_K^d + 0.84 \cdot [(\beta - b)_{Mn}^j - (\beta - b)_{Mn}^j \text{ f. K.}]$$

Der Wert von  $0.84 \cdot [(\beta - b)_{Mn}^j - (\beta - b)_{Mn}^j \text{ f. K.}]$  braucht nicht berechnet zu werden sondern kann für die einzelnen Monate aus Tabelle 50 (S. 143) entnommen werden.

Mit den Werten  $\theta_{Mn}$ ,  $\beta_{Mn}$  und  $b_{St}$  ermittelt man den Höhenunterschied  $\mathfrak{S}_{Mn}^{St}$  und mit  $\theta_K$ ,  $\beta_K$  und  $b_{St}$  den Höhenunterschied  $\mathfrak{S}_{St}^K$  (dieser letztere Unterschied ist negativ, wenn die zu bestimmende Station höher als Kwei liegt) nach den Jordanschen Höhentafeln. Die Tafelverbesserung  $V_{Jord}$  wird aus der Formel (L)  $V_{Jord} = 8 \cdot \frac{\mathfrak{S}}{1000}$  oder aus Tabelle 51 (S. 144) und die Verbesserungen  $Q_{Mn}^{St}$  aus Tabelle 52 (S. 145) und  $Q_{St}^K$  aus Tabelle 53 (S. 146) gefunden, womit

$$H_{Mn} = H_{Bas} + (\mathfrak{S}_{Mn}^{St} + V_{Jord} + Q_{Mn}^{St}) \text{ für Daressalam } H_{Bas} = 13.5$$

$$H_K = 1635 - (\mathfrak{S}_{St}^K + V_{Jord} + Q_{St}^K)$$

zu berechnen ist.  $Q_{St}^K$  ist mit demselben horizontalen Eingang zu entnehmen wie  $Q_{Mn}^{St}$ . Abrundung auf ganze Grade genügt. Den Unterschied  $H_K - H_{Mn}$  verteilt man im Verhältnis  $\mathfrak{S}_{St}^K : \mathfrak{S}_{Mn}^{St}$ , indem man nach der Formel (N)

$$W = H_{Mn} \cdot \frac{H_K - H_{Mn}}{1635} \quad \text{und} \quad H = H_{Mn} + W$$

berechnet.  $H$  ist der wahrscheinlichste Wert der zu bestimmenden Höhe.

Für die Basisstation Tabora, die bei einigen Höhenbestimmungen benutzt worden ist, hat man entsprechend zu bilden

$$\theta_{Tab} = t_{Tab}^{St} + (\theta - t)^d + (\theta - t)^j,$$

wobei ich für  $(\theta - t)^j$  das Mittel aus dem für Tabora und die betreffende Station geltenden Werte genommen habe.

Der tägliche Luftdruck-Gradient findet hier jedoch keine Anwendung, da Tabora ebenfalls Innenstation ist. Wird der aus Figur 26 zu entnehmende jährliche Gradient für Tabora mit  $(\beta - b)_{Mn}^j$  f. Tab. bezeichnet, so ist zu berechnen

$$\beta_{Tab} = b_{Tab} + 0.87 \cdot [(\beta - b)_{Mn}^j - (\beta - b)_{Mn}^j \text{ f. Tab.}]$$

Mit diesen Werten ist der Höhenunterschied  $\mathfrak{S}_{Tab}^{St}$  zu berechnen. Der Wert von  $Q_{Tab}^{St}$  ist gleich der Differenz des  $Q_{Mn}^{St}$  für die Temperaturdifferenz  $(t_{St} - t_{Mn})^m$  minus dem  $Q_{Mn}^{Tab}$  für diejenige Temperaturdifferenz  $(t_{Tab} - t_{Mn})^m$ , die demselben Werte von  $u$  (S. 109) entspricht.

Tabelle 46. Verbesserungen  $V$ , die an die in Daressalam beobachteten Luftdrucke anzubringen sind, um sie auf die Breite des Ortes, dessen Höhe bestimmt werden soll, zu reduzieren (in mm).

(S. S. 140)

Südl. Breite	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Januar	+0.6	+0.5	+0.4	+0.4	+0.3	+0.2	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2
Februar	+0.5	+0.6	+0.7	+0.7	+0.6	+0.5	+0.3	+0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1
März	-1.2	-1.0	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.0	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4
April	-0.8	-0.6	-0.5	-0.3	-0.1	+0.1	+0.1	0.0	0.0	+0.1	+0.2	+0.5
Mai	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.7
Juni	-1.9	-1.6	-1.3	-1.0	-0.7	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	+0.1	+0.6	+1.2
Juli	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	+0.3	+0.7	+1.2
August	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	+0.1	+0.3	+0.6
September	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	+0.2	+0.5	+0.8
Oktober	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5
November	+0.4	+0.4	+0.3	+0.3	+0.2	+0.2	+0.2	+0.2	+0.3	+0.5	+0.6	+0.8
Dezember	+0.2	+0.2	+0.1	+0.1	0.0	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.2	+0.2

Tabelle 47. Verbesserungen  $V$ , die an die in Daressalam beobachteten Temperaturen anzubringen sind, um sie auf die Breite des Ortes, dessen Höhe bestimmt werden soll, zu reduzieren.

(S. S. 140)

Südl. Breite	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Januar	-1.3°	-1.2°	-1.0°	-0.9°	-0.7°	-0.5°	-0.4°	-0.5°	-0.6°	-0.7°	-0.8°	-1.0°
Februar	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.2	+0.2	+0.1	-0.3	-0.8	-1.1	-1.3
März	+0.5	+0.6	+0.8	+0.9	+1.0	+0.7	+0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5
April	+2.3	+2.2	+2.1	+1.9	+1.6	+1.1	+0.4	-0.1	0.0	+0.3	+0.3	+0.4
Mai	+2.0	+1.9	+1.8	+1.5	+1.1	+0.5	+0.1	0.0	+0.2	+0.5	+0.5	+0.4
Juni	+1.7	+1.7	+1.6	+1.5	+1.4	+1.0	+0.2	0.0	+0.7	+1.2	+0.9	+0.6
Juli	+1.5	+1.4	+1.3	+1.1	+0.8	+0.4	-0.1	-0.2	+0.3	+0.8	+0.7	+0.5
August	+1.5	+1.6	+1.5	+1.4	+1.1	+0.3	-0.1	-0.1	+0.4	+0.7	+0.6	+0.4
September	+1.2	+1.4	+1.6	+1.7	+1.4	+0.6	+0.1	+0.2	+0.4	+1.0	+0.7	+0.2
Oktober	+1.2	+1.2	+1.1	+1.0	+1.0	+0.5	+0.2	+0.1	+0.4	+0.8	+0.6	+0.1
November	+0.9	+0.9	+0.8	+0.7	+0.5	+0.4	+0.3	+0.3	+0.5	+0.7	+0.8	+0.8
Dezember	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3

Tabelle 48. Mittlere Reduktionen der beobachteten Temperaturen auf barometrische Temperaturen wegen täglicher Periode  $(\theta - t)^d$ .

(S. S. 131 u. 132)

Stunde	$(\theta - t)^d$						
1 a	+ 2.9°	7 a	+ 1.8°	1 p	- 3.6°	7 p	0.0°
2	+ 3.0	8	0.0	2	- 3.4	8	+ 0.8
3	+ 3.0	9	- 1.5	3	- 3.1	9	+ 1.4
4	+ 3.1	10	- 2.7	4	- 2.6	10	+ 1.8
5	+ 3.0	11	- 3.3	5	- 2.0	11	+ 2.3
6	+ 2.9	Mtg	- 3.6	6	- 1.0	Mnt	+ 2.7

Tabelle 49. Mittlere Unterschiede des Luftdrucks im Meeresniveau  $(\beta - b)_{Mn}^d$  und im Niveau von Kwei  $(\beta - b)_K^d$  zwischen dem Inneren von Ostafrika und der Küste infolge der täglichen Periode, nördlich und südlich des Breitenparallels von 7° S.

(S. S. 133 u. 134)

Stunde	$(\beta - b)_{Mn}^d$		$(\beta - b)_K^d$		Stunde	$(\beta - b)_{Mn}^d$		$(\beta - b)_K^d$	
	nördlicher Teil	südlicher Teil	nördlicher Teil	südlicher Teil		nördlicher Teil	südlicher Teil	nördlicher Teil	südlicher Teil
1 a	+0.1 mm	+0.2 mm	0.0 mm	+0.2 mm	1 p	-0.1 mm	-0.3 mm	-0.1 mm	-0.3 mm
2	+0.1	+0.2	+0.1	+0.2	2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4
3	+0.1	+0.3	+0.1	+0.2	3	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5
4	+0.2	+0.3	+0.2	+0.2	4	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
5	+0.3	+0.3	+0.3	+0.3	5	-0.8	-0.6	-0.7	-0.5
6	+0.5	+0.4	+0.4	+0.3	6	-0.7	-0.5	-0.6	-0.5
7	+0.6	+0.4	+0.5	+0.4	7	-0.5	-0.4	-0.5	-0.3
8	+0.7	+0.5	+0.6	+0.4	8	-0.4	-0.2	-0.3	-0.2
9	+0.7	+0.4	+0.6	+0.3	9	-0.2	0.0	-0.2	0.0
10	+0.6	+0.3	+0.5	+0.2	10	0.0	+0.1	0.0	+0.1
11	+0.4	+0.1	+0.4	+0.1	11	0.0	+0.2	0.0	+0.2
Mtg	+0.2	-0.1	+0.1	-0.1	Mcht	0.0	+0.2	0.0	+0.2

Tabelle 50. Werte von  $0.84 \cdot [(\beta - b)_{Mn}^j - (\beta - b)_K^j \text{ f. K.}]$  in mm.

(S. S. 137)

$(\beta - b)_{Mn}^j$	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.
+ 1.0 mm	+1.0	+1.0	+1.0	+0.6	+0.6	+0.6	+0.6	+1.0	+1.1	+1.1	+1.0	+1.0
0.0	+0.2	+0.2	+0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	+0.2	+0.3	+0.3	+0.2	+0.2
- 1.0	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
- 2.0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.5	-1.4	-1.4	-1.5	-1.5
- 3.0	-2.3	-2.3	-2.3	-2.7	-2.7	-2.7	-2.8	-2.4	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3
- 4.0	-3.2	-3.2	-3.2	-3.6	-3.6	-3.6	-3.6	-3.2	-3.1	-3.1	-3.2	-3.2

Tabelle 51. Werte der Verbesserung der Jordanschen Höhentafel für Ostafrika

$$V_{Jord} = 8 \cdot \frac{\xi}{1000} \quad (V_{Jord} \text{ hat dasselbe Vorzeichen wie } \xi) \text{ in m.}$$

(S.S. 129 u. 130)

$\xi$	$V_{Jord}$	$\xi$	$V_{Jord}$	$\xi$	$V_{Jord}$
0 m	0.0 m	900 m	7.2 m	1800 m	14.4 m
100	0.8	1000	8.0	1900	15.2
200	1.6	1100	8.8	2000	16.0
300	2.4	1200	9.6	2100	16.8
400	3.2	1300	10.4	2200	17.6
500	4.0	1400	11.2	2300	18.4
600	4.8	1500	12.0	2400	19.2
700	5.6	1600	12.8	2500	20.0
800	6.4	1700	13.6	2600	20.8

Da

$$u_{St} = t_{St} - t_{Mn} + 0.5^\circ \cdot \frac{\xi_{Mn}^{St}}{100}$$

und

$$u_{Tab} = t_{Tab} - t_{Mn} + 0.5^\circ \cdot \frac{1242}{100}$$

ist, und  $u_{Tab} = u_{St}$  sein soll, so folgt

$$t_{Tab} - t_{Mn} = t_{St} - t_{Mn} + 0.5^\circ \cdot \left( \frac{\xi_{Mn}^{St}}{100} - 12.42 \right).$$

Mit diesem Werte als Horizontalargument ist  $Q_{Mn}^{Tab}$  aus Tabelle 52 (S. 145) zu entnehmen und zu bilden:

$$H_{Tab} = 1214 + (\xi_{Tab}^{St} + V_{Jord} + Q_{Mn}^{St} - Q_{Mn}^{Tab}).$$

## 34. Beispiele für die Höhenberechnung (Kiwu- und Viktoria-See).

Als Beispiel für die Anwendung der im vorigen Kapitel gegebenen Formeln und Rechenvorschriften sollen die Höhen des Kiwu-Sees und des Viktoria-Njansas aus einigen Reihen von Luftdruckmessungen ermittelt werden.

In Tabelle 54 (S. 147) sind die Beobachtungen mit den zugehörigen Luftdruck- und Temperaturwerten der Basisstationen zusammengestellt. In den Spalten 13–18 findet man die Höhen, die bei der gewöhnlichen Rechenweise ohne Anwendung der von uns abgeleiteten Korrekturen gefunden werden, nebst ihren Mittelwerten, den Abweichungen davon und den mittleren Fehlern.

Die Höhen der Stationen über dem Kiwu-See sind nur genähert bekannt, sie betragen im Mittel etwa 5 m. Muansa liegt nahe an 10 m, Kaponko etwa 20 m und Njawihui ungefähr 40 m über dem Njansa.

Tabelle 52. Werte der Verbesserung  $Q_{S_0}^t$  wegen des Fehlers des Jahresmittels der Temperaturen in m.  
(S.S. 138 u. 139)

$(t_{S_0} - t_{M_0})^m$	-18°	-16°	-14°	-12°	-10°	-8°	-6°	-4°	-2°	0°	+2°	+4°	+6°	+8°
$\xi_{S_0}^m = 0$ m							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100							0.0	-0.4	-0.8	-1.3	-1.7	-2.1	-2.5	-2.9
200						+ 0.5	-0.3	-1.1	-1.9	-2.7	-3.5	-4.4	-5.2	-9.1
300						+ 0.5	-0.7	-1.9	-3.2	-4.4	-5.6	-6.9	-8.1	-9.4
400						+ 0.3	-1.3	-3.0	-4.6	-6.2	-7.9	-9.6	-11.2	-13.0
500						-0.2	-2.2	-4.2	-6.2	-8.4	-10.4	-12.5	-14.6	-16.8
600					+ 1.6	-0.8	-3.2	-5.7	-8.1	-10.6	-13.1	-15.6	-18.1	-20.7
700					+ 1.1	-1.7	-4.5	-7.4	-10.2	-13.1	-16.0	-19.0	-21.9	-24.8
800					+ 0.5	-2.7	-5.9	-9.2	-12.5	-15.8	-19.2	-22.5	-25.8	-29.3
900					-0.4	-4.0	-7.6	-11.2	-15.0	-18.7	-22.5	-26.2	-30.1	-33.8
1000				+ 2.6	-1.4	-5.4	-9.5	-13.5	-17.7	-21.8	-26.0	-30.1	-34.4	-38.7
1100				+ 1.8	-2.6	-7.0	-11.6	-16.1	-20.5	-25.1	-29.9	-34.4	-38.9	-43.7
1200				+ 0.7	-4.1	-8.9	-13.8	-18.7	-23.6	-28.6	-33.7	-38.6	-43.8	-49.0
1300				-0.5	-5.7	-11.1	-16.2	-21.6	-26.9	-32.4	-37.9	-43.3	-48.8	-54.3
1400			+ 3.6	-2.0	-7.6	-13.3	-18.9	-24.6	-30.4	-36.2	-42.2	-48.0	-53.9	-59.9
1500			+ 2.4	-3.6	-9.7	-15.8	-21.9	-28.0	-34.2	-40.5	-46.8	-52.9	-59.5	-65.9
1600			+ 1.0	-5.4	-12.0	-18.6	-25.0	-31.5	-38.1	-44.9	-51.7	-58.1	-65.0	
1700			-0.8	-7.5	-14.5	-21.2	-28.2	-35.2	-42.3	-49.3	-56.6	-63.6	-70.9	
1800		+ 4.2	-2.6	-9.8	-17.2	-24.3	-31.7	-39.0	-46.6	-54.1	-61.8	-69.1		
1900		+ 2.8	-4.8	-12.4	-20.0	-27.7	-35.5	-43.1	-51.1	-59.1	-67.1	-75.0		
2000		+ 1.0	-7.0	-15.0	-23.0	-31.2	-39.4	-47.4	-55.8	-64.2	-72.6	-81.0		
2100		-1.0	-9.5	-17.9	-26.2	-34.9	-43.5	-52.1	-60.7	-69.6	-78.4			
2200	+ 5.5	-3.3	-12.1	-20.9	-29.6	-38.8	-47.7	-56.7	-65.8	-75.1	-84.3			
2300	+ 3.5	-5.8	-15.0	-24.1	-33.4	-42.9	-52.2	-61.8	-71.3	-81.0	-90.3			
2400	+ 1.2	-8.4	-18.0	-27.6	-37.2	-47.0	-56.9	-66.8	-76.8	-86.8				
2500	-1.2	-11.2	-21.3	-31.2	-41.5	-51.9	-62.0	-72.2	-82.6	-93.0				
2600	-3.9	-14.3	-24.7	-35.1	-45.8	-56.5	-67.1	-77.7	-88.4	-99.2				

Die Beobachtungen der Herren Hauptleute Herrmann und Schlobach sind mir gütigst handschriftlich zur Verfügung gestellt worden. Die ersteren sind teils mit den 2 Siedethermometern des Herrn Dr. Kandt, teils mit den 4 Thermometern der Kiwu-Grenz-Regulierungs-Kommission gemacht, wobei wenigstens immer 2 Thermometer abgelesen wurden. Herr Hauptmann Schlobach verfügte zwar nur über 1 Thermometer, er ist aber als sehr gewissenhafter Beobachter bekannt. Die Beobachtung von Graf v. Götzen ist aus dem von Herrn v. Danckelman verfaßten Anhang zu: „Durch Afrika von Ost nach West“ 2<sup>te</sup> Aufl. Berlin 1899 S. 381 entnommen. Die meteorologischen Elemente der Basisstationen stammen aus D. ü. m. B. X, XI und XIII; die eingeklammerten sind nicht gleichzeitig beobachtet, sondern mehrjährige Mittelwerte.

Tabelle 53. Werte der Verbesserung  $Q_{St}^K$  wegen des Fehlers des Jahresmittels der Temperaturen in m.

(S.S. 138 u. 139)

	$(t_{St}-t_{Mn})^m$	$(t_{St}-t_K)^m$	-18°	-16°	-14°	-12°	-10°	-8°	-6°	-4°	-2°	0°	+2°	+4°	+6°	+8°
			(-8.7°)	(-6.7°)	(-4.7°)	(-2.7°)	(-0.7°)	(+1.3°)	(+3.3°)	(+5.3°)	(+7.3°)	(+9.3°)	(+11.3°)	(+13.3°)	(+15.3°)	(+17.3°)
$\Phi_{St}^x = 1700$ m									+ 6.5	- 0.7	- 7.6	-14.8	-22.0	-29.0	-36.4	-43.5
1600									+ 4.3	- 2.2	- 9.0	-15.5	-22.3	-29.1	-35.8	-42.7
1500								+ 8.7	+ 2.6	- 3.6	- 9.9	-16.2	-22.5	-28.8	-35.3	-41.7
1400									+ 6.7	+ 0.8	- 4.9	-10.7	-16.7	-22.4	-28.4	-34.4
1300									+ 4.8	- 0.5	- 5.8	-11.3	-16.8	-22.2	-27.6	-33.3
1200									+ 3.2	- 1.7	- 6.7	-11.7	-16.7	-21.8	-26.8	-32.0
1100							+ 6.3	+ 1.9	- 2.6	- 7.3	-11.9	-16.5	-21.1	-25.8	-30.5	-35.2
1000							+ 4.6	+ 0.6	- 3.5	- 7.6	-11.8	-16.0	-20.3	-24.4	-28.7	-33.1
900							+ 3.2	- 0.4	- 4.0	- 7.8	-11.5	-15.4	-19.2	-23.0	-26.8	-30.7
800							+ 2.1	- 1.1	- 4.5	- 7.8	-11.1	-14.6	-17.8	-21.2	-24.7	-28.2
700				+ 4.0	+ 1.1	- 1.8	- 4.6	- 7.6	- 10.5	-13.4	-16.4	-19.3	-22.4	-25.4	-28.4	-31.4
600				+ 2.8	+ 0.4	- 2.2	- 4.6	- 7.1	- 9.6	-12.2	-14.6	-17.2	-19.8	-22.4	-25.0	-27.6
500					+ 1.8	- 0.2	- 2.3	- 4.4	- 6.4	- 8.6	-10.6	-12.8	-14.8	-17.0	-19.2	-21.4
400					+ 1.0	- 0.6	- 2.2	- 3.9	- 5.6	- 7.2	- 8.9	-10.6	-12.3	-14.0	-15.8	-17.5
300			+ 1.7	+ 0.5	- 0.8	- 2.0	- 3.2	- 4.5	- 5.8	- 7.0	- 8.3	- 9.5	-10.9	-12.2	-13.5	-14.8
200				+ 0.9	+ 0.1	- 0.7	- 1.5	- 2.4	- 3.2	- 4.0	- 4.9	- 5.7	- 6.5	- 7.4	- 8.3	- 9.1
100				+ 0.4	0.0	- 0.5	- 0.9	- 1.3	- 1.7	- 2.1	- 2.6	- 3.0	- 3.4	- 3.8	- 4.2	- 4.6
0				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100		-0.6	-0.2	+0.2	+0.7	+1.1	+1.5	+1.9	+2.3	+2.8	+3.2	+3.6	+4.0	+4.4	+4.8	+5.2
-200		-0.9	-0.1	+0.7	+1.5	+2.4	+3.2	+4.0	+4.9	+5.7	+6.6	+7.4	+8.2	+9.0	+9.8	+10.6
-300		-1.1	+0.1	+1.4	+2.6	+3.8	+5.1	+6.4	+7.6	+8.9	+10.2	+11.4	+12.6	+13.8	+15.0	+16.2
-400		-1.0	+0.6	+2.2	+3.9	+5.6	+7.2	+8.9	+10.6	+12.3	+14.0	+15.7	+17.4	+19.1	+20.8	+22.5
-500	-2.8	-0.8	+1.2	+3.4	+5.4	+7.4	+9.6	+11.6	+13.8	+15.9	+18.0	+19.9	+21.8	+23.7	+25.6	+27.5
-600	-2.7	-0.3	+2.2	+4.6	+7.1	+9.5	+12.1	+14.6	+17.1	+19.7	+22.2	+24.7	+27.2	+29.7	+32.2	+34.7
-700	-2.4	+0.4	+3.2	+6.1	+9.0	+11.9	+14.8	+17.7	+20.7	+23.7	+26.6	+29.5	+32.4	+35.3	+38.2	+41.1
-800	-2.1	+1.2	+4.5	+7.8	+11.2	+14.4	+17.8	+21.1	+24.5	+27.9	+31.2	+34.5	+37.8	+41.1	+44.4	+47.7
-900	-1.4	+2.2	+6.0	+9.6	+13.4	+17.2	+20.9	+24.6	+28.5	+32.4	+36.2	+40.0	+43.8	+47.6	+51.4	+55.2

Der eingeklammerte horizontale Eingang  $(t_{St}-t_K)^m$  ist nur dann zu benutzen, wenn eine an der Küste gelegene Basisstation nicht vorhanden ist.

Zur Entnahme von  $Q$  sind die Differenzen von  $t_{St}$  und  $t_{Mn}$  um  $8\alpha$  herum angenommen, nämlich für den Njansa  $t_{St}-t_{Mn} = -4^\circ$  und für den Kiwu  $t_{St}-t_{Mn} = -4^\circ$ , woraus zur Entnahme von  $Q_{Mn}^{Tab}$  folgt  $t_{Tab}-t_{Mn} = -3^\circ$ . Die Rechnungsergebnisse sind in Tabelle 55 (S. 148) zusammengestellt und nach den Spalten-Überschriften verständlich.

Tabelle 54. Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe des Kiwu- und des Viktoria-Sees und rohe Höhen.

1 Datum und Beobachtungszeit	2 Ort	3 Breite o	4 Beobachter	5 Am See		6 Daressalam		7 Kwei		8 Tabora		9 Basis Dares.		10 Basis Kwei		11 Basis Tabora		12 Basis Kwei		13 Basis Tabora		
				b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm	t o	b mm
Kiwu-See																						
1901 April 6 10 a	Ostufcr	-2.8	Herrmann	641.2	224.5	758.5	25.3	628.9	23.0	660.7	26.8	1500	7	1460	+11	1478	0					
1894 Juni 17 7 a	Nordende	-1.6	Graf v. Götzen	641.9	17.9	762.2 <sup>1)</sup>	22.3 <sup>1)</sup>	[630.6]	[11.9]			1500	-7	1479	-8	1478						
1901 Juni 29 8 a	Ostufcr	-2.8	Herrmann	642.1	17	763.6	21.4	631.8	14.2	662.5	19.0	1508	-15	1485	-14	1478	-5					
" Aug. 8 6.5a	"	"	"	642.0	18.0	761.9	16.9	629.4	10.4	661.5	16.6	1474	+19	1463	+8	1465	+8					
" Aug. 26 8 a	"	"	"	642.0	20.8	763.3	20.4	631.1	12.5	662.0	20.0	1518	-20	1488	+8	1475	-2					
" Oktbr. 2 6.5a	"	"	"	641.8	17.5	761.1	19.6	629.1	14.4	661.2	19.4	1481	+12	1459	+12	1456	+7					
" Oktbr. 15 6 a	"	"	"	642.0	18.0	763.1	20.7	630.4	12.9	662.0	18.5	1505	-12	1475	+4	1478	0					
" Oktbr. 24 7 a	"	"	"	642.0	18.0	762.2	23.6	631.3	17.4	662.8	21.2	1502	-9	1485	-14	1479	-6					
" Dezbr. 1 7 a	"	"	"	641.5	17.8	759.3	24.4	[628.8]	[15.1]	660.9	20.1	1477	+16	1469	+12	1467	+6					
1902 Jan. 15 6 a	"	"	"	640.4	15.0	757.9	26.3	[628.1]	[16.7]	660.8	18.1	1473	+20	1465	+6	1478	-5					
Mittel und mittl. Fehler																						
Victoria-See																						
1898 Mai 15 4.6p	Muansa	-2.5	Schlobach	664.8	23.0	758.8	28.6	629.9	18.0			1173	+8	1156	+1	1473	+2					
" Juni 9 6.8p	"	"	"	664.8	23.0	760.2	25.4	629.9	14.9			1183	-7	1159	-4							
" Aug. 30 8.8a	"	"	"	667.5	23.2	763.5	26.3	631.4	17.8			1188	+10	1155	+13							
" Juli 9 9 p	Kaponko	-2.4	"	663.8	22.3	759.5	22.6	629.3	18.8			1171	+18	1162	+8							
" Juli 10 7.3a	"	"	"	665.2	20.6	761.0	20.4	630.3	13.7			1168	+18	1152	+8							
" Juli 10 2 p	"	"	"	664.2	22.5	759.8	28.7	630.0	17.2			1182	-1	1156	+1							
" Aug. 8 8.8a	Njavihi	-1.3	"	665.0	22.6	763.0	25.2	632.2	12.2			1182	-1	1161	-6							
" Aug. 8 3.5p	"	"	"	661.8	26.6	760.7	27.5	630.3	15.2			1211	-30	1171	-10							
" Aug. 8 8.8p	"	"	"	664.0	22.5	762.5	22.1	631.5	11.4			1188	-2	1165	-16							
Mittel und mittl. Fehler																						

1) Gleichzeitige Beobachtung in Bagamojo. Mit Höhenunterschied und Figur 81 und 92 (Taf. XIV) auf Daressalam reduziert.

Tabelle 55. Berechnung der Höhe des Kiwu- und Viktoria-Sees.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum und Beobachtungszeit	$V_1$ Tab. 47	$(\theta - \delta)^c$ Tab. 48	$(\theta - \delta)^{1/n}$ Taf. XI	$(\theta - \delta)^{1/2n}$ Taf. XI	$\theta_{Mn}$	$\theta_x$	$\theta_{Tab}$	$V_6$ Tab. 46	$(\beta - b)^{1/n}$ Tab. 49	$(\beta - b)^{1/2}$ Tab. 49	$(\beta - b)^{1/n}$ Taf. XI	$0.84 \cdot \frac{(\beta - b)^{1/n}}{(\beta - b)^{1/n} \cdot f. K.}$ Tab. 50	$(\beta - b)^{1/n}$ f. Tab. Taf. XI	$0.87 \cdot \frac{(\beta - b)^{1/n}}{(\beta - b)^{1/n} \cdot f. Tab.}$ Taf. XI	$\beta_{Mn}$	$\beta_x$	$\beta_{Tab}$
	mm							mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm

Kiwu-See

April 6 10 a	+1.9	-2.7	-0.4	+0.3	24.3	20.7	22.8	-0.5	+0.6	+0.5	-0.7	-0.8	-0.7	0.0	757.9	628.6	660.7
Juni 17 7 a	+1.6	+1.8	0.0		22.7	16.7		-1.5	+0.6	+0.5	-2.5	-2.3			758.8	628.8	
Juni 29 8 a	+1.4	0.0	+0.2	+0.5	20.1	15.8	18.5	-0.9	+0.7	+0.6	-2.7	-2.5	-1.2	-1.3	760.7	629.4	661.2
August 8 6.5a	+1.5	+2.3	+0.6	+0.1	19.6	15.6	18.2	-0.5	+0.5	+0.4	-3.0	-2.4	-2.2	-0.7	758.9	627.4	660.8
August 26 8 a	+1.5	0.0	+0.6	+0.1	22.0	17.2	20.5	-0.4	+0.7	+0.6	-3.3	-2.6	-2.3	-0.9	760.3	629.1	661.1
Oktober 2 6.5a	+1.3	+2.3	+0.4	-0.6	21.9	18.7	20.1	-0.4	+0.5	+0.4	-2.2	-1.6	-2.5	+0.3	759.0	627.9	661.5
Oktober 15 6 a	+1.1	+2.9	+0.3	-0.8	23.1	18.6	20.3	-0.5	+0.5	+0.4	-2.0	-1.4	-2.0	0.0	761.1	629.4	662.0
Oktober 24 7 a	+1.1	+1.8	+0.3	-0.8	23.5	19.8	20.6	-0.5	+0.6	+0.5	-2.0	-1.4	-2.0	0.0	760.3	630.4	662.3
Dezember 1 7 a	+0.1	+1.8	-0.2	-0.5	22.8	18.0	20.3	+0.2	+0.6	+0.5	-0.5	-0.2	-1.0	+0.4	759.6	629.1	661.3
Januar 15 6 a	-1.0	+2.9	0.0	+0.3	23.1	18.7	19.8	+0.4	+0.5	+0.4	-0.5	-0.2	-0.5	0.0	758.3	628.3	660.8

Viktoria-See

Mai 15 4.6p	+1.6	-2.2	+0.3		25.2	19.1		-0.3	-0.8	-0.7	-1.1	-1.1			756.6	628.1	
Juni 9 6.3p	+1.6	-0.7	+1.0		25.3	19.3		-1.0	-0.6	-0.6	-1.6	-1.5			757.0	627.8	
August 30 9.3a	+1.5	-1.9	-0.5		23.1	18.1		-0.3	+0.7	+0.6	-2.5	-1.9			761.4	630.1	
Juli 9 9 p	+1.3	+1.4	+0.6		21.1	20.0		-0.7	-0.2	-0.2	-1.8	-1.7			756.8	627.4	
Juli 10 7.3a	+1.3	+1.3	+0.6		23.1	19.1		-0.6	+0.6	+0.5	-1.8	-1.7			759.2	629.1	
Juli 10 2 p	+1.3	-3.4	+0.6		23.4	17.0		-0.6	-0.4	-0.4	-1.8	-1.7			757.0	627.9	
August 8 8.8a	+1.4	-1.2	0.0		23.4	16.2		-0.5	+0.7	+0.6	-2.5	-2.0			760.7	630.8	
August 8 3.5a	+1.4	-2.9	0.0		24.9	18.0		-0.5	-0.3	-0.7	-2.5	-2.0			756.9	627.6	
August 8 8.8p	+1.4	+1.3	0.0		24.3	18.3		-0.5	-0.3	-0.2	-2.5	-2.0			759.2	629.3	

Datum	Höhe des Seespiegels und Fehler (R-B)																		
	$\theta_{Mn}^c$	$V_{ord}$	$Q_{Mn}^c$	$\theta_{St}^c$	$V_{ord}$	$Q_{St}^c$	$\theta_{Tab}^c$	$V_{ord}$	$Q_{Mn}^{Tab}$	$H_{Mn}$	$v$	$H_x$	$v$	$W$	$H$	$v$	$H_{Tab}$	$v$	
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m

Kiwu-See

April 6	1460					260				1453	+2	1460	-2	+7	1460	-2	1464	-
Juni 17	54			171		75				47	+8	56	+2	+8	55	+3		
Juni 29	60			70		51				53	+2	61	-3	+7	60	-2	55	+8
August 8	38			95		47				31	+24	36	+22	+5	36	+22	51	+12
August 26	65	+11.7	-27.1	74	+1.4	53	+2.1	-20.3		58	-3	57	+1	-1	57	+1	57	+6
Oktober 2	54			88		60				47	+8	43	+15	-4	43	+15	64	-1
Oktober 15	80			70		64				73	-18	61	-3	-11	62	-4	68	-5
Oktober 24	73			57		68				66	-11	74	-16	+7	73	-15	72	-9
Dezember 1	68			67		62				61	-6	64	-6	+3	64	-6	66	-3
Januar 15	69			64		70				62	-7	67	-9	+5	67	-9	74	-11

Viktoria-See

Mai 15	1135			488						1130	+3	1139	-1	+6	1136	0		
Juni 9	1138	+9.1	-17.4	492	+3.9	-6.4				33	0	35	+3	+1	34	+2		
August 30	1145			498						40	-7	34	+4	-4	36	0		
Juli 9	1133			485						18	+15	32	+6	+9	27	+9		
Juli 10	1150	+9.1	-17.4	479	+3.8	-6.3				55	-2	39	+1	+3	38	-2		
Juli 10	1138			478						24	+9	39	+1	+10	34	+2		
August 8	1171			448						36	-3	49	-11	+10	46	-10		
August 8	1174	+9.4	-18.2	454	+3.6	-6.1				39	-6	44	-6	+4	43	-7		
August 8	1170			459						34	-1	38	0	+3	37	-1		

Die gefundenen Mittelwerte sind

bei gewöhnlicher Berechnungsweise:			bei Berücksichtigung der Korrekturen:		
	Kiwu-See	Viktoria-See		Kiwu-See	Viktoria-See
$h_{Na}$	1493 $\pm$ 5 m	1181 $\pm$ 4 m	$H_{Na}$	1455 $\pm$ 4 m	1133 $\pm$ 2 m
$h_K$	1471 $\pm$ 4	1155 $\pm$ 3	$H_K$	1458 $\pm$ 4	1138 $\pm$ 2
$h_{Tab}$	1473 $\pm$ 2		$H$	1458 $\pm$ 3	1136 $\pm$ 2
			$H_{Tab}$	1463 $\pm$ 2	

Die Beobachtungen aus Kaponko und Njawihui haben dabei das Gewicht  $\frac{1}{3}$  erhalten, weil sie innerhalb weniger Stunden angestellt sind, und die Höhe der Stationen über dem See nur angenähert bekannt ist. Die Fehlerquadrat-Summen, mit Ausnahme der Fehler von  $H$  und ohne Berücksichtigung der Unterschiede der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhenwerte betragen

für den	Kiwu-See	Viktoria-See
bei gewöhnlicher Berechnungsweise	3473	838
bei Berücksichtigung der Korrekturen	2842	265

Die Verbesserung durch die Korrekturen ist im Falle des Kiwu-Sees nur gering und zeigt sich im wesentlichen nur in der besseren Übereinstimmung zwischen den auf den beiden küstennahen Basisstationen beruhenden Höhenwerten. Für den Njansa dagegen hat die Einführung der Korrekturen eine sehr erhebliche Verbesserung gebracht.

Als definitive Werte nehme ich an

Kiwu-See 1460 m und Viktoria-See 1136 m.

Der Umstand, daß die Verbesserung in der Fehlerquadrat-Summe beim Kiwu-See nur gering ist, sowie der in den übrigbleibenden Fehlern  $v$  auftretende Gang beweist, daß die Isobaren-Kärtchen der Figuren 26 (Taf. XI) für die Nordwestecke der Kolonie noch recht fehlerhaft sind. Dies ist nicht verwunderlich, da sie aus Mangel an Stationen in diesem Gebiet extrapoliert werden mußten.

### 35. Widerspruch des angewendeten Verfahrens mit dem gewöhnlich benutzten und Zusammenstellung der Resultate.

Es wäre vielleicht richtiger gewesen, als Temperatur der Basisstationen nicht die daselbst wirklich beobachteten Temperaturen, sondern diejenigen Werte einzusetzen, die man erhalten würde, wenn man die Temperatur an der zu bestimmenden Station mit dem Stufenwert  $0,5^\circ$  auf 100 m auf das Niveau der Basisstation reduzierte. Dieses Verfahren wird bei der Reduktion der Barometerstände auf das Meeresniveau allgemein angewandt und ist von Angot<sup>1)</sup> auch zur barometrischen Höhenmessung empfohlen worden.

1) A. Angot, Tables pour calculer les Hauteurs au moyen des observations barométriques. Annales du Bureau Central Météorologique de France. Météorologie générale. Année 1878. Paris 1879 und Année 1879. Paris 1880.

Tabelle 56. Endgültige Höhen über dem Meere.

Kibwezi, Barometer	907 m
*) Marangu, Barometer der ehemaligen wissenschaftlichen Station	1555
*) Gipfel des Donjo Engei (genäherte Höhe)	2874
Viktoria-See-Spiegel	1136
Kiwu-See-Spiegel	1460
Ssangerawe, Hauptlager	1134
*) Wilhelmstal, Bezirksamts-Gebäude	1399
Kwei, Barometer im Erdgeschoß des Wohnhauses	1635
Kilossa, Barometer in der Station	502
*) Manjara-See-Spiegel	965
*) Niarasa-Steppe (Ejassi-See-Boden)	1022
*) Wembäre-Steppe	1062
*) Gipfel des Donjo Ndorobbo (genäherte Höhe)	3174
Tabora, Barometer in der alten Station	1214
„ Barometer im Erdgeschoß der neuen Station	1255
Udjidji, Barometer im oberen Stockwerk der Stationsgebäude	844
Tanganjika-See-Spiegel	782
Alt-Langenburg, Barometer im Magazin der Boma	481
Fort-Johnston, Barometer in der neuen Station	481
Njassa-See-Spiegel	477 <sup>1)</sup>
*) Gipfel des Jantowe (höchster Punkt des Livingstone-Gebirges)	2933
*) Gipfel des Mbogo (höchster Punkt von Malila, Undali u. Unjika)	2394
*) Gipfel des Rungwe	2977
*) Igale-Paß	1934
*) Gipfel des Beja	2832
*) Isumbi (Wentzel-Heckmann)-See-Spiegel im Krater des Ngosi	2063
*) Rukwa-See-Spiegel (hoher Wasserstand)	820
*) Gipfel des Mämia (höchster Punkt des Tschingambo-Bruchrandes)	2250
*) Gipfel des Mbaa (höchster Punkt von Urungu)	2232
Mpwéto, Barometer in der Station	944
Moëro-See-Spiegel	918
Lofoi, Barometer in der Station	881

Eine Kombination beider Berechnungsarten würde man dadurch erhalten, daß man die an den Basisstationen beobachteten Temperaturen verbessert um die Temperatur-Anomalien aus Fig. 23 (Taf. IX) verwendete. Es würde zu weit

1) Aus der Höhe von Fort Johnston würde 474 m folgen; indessen ist diese Zahl unsicher, da die Höhe des Barometers von Fort Johnston über dem Seespiegel nur aus einer Abschätzung nach der Erinnerung bekannt ist, die leicht um 3 m fehlerhaft sein kann.

führen, hier eine Untersuchung darüber anzustellen, welche der drei Annahmen die günstigsten Resultate liefert.

Nachdem die endgültigen Höhen einer Reihe von Stationen gefunden sind, könnte man sie benutzen, um die beobachteten Luftdrucke in der üblichen Weise auf das Meeresniveau zu reduzieren und danach eine Isobaren-Karte zu konstruieren. Dadurch würde aber auch die Korrektur des Jahresmittels der Temperatur  $Q$  (Gleichung K S. 112) mit in die Isobaren-Korrekturen übergehen. Diese Korrektur, deren Hauptglied nach Gleichung J (S. 110)  $\frac{1}{2} \cdot q_0$  lautet, also dem Höhenunterschiede proportional ist, würde daher in die Form  $B \cdot (\beta - b)$  gebracht werden, die von der Höhe nahezu unabhängig ist. Die gefundenen Isobaren-Korrekturen würden daher nur für das Niveau der Stationen gelten, aus deren Beobachtungen sie abgeleitet sind. Zur Höhenbestimmung von höher oder tiefer gelegenen Orten würden sie daher nicht zu gebrauchen sein, d. h. sie würden überhaupt keinen Zweck haben.

Aus diesem Widerspruch unserer Höhenberechnung mit der gebräuchlichen Reduktion auf den Meereshorizont folgt, entweder daß die letztere in Ostafrika nicht anwendbar ist, oder daß eine Korrektur des Jahresmittels der Temperatur nicht zulässig ist. Im zweiten Fall muß für den kleineren Wert der trigonometrischen Höhenbestimmung durch Böhler (S. 69) eine andere Erklärung gesucht werden oder diese Höhenbestimmung muß als fehlerhaft angesehen werden. Andererseits ist die Nichtanwendbarkeit der gebräuchlichen Reduktion auf den Meereshorizont bei ausgedehnten Hochebenen in den Tropen nicht ohne weiteres als unmöglich zu betrachten.

Zur Entscheidung auch dieser Frage wäre es sehr wünschenswert, daß eine einwandfreie Bestimmung der Höhe von Kwei durch geometrisches oder auch trigonometrisches Nivellement vorgenommen würde (S. 114).

In Tabelle 56 findet man eine Zusammenstellung der endgültigen in dieser Arbeit ermittelten Werte der wichtigsten Höhenstationen. Es sind darunter einige, deren Berechnung erst in den folgenden Kapiteln zu finden ist. Sie sind durch \*) kenntlich gemacht.

### 36. Kontrolle einiger barometrischer Höhenunterschiede durch geometrisches oder trigonometrisches Nivellement.

Eine Kontrolle einiger der bisher abgeleiteten Höhenwerte bieten die Höhenbestimmungen durch trigonometrisches oder geometrisches Nivellement, die aus Ost-Afrika bisher bekannt geworden sind. Dazu gehört erstens das geometrische Nivellement längs der englischen Uganda-Bahn<sup>1)</sup>, durch das die

1) Nach einer Angabe des Ugandabahn-Amtes, die Herr Captain T. T. Behrens (Royal Engineer) die Güte hatte mir brieflich mitzuteilen. Über die Genauigkeit dieses Nivellements schreibt Herr

Meereshöhe des Viktoria-Njansa zu  $1134 \pm 1$  m bestimmt worden ist. Eine Bestätigung dieser Zahl gibt das trigonometrische Nivellement der englischen Kommission zur Regulierung der deutsch-englischen Grenze zwischen Viktoria-See und Kilimandscharo, das für die Seehöhe des Njansa  $1136 \pm 6$  m ergeben hat<sup>1)</sup>. Eine zweite Kontrolle liefert die trigonometrische Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen Kiwu- und Tanganjika-See, die von der Kiwu-Grenzregulierungs-Expedition durch Herrn Hauptmann Herrmann ausgeführt worden ist und für diesen Unterschied  $672$  m<sup>2)</sup> ergeben hat. Drittens kommt noch in Betracht die trigonometrische Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen Njassa- und Tanganjika-See, die ich selbst gelegentlich der Grenzregulierungs-Expedition zwischen Deutsch-Ostafrika und Britisch-Zentralafrika ausgeführt habe<sup>3)</sup>.

Über die Resultate dieser letzteren Höhenmessungen ist bisher noch nichts veröffentlicht worden, und ich will daher im folgenden kurz darüber berichten.

Nahezu bei einer jeden der Sichten<sup>4)</sup>, die zu dem Aufbau des Dreiecks-Netzes der Grenztriangulation gedient haben, ist auch die Zenitdistanz des angezielten Punktes bestimmt worden. Von den beiden der dabei beteiligten Beobachtern hatte Glauning einen Theodoliten mit Höhenkreis, der Ablesungen bis auf eine Minute gestattete. Er lieferte jedoch nur wenig genaue Resultate, weil ein Höhenniveau fehlte. Ich selbst habe ein Universalinstrument benutzt, dessen Höhenkreis mit Hilfe von Nonien Ablesungen bis auf  $10''$  erlaubte. Die Beobachtungen mit diesem letzteren Instrument, das auch mit einem Höhenniveau ausgerüstet war, haben ein entsprechend höheres Gewicht bekommen.

Da es mir nur auf eine beiläufige Ermittlung der Höhen ankam, wurde in jeder Fernrohrlage nur eine Einstellung und Ablesung gemacht. Hätte ich vorausgesehen, daß diese Beobachtungen zur Kontrolle der barometrischen Höhen so außerordentlich wertvoll werden würden, so hätte ich mehr Zeit und Sorgfalt darauf verwandt.

Zunächst wurde an die gemessenen Zenitdistanzen eine Höhenzentrierung  $x$  angebracht, wobei die Kippachsenhöhe des Instruments über dem Erdboden des Stationspunktes konstant gleich  $1,2$  m angenommen wurde. Der Ausdruck für die Zentrierungskorrektur lautete daher, wenn  $s$  die Entfernung des angezielten Punktes von der Station bezeichnet,

Behrens: Das Nivellement ist in  $\frac{1}{2}$  mile-Strecken ( $805$  m) ausgeführt. Jede Strecke ist zweimal nivelliert. Wenn die beiden Resultate um mehr als  $\frac{1}{4}$  inch ( $6,5$  mm) von einander abwichen, so wurde die betreffende Strecke von neuem nivelliert. Die oben angegebene Zahl bezieht sich auf das Mittelwasser des Sees in den Jahren 1899 bis 1904 und das Mittelwasser des Indischen Ozeans bei Mombasa.

1) Ebenfalls nach Mitteilungen von Captain T. T. Behrens.

2) Nach gütiger handschriftlicher Mitteilung.

3) Siehe den Bericht über die astronomischen und geodätischen Arbeiten der deutschen Grenzregulierungs-Kommission, Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XIII S. 315. 1900.

4) Siehe Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XIII S. 311 und Karte 5 Blatt III 1900.

$$x = -\frac{1.2}{s \cdot \text{arc } 1''}.$$

Eine Schwierigkeit lag darin, daß zwar gegenseitige Zenitdistanzen gemessen worden sind, aber nicht gleichzeitig. Die Elimination der Refraktionen in der üblichen Weise war daher ausgeschlossen. Bei der Gleichmäßigkeit des Tropenklimas glaube ich jedoch durch folgendes Verfahren wenigstens näherungsweise dasselbe Ziel erreicht zu haben.

Es wurde angenommen, daß die Refraktion in Ostafrika dieselben täglichen periodischen Änderungen aufweist wie in Europa, und daß sie sich von den Refraktionen in Europa nur durch einen Faktor, der während der ganzen Periode konstant bleibt, unterscheidet. Bezeichnet man mit  $k'$  die Refraktion in Europa, so habe ich die Refraktion in Ostafrika gleich

$$k = k' \cdot g$$

angenommen, wo  $g$  eine zu bestimmende Konstante ist. Für  $k'$  wurden nach Hartl<sup>1)</sup> folgende Werte angesetzt.

Tabelle 57. Benutzte Werte von  $k'$ .

Vormittag	$k'$	Nachmittag
6h 10m	0.19	5h 50m
6 30	0.18	5 30
6 55	0.17	5 5
7 25	0.16	4 35
8 0	0.15	4 0
8 35	0.14	3 25
9 10	0.13	2 50
9 55	0.12	2 5
10 50	0.11	1 10
12 0	0.10	0 0

Bezeichnet man wie Jordan die Winkel zwischen dem gekrümmten Lichtstrahl und der gradlinigen Verbindungslinie der beiden trigonometrischen Punkte mit  $\Delta$ , so ist für die Beobachtung auf der 1. Station:  $\Delta_1 = k_1 \cdot \frac{\gamma}{2} = g \cdot k'_1 \cdot \frac{\gamma}{2}$

und für die Beobachtung auf der 2. Station:  $\Delta_2 = k_2 \cdot \frac{\gamma}{2} = g \cdot k'_2 \cdot \frac{\gamma}{2}$ , wenn

$\gamma = \frac{s}{r \cdot \text{arc } 1''}$  den Zentriwinkel am Erdmittelpunkt bezeichnet. Da nun

$$180^\circ - (z_1 + \Delta_1) + 180^\circ - (z_2 + \Delta_2) + \gamma = 180^\circ$$

1) Entnommen aus: W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde Bd. II 5. Aufl. Stuttgart 1897. S. 542.

ist, so wird

$$\Delta_1 + \Delta_2 = g \cdot (k'_1 + k'_2) \cdot \frac{\gamma}{2} = 180^\circ + \gamma - (z_1 + z_2),$$

und schließlich

$$g = \frac{180^\circ + \gamma - (z_1 + z_2)}{(k'_1 + k'_2) \cdot \frac{\gamma}{2}}.$$

Nachdem  $g$  aus dieser Gleichung gefunden war, wurde  $\Delta_1$  aus  $\Delta_1 = g \cdot k'_1 \cdot \frac{\gamma}{2}$  berechnet und damit fand sich der Höhenunterschied zwischen dem 2. und 1. Punkt nach der bekannten Formel:

$$h = s \cdot \text{ctg} \left( z_1 + \Delta_1 - \frac{\gamma}{2} \right).$$

Auf diese Weise ist die tägliche periodische Veränderung der Refraktion bei den beiderseitigen aber nicht gleichzeitigen Zenitdistanzmessungen berücksichtigt und doch der Möglichkeit eines systematischen Unterschiedes zwischen den Refraktionen in Europa und Ostafrika Rechnung getragen worden<sup>1)</sup>.

Waren keine gegenseitigen, sondern nur einseitige Sichten vorhanden, so wurde  $k = k'$  gesetzt und der Höhenunterschied nach der gewöhnlichen Formel für einseitige Zenitdistanzen berechnet.

Die gegenseitigen Zenitdistanzen haben folgende Werte für den Faktor  $g$  ergeben:

0.2	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	[3.1]
0.3	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	2.0	[3.7]
0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	[2.3]	
0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	[2.4]	
0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	[2.9]	

Die Schwankungen (von 0,2 bis 3,7) sind so groß, daß daraus Schlüsse über systematische Unterschiede nicht gezogen werden können. Schließt man die offenbar durch Beobachtungsfehler stark entstellten eingeklammerten Werte aus, so ist das Mittel 1.0 und der mittlere Fehler eines  $g$  ergibt sich zu  $\pm 0,4$ . Damit bekommt man den mittleren Fehler des Refraktions-Koeffizienten ( $k = g \cdot k'$ ) zu

$$\mu_k = \pm 0,056.$$

Wenn man bedenkt, daß die Beobachtungsfehler der Zenitdistanzmessungen bei der Berechnung von  $g$  voll eingegangen sind, so wird man zugeben, daß die mittlere Abweichung des tatsächlich herrschenden Refraktions-Koeffizienten von

1) Nachträglich bin ich zu der Überzeugung gekommen, daß es den tatsächlichen Verhältnissen mehr entsprechen haben würde, wenn für Ostafrika eine andere tägliche Periode angenommen worden wäre, als für Europa.

dem mittleren aus Tabelle 57 entnommenen Wert in Afrika nicht größer als in Europa, nämlich  $\mu_s = \pm 0,035$  angenommen zu werden braucht<sup>1)</sup>.

Diesen Wert habe ich darum bei der Gewichtsbestimmung zu Grunde gelegt. Als mittlerer Fehler einer Zenitdistanzmessung wurde für den Beobachter Kohlschütter  $\mu_s = \pm 20''$ , für Glauning  $\mu_s = \pm 60''$  mit Rücksicht auf die Ablesungsgenauigkeit der benutzten Instrumente angenommen, und der mittlere Fehler der Höhe daraus nach der Formel:

$$\mu_h^2 = (s \cdot \text{arc } 1'')^2 \cdot \mu_s^2 + \left(\frac{s^2}{2r}\right)^2 \cdot \mu_s^2$$

berechnet. Das Gewicht setzte ich

$$p = \frac{10}{\mu_h^2},$$

sodaß dem Gewicht 1 ein mittlerer Höhenfehler von  $\pm 3,2$  m entsprach.

Hiernach wurde für jede Zenitdistanz das Gewicht berechnet, mit Ausnahme der ganz kurzen Sichten, die nach der Formel ein sehr großes Gewicht bekommen und dadurch die Ausgleichung vollkommen beherrscht hätten. Jede Sicht unter 10 km bekam das für 10 km gültige Gewicht, nämlich 10 bei K. und 1,2 bei Gl.

Die berechneten Gewichte gelten für einseitige Messungen, die aus zweiseitigen Distanzen berechneten Höhenunterschiede bekamen doppeltes Gewicht.

Es mag hier gleich vorweggenommen werden, daß aus der Ausgleichung der Höhenunterschiede der mittlere Fehler des Gewichts 1 hervorgeht zu

$$\mu = \pm 2,7 \text{ m.}$$

Die Übereinstimmung mit der nach Schätzung angenommenen Zahl ist befriedigend, sodaß die Gewichte nahezu richtig festgesetzt zu sein scheinen.

Sind  $H'_1$  und  $H'_2$  angenommene Näherungswerte für die Höhen zweier trigonometrischer Punkte,  $x_1$  und  $x_2$  die an diese Werte anzubringenden Verbesserungen, um die wahrscheinlichsten Höhen zu erhalten,  $h$  der aus den Beobachtungen errechnete Höhenunterschied beider Punkte, so ist

$$x_2 - x_1 = h - (H'_2 - H'_1).$$

Jede Doppelbeobachtung gegenseitiger Zenitdistanzen oder jede einseitige Zenitdistanzmessung lieferte eine Bedingungsgleichung dieser Form. Um die Ausgleichung der vorhandenen 208 Gleichungen mit 45 Unbekannten einfacher zu gestalten, wurde sie nicht im ganzen sondern in 9 Polygonen vorgenommen, von denen je zwei aneinander anschließende 2 Punkte (einmal 3 Punkte) gemeinsam haben. Die aus den Ausgleichungen der beiden Polygone sich ergebenden wahrscheinlichsten Höhenunterschiede dieser beiden Punkte sind im all-

1) W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde Band II 5. Aufl. Stuttgart 1897. S. 525.

gemeinen verschieden, sodaß ein fehlerloser Anschluß des folgenden Polygons nicht möglich ist. Dieses wurde deshalb parallel zu sich selbst in Höhe so verschoben, daß der Fehler gleichmäßig auf die Anschlußpunkte verteilt wurde. Die halbe Differenz der beiden Höhenunterschiede ist dann der mittlere Anschlußfehler. Er hat nur in einem Falle einen merklichen Betrag erreicht. Diese Art der Ausgleichung dürfte daher nahe dieselben Werte, wie eine gemeinsame Ausgleichung sämtlicher Beobachtungen ergeben haben.

Die Ausgleichungen der einzelnen Polygone wurden streng nach der M. d. kl. Qu. vorgenommen und durch die bekannten Kontrollen geprüft. Die Übereinstimmung zwischen  $[vvp]$  und den Schlußzahlen der Normalgleichungstreppen war stets gut, wie Tabelle 58 zeigt. Die Gesamt-Fehlerquadrat-Summe ging von 2951 vor der Ausgleichung auf 1217 nachher herunter. Die mittleren Fehler

Tabelle 58. Charakteristische Zahlen und mittlere Fehler der Ausgleichungspolygone.

1	2	3	4	5	6	7	8
Polygon	Anzahl der Gleichungen	Anzahl der Unbekannten	Schlußzahl der Ausgleichungstreppe	$[vvp]$	Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit	Mittlerer Anschlußfehler	Mittlerer Gesamtfehler der Polygon-Endpunkte
1	28	9	52.6	52.3	$\pm 1.7$ m		$\pm 1.5$ m
2	13	5	19.1	19.2	$\pm 1.5$	$\pm 0.0$ m	$\pm 1.8$
3	23	6	234.1	234.2	$\pm 3.7$	$\pm 0.5$	$\pm 2.1$
4	28	6	90.7	90.9	$\pm 2.0$	$\pm 0.0$	$\pm 2.2$
5	13	4	74.9	74.9	$\pm 2.9$	$\pm 1.3$	$\pm 3.0$
6	24	5	112.5	112.9	$\pm 2.4$	$\pm 0.2$	$\pm 3.3$
7	42	8	434.1	434.1	$\pm 3.6$	$\pm 0.5$	$\pm 4.0$
8	10	3	48.1	47.6	$\pm 2.6$	$\pm 0.1$	$\pm 5.2$
9	35	8	150.8	150.6	$\pm 2.4$	$\pm 0.1$	$\pm 5.3$
Summe	216	54		1216.7	$\pm 2.7$		

für die Gewichtseinheit, die aus den einzelnen Polygonen sich ergeben, sowie die mittleren Anschlußfehler u. s. w. zeigt ebenfalls Tabelle 58.

Einen Überblick über die Genauigkeit, die mit diesem rohen flüchtigen trigonometrischen Nivellement erzielt worden ist, gibt auch Tabelle 59, die die Anzahlen der bei der Ausgleichung übrig bleibenden Fehler, nach Größenklassen geordnet, enthält. Dabei ist zu beachten, daß die Sichten durchschnittlich 20 km lang sind und eine Anzahl sehr weiter Sichten (60 bis 80 km), die natürlich mit größeren Fehlern behaftet sind, vorkommen. Trotzdem überschreitet die Hälfte der Fehler nicht den Betrag von 1 m. Das einfache Verfahren hat also sehr befriedigende Ergebnisse gezeitigt.

Aus den Polygon-Ausgleichungen ergibt sich für jeden Punkt ein mittlerer Fehler im Polygon. Für die beiden Endpunkte des 1. Polygons, die den Anschluß an das 2. Polygon vermitteln, sind diese mittleren Fehler beide gleich

Tabelle 59. Anzahlen der übrigbleibenden Fehler.

1		2		3		4		
Zwischen den Grenzen		liegen Fehler		Zwischen den Grenzen		liegen Fehler		
Instrument mit 10" Ablesung				Beide Instrumente zusammen				
0.0 m	und	0.5 m	50	0.0 m	und	0.5 m	70	
0.6	und	1.0	26	0.6	und	1.0	39	
1.1	und	2.0	14	1.1	und	2.0	33	
2.1	und	3.0	10	2.1	und	3.0	27	
3.1	und	4.0	8	3.1	und	4.0	17	
4.1	und	5.0	4	4.1	und	5.0	13	
5.1	und	7.5	4	5.1	und	6.0	6	
				6.1	und	7.0	1	
				7.1	und	8.0	6	
				8.1	und	9.0	1	
				9.1	und	10.0	0	
				10.1	und	11.0	2	
				11.1	und	11.9	1	
							Summe	216
Instrument mit 60" Ablesung								
0.0	und	1.0	33					
1.1	und	2.0	19					
2.1	und	3.0	17					
3.1	und	4.5	14					
4.6	und	6.0	8					
6.1	und	9.0	6					
9.1	und	11.9	3					

$\pm 1,5$  m (s. Sp. 8 Tab. 58). Fügt man nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz den mittleren Anschlußfehler zwischen Polygon 1 und 2 ( $\pm 0,0$  m) diesem Betrage hinzu, so bekommt man den mittleren Fehler der Anfangspunkte von Polygon 2. Fügt man diesem Fehler ferner die aus der Ausgleichung von Polygon 2 hervorgehenden mittleren Fehler der Endpunkte dieses Polygons hinzu, so bekommt man den mittleren Gesamt-Fehler der Endpunkte des Polygons 2 ( $\pm 1,8$  m). Hierzu kommt dann der mittlere Anschlußfehler zwischen Polygon 2 und 3 ( $\pm 0,5$  m) u.s.w. Auf diese Weise sind durch sukzessive Aneinanderreihung der für die Anschlußpunkte gefundenen mittleren Fehler im Polygon und der mittleren Anschlußfehler, die in Spalte 8 der Tabelle 58 enthaltenen mittleren Gesamtfehler der Polygon-Endpunkte erhalten worden. Die für die beiden Anschlußpunkte sich ergebenden Fehler stimmen stets so nahe überein, daß das Mittel als für beide gültig angenommen und in Tabelle 58 eingesetzt werden konnte.

Der aus der Ausgleichung hervorgehende Höhenunterschied zwischen Njassa- und Tanganjika-See beträgt  $303 \pm 5,3$  m, während der Unterschied der barometrischen Höhen nach Tabelle 56 (S. 150) gleich 305 m ist. Die Übereinstimmung ist vorzüglich und liegt innerhalb des mittleren Fehlers der trigonometrischen Bestimmung. Der Unterschied von 2 m wurde der trigonometrischen Übertragung zur Last gelegt und proportional zum Abstand vom Njassa-See auf die einzelnen Höhenpunkte verteilt. Durch Hinzufügung der Höhe des Njassa-Sees nach Tab. 56 wurden schließlich die Meereshöhen der Punkte erhalten, die in Tabelle 60 zusammengestellt sind.

Außer den ausgeglichenen Punkten sind in dieser Tabelle noch eine Anzahl von Höhenwerten angeführt, die durch eine oder mehrere einseitige Zenitdistanzen an das Hauptnetz angeschlossen worden sind. Sie sind durch das

Fehlen der Angabe eines mittleren Fehlers gekennzeichnet<sup>1)</sup>. Die bei den anderen Punkten stehenden mittleren Fehler sind durch die Zusammensetzung der aus den Ausgleichungen hervorgehenden mittleren Fehler im Polygon und den mittleren Fehlern der Polygon-Anfangspunkte entstanden. Dabei wurde der Spiegel des Tanganjika-Sees als zweiter Festpunkt betrachtet, dessen Höhe ebenso wie die des Njassa als durch barometrische Bestimmungen genau bestimmt angesehen wurde. Der mittlere Fehler der Höhen der Nebenseen beträgt in der Nähe der beiden Seen rund  $\pm 5$  m und steigt nach der Mitte der Dreieckskette hin auf etwa  $\pm 7$  m.

Für viele der in Tab. 60 enthaltenen trigonometrischen Punkte sind bereits auf der Karte der Grenz-Regulierungs-Kommission<sup>2)</sup> Höhenzahlen eingetragen. Sie sind von Herrn Hauptmann Herrmann aus Luftdruck-Beobachtungen in gewöhnlicher Weise ohne Anwendung klimatischer Korrekturen berechnet worden. Deshalb sind sie fast alle viel zu groß, wie ein Vergleich mit Tabelle 60 Spalte 2 lehrt (die Korrekturen schwanken zwischen  $+56$  m und  $-132$  m), und sind deshalb durch die Zahlen dieser Tabelle zu ersetzen. Auch diejenigen Höhen der genannten Karte, die in Tabelle 60 nicht vorkommen, dürften um ähnliche Beträge zu groß ausgefallen sein. Die falschen Zahlen sind auch in die Karte von Deutsch-Ostafrika in 1:300 000, Blätter F. 2 u. F. 3, übergegangen.

Die auf der englischen Grenz-Regulierungs-Karte<sup>3)</sup> angegebenen Höhen des Njassa und Tanganjika sind nach Tabelle 60 um rund 40 m zu hoch. Die Höhen der zwischenliegenden Punkte, abgesehen von einigen Nebenseen, erfordern dagegen Korrekturen, die zwischen  $-18$  m und  $-25$  m liegen und deren Mittelwert  $-22$  m ist. Diese Höhen stimmen daher bis auf eine Nullpunkt-Verschiebung von 22 m sehr gut mit denen der Tabelle 60 überein. Der Unterschied der Korrekturen für die Seespiegel und die Zwischenpunkte rührt daher, daß die englischen Höhen der Seespiegel Mittelwerte aus barometrischen und trigonometrischen Bestimmungen sind, während für die Zwischenpunkte die reinen trigonometrischen Höhen beibehalten worden sind<sup>4)</sup>.

Noch eine Kontrolle liefert die Höhe des Lagers bei der Basis Tamasenga über dem Njassa-See, die nach Tabelle 60 trigonometrisch 1101 m<sup>5)</sup> beträgt. Die barometrischen Höhen sind nach Basisstation Daressalam 1106 und 1103 m, nach Basisstation Kwei 1095 und 1097 m, im Mittel also 1100 m. Rechnet man ohne Korrekturen, so werden diese Zahlen nach Dar. 1154 und 1115 m, nach K. 1110 und 1098 m, im Mittel 1119 m. Die Korrekturen erzeugen also auch hier viel bessere Übereinstimmung zwischen den Einzelwerten.

1) Es sind meist solche Punkte, die im „Bericht u. s. w.“ Mitt. a. d. Deutschen Schutzgeb. Bd. XIII S. 265 u. ff. 1900 als Nebenseen (Np) bezeichnet sind.

2) Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XIII Karte 5. 1900.

3) Map of the country between Lakes Nyasa & Tanganyika surveyed by Capt. Close and Capt. Boileau, Intelligence Division, War Office Nr. 1397. 1899.

4) Nach Close und Boileau in Geographical Journal Bd. XIII S. 623 u. 594. 1899.

5) Das Lager befand sich zwischen den Basis-Knickpunkten A und B, also etwa 18 m über Basis-Nord. Siehe die Zeichnung in Mitt. a. d. Deutschen Schutzgebieten. Bd. XIII S. 301. 1900.

Tabelle 60. Trigonometrisch bestimmte Höhen (Fortsetzung siehe Tabelle 80 Kap. 41).

1	2	3	1	2	3
Station	Höhe m	mittlerer Fehler m	Station	Höhe m	mittlerer Fehler m
Njassa-See-Spiegel Nullpunkt	477	+ 0.0	Kianda	1511	+ 3.2
Langenburg	481	0.4	Wahid Alis Flagge auf der		
Dja ulanda	1861	0.4	Wasserscheide zw. Kongo	1713	
Panika	1066	0.4	und Rukwa am 32° ö. Gr.		
Kambwe Fünfbein	489	1.2	Tschendje	1648	3.5
" Konde-Ebene	487	1.2	Tamasenga, Basis Süd	1605	3.5
Ssongwe Signalhügel	487	0.5	" Basis Nord	1560	3.5
Jembe	550	0.6	Makossi	1746	3.4
Mugofi	1428	1.5	Ninga	1723	
Tschiwuë	1671	1.5	Mbusi	1769	3.5
Untali (Kisumba-Berg)	1915	1.5	Suhu 2)	1778	3.2
Ssongorre	1555		Karongo	1685	4.5
Iromba	1655	1.7	Namnesi	1743	
Kingambo	1588	1.8	Karonje	1871	4.0
Ginssi	1561	2.0	Djidjalo	1919	3.5
Ilädje (Irege) Signal 1)	2060	1.8	Nssassi	2033	3.4
Nassiete	1477	2.0	Ruasu (Lwazu)	1829	1.0
Grenzposten am Schnittpunkt des 33° ö. Gr. mit dem Katendobach	1843		Gasurumira	2199	
Gongo	1531	1.9	Kito	2211	1.0
Mssossi	1966		Mbaa	2232	
Twanampare 2)	1470	2.0	Zusammenfluß des Kalambo und des Ssafu	1522	1.4
Ironga	1574	2.1	Kisserero	1795	
Mtonta	1586	2.1	Toromela	1885	1.0
Nakapiri	1629	2.2	Kiungu	1458	0.7
Ipunga	1479	2.1	Polungu	1399	0.6
Ngamba	1889	2.2	Kikuma	1281	0.6
Tschipande	1673	2.2	Kasoko	1332	1.0
Namaorwa	1391	2.3	Maina	783	0.0
Temania (Tumbukuru)	1763	3.1	Djambanenge bei Kituta	1318	
Ssunsu	1617		Insel Mtonduë höchst Gipfel	860	
Djambo	1577		Kapembua, Plateaurand des		
Kassombo 2)	1689	3.1	Westufers des Tanganjika	1726	
Kassere	1651	3.0	Nguruë	1074	
Engl.-Ikomba	1393		Kilovera	913	
Dundundu	1622		Tanganjika-See-Spiegel Null-		
Malinga 3)	1797	3.2	punkt	782	0.0

Eine Zusammenstellung der Vergleiche zwischen trigonometrischen und barometrischen Höhen zeigt Tabelle 61.

Die Annäherung an die richtigen Werte, die durch die Berücksichtigung der Korrekturen erzielt wird, ist recht beträchtlich, wie ein Vergleich der Spalten 5 und 6 lehrt. Nur im Falle des Unterschieds Kiwu—Tanganjika ist sie unwesentlich, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß, wie oben (S. 149)

1) Höchster Gipfel etwa 40 m höher.  
2) Höchste Kuppe etwa 7 m höher.

3) Gipfel etwa 100 m höher.  
4) Gipfel etwa 10 m höher.

Tabelle 61. Vergleich der barometrischen Höhen mit den geometrisch und trigonometrisch bestimmten Höhen derselben Orte.

1 Höhen-Unterschied	2 Ohne Korrek- tionen in gewöhn- licher Weise be- rechnete baro- metrische Höhen	3 Mit den in die- ser Arbeit abge- leiteten Korrek- tionen berechnete barometrische Höhen	4 Höhen nach dem trigonometri- schen oder geo- metrischen Ni- vellement	5 Fehler der baro- metrischen Höhen		6
				ohne Kor- rektionen	mit Kor- rektionen	
Viktoria-See—Meeresniveau	1181 m	1136 m	1134 m	+ 47 m		+ 2 m
Kiwu—Tanganjika	682	678	672	+ 10		+ 6
Tanganjika—Njassa	320	305	303	+ 17		+ 2
Tamasenga—Njassa	1119	1100	1101	+ 18		- 1

bereits gesagt wurde, mangels fortlaufender Beobachtungen aus jener Gegend die Korrekturen extrapoliert werden mußten. Ferner zeigt die Größe der Fehler in Spalte 6, daß die Annäherung der barometrischen an die geometrischen und trigonometrischen Höhen so weit geht, daß die Fehler innerhalb des mittleren Fehlers der letzteren liegen.

Damit dürfte ein schlagender Beweis für die Richtigkeit der von uns in den früheren Kapiteln gefundenen Korrekturen und der Vorschriften zur Berechnung barometrischer Höhen in Ostafrika, sowie auch der ermittelten Höhen selbst geliefert sein.

### 37. Die Meereshöhen der Pendel-Stationen und ihre Genauigkeit.

Die auf den Pendel-Stationen zur Höhenbestimmung beobachteten meteorologischen Elemente, sowie die zu den gleichen Stunden gehörigen Beobachtungen der drei Basisstationen Daressalam, Kwei<sup>1)</sup> und Tabora (nach D. ü. m. B. X u. XIII) und die daraus hervorgegangenen Höhen sind in Tabelle 62 zusammengestellt. Die Bedeutung der einzelnen Spalten ergibt sich aus den Überschriften.

Außer den Siedepunktbestimmungen, deren Genauigkeit bereits in Kap. 8 S. 40 erörtert worden ist, wurden auch Aneroidablesungen zu den Höhenbestimmungen herangezogen. Sie sind in Tabelle 62 durch *kursive* Schrift kenntlich gemacht. Ihre Genauigkeit ist geringer, als die der Siedepunktbestimmungen,

(Fortsetzung des Textes siehe S. 173)

1) Die Werte für Kwei aus dem Januar 1900 sind aus den von Herrn Dr. Heidke gütigst handschriftlich zur Verfügung gestellten Terminbeobachtungen mit Hilfe der mittleren täglichen Gänge abgeleitet worden.

Tabelle 62. Die Beobachtungen der meteorologischen Elemente und die sich daraus ergebenden Höhen der Pendel-Stationen.

G. = Götze, Gl. = Glauning, K. = Kohlschütter, Ma. = Maurer, My. = Hans Meyer.

1	2	3	Meteorologische Elemente an der								Wahrscheinliche Höhen über dem Meere, berechnet aus der							
			zu bestimmenden Station			Basisstation Daressalam		Basisstation Kwei		Basisstation Tabora		Basisstation Daressalam		Basisstation Kwei		Basisstation Tabora		
			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{Ma}$	$B-R = v_{Ma}$	$H_K$	$B-R = v_K$	$H_T$	$B-R = v_T$	
	mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m	m			
<b>Kitogo (Beim Dorfe Likeruikiro)</b>																		
April	20	8.2a	Gl.	582.8	12.5	10.8	759.0	24.7	628.9	18.6			2268	- 5	2278	+ 7		
"	16	8.9a	K.	583.2	14.4		758.4	27.7	628.7	18.3			2269	- 4	2268	- 3		
"	17	10.8a	Gl.	582.5	19.3	10.4	758.1	29.2	628.7	21.1			2284	+11	2282	+11		
"	17	4.7p	Gl.	581.1	15.6	10.7	756.0	27.2	626.2	18.4			2258	-15	2254	-17		
"	16	6.3p	Gl.	580.2	13.2	10.1	756.7	26.0	626.6	17.5			2287	+14	2274	+ 3		
Mittel											2273	± 5	2271	± 5				
Angenommene Höhe: 2272 ± 5 m <sup>1</sup> .																		
<b>Masaürua (Mimiralla-Hügel)</b>																		
April	28	9.9a	K.	625.1	19.3		760.0	28.5	630.0	16.8			1703	+ 2	1698	- 3		
"	25	11.4a	Gl.	624.9	20.3	11.6	760.1	26.0	630.5	17.9			1695	- 6	1706	+ 5		
"	25	4.6p	Gl.	623.3	20.0	12.3	759.0	26.6	628.8	16.7			1706	+ 5	1698	- 3		
Mittel											1701	± 4	1701	± 3				
Angenommene Höhe: 1701 ± 3 m <sup>1</sup> .																		
<b>Utengule unterm Beja (Rasthaus)</b>																		
Juni	28	8.2a	K.	650.3	15.6	8.1	765.3	20.8	632.1	11.7	663.5	20.8	1407	0	1397	+ 1	1395	0
"	9	9.6a	Gl.	648.2	20.4		763.1	23.5	630.7	13.1	662.0	24.7	1416	+ 2	1402	+ 4	1406	+ 5
"	25	10.0a	G.	649.1	22.0		763.6	26.1	631.5	14.9	662.9	25.7	1418	+ 2	1396	- 3	1405	+ 2
Juli	10	11.0a	K.	649.4	22.0	9.7	764.0	27.2	632.0	15.0	662.9	27.3	1417	- 3	1398	- 3	1404	- 3
Juni	28	11.3a	K.	648.9	20.9	6.3	764.9	26.8	632.0	13.9	663.1	27.8	1428	+ 7	1407	+ 5	1411	+ 3
"	25	0.1p	K.	648.0	23.8	10.1	762.9	27.8	630.7	14.4	661.9	23.6	1425	+ 3	1400	- 3	1408	- 2
August	2	2.5p	G.	646.3	24.9		761.0	25.0	630.1	16.0	660.7	30.3	1412	- 4	1403	+ 1	1419	+13
Juni	27	3.1p	K.	647.9	20.8	9.8	762.8	27.4	630.7	14.0	661.0	28.1	1414	0	1397	- 4	1397	- 8
Juli	4	8.1p	K.	648.1	13.6		763.4	21.5	631.2	12.7	662.3	23.2	1410	+ 6	1404	+ 5	1410	+15
Juni	27	8.4p	K.	649.4	13.4	8.5	763.4	22.7	631.5	11.1	662.1	22.6	1397	- 6	1394	- 5	1390	- 4
"	28	9.2p	K.	649.8	12.3		764.5	21.9	631.9	11.7	662.4	21.1	1403	+ 1	1395	- 3	1389	- 4
"	27	10.6p	K.	649.3	13.0	7.9	763.5	20.6	631.8	11.0	662.3	20.1	1403	+ 3	1402	+ 4	1394	+ 2
"	28	10.7p	K.	649.8	12.2		764.4	20.3	632.0	11.1	662.5	20.0	1403	+ 3	1398	0	1390	- 2
Juli	4	11.5p	K.	648.0	13.4		763.3	20.5	631.6	12.2	662.7	19.6	1419	+19	1415	+17	1416	+25
Um 7a											1402		1394		1390			
" 2p											1417		1402		1407			
" 9p											1402		1398		1394			
Mittel											1407	± 2	1398	± 2	1397	± 3		

In den  $H$ -Werten prägt sich deutlich noch ein Rest der täglichen Periode aus. Ihre Berücksichtigung nach Tabelle 48 (S. 143) hat also für diese Station mit ausgesprochenem Plateau-Charakter nicht genügt. In den Figuren 33 bis 35 (Tafel XV) ist die verbleibende Periode graphisch dargestellt. Die Höhenwerte für die Terminstunden sind aus den Figuren entnommen. Die Unterschiede der aus den Basisstationen Daressalam und Kwei gefundenen Höhen geht über die

1) Bessere Werte für diese Höhen siehe Tabelle 84.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13	14
1899			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{m_n}$	$v_{m_n}$	$H_T$	$v_T$	$H_r$	$v_r$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m	m

mittleren Fehler hinaus. Es ist daher anzunehmen, daß das benutzte  $t_{st} - t_{m_n}$  fehlerhaft ist, und die wahrscheinlichste Höhe ist durch Anbringung der Korrektion  $W$  nach Gleichung (N) (S. 139) zu berechnen. Dies gibt  $1399 \pm 2$  m in guter Übereinstimmung mit dem aus der Basisstation Tabora berechneten Höhenwert. Als endgültiges Resultat ist das Mittel beider angenommen worden.

Angenommene Höhe:  $1398 \pm 2$  m.

## Kamsamba

August	1	4.8p	Gl.	688.4	31.6	7.4	762.3	24.2	629.9	15.4	660.4	28.5	876	+ 7	858	- 5	861	- 1	
"	1	6.8p	Gl.	688.9	23.4	7.9	762.6	23.1	630.3	13.6	660.7	25.5	869	0	869	+ 6	865	+ 3	
Juli	24	8.4p	Gl.	689.6	24.5		762.6	23.3	630.5	12.3	660.6	22.6	868	- 1	863	0	852	- 10	
August	3	9.4p	Gl.	689.7	24.4		762.3	21.7	630.6	11.0	662.0	22.9	864	- 5	864	+ 1	871	+ 9	
													Mittel	869	$\pm 3$	863	$\pm 2$	862	$\pm 4$

Nach Gleichung (N) (S. 139) findet man aus den Basisstationen Daressalam und Kwei den wahrscheinlichsten Wert zu  $866 \pm 2$  m in guter Übereinstimmung mit  $H_r$ . Als endgültige Höhe wurde das Mittel dieser beiden Werte genommen.

Angenommene Höhe:  $864 \pm 2$  m.

## Kwera-See

August	8	2.8p	Gl.	632.0	23.4	7.1	762.4	25.2	630.6	14.8	661.0	30.2	1599	- 1	1597	- 2	1609	0	
"	6	4.6p	Gl.	631.6	23.1	6.9	761.6	26.8	630.5	14.0	660.7	28.8	1606	+ 6	1600	+ 1	1611	+ 2	
"	5	6.3p	Gl.	633.4	17.4		762.1	23.8	630.5	13.9			[1573]	[-27]	[1576]	[-23]			
"	7	6.3p	Gl.	631.8	19.2	6.9	762.2	24.1	630.7	12.2	661.3	26.4	1600	0	1602	+ 3	1613	+ 4	
"	6	6.8p	Gl.	632.4	17.6	7.5	762.1	24.7	630.7	13.0	661.2	25.5	1593	- 7	1595	- 4	1603	- 6	
													Mittel	1600	$\pm 3$	1599	$\pm 2$	1609	$\pm 2$

Die Aneroidbeobachtung von Aug. 5 wurde ausgeschlossen, da sie kurz nach der Ankunft vom Marsche gemacht worden ist, und das Aneroid wahrscheinlich noch Nachwirkungen gehabt hat. Auffällig ist die starke Abweichung von  $H_r$ , die sich vielleicht aus dem Vorhandensein eines Restes der täglichen Periode erklärt. Da nur Nachmittagsbeobachtungen vorhanden sind, so hat sich die Periode nicht ausgeglichen.  $H_r$  erhielt deshalb nur halbes Gewicht.

Angenommene Höhe:  $1601 \pm 5$  m.

## Ndjilla (Beim Dorfe Wombwes)

August	23	6.8a	K.	660.4	8.9	7.5	763.6	19.9	631.1	10.3	662.0	18.4	1225	- 4	1246	+ 5	1242	0
"	19	7.8a	K.	661.6	17.3	9.2	764.1	22.0	631.7	12.2	663.1	21.2	1231	0	1234	- 7	1240	- 2
"	19	10.3a	K.	661.6	24.8	8.9	764.2	25.1	632.4	13.5	662.7	23.0	1237	- 9	1238	- 3	1234	- 8
"	19	2.7p	K.	658.0	28.9	7.5	762.6	27.1	630.6	15.6	660.5	30.2	1268	+ 9	1246	+ 5	1252	+ 10
"	19	10.1p	K.	660.0	14.6	8.1	764.3	21.4	630.9	11.0	661.7	22.4	1248	+ 4	1243	+ 2	1244	+ 2

In  $H_{m_n}$  ist noch eine tägliche Periode vorhanden, die in Fig. 36 (Tafel XV) graphisch dargestellt ist.

Die Werte von  $H_{m_n}$  für die drei Terminstunden sind der Kurve entnommen.

Um	7a	1229					
"	2p	1260					
"	9p	1246					
Mittel		1245	$\pm 3$	1241	$\pm 2$	1242	$\pm 3$

Angenommene Höhe:  $1242 \pm 2$  m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13	14
1899			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{M_n}$	$v_{M_n}$	$H_K$	$v_K$	$H_T$	$v_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m	m

Isimia (Beim Dorfe Kasungu)

Septbr.	5	6.5a	Gl.	621.6	10.7		764.4	18.9	631.5	11.3		[1744]	[+14]	[1746]	[+16]					
"	4	7.3a	K.	622.3	14.0	7.8	763.2	21.2	630.7	14.0	662.8	20.8	1715	-15	1727	-3	1746	+6		
"	3	8.4a	K.	622.8	18.7	7.6	763.6	23.3	631.3	13.3	662.5	24.8	1728	-2	1729	-1	1741	+1		
"	3	7.9p	K.	621.1	18.6	4.9	762.2	23.9	630.4	12.2	660.4	25.9	1736	+6	1732	+2	1739	-1		
"	2	9.0p	K.	622.0	19.0	4.2	763.4	22.5	631.1	11.8	661.0	25.0	1742	+12	1733	+3	1736	-4		
												Mittel	1730	± 6	1730	± 1	1740	± 2		

Die Aneroidbeobachtung von Sept. 5 ist ausgeschlossen worden, da das Aneroid  $\gamma$ , auf dem sie beruht, in Isimia nicht kontrolliert worden ist. Der auf der Basisstation Tabora beruhende Höhenwert weicht von den anderen beiden stark ab, wofür ein Grund nicht gefunden werden kann. Es scheint demnach eine unregelmäßige Luftdruckverteilung in diesen Tagen vorhanden gewesen zu sein.

Angenommene Höhe:  $1733 \pm 5$  m.

Bismarckburg

Septbr.	13	8.2a	Gl.	694.2	26.6	7.7											
"	13	2.5p	K.	691.7	29.1	14.8											
"	13	10.0p	K.	692.3	22.2	10.6											

Berechnung siehe Kap. 29 (S. 119). Die Pendel-Station lag 25m über dem Tanganjika-Spiegel, also  $H = 807$  m.

Moliro

Septbr.	20	7.4a	K.	695.9	25.0	11.2											
"	22	7.4a	K.	694.5	25.6	9.1											
"	22	2.6p	Gl.	691.5	29.9	16.9											
"	20	10.1p	Gl.	693.8	24.4	15.8											

Berechnung siehe Kap. 29 (S. 119). Die Pendel-Station lag 10m über dem Tanganjika-Spiegel, also  $H = 792$  m.

Kakoma

Septbr.	27	7.2a	Gl.	657.1	21.1	10.2	763.2	21.1	631.6	11.3	662.4	21.1	1252	-8	1269	-4	1267	+4		
"	25	9.8p	Gl.	656.2	21.2	7.4	763.0	23.2	631.3	12.2	660.9	24.4	1259	-1	1273	0	1259	-4		
"	26	9.8p	K.	656.0	22.8	6.0	763.1	22.7	631.6	13.4	660.9	24.4	1270	+10	1277	+4	1262	-1		
												Mittel	1260	± 5	1273	± 2	1263	± 2		

Aus  $H_{M_n}$  und  $H_K$  ergibt sich nach Gleichung (N) (S. 139) der wahrscheinlichste Höhenwert  $H = 1270 \pm 2$  m, der von  $H_T$  nicht unerheblich abweicht. Da  $H_{M_n}$  und  $H_T$  dagegen gut zusammenstimmen, so scheint in Kwei eine Luftdruckstörung gewesen zu sein,  $H_K$  hat daher halbes Gewicht erhalten.

Angenommene Höhe:  $1264 \pm 5$  m.

Kap Bangwe

Oktbr.	18	11.9a	K.	693.5	26.4	19.1											
--------	----	-------	----	-------	------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Berechnung siehe Kap. 29 (S. 119). Die Pendel-Station lag 47 m über dem Tanganjika-Spiegel, also  $H = 829$  m.

Udjidji (Kais. Station)

Oktbr.	25	4.0p	Gl.	686.1	28.4	13.7											
"	25	4.3p	Gl.	685.9	28.6	13.9											
"	25	5.3p	Gl.	686.3	27.2	15.2											

Berechnung siehe Kap. 29 (S. 119). Die Station liegt 60 m über dem Tanganjika-Spiegel, also  $H = 842$  m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13	14
1899			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{stn}$	$v_{stn}$	$H_K$	$v_K$	$H_T$	$v_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m	m

Kondsi

Novbr. 2	6.1a	K.	673.0	17.5		761.5	22.8	629.8	12.4	660.7	20.0	1070	+15	1057	+6	1058	+6	
Oktobr. 31	7.5a	K.	673.1	21.2	17.3	760.3	24.6	629.7	17.4	660.9	23.7	1054	-1	1057	+6	1057	+5	
" 30	7.8a	Gl.	673.3	23.5	15.3	760.2	25.4	629.4	21.5	661.0	24.6	1055	0	1045	-6	1056	+4	
Novbr. 1	8.2a	Gl.	673.6	22.8	16.6	761.1	26.2	630.1	17.4	661.5	24.6	1058	+3	1057	+6	1059	+7	
Oktobr. 31	2.8p	Gl.	671.7	17.6	14.8	753.3	27.1	628.1	20.4	658.7	31.7	1044	-11	1043	-8	1054	-18	
												Mittel	1055	± 4	1051	± 3	1052	± 5

Die Höhe von Oktober 31 2.8p ist zu klein, weil sie während eines Gewittersturmes beobachtet worden ist, der einen Temperatursturz von über 10° gebracht hatte. Die Berechnung erfolgte mit der normalen Temperatur der Tageszeit, ergab aber trotzdem ein zu kleines Resultat.

Angenommene Höhe: 1053 ± 3 m.

Ugaga

Novbr. 9	6.2a	Gl.	671.0	19.0		759.9	21.0	628.9	10.6	660.4	20.3	1069	-6	1088	+12	1079	+5	
" 5	8.5a	K.	672.4	25.4	14.7	760.9	27.2	630.6	22.3	661.1	25.2	1073	-2	1076	0	1071	-3	
" 5	3.1p	K.	668.8	32.0	11.5	758.6	27.6	628.7	22.4	658.0	29.8	1077	+2	1077	+1	1073	-1	
" 6	4.8p	K.	669.6	23.9		759.6	27.1	628.5	21.9	658.3	28.5	1074	-1	1065	-11	1069	-5	
" 6	6.4p	K.	669.1	21.8		759.8	26.9	628.6	18.3	658.7	27.0	1092	+17	1074	-2	1081	+7	
" 5	9.7p	K.	670.9	19.5	15.2	760.1	25.9	628.4	15.0	659.7	24.5	1071	-4	1072	-4	1071	-3	
												Mittel	1075	± 3	1076	± 3	1074	± 2

Angenommene Höhe: 1075 ± 2 m.

Massonso.

Novbr. 17	6.1a	Gl.	670.7	19.0		760.3	22.9	629.5	13.5	660.6	20.1	1095	-9	1087	-18	1085	-9	
" 17	7.2a	K.	670.9	20.3		760.4	23.7	630.3	27.0	661.1	22.2	1092	-12	1090	-15	1089	-5	
" 13	8.4a	Gl.	670.3	28.8	9.7	760.1	27.8	629.9	22.5	661.0	22.7	1096	-8	1098	-7	1094	0	
" 14	3.0p	Gl.	665.3	32.6	7.3	756.0	28.3	626.0	22.8	656.2	29.9	1119	+15	1113	+8	1103	+9	
" 14	11.1p	Gl.	667.6	23.6	14.9	758.9	25.6	629.0	13.7	658.2	23.6	1108	+4	1119	+14	1091	-3	
												Mittel	1104	± 5	1105	± 6	1094	± 3

Wegen des großen Unterschiedes zwischen  $H_T$  und den auf den küstennahen Basisstationen beruhenden Höhenwerten muß unregelmäßige Luftdruckverteilung angenommen werden. Infolgedessen wurde, da Massonso nicht weit von Tabora abliegt,  $H_T$  als endgültige Höhe beibehalten.

Angenommene Höhe: 1094 ± 3 m.

Tabora (Alte Boma)

Dezbr. 8	7.5a	Gl.				13.6											
" 4	11.6a	Gl.				13.7											
" 4	3.8p	Gl.				13.6											
" 9	5.6p	K.				15.5											

Die Höhe siehe Tab. 31 S. 111. Es wurde gefunden  
 $H = 1214$  m.

Tambarale (Verl. Dorf Iwolero)

Dezbr. 18	7.1a	Gl.	658.9	21.0		757.4	27.6	627.7	15.7			1227	0	1220	-10			
" 18	7.3a	K.	659.0	21.0		757.4	27.8	627.7	16.0			1226	-1	1219	-11			
" 15	7.7a	K.	659.5	21.1	15.1	758.7	26.0	628.3	17.5			1225	-2	1224	-6			
" 16	2.4p	Gl.	655.5	29.0	13.2	755.1	28.2	626.9	20.2			1226	-1	1239	+9			
" 15	9.2p	K.	657.6	20.4	16.1	757.6	27.3	628.3	15.7			1231	+4	1237	+7			
												Mittel	1227	± 2	1230	± 4		

Angenommene Höhe: 1229 ± 2 m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1899 und 1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{m_n}$	$v_{m_n}$	$H_K$	$v_K$	$H_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

## Wembäre-Steppe

Dezbr.	20	6.5a	Gl.	672.7	19.8		757.3	27.1	627.6	16.8		1048	-15	1035	-26	
"	22	6.8a	K.	673.1	19.8		758.7	27.4	628.4	17.8		1061	-2	1042	-19	
"	21	8.0a	K.	672.7	24.1	16.6	758.5	27.9	628.8	21.8		1057	-6	1057	-4	
"	20	2.3p	Gl.	668.6	32.0	12.5	755.7	28.9	627.2	24.3		1067	+4	1071	+10	
"	21	9.3p	K.	670.6	23.0	14.2	758.1	27.7	628.6	17.3		1073	+10	1079	+18	
Mittel												1063	± 4	1061	± 8	

Angenommene Höhe: 1062 ± 4 m.

## Ipuani (Tembe des Kimarangombe)

Dezbr.	28	1.4a	K.	644.4	18.4	10.9	758.4	24.0	628.9	18.4		1404	-7	1423	+3	
"	29	7.1a	Gl.	644.9	21.1		758.3	25.3	628.1	18.3		1415	+4	1410	-10	
"	26	7.9a	Gl.	646.0	22.6	11.5	760.2	24.8	629.6	16.6		1409	-2	1420	0	
"	26	2.1p	Gl.	643.4	28.4	8.2	758.7	27.6	628.0	21.3		1417	+6	1417	-3	
"	28	10.1p	K.	643.9	21.2	8.8	758.0	25.9	628.7	15.8		1410	-1	1426	+6	
Mittel												1411	± 2	1420	± 2	

Da der Unterschied zwischen  $H_{m_n}$  und  $H_K$  über die mittleren Fehler hinausgeht, ist das benutzte  $t_{st} - t_{m_n}$  fehlerhaft und daher der Unterschied nach Gleichung (N) verteilt worden.

Angenommene Höhe: 1419 ± 5 m.

## Donjo Ndorobbo (Am Fuß des Berges)

Januar	9	0.3a	K.	622.2	17.1	13.1	757.1	26.7	628.2	16.0		1715	-1	1718	+4	
"	7	7.6a	K.	620.6	19.1	12.5	760.8	23.0	628.3	18.7		[1770]		[1746]		
"	9	8.2a	K.	623.0	17.9	13.7	757.7	25.5	628.3	20.5		1721	+5	1713	-1	
"	8	2.2p	Gl.	620.1	26.6	11.1	757.0	24.5	627.2	21.1		1723	+7	1725	+11	
"	11	5.7p	K.	621.7	19.7		756.7	26.8	627.4	18.0		1694	-22	1703	-11	
"	11	7.9p	K.	623.0	18.3		758.1	26.7	628.4	17.4		1703	-13	1703	-11	
"	7	10.2p	Gl.	622.8	17.2	12.0	758.6	27.4	629.2	15.8		1722	+6	1720	+6	
"	11	10.3p	K.	622.7	16.3		758.5	26.8	628.9	16.1		1718	+2	1704	-10	
"	11	11.2p	K.	623.3	16.8	12.4	758.5	26.7	629.0	15.7		1715	-1	1711	-3	
Mittel												1716	± 3	1714	± 3	

Die Beobachtung von Januar 7 7.6a ist ausgeschlossen worden, da sie offenbar durch einen groben Fehler entsteht ist.

Angenommene Höhe: 1715 ± 3 m.

## Niarasa

Januar	16	3.4a	K.	671.8	19.0		757.8	27.4	627.8	15.3		1062	-11	1053	-9	
"	16	4.2a	K.	672.5	18.5		757.9	27.5	627.8	15.1		1055	-18	1065	+3	
"	15	6.9a	K.	672.5	21.3	14.2	759.0	26.1	628.8	17.9		1071	-2	1061	-1	
"	15	2.3p	K.	669.8	30.7	9.8	757.5	29.1	628.0	21.6		1077	+4	1069	+7	
"	15	10.3p	K.	671.2	23.5		758.4	27.5	628.5	16.7		1083	+10	1064	+2	
"	14	11.2p	K.	671.4	23.0	12.6	758.0	27.5	628.2	16.9		1074	+1	1059	-3	
"	15	11.2p	Gl.	671.5	23.6		758.4	27.4	628.6	16.2		1078	+5	1063	+1	
Mittel												1073	± 3	1062	± 2	

Der große Unterschied zwischen  $H_{m_n}$  und  $H_K$  ist nach Gleichung (N) verteilt worden.

Angenommene Höhe: 1066 ± 5 m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{M_0}$	$v_{M_0}$	$H_K$	$v_K$	$H$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

Umburru

Januar 21	7.0a	K.	616.0	16.0		756.3	26.6	628.8	19.2			1821	- 4	1817	- 4	
" 22	7.4a	Gl.	614.6	18.0		758.2	27.7	628.3	21.0			1832	+ 7	1830	+ 9	
" 21	2.5p	K.	613.4	23.8		756.4	30.0	626.9	23.9			1822	- 3	1824	+ 3	
" 21	9.5p	Gl.	614.5	17.2		757.5	27.8	627.9	18.0			1827	+ 2	1817	- 4	
												Mittel	1825	± 2	1821	± 3

Angenommene Höhe: 1823 ± 2 m.

Umbugwe (Tembe des Mtakeiko)

Januar 27	4.6a	K.	677.2	20.3		756.3	26.7	626.8	14.4			978	+ 7	976	+ 6	
" 27	5.5a	K.	677.8	20.0		756.5	26.8	626.9	14.2			973	+ 3	972	+ 2	
" 31	7.4a	K.	679.5	19.0	14.2	758.2	27.4	628.4	16.8			968	- 1	975	+ 4	
" 28	8.0a	K.	679.0	24.9	15.0	757.2	28.6	627.8	20.9			971	0	966	- 7	
" 27	1.7p	Gl.	674.8	31.8	13.5	754.6	30.1	626.8	25.0			986	- 4	989	+ 4	
" 28	1.7p	K.	675.9	32.7	12.1	755.8	29.8	627.3	22.0			986	- 4	984	- 1	
" 31	4.5p	K.	674.6	32.6	10.6	755.1	29.2	626.5	25.9			992	+ 5	977	- 5	
" 28	7.6p	K.	676.2	24.6		756.3	28.4	626.6	18.7			985	+ 2	973	- 3	
" 28	8.2p	K.	676.7	23.9		756.5	28.2	626.9	18.3			981	- 1	973	- 3	
" 31	10.5p	K.	677.0	22.7	12.0	756.4	27.6	627.1	17.6			981	+ 2	975	+ 2	
" 28	11.7p	K.	677.8	20.5	12.2	757.0	28.1	627.4	16.6			976	- 2	971	- 2	
												Um 7a	969		970	
												" 2p	989		985	
												" 9p	981		975	
												Mittel	980	± 1	977	± 2

Die tägliche Periode ist sowohl in  $H_m$  wie in  $H_K$  noch deutlich ausgeprägt und in Figur 37 und 38 (Taf. XV) dargestellt. Die für die Terminstunden geltenden Höhen sind den Kurven entnommen worden.

Angenommene Höhe: 978 ± 2 m.

Ssuräc.

Febr. 15	7.1a	K.	587.7	12.3	10.7			627.5	13.8					2192	- 3	
" 14	7.9a	K.	588.2	15.0	10.7			628.2	17.1					2198	+ 3	
" 15	11.1a	K.	587.7	15.0	12.2			627.9	20.3					2195	0	
" 13	2.5p	Gl.	586.1	21.0	10.1			626.9	22.8					2201	+ 6	
" 15	3.4p	K.	587.1	16.5	12.8			626.4	17.2					[2169]	[-26]	
" 15	8.2p	K.	587.4	13.0				627.6	16.4					2189	- 6	
" 15	8.6p	Gl.	587.3	13.8	10.7			627.7	16.3					2193	- 2	
" 15	9.1p	K.	587.3	12.5				627.8	16.0					2194	- 1	
												Mittel	2195	± 2		

Die Aneroidbeobachtung von Februar 15 3.4p wurde ausgeschlossen, da sie von den anderen Beobachtungen desselben Tages unwahrscheinlich stark abweicht, und daher ein größerer Fehler wahrscheinlich ist.

Angenommene Höhe: 2195 ± 2 m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b$	$t_x$	$b_r$	$t_r$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	$H_K$	$v_K$	$H_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

Guasso njiro<sup>o</sup>

Febr.	24	1.5a	K.	702.4	24.8			628.0	13.1					688	+12	
"	24	3.7a	K.	703.2	22.6			628.0	11.4					686	+10	
"	25	5.0a	K.	704.2	22.0			628.4	12.0					671	-5	
"	24	5.7a	K.	704.1	21.4			628.6	10.3					680	+4	
"	25	7.2a	K.	705.2	23.2	18.5		629.2	15.5					669	-7	
"	24	7.9a	K.	705.1	26.8	14.3		629.6	16.7					673	-3	
"	20	0.4p	Gl.	702.9	32.1			629.9	25.2					683	+7	
"	20	0.5p	K.	701.5	32.0			629.9	25.2					698	+22	
"	22	2.5p	Gl.	700.8	35.2	9.4		628.8	24.6					685	+9	
"	24	8.1p	K.	703.7	28.2			628.4	16.2					657	-19	
"	25	8.4p	Gl.	702.6	27.4	13.0		628.3	16.3					671	-5	
"	24	9.1p	K.	704.3	27.0			628.7	16.1					656	-20	
"	23	9.4p	K.	702.5	29.0			628.9	16.0					679	+3	
"	24	9.7p	K.	704.5	23.0	18.1		628.8	15.9					664	-12	
"	22	10.0p	K.	702.9	28.2	11.1		629.2	16.2					681	+5	
"	23	11.7p	Gl.	702.6	23.9	13.5		629.0	14.5					688	+12	
													Mittel	676	± 4	

Angenommene Höhe: 676 ± 4 m.

## Matabatú

März	3	1.4a	K.	625.3	18.0	11.5		629.5	16.2					1690	+2	
"	3	5.6a	K.	625.8	15.8			629.6	16.6					1691	+3	
"	4	5.6a	K.	625.1	15.4			628.6	14.3					1686	-2	
"	3	7.8a	Gl.	626.6	17.0	11.8		630.7	18.6					1697	+9	
"	2	8.0a	Gl.	627.5	19.4	12.8		630.9	19.9					1688	0	
"	4	8.0a	K.	626.0	19.6	11.5		629.6	19.1					1678	-10	
"	2	2.3p	K.	624.6	25.8	10.9		628.7	22.6					1683	-5	
"	3	8.8p	K.	624.2	18.7			629.2	17.0					1698	+10	
"	2	9.6p	K.	625.7	18.0			629.9	17.4					1689	+1	
													Mittel	1688	± 3	

Angenommene Höhe: 1688 ± 3 m.

## Ssigirari

März	8	5.7a	K.	666.6	16.6			628.4	11.6					1141	+2	
"	8	7.5a	K.	667.5	20.5	14.7		629.0	15.3					1138	-1	
"	7	2.2p	Gl.	664.7	29.8	9.0		628.2	24.5					1141	+2	
"	7	8.1p	K.	666.1	23.6			628.9	19.0					1136	-3	
"	7	8.9p	K.	666.2	22.5	10.6		628.9	18.6					1137	-2	
"	7	9.3p	K.	666.4	22.5			629.1	17.8					1139	0	
"	7	11.7p	K.	666.6	18.0			628.8	15.2					1137	-2	
													Mittel	1139	± 1	

Angenommene Höhe: 1139 ± 1 m.

## Moschi (Pendelhaus)

März	16	0.2a	K.	664.4	22.3	13.2		627.5	15.4					1148	-1	
"	15	4.9a	K.	665.4	19.0			627.7	12.3					1146	-3	
"	15	6.9a	K.	666.1	20.4	12.3		628.3	13.3					1147	-2	
"	18	3.6p	Gl.	662.9	22.8			626.7	18.1					1152	+3	
"	18	6.3p	Gl.	663.2	20.6			627.2	16.6					1156	+7	
"	21	6.6p	K.	663.8	22.6	16.0		626.9	22.6					1142	-7	
"	15	8.2p	K.	663.7	23.8			627.0	16.9					1146	-3	
"	14	10.7p	K.	665.1	21.6			628.7	14.7					1156	+7	
													Mittel	1149	± 2	

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13	14
1898			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	$H_K$	$v_K$	$H$	$v$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m	m

Außerdem liegt noch eine Reihe von Beobachtungen von Dr. Maurer vor, die in der Deckerschen Baracke neben dem Wetterhäuschen etwa in derselben Höhe, wie das Pendelhaus angestellt sind (s. D. ü. m. B. X. S. 66).

Febr.	22	9.5a	Ma.	667.1	26.6	757.4	29.8	628.2	23.3			1123	-12	1127	-20			
"	22	4.7p	Ma.	663.1	30.5	756.0	29.8	626.6	21.9			1148	+13	1138	-9			
"	27	10.9a	Ma.	666.3	26.0	757.5	26.0	628.8	20.7			1121	-14	1147	0			
"	27	5.3p	Ma.	662.3	29.1	754.6	26.0	625.7	20.3			1137	+2	1137	-10			
"	28	7.2a	Ma.	665.6	19.6	757.4	24.8	628.6	16.6			1134	-1	1156	+9			
März	4	5.4p	Ma.	661.7	28.8	754.7	28.8	627.6	18.0			1148	+13	1173	+26			
												Mittel	1135	± 7	1147	± 10		

Nach Gleichung (N) (S. 139) folgt daraus  $H = 1143 \pm 7$  m.

Die Abweichungen der Siedepunktsbestimmungen können hier in höherem Maße als dies bei den Beobachtungen der Pendel-Expedition der Fall ist, von Beobachtungsfehlern herrühren, da sie auf nur je einer Ablesung eines Thermometers beruhen.

Ferner habe ich auch die von Prof. Hans Meyer in Moschi gemachten Höhenbeobachtungen neu berechnet. (Meyer, Der Kilimandjaro S. 412 und 417).

Ich fand:													nach Großmann					
August	5	4.0p	My.	668.6	21	761.8	26.3	630.9	14.3			1123	-1	1131	-4	1158	+6	
"	6	Mtg.	My.	669.6	20	762.3	28.3	631.2	14.5			1125	+1	1135	0	1150	-2	
"	7	9.0a	My.	671.1	19	763.1	25.7	632.1	11.7			1121	-3	1134	-1	1135	-17	
"	8	4.0p	My.	667.2	20	760.6	27.1	630.3	15.1			1126	+2	1140	+5	1163	+11	
Septbr.	15	10.0a	My.	668.6	22	762.0	27.9	631.3	17.0			1143	0	1152	+3	1162	+5	
"	19	7.7a	My.	669.8	21	763.0	24.3	632.0	15.4			1143	0	1146	-3	1151	-6	
												Mittel aus August	1124	± 1	1135	± 2	1152	± 6
												Mittel aus September	1143	± 0	1149	± 3	1157	± 6

In Spalte 13 habe ich die von Großmann a. a. O. berechneten Höhen hinzugefügt, um zu zeigen, daß erstens die innere Übereinstimmung der von mir berechneten Höhen besser ist (mittlerer Fehler einer Höhe bei K.:  $\pm 2$  m, bei Gr.:  $\pm 10$  m), und daß zweitens die Zahlen von Großmann einen viel zu großen Mittelwert liefern.

Die beiden Beobachtungsreihen von Maurer und Hans Meyer zeigen übereinstimmend einen großen Unterschied zwischen  $H_{Mn}$  und  $H_K$ , der daher systematischer Natur zu sein scheint. Er läßt sich mithin auch zur Reduktion der Beobachtungen der Pendel-Expedition, bei denen die wahrscheinlichen Höhen  $H_{Mn}$  wegen des Mangels gleichzeitiger Beobachtungen an der Küste nicht berechnet werden konnten, verwenden. Man findet folgende

Unterschiede  $H_{Mn} - H_K$ .

bei Maurer		bei Hans Meyer	
- 4 m	} Mittel - 11 ± 6 m	- 8 m	} Mittel - 9 ± 2 m
+ 10		- 10	
- 26		- 13	
0		- 14	
- 22		- 9	
- 25		- 3	
Gesamtmittel: - 10 ± 3 m.			

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1898			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b$	$t$	$b_T$	$t_T$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	$H_x$	$v_x$	$H_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

Die Werte  $H_{Mn}$  der Beobachtungen der Pendel-Expedition haben sich nachträglich (s. S. 173) noch berechnen lassen, wobei  $H_{Mn} - H_x = -20$  m gefunden wurde, also sogar noch größer, als die vorstehend abgeleitete Zahl. Die Ursache davon dürfte eine lokale Luftdruckstörung über der Basisstation Daresalam sein, wo der Druck in den betreffenden Tagen in der Tat 1 bis 2 mm unter dem normalen gewesen ist. Auch die starke Abweichung der Meyerschen Höhe aus dem August dürfte trotz der guten inneren Übereinstimmung der Beobachtungen denselben Grund haben, da die Luftdruckstörungen sich meist über längere Zeit zu erstrecken pflegen. Nach Gleichung (N) ergeben sich folgende wahrscheinlichste Höhen des Pendelhauses in Moschi.

				Abweichung vom Mittel	
Dr. Maurer	Februar	1898	$H = 1143$ m	+ 2 m	
Prof. Hans Meyer	August	1898	1132	- 9	
"	"	"	September 1898	1147	+ 6
Pendel-Expedition	März	1900	1141	0	

Die Übereinstimmung ist genügend. Als Resultat nehme ich das Mittel der vier Werte.

Angenommene Höhe:  $1141 \pm 3$  m.

Der Hof der Boma der Kaiserlichen Station und das Büro, in dem der Meyersche Barograph stand, liegt etwa 6 m höher als das Pendelhaus, sodafs deren Höhe 1147 m beträgt.

Marangu (Militär-Station).

Es sind Beobachtungen von Maurer (D. ü. m. B. X S. 66) und von Hans Meyer (Der Kilimandjaro S. 412) vorhanden, deren Neuberechnung folgendes ergab.

Febr.	24	8.9a	Ma.	645.3	21.5	758.8	28.9	628.7	22.9	1415	0	1420	- 8
"	24	9.8a	Ma.	644.8	21.5	758.8	30.1	628.7	24.3	1418	+ 3	1425	- 3
"	25	7.0a	Ma.	644.0	16.7	757.6	24.0	627.8	12.7	1410	- 5	1426	- 2
"	25	3.3p	Ma.	641.6	23.8	755.8	31.2	627.3	18.6	1418	+ 3	1436	+ 8
"	26	6.3a	Ma.	643.4	15.5	756.9	24.1	627.1	11.6	1410	- 5	1425	- 3
August	9	7.0a	My.	647.3	17	762.7	21.0	631.4	10.5	1431	+ 3	1432	+ 5
"	10	9.0p	My.	647.3	18	762.5	22.7	631.9	12.0	1425	- 3	1423	- 4
										Mittel von Maurer	$\pm 2$	1428	$\pm 4$
										Mittel von Meyer	$\pm 3$	1427	$\pm 5$

Nach Gleichung (N) (S. 139) ergibt sich

bei Maurer  $H = 1427 \pm 4$  m

" Meyer  $H = 1427 \pm 4$  m.

Daher angenommene Höhe:  $1427 \pm 4$  m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_T$	$t_T$	$H_{M_n}$	$v_{M_n}$	$H_K$	$v_K$	$H_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

## Marangu (Ehemalige wissenschaftliche Station).

März 18 | 4.7p | K. | 631.5 | 19.8 | 14.6 | | | | | 1555 | 0 |

Aus den einschließenden Beobachtungen in Moschi und dem durch den Meyerschen Barographen (D. ü. m. B. X S. 62) gegebenen Gang des Luftdrucks daselbst und der vorstehenden Beobachtung folgt die Höhe der ehemaligen wissenschaftlichen Station über Moschi (Pendelhaus) zu 414 m. Die tägliche Periode wurde durch Anbringung von  $(\theta - t)^2$  berücksichtigt, ebenso ist der nach den Gleichungen (J und J\*) berechnete Wert von Q angebracht.

Damit wird die Höhe der ehemaligen wissenschaftlichen Station gleich 1555 m.

Außerdem haben Maurer und Hans Meyer hier beobachtet und gefunden (teils handschriftlich, teils Meyer, Der Kilimandjaro S. 412):

1898																
Febr.	25	7.3a	Ma.	635.4	18.4		757.7	24.4	627.9	14.6			1528	- 26	1541	- 14
"	25	1.8p	Ma.	633.2	26.3		756.6	32.2	627.8	22.6			1551	- 3	1558	+ 3
August	10	9.0a	My.	637.5	24		763.2	25.7	632.3	13.2			1580	+ 26	1570	+ 15
"	10	Mtg.	My.	637.7	24		762.3	28.6	631.7	15.2			1559	+ 5	1552	- 3
Mittel												1554	± 11	1555	± 6	

Nach Gleichung (N) ergibt sich  $H = 1555 \pm 6$  m in guter Übereinstimmung mit dem von der Pendel-Expedition durch Anschluß an Moschi bestimmten Werte.

In Tabelle 31 (S. 111) hatten wir aus den Beobachtungen des Stations-Heberbarometers von Lent und Volkens die Höhe 1562 m abgeleitet. Der Unterschied von 7 m zwischen den beiden Werten liegt fast noch innerhalb der mittleren Fehler, wodurch nachgewiesen ist, daß die von Herrn v. Danckelman bei der Reduktion der Beobachtungen von Lent und Volkens benutzte Standardkorrektur des Heberbarometers (Mitth. a. d. D. Schutzgeb. Bd. IX, 1896) nahezu richtig ist, während die Siedepunktbestimmungen von Lent nunmehr sicher als verfehlt bezeichnet werden können.

Angenommene Höhe:  $1555 \pm 3$  m.

## Donjo Benne (Am Fuß des Berges)

März	28	7.5a	K.	667.0	21.7	15.9			628.9	15.6			1133	- 11	1140	- 8
"	29	7.7a	Gl.	665.5	21.7	15.0			628.4	15.1			1152	+ 8	1154	+ 6
"	27	2.4p	K.	665.8	27.0	12.9			629.2	22.4			1138	- 6	1140	- 8
"	28	2.9p	Gl.	664.0	27.3	13.0			629.1	20.6			1145	+ 1	1164	+ 16
"	29	7.3p	K.	664.7	22.8				628.3	16.3			1144	0	1148	0
"	29	8.1p	Gl.	663.5	23.1	14.1			627.2	17.2			1143	- 1	1148	0
"	27	9.1p	K.	666.8	21.4	15.1			629.8	16.8			1153	+ 9	1142	- 6
Mittel												1144	± 3	1148	± 4	

Angenommene Höhe:  $1146 \pm 3$  m.

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_K$	$t_K$	$b_r$	$t_r$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	$H_K$	$v_K$	$H_r$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

Rufu

April 2	5.6a	K.	704.6	18.6		758.2	23.9	628.6	14.7			652	- 4	660	+ 3	
" 2	7.3a	K.	705.4	23.2	17.6	758.9	25.0	629.0	16.6			654	- 2	651	- 6	
" 2	4.0p	K.	701.1	28.3	18.4	756.2	28.2	627.3	22.9			660	+ 4	662	+ 5	
" 2	7.0p	K.	702.2	23.0		757.1	27.0	627.6	17.6			660	+ 4	661	+ 4	
" 2	7.9p	Gl.	702.7	25.2	16.5	757.7	26.7	628.1	16.2			665	+ 9	661	+ 4	
" 1	9.1p	K.	704.5	22.0		758.3	26.3	629.4	16.8			650	- 6	658	+ 1	
" 1	10.1p	K.	705.0	21.4		758.7	25.9	629.5	16.8			651	- 5	657	0	
" 1	10.6p	Gl.	705.1	22.3	16.5	758.7	25.6	629.4	16.8			650	- 6	652	- 5	
Mittel												656	+ 3	657	+ 2	

Angenommene Höhe: 656 ± 2 m.

Madji ja njuu (Rasthaus)

April 8	0.8a	K.	685.0	20.2		757.2	24.3	627.7	13.7			894	- 2	882	- 4	
" 8	7.0a	K.	686.0	19.4	15.4	758.2	24.0	628.5	13.6			896	0	892	+ 6	
" 7	7.6a	Gl.	686.6	20.8	16.9	758.9	25.7	628.9	16.8			896	+ 2	887	+ 1	
" 8	2.5p	Gl.	684.2	27.4	14.4	757.2	29.6	628.3	22.3			898	+ 2	889	+ 3	
" 6	2.6p	K.	683.6	26.8	15.9	756.4	29.5	627.0	21.8			895	- 1	880	- 6	
" 5	2.7p	Gl.	683.7	23.3	16.1	756.4	28.2	626.7	20.7			886	- 10	882	- 4	
" 8	6.9p	K.	684.1	20.2		757.8	27.2	627.9	17.3			902	+ 6	893	+ 7	
" 8	7.7p	K.	684.5	20.0		758.1	27.0	627.9	16.5			904	+ 8	888	+ 2	
" 7	7.8p	K.	684.8	20.2		757.6	27.3	627.8	17.2			894	- 2	885	- 1	
" 8	8.0p	Gl.	684.8	20.4	14.5	758.2	26.9	627.9	16.2			902	+ 6	885	- 1	
" 7	8.7p	K.	685.3	20.6		757.8	27.1	627.9	16.3			893	- 3	879	- 7	
" 7	11.4p	K.	685.4	18.8		757.7	25.1	628.3	14.6			893	- 3	889	+ 3	
Mittel												896	+ 2	886	+ 2	

Der große Unterschied zwischen  $H_{Mn}$  und  $H_K$  ist nach Gleichung (N) verteilt worden.

Angenommene Höhe: 891 ± 5 m.

Kissuani (Ehemalige Station)

April 10	6.4a	Gl.	702.9	20.5		758.6	24.3	628.8	16.0			684	- 6	677	- 5	
April 10	6.6a	K.	702.6	20.5		758.6	24.4	628.9	16.3			694	+ 4	683	+ 1	
Febr. 14	5.5p	Ma	697.2	29.2		753.8	28.4	625.5	13.0			690	0	693	+ 11	
April 9	8.8p	Gl.	701.7	24.2		753.5	26.5	628.0	17.2			694	+ 4	673	- 9	
Mittel												690	+ 3	682	+ 5	

Die Beobachtung von Maurer vom Febr. 14 ist im Jahre 1898 gemacht und mir handschriftlich zur Verfügung gestellt worden.

Angenommene Höhe: 686 ± 7 m.

Kihuiro (Rasthaus)

April 13	3.9a	K.	716.6	22.0		758.0	22.1	628.1	15.6			516	+ 8	498	- 3	
" 13	4.9a	K.	716.7	22.4		758.4	21.9	628.4	15.5			515	+ 7	502	+ 1	
Febr. 13	7.2a	K.	717.8	22.6	17.7	760.1	22.6	629.1	15.9			523	+ 15	506	+ 5	
" 13	11.5a	Ma	715.1	31.2	17.0	756.0	31.4	627.2	20.3			508	0	506	+ 5	
April 13	2.2p	K.	716.1	26.7		757.2	26.4	627.5	21.7			496	- 12	493	- 8	
" 13	7.3p	K.	716.7	22.3		758.5	25.1	628.5	16.9			505	- 3	503	+ 2	
" 12	7.9p	K.	716.5	24.9		758.2	23.0	628.4	17.3			507	- 1	497	- 4	
" 13	8.4p	K.	717.5	21.6		758.7	25.0	629.0	16.0			499	- 9	501	0	
" 13	8.8p	Gl.	717.5	21.8	17.0	758.7	24.9	629.1	15.8			502	- 6	502	+ 1	
Mittel												508	+ 3	501	+ 2	

1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	7	8	9	10	11	12	13
1900			$b_{st}$	$t_{st}$	$e_{st}$	$b_D$	$t_D$	$b_x$	$t_x$	$b_T$	$t_T$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	$H_x$	$v_x$	$H_T$
			mm	°	mm	mm	°	mm	°	mm	°	m	m	m	m	m

Die Beobachtung von Februar 13 von Maurer ist aus dem Jahre 1898 und mir handschriftlich mitgeteilt worden.

Die Beobachtungen stimmen besser untereinander überein, wenn man die tägliche Isobaren-Korrektur ( $\beta - b$ )<sup>d</sup> (s. Tab. 49 S. 143) nicht berücksichtigt. Dies deutet darauf hin, daß in dem Küstenabstand, den Kihuro hat, die tägliche Luftdruck-Welle nicht den Charakter der inneren Hochebenen, sondern noch den Küstencharakter hat. Das Resultat wird infolge der gleichmäßigen Verteilung der Beobachtungen über den ganzen Tag dadurch nicht geändert.

Angenommene Höhe: 504 ± 5 m.

Wilhelmstal (Pendelhaus im Dorfe Rusotto)

April 19	0.1a	K.	648.2	14.0		758.9	22.5	628.5	13.3			1381	+ 3	1372	- 1	
" 19	4.9a	K.	647.8	11.8		759.3	21.8	628.0	11.7			1386	+ 8	1373	+ 2	
" 19	7.6a	K.	649.2	16.4	12.4	760.2	23.3	629.7	16.7			1380	+ 2	1375	+ 1	
" 20	8.1a	K.	650.0	17.8		760.8	24.6	630.7	16.1			1378	0	1373	- 2	
" 20	9.0a	Gl.	650.5	21.4		760.7	27.1	630.9	18.6			1374	- 4	1368	- 10	
" 19	2.0p	Gl.	647.9	20.8	15.6	758.2	26.8	629.2	18.5			1376	- 2	1385	- 1	
März 24	5.4p	Ma.	645.2	19.4		756.1	27.9	626.5	17.1			1375	- 3	1384	+ 3	
April 19	7.2p	Gl.	648.5	16.9	13.2	759.0	24.0	629.0	16.9			1376	- 2	1375	- 2	
" 19	7.6p	K.	648.8	16.0		760.3	23.9	629.7	16.4			1387	+ 9	1380	+ 3	
												Um 7a		1372		
												" 2p		1386		
												" 9p		1376		
												Mittel	1378	± 2	1378	± 1

Die Beobachtung von März 24 von Maurer stammt aus dem Jahre 1898 und ist mir handschriftlich mitgeteilt worden.

Die tägliche Isobaren-Korrektur (Tab. 49) ist nicht berücksichtigt worden. Die tägliche Periode ist in  $H_x$  deutlich ausgeprägt und in Figur 39 (Taf. XV) dargestellt worden. Die für die Terminstunden geltenden Höhen sind der Kurve entnommen.

Angenommene Höhe: 1378 ± 1 m.

Das Bezirksamts-Gebäude liegt nach doppelter differentieller Messung 21 m höher als das Pendelhaus, daher

Höhe des Bezirksamts-Gebäudes Wilhelmstal: 1399 ± 2 m.

Kwamkoro (Bei den Assistentenhäusern)

April 26	7.3a	K.	685.6	20.6	16.0	760.9	24.6	631.2	16.3			924	- 4	921	- 2	
" 26	3.0p	Gl.	688.7	24.3	17.2	758.7	31.8	629.9	22.6			926	- 2	925	+ 2	
" 24	7.0p	Gl.	683.9	21.4	16.9	759.9	26.7	629.6	18.2			935	+ 7	921	- 2	
" 25	7.8p	K.	684.8	20.9		760.1	26.2	630.7	17.5			927	- 1	925	+ 2	
" 26	8.2p	Gl.	685.2	21.6	16.5	760.0	27.2	631.3	16.5			924	- 4	926	+ 3	
" 26	8.3p	K.	685.1	21.6		760.0	27.1	631.3	16.4			924	- 4	928	+ 5	
" 25	9.3p	K.	685.1	20.0		760.7	26.0	630.7	15.5			930	+ 2	922	- 1	
" 25	11.2p	K.	685.0	21.0	16.8	760.8	24.7	630.7	15.7			935	+ 7	920	- 3	
												Mittel	928	± 2	923	± 1

Angenommene Höhe: 925 ± 3 m.

Das Resultat ist in guter Übereinstimmung mit der von Böhler angegebenen Höhe (Karte von Ost-Usambara. Mittheil. a. d. Deutschen Schutzgebieten Bd. XIV. Karte Nr. 1. 1901). Vgl. auch S. 69 oben.

## Nachtrag zu Tabelle 62.

Die Beobachtungen der Basisstation Daressalam vom Februar und März 1900, die trotz vielfachen Nachforschens verloren zu sein schienen, sind nachträglich aufgefunden und in Heft XIV der D. ü. m. B. veröffentlicht worden. Da sie erst während des Druckes der Tabelle 62 zu meiner Kenntnis gekommen sind, konnten sie nur in dem folgenden Nachtrag berücksichtigt werden, dessen Spalten denen der Tab. 62 entsprechen.

1	2	7	8	9	10	1	2	7	8	9	10
1900		$b_D$	$t_D$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$	1900		$b_D$	$t_D$	$H_{Mn}$	$v_{Mn}$
		mm	°	m	m			mm	°	m	m
<b>Ssuræ</b>						<b>Matabatú</b>					
Febr. 15	7.1a	757.3	23.5	2185	0	März 3	1.4a	759.3	24.5	1688	+ 6
" 14	7.9a	758.0	26.3	2197	+12	" 3	5.6a	759.8	23.5	1681	- 1
" 15	11.1a	757.3	29.2	2177	- 8	" 4	5.6a	759.6	24.5	1691	+ 9
" 13	2.5p	755.3	29.6	2191	+ 6	" 3	7.8a	760.5	25.8	1678	- 4
" 15	3.4p	755.1	29.0	[2156]	[-29]	" 2	8.0a	760.4	26.7	1672	-10
" 15	8.2p	756.1	26.0	2177	- 8	" 4	8.0a	759.2	27.0	1679	- 3
" 15	8.6p	756.2	25.9	2180	- 5	" 2	2.3p	758.5	28.9	1682	0
" 15	9.1p	756.3	25.7	2178	- 7	" 3	8.8p	759.2	26.9	1699	+17
						" 2	9.6p	759.7	26.3	1684	+ 2
				Mittel	2185	± 4				Mittel	1682 ± 3
<b>Guasso njirö</b>						<b>Ssigirari</b>					
Febr. 24	1.5a	757.7	24.0	674	+15	März 8	5.7a	758.6	23.1	1122	-11
" 24	3.7a	757.9	23.4	665	+ 9	" 8	7.5a	758.9	25.3	1121	-12
" 25	5.0a	758.0	23.5	654	+ 0	" 7	2.2p	757.7	29.7	1141	+ 8
" 24	5.7a	758.7	23.1	663	+10	" 7	8.1p	759.2	27.9	1142	+ 9
" 25	7.2a	758.9	25.5	655	- 3	" 7	8.1p	759.3	27.9	1143	+10
" 24	7.9a	759.4	26.8	666	+ 3	" 7	9.3p	759.2	27.8	1141	+ 8
" 20	0.4p	758.7	30.1	679	- 9	" 7	11.7p	758.5	24.4	1121	-12
" 20	0.5p	758.7	30.1	697	+ 9					Mittel	1133 ± 6
" 22	2.5p	757.6	29.6	688	0	<b>Moschi (Pendelhaus)</b>					
" 24	8.1p	757.8	27.2	656	-14	März 16	0.2a	756.7	25.4	1132	+ 3
" 25	8.4p	756.8	27.3	658	-11	" 15	4.9a	757.3	24.3	1122	- 7
" 24	9.1p	757.9	26.7	651	-17	" 15	6.9a	757.9	25.1	1123	- 6
" 23	9.4p	758.3	27.7	683	+16	" 18	3.6p	755.9	28.9	1120	- 9
" 24	9.7p	757.9	26.4	646	-20	" 18	6.3p	757.0	28.5	1134	+ 5
" 22	10.0p	758.3	26.4	677	+11	" 21	6.6p	756.5	27.7	1125	- 4
" 23	11.7p	758.2	25.7	676	+14	" 15	8.2p	757.1	28.3	1143	+14
				Um 7a	656	" 14	10.7p	757.9	27.8	1138	+ 9
				" 2p	689					Mittel	1129 ± 3
				" 9p	668						
				Mittel	671	± 4					

In Guasso njirö ist ein Rest der täglichen Periode so stark ausgeprägt, daß ich die Höhen durch eine Kurve ähnlich denen von Tafel XV ausgeglichen

und daraus die für die drei Terminstunden gültigen Werte entnommen habe. Die endgültigen Höhen enthält die folgende Zusammenstellung; sie treten an Stelle der auf Seite 166 und 167 aufgeführten Zahlen.

1	2	3	4	5
	$H_m$	$H_r$	Angenommene Höhe	Wahre Höhe
	m	m	m	m
Ssurae	2185	2195	2197 $\pm$ 5	
Guasso njiro	671	676	674 $\pm$ 4	674
Matabatu	1682	1688	1685 $\pm$ 3	
Ssigirari	1133	1141 <sup>1)</sup>	1139 $\pm$ 6	1151
Moschi (Pendelhaus)	1129	1149	1141 $\pm$ 10	

Die wahren Höhen der Spalte 5 sind aus Tabelle 87 (Kap. 42) entnommen.

(Fortsetzung des Textes von Seite 160).

deshalb erhielten die daraus berechneten Höhen bei der Mittelbildung das Gewicht  $1/2$ . Die Genauigkeit ist jedoch wesentlich höher anzusetzen, als in Kap. 39 für die Ablesungen während des Marsches angegeben ist, da auf den Stationen die Aneroide bei jedem Kochen kontrolliert worden sind.

In den Höhenwerten macht sich an vielen Stellen noch ein Rest der täglichen Periode bemerkbar, wie besonders aus den graphischen Darstellungen (s. Fig. 33 bis 39 Taf. XV) hervorgeht. Bei diesen Stationen haben daher die mittleren Korrekturen  $(\theta - t)^2$  aus Tab. 48 (S. 143) nicht genügt. An anderen Stationen ist dagegen eine umgekehrte tägliche Periode angedeutet. Hier sind daher die angewandten Korrekturen  $(\theta - t)^2$  zu groß gewesen. Beide Erscheinungen beweisen, daß die Benutzung von Barographen und Thermographen zur Bestimmung der Höhe der Pendel-Stationen von Nutzen gewesen wäre selbst da, wo sie nur ein oder zwei Tage hätten in Tätigkeit sein können, um die tägliche Periode überall mit Sicherheit eliminieren zu können. Dies Ergebnis scheint mir für künftige Reisen einen wertvollen Fingerzeig zu enthalten.

Von Interesse ist die Vergleichung der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhen. Im allgemeinen stimmen sie innerhalb der mittleren Fehler überein. In diesem Falle, und wenn der Unterschied nur sehr wenig über die Summe der mittleren Fehler hinausging, wurde das Mittel als definitive Höhe angenommen. Die anderen Fälle sind in Tabelle 62 einzeln diskutiert.

Aus den Abweichungen  $v = B - R$ , die in Tabelle 62 in den Spalten 10, 12 und 14 stehen, ergibt sich der mittlere zufällige Fehler einer einzelnen

1) Die Zahl weicht von der auf S. 167 gegebenen ab, weil bei den Luftdrucken der Spalte 4 ein Fehler untergelaufen ist. Sie sind sämtlich um 0.2 mm niedriger anzusetzen, wodurch alle  $H_r$  um 2 m größer werden.

Höhenbestimmung vom Gewicht 1 bei der Basisstation Daressalam zu  $\pm 7,2$  m, bei Kwei zu  $\pm 7,1$  m und bei Tabora zu  $\pm 7,4$  m. Der größte überhaupt vorkommende Fehler beträgt 26 m. Da auf jeder Station wenigstens 3 Höhen-Bestimmungen gemacht sind, so beträgt der mittlere zufällige Fehler der Höhe einer Pendel-Station  $\pm 4$  m oder weniger. Dazu kommen noch die Fehler längerer klimatischer Störungen, über deren Betrag die Unterschiede der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhen und die für zwei Stationen bekannten trigonometrischen Höhen einen Anhalt geben können.

In Tabelle 63 sind diejenigen dieser Unterschiede zusammengestellt, die die Summe der mittleren Fehler wesentlich d. h. um mehr als 2 m übertreffen. Die in Spalte 2 stehenden Differenzen  $H_{M_n} - H_x$  rühren teils von fehlerhafter An-

Tabelle 63. Unterschiede der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhen derselben Stationen.

1	2	3	4	5	6
Station	$H_{M_n} - H_x$	Summe der mittleren Fehler	Station	$\frac{1}{2} (H_{M_n} + H_x) - H_T$	Summe der mittleren Fehler
Utengule	+ 9 m	$\pm 4$ m	Kwera-See	- 10 m	$\pm 4$ m
Kakoma	- 13	$\pm 7$	Isimia	- 10	$\pm 3$
Ipuani	- 9	$\pm 4$	Kakoma	+ 7	$\pm 4$
Niarasa	+ 11	$\pm 5$	Massonso	+ 11	$\pm 9$
Ssuræe	- 10	$\pm 6$			
Moschi	- 20	$\pm 5$			
Moschi (My. im August)	- 11	$\pm 3$		Wahre Höhe	
Moschi (My. im Sept.)	- 6	$\pm 3$		$-\frac{1}{2} (H_{M_n} + H_x)$	
Marangu, Milit.-Stat. (Ma.)	- 13	$\pm 6$	Guasso njiro	0 m	
Madji ja njuu	+ 10	$\pm 4$	Ssigirari	+ 12	

nahme des Arguments  $t_{St} - t_{Mn}$  zur Entnahme von  $Q$  aus Tabelle 52 und 53 her, zum größten Teile wohl aber von Störungen des normalen Luftdrucks an einer der beiden Basisstationen. Die Unterschiede  $\frac{1}{2} (H_{M_n} + H_x) - H_T$  in Spalte 5 verdanken dagegen allein diesem zweiten Grunde ihr Entstehen. Sie geben daher einen Anhalt dafür, wie groß der Einfluß solcher Störungen zu schätzen ist. Der größte vorkommende Wert, also der größte vorgekommene Höhenfehler infolge des Unterschiedes zwischen den nach unserer Methode verbesserten Luftdrucken der Basisstationen an der Küste und Tabora beträgt nicht mehr als 11 m und der größte wahre Höhenfehler nicht mehr als 12 m. Das beweist von neuem die große Regelmäßigkeit des Klimas auch auf den Hochflächen des inneren Ostafrika. Ferner können wir daraus den Schluß ziehen, daß die berechneten Höhen der Pendel-Stationen um nicht mehr als etwa  $\pm 15$  m fehlerhaft sind.

Diese Höhen sind demnach mit einer für ihren Zweck genügenden Genauigkeit ermittelt worden, obwohl die anfänglichen Hoffnungen, mit Hilfe der

Luftdruckmessungen an der Küste und an 5 oder 6 Basisstationen im Innern tägliche Isobarenkarten entwerfen zu können, so wenig erfüllt worden sind, daß für die Mehrzahl der Pendel-Stationen überhaupt keine Basisstation im Innern vorhanden war, und für die wenigen anderen nur von Tabora Beobachtungen vorlagen.

38. Die Aneroide der Expedition und ihre Korrekturen und Bemerkung über die Bestimmung der Lufttemperatur während des Marsches.

Auf S. 37 ist bereits erwähnt worden, daß die Expedition während des Marsches eine Anzahl Höhenbestimmungen mittels dreier Aneroide von Bohne ausgeführt hat. Wir hatten uns darauf beschränkt, wegen des leichteren Transports sogenannte Taschenbarometer mitzunehmen, obgleich sie infolge ihrer kleinen Büchse besonders unzuverlässig sein sollten. Da sie ursprünglich jedoch nicht zu Höhenbestimmungen in Aussicht genommen waren, sondern nur den Zweck hatten, den Luftdruck für die Reduktion der Schwingungszeit der Pendel auf luftleeren Raum zu bestimmen, wobei sie keinen starken Druckänderungen unterworfen waren, und durch mehrfache Siedepunktbestimmungen auf jeder Station kontrolliert werden konnten, so erschienen sie ausreichend. Die Unzuverlässigkeit dieser kleinen Barometer ist, wie in Kap. 39 gezeigt wird, aber auch bei den Höhenbestimmungen nicht größer gewesen, als die mancher Aneroide gewöhnlichen Typs mit großen Büchsen.

Die Barometer hatten folgende Nummern 2739, im folgenden mit  $\alpha$  bezeichnet, 3428 mit  $\gamma$  und 3429 mit  $\beta$  bezeichnet.

Das Barometer  $\alpha$  war bereits bei der Grenzregulierungs-Expedition benutzt worden und wir glaubten, daß es dabei etwas gelitten hätte, sodaß wir die beiden andern als Ersatz nachschicken ließen. Schließlich wurden seine Angaben indessen so unsicher, daß ich es am 3. Januar 1900 öffnete, um es mit neuem Öl zu versehen. Da es sich bei dieser Gelegenheit im Innern vollständig verrostet gezeigt hatte und die Ölung auch keine Verbesserung herbeiführte, so wurde es vom 8. Februar ab überhaupt nicht mehr abgelesen. Indessen mit Unrecht, denn bei der Bearbeitung der Ergebnisse hat sich gezeigt, daß die anscheinende Unzuverlässigkeit nur von einer Änderung der Teilungskorrektur herrührte, die sich bei der Reduktion der Stände unschwer hätte berücksichtigen lassen, und daß  $\alpha$  gerade das zuverlässigste der drei Instrumente gewesen ist.

Das Barometer  $\beta$  wurde am 28. Februar 1900 bei der Ankunft im Lager beschädigt vorgefunden. Das Deckelglas war eingeschlagen und die Thermometerkugel abgebrochen. Nachdem die Glassplitter entfernt waren, hat das Barometer in gleicher Weise wie vorher funktioniert, es scheint also durch

den heftigen Stoß oder Schlag, den es bekommen haben muß, selbst nicht gelitten zu haben.

Von den drei Barometern hatte nur  $\alpha$  eine Temperatur-Kompensation, es war auch das einzige, das vor der Ausreise auf der Physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüft worden ist; dabei hat sich der Temperatur-Koeffizient als so klein herausgestellt, daß er vollständig vernachlässigt werden kann. Dagegen zeigte es Trägheit und elastische Nachwirkungen. Bei abnehmendem Druck waren seine Angaben durchschnittlich um 2 mm zu hoch mit einer elastischen Nachwirkung, die diese Korrektur nach 15 Stunden auf 1 mm herunterbrachte, bei zunehmendem Druck waren sie um 3 mm zu niedrig; diese Korrektur sank infolge der Nachwirkung nach 15 Stunden auf 2 mm herab, blieb dann aber konstant. Die beiden anderen Instrumente dürften ähnlich unsichere Angaben geliefert haben.

Die Trägheit hat beim Gebrauch der Aneroide nicht immer in gleicher Weise gewirkt. Beim Vergleich mit trigonometrisch bestimmten Höhen (s. Tab. 83) haben sich teilweise ähnliche Werte gezeigt, wie bei der Prüfung in der Reichsanstalt, teilweise war aber nach langdauernden gleichmäßigen An- und Abstiegen ein Trägheitseinfluß überhaupt nicht vorhanden. Er mag in diesen Fällen durch die Erschütterungen, denen die Instrumente beim Marsch dauernd ausgesetzt sind, beseitigt sein. Dieses verschiedene Verhalten machte die Berücksichtigung der Trägheit bei der Berechnung der Höhenmessungen der Expedition unmöglich.

Auf den Pendel-Stationen und, wenn diese weit auseinanderlagen, auch noch in der Zwischenzeit wurden die Stände der Barometer durch Siedepunktbestimmungen kontrolliert. Die mehrfachen bei verschiedenen Temperaturen auf denselben Stationen vorgenommenen Standbestimmungen ermöglichten es auch, die Temperatur-Koeffizienten ( $\gamma$ ) der Barometer  $\beta$  und  $\gamma$  zu bestimmen. Für  $\beta$  fand ich aus 34 Ständen auf 11 Stationen den Koeffizienten  $\gamma = -0.097 \pm 0.026$  mm für 1° Temperaturerhöhung, für  $\gamma$  aus 42 Ständen auf 13 Stationen den Koeffizienten  $\gamma = -0.126 \pm 0.013$  mm für 1° Temperaturerhöhung. Die mittleren Fehler zeigen, daß die abgeleiteten Korrekturen reell sind; daher wurden alle beobachteten Stände der Barometer mit den angeführten Koeffizienten auf die Temperatur 20° reduziert.

Darnach wurden für das kompensierte Barometer  $\alpha$  die beobachteten, für  $\beta$  und  $\gamma$  die auf 20° reduzierten Standkorrekturen in Figur 40 (Tafel XVI) als Ordinaten aufgetragen und durch gestrichelte Linien miteinander verbunden. Diese Linien stellen gewissermaßen ein umgekehrtes Höhenprofil unseres Weges dar, indem die Standkorrekturen kleiner werden beim Übergang von einer tiefer gelegenen zu einer höheren Station und umgekehrt.

Die dadurch entstehenden Nasen rühren zum Teil von der Trägheit der Barometer her; viele von ihnen sind aber zu groß, um allein dadurch erklärt

werden zu können. Es sind also außerdem auch noch Teilfehler vorhanden gewesen. Diese Teilfehler scheinen auch nicht konstant gewesen zu sein.

Zu ihrer Ermittlung stellte ich die Änderungen der Standkorrekturen ( $d\alpha$ ,  $d\beta$  und  $d\gamma$ ) zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen mit den zugehörigen Änderungen des Luftdrucks ( $db$ ) zusammen, wodurch Tabelle 64 entstand.

Tabelle 64. Änderungen des Luftdrucks und die entsprechenden Änderungen der Standkorrekturen.

Barometer $\alpha$				Barometer $\beta$				Barometer $\gamma$					
Febr. 99 bis Sept. 99		Okt. 99 bis Febr. 00		Febr. 99 bis Sept. 99 und Febr. 00 bis Mai 00		Okt. 99 bis Jan. 00		Juni 99 bis 18. März 00				Febr. 99 bis Mai 99	
$db$	$d\alpha$	$db$	$d\alpha$	$db$	$d\beta$	$db$	$d\beta$	$db$	$d\gamma$	$db$	$d\gamma$	$db$	$d\gamma$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
-140	-1.1			-110	+1.9			-100	-4.7	+ 10	+2.3	-120	-1.4
-120	-0.1			-100	+3.9			-100	-4.9	+ 10	-0.8	- 20	+0.8
- 60	0.0			-100	+0.5			- 80	-3.7	+ 10	-0.1	- 20	-0.9
- 40	-2.8	-100	-8.2	- 90	+1.4			- 60	-1.6	+ 10	+0.4	+120	+1.2
- 40	-0.7	- 50	-3.0	- 60	+0.1			- 50	-3.4	+ 30	+2.1		
- 30	+0.1	- 30	-1.4	- 40	+2.1	-50	-0.6	- 50	-1.8	+ 30	+1.6		
- 20	+0.7	- 20	-1.1	- 40	+1.1	-50	-0.5	- 50	-2.6	+ 40	+3.2		
- 20	+1.4	- 10	-0.7	- 30	+0.2	-30	-0.8	- 50	-4.3	+ 50	+2.9		
+ 20	+0.1	+ 10	+1.1	- 30	-0.9	-20	-1.3	- 40	-4.8	+ 50	+3.3	19. März 00	
+ 30	-0.4	+ 10	+1.3	- 20	+0.3	-10	-0.8	- 40	+1.3	+ 50	+1.3	bis Mai 00	
+ 40	+1.7	+ 50	+5.9	+ 10	-0.7	+10	+0.3	- 30	-1.3	+ 60	+3.3	$db$	$d\gamma$
+ 50	-0.4	+ 60	+5.9	+ 20	+0.2	+30	+3.4	- 30	-1.2	+ 70	+6.1	mm	mm
+ 90	+2.8			+ 30	-0.4	+50	+1.7	- 20	-1.2	+ 70	+5.4	-100	-4.0
+150	+1.2			+ 30	-1.7	+60	+1.0	- 10	-0.3	+100	+4.6	- 20	-0.6
				+ 40	+1.1			- 10	-0.2	+110	+4.1	+ 10	-0.8
				+ 40	-1.3			- 10	-0.3			+ 10	+2.3
				+ 40	-2.2							+ 20	+1.4
				+ 50	-0.1							+ 30	+1.0
				+ 70	-1.1							+ 40	+0.1
				+110	-2.9							+ 40	-0.6

Wenn die Unterschiede  $d\alpha$ ,  $d\beta$  und  $d\gamma$  allein von der Trägheit der Barometer herrührten, so müßte die Größe der Unterschiede überall nahezu gleich sein. Dies trifft aber nicht zu, sondern die Unterschiede  $d\alpha$ ,  $d\beta$ ,  $d\gamma$  wachsen ungefähr proportional zu  $db$ . Damit ist das Vorhandensein von Teilungsfehlern bewiesen. Die Beträge der Teilungs-Koeffizienten ( $\varepsilon$ ) wurden nach der M. d. kl. Qn. aus den Angaben der Tabelle 64 berechnet und in Tabelle 65 zusammengestellt. Über die beiden zuletzt aufgeführten Barometer siehe Kapitel 39 (S. 182).

Tabelle 65. Teilungs-Koeffizienten ( $z$ ) der Aneroid-Barometer.

Barometer	Zeit der Gültigkeit	Anderung der Stand-Korrektion des Barometers bei 1mm Zunahme der Ablesung. Teilungs-Koeffizient = $z$	Mittlerer Fehler von $z$
$\alpha$	Februar 99 bis September 99	+ 0,009 mm	$\pm 0,004$ mm
$\alpha$	Oktober 99 bis Februar 00	+ 0,095	$\pm 0,007$
$\beta$	(Februar 99 bis September 99)	- 0,019	$\pm 0,004$
$\beta$	(Februar 00 bis Mai 00)	+ 0,028	$\pm 0,009$
$\beta$	Oktober 99 bis Januar 00		
$\gamma$	Februar 99 bis Mai 99	+ 0,011	$\pm 0,004$
$\gamma$	Juni 99 bis 18. März 00	+ 0,051	$\pm 0,004$
$\gamma$	19. März 00 bis Mai 00	+ 0,032	$\pm 0,010$
Usteri-Reinach Nr. 3745		+ 0,208	$\pm 0,006$
Bohne Nr. 3422		+ 0,010	$\pm 0,004$

Die verhältnismäßige Kleinheit der mittleren Fehler zeigt die Reellität der gefundenen Koeffizienten an. Dadurch ist auch nachgewiesen, daß in verschiedenen Perioden verschiedene Koeffizienten angewendet werden müssen, und daß die Teilungsfehler sich fast sprungweise, jedenfalls in kurzer Zeit geändert haben.

Mit diesen Werten von  $z$  wurden die auf  $20^0$  reduzierten Standkorrekturen wegen Teilungsfehler verbessert, wobei der Teilstrich 550 mm als Anfangspunkt der Teilung mit der Korrektur 0 angenommen wurde. Dann wurden sie wiederum als Ordinaten in Fig. 40 (Taf. XVI) eingetragen. Die Endpunkte wurden durch die ausgezogenen Linien verbunden, die somit die auf  $20^0$  und richtige Teilung mit dem Anfangspunkt 550 mm reduzierten Standkorrekturen ( $x$ ) darstellen. Die Nasen, die bei den gestrichelten Linien so scharf hervortreten, sind teils ganz verschwunden, teils wesentlich kleiner geworden. Sie stellen nunmehr den allein auf Trägheit beruhenden Teil der Unterschiede der Stand-Korrekturen dar.

Unsere Aneroidbeobachtungen sind dementsprechend mit Hilfe der vorstehend abgeleiteten Korrektionsgrößen nach der Formel

$$\text{Luftdr.} = \text{Ables.} + x + y \cdot (T - 20^0) + z \cdot (\text{Ables.} + x + y \cdot (T - 20^0) - 550 \text{ mm})$$

reduziert worden, wenn  $T$  die Temperatur des Instruments bezeichnet.

Die Standkorrekturen haben sich nach Ausweis der Figur 40 nur in den ersten Wochen nach der Ingebrauchnahme der Barometer und nach äußeren Eingriffen stark geändert und sind dann ziemlich konstant geblieben. Trotzdem muß man infolge der sehr unregelmäßig wirkenden Trägheit mit der Möglichkeit von Fehlern bis zu etwa  $\pm 3$  mm rechnen, wie die Prüfung der Reichsanstalt ergab und wie Tab. 83 (Kap. 41) bestätigt.

Die im vorhergehenden aus unseren Beobachtungen gezogenen Schlüsse über die Veränderlichkeit der Trägheit und des Teilungsfehlers der Aneroid-Barometer zeigen, wie wenig die Prüfungen der Aneroid-Barometer in der Heimat vor und nach den Expeditionen, womit sich die meisten Reisenden begnügen, vor Fehlern schützen. Ich nehme es daher als einen Vorzug der Höhenmessungen der Pendel-Expedition in Anspruch, daß die Instrumental-Konstanten aus den Beobachtungen während der Reise selbst abgeleitet sind.

Die Lufttemperatur wurde im allgemeinen bei jeder Barometerablesung mit dem Schleuderthermometer ermittelt oder geschätzt, wenn die Verhältnisse eine sichere Schätzung erlaubten. Das Schleudern während des Marsches auf den schmalen Negerpfaden, zu dem wir gezwungen waren, um nicht durch jede Höhenbestimmung wenigstens 5 kostbare Minuten zu verlieren, hat, ganz abgesehen von der großen Unbequemlichkeit, einigen Thermometern das Leben gekostet, indem sie an Baumzweige oder starke Grashalme anstießen und zersplitterten. Abmannsche Aspirationsthermometer wären uns bei diesen Gelegenheiten von großem Nutzen gewesen, da man sie auch während des Marsches bequem und ohne Gefahr für das Instrument in Gang setzen und ablesen kann. Leider hatte man der Pendel-Expedition, da topographische Aufnahmen nicht zu ihren Aufgaben gehörten, keine solchen Thermometer mitgegeben. Die Schwierigkeit der Temperaturmessung mit dem Schleuderthermometer während des Marsches hat uns vielfach von Höhenbestimmungen abgehalten; hätten wir Aspirationsthermometer zur Verfügung gehabt, so hätten wir wahrscheinlich die drei- bis vierfache Anzahl von Höhenmessungen nach Hause gebracht.

### 39. Siedethermometer und Aneroide von Fülleborn und Götze.

Außer den von der Pendel-Expedition gemachten Höhenbeobachtungen sind mir noch diejenigen von Herrn Stabsarzt Dr. Fülleborn und dem verstorbenen Botaniker Götze, soweit sie sich auf die Njassa-Länder beziehen, zur Berechnung überlassen worden. Obwohl die von ihnen benutzten Siede-Thermometer bei der Prüfung auf der Reichsanstalt keine nennenswerten Fehler gezeigt hatten und das Thermometer von Götze bei einem direkten von mir ausgeführten Vergleich mit den Thermometern der Pendel-Expedition genau übereinstimmte, so verlangen die von den beiden Beobachtern abgelesenen Luftdrucke doch kleine Korrekturen, wie der Vergleich der aus ihren Messungen hervorgehenden Höhenzahlen mit den durch Triangulation (s. Kap. 40) oder durch die Siedepunkts-Bestimmungen der Pendel-Expedition gefundenen Höhen ergibt. Tabelle 66 enthält diese Vergleiche.

Das Gewicht  $\frac{1}{2}$  in Spalte 8 bedeutet, daß die richtige Höhe auf Aneroidbeobachtungen der Pendel-Expedition beruht, also unsicher ist, oder daß das Götzesche Siedethermometer nicht direkt, sondern durch Vermittlung der

Tabelle 66. Korrekturen der Siedepunktbestimmungen von Fülleborn und Götze.

1	2	3	4	5	6	7	8
Station	Datum	Uhrzeit	beobachtete Höhe	richtige Höhe	Korrektion der Höhe	Korrektion der Ablesung der Siedethermometer	Gewicht
Fülleborn: Siedethermometer Fueß 129 und 177							
Djaülанда	98 September 21	6.7a	1862 m	1861 m	- 1 m	+ 0.1 mm	1
Kangaliaduma	99 Januar 14	8.0a	2136	2122	-14	+ 1.0	1/2
Likenge	99 Mai 7	7.1a	1806	1791	-15	+ 1.1	1
Beja	99 Juni 4	9.0a	2867	2832	-35	+ 2.3	1
Wentzel-See	99 September 22	0.1p	2075	2069	- 6	+ 0.4	1/2
Rungwe	99 Oktober 26	4.8p	2972	2977	+ 5	- 0.3	1
Götze: Siedethermometer Fueß 371							
Glanningsruh	99 April 17	4.0p	1421	1416	- 5	+ 0.4	1/2
Djaülанда	99 April 18	8.0a	1876	1861	-15	+ 1.1	1
Panika	99 Mai 11	10.0a	1062	1066	+ 4	- 0.3	1/2
Djaluhänje	99 Mai 16	8.0a	2481	2467	-14	+ 0.9	1
Djilulu	99 Mai 19	9.0a	2727	2705	-22	+ 1.4	1
Utengule u. Beja	99 Juni 25	10.0a	1413	1398	-15	+ 1.1	1
Beja	99 Juni 28	9.3a	2854	2832	-22	+ 1.4	1
Utengule u. Beja	99 August 2	2.5p	1416	1398	-18	+ 1.4	1
Rungwe	99 August 13	8.0a	2994	2977	-17	+ 1.1	1
Ssossomala	99 September 9	8.0a	1924	1890	-34	+ 2.4	1/2
Kinjuero	99 September 9	10.3a	2047	1979	-68	+ 4.7	1/2
Wentzel-See	99 September 26	10.5a	2085	2063	-22	+ 1.5	1/2
Rungwe	99 September 28	4.7p	2964	2977	+13	- 0.8	1

Götzeschen Aneroide mit der richtigen Höhe verglichen worden ist, wodurch ebenfalls eine größere Unsicherheit bei dem betreffenden Vergleich entstanden ist. Die Korrekturen in Spalte 7 stimmen so gut überein, daß an der Reellität dieser Korrekturen nicht gezweifelt werden kann. Die Mittelwerte sind

für Fülleborn:  $+ 0.8 \pm 0.4$  mm, für Götze:  $+ 1,1 \pm 0.3$  mm.

Da diese Korrekturen, wie schon erwähnt, nicht den Instrumenten zur Last gelegt werden können, so müssen sie durch die Art und Weise wie die beiden Beobachter abgekocht haben, entstanden sein. Wie gewöhnlich ist das Quecksilber nicht hoch genug gestiegen. Der Grund mag in der auch von uns beobachteten Erscheinung des Klebens des Quecksilbers beim ersten Kochen zu suchen sein (vgl. S. 39) oder auch in der Furcht vor Überhitzung des Dampfes bestanden haben. Die Beobachtung von Götze vom 28. Juni 99 auf dem Gipfel des Beja bestätigt diese Ansicht. Er hat dort auf meine Veranlassung das Wasser dreimal hintereinander kochen lassen und abgelesen

um 9<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> : 548.1 mm  
 „ 19 : 549.0  
 „ 23 : 549.0.

Die beiden letzten Ablesungen hat er dann verworfen, vermutlich weil er den Dampf für überhitzt gehalten hat. Der durch das Kleben verursachte Fehler von 0,9 mm stimmt nahe mit der oben abgeleiteten Korrektur überein.

Die Erscheinung des Klebens des Quecksilberfadens ist später auch von Mohn<sup>1)</sup> und Hecker<sup>2)</sup>, allerdings in sehr viel geringerem Maße, beobachtet worden. Sie suchen es durch den Widerstand, den das Quecksilber in der Kapillare durch Reibung erfährt, zu erklären, und haben es dadurch unschädlich gemacht, daß sie die Thermometer fortgesetzt durch leichte Schläge erschüttern. Dieser kleine Kunstgriff sollte in allen Hand- und Lehrbüchern, die von Siedethermometern handeln, erwähnt werden, da das Kleben nach den soeben angeführten Beispielen bei manchen Thermometern einen großen Betrag erreichen und auf die Zuverlässigkeit ihrer Angaben von wesentlichem Einfluß sein kann.

Götze verfügte ferner über die beiden großen Aneroide Usteri-Reinacher Nr. 3745 und Bohne Nr. 3422, deren Stände er sehr häufig durch sein Siedethermometer kontrolliert hat. Da diese Vergleiche in sehr verschiedenen Höhen und verschiedenen Temperaturen ausgeführt sind, so war es möglich, die Instrumentalkonstanten zu bestimmen.

Zunächst wurden die Stand-Korrekturen als konstant angenommen und Temperatur- und Teilungs-Koeffizienten  $y$  und  $z$  nach der M. d. kl. Qu. aus dem gesamten Material abgeleitet. Die gefundenen Werte von  $y$  waren für beide Barometer unmerklich, während die Werte von  $z$  bereits in Tabelle 65 (S. 179) mitgeteilt sind. Bemerkenswert ist dabei, daß vor der Anreise für das Barometer Usteri-Reinacher ein merklicher Temperatur-Koeffizient, aber keine Teilungs-Fehler gefunden worden waren, während sich aus den Beobachtungen der ganz enorme Teilungs-Koeffizient von + 0,2 mm zweifelsfrei nachweisen läßt, ohne dessen Berücksichtigung das Barometer ganz unbrauchbare Angaben liefert. Dies ist ein weiterer Beweis dafür, daß die Prüfung der Aneroide vor und nach der Reise nicht genügt. Viele Sprünge in den Stand-Korrekturen der Aneroide bei früheren Reisen, für die die Bearbeiter keine Erklärung finden konnten, sind daher möglicherweise durch Teilungsfehler entstanden.

Nach Abzug der Teilungsfehler wurden die Stand-Korrekturen  $x$  als Ordinaten in Fig. 40 (Taf. XVI) aufgetragen und durch zwanglose Kurven ausgeglichen. Die Abweichungen der Beobachtungen von diesen Kurven verteilen sich wie Tabelle 67 zeigt.

Die mittleren Fehler einer Barometerablesung ergeben sich daraus bei Usteri-Reinacher zu  $\pm 1,5$  mm und bei Bohne zu  $\pm 1,2$  mm. Aus den größten vorgekommenen Fehlern  $\pm 3,2$  mm und  $\pm 2,7$  mm ersieht man, daß diese Baro-

1) H. Mohn, Das Hypsometer als Luftdruckmesser und seine Anwendung zur Bestimmung der Schwerekorrektur. Videnskabselskabets Skrifter I Math.-naturv. Kl. 1899 Nr. 2 Christiania 1899 S. 12.

2) O. Hecker, Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean usw. Veröffentlicht. d. K. Pr. Geodätischen Instituts, N. F. Nr. 11. Berlin 1903, S. 33.

Tabelle 67. Fehler-Größe und Anzahl der Barometer Usteri-Reinacher und Bohne

Usteri - Reinacher		Bohne	
Grenzen	Anzahl der Fehler	Grenzen	Anzahl der Fehler
0,0 mm und 0,9 mm	25	0,0 mm und 0,9 mm	33
1,0 und 1,9	14	1,0 und 1,9	8
2,0 und 3,2	8	2,0 und 2,7	7

meter trotz der viel größeren Büchse nicht zuverlässiger waren, als die Taschen-Barometer der Pendel-Expedition, bei denen der größte Fehler etwa denselben Betrag hat (s. S. 179).

Die Berechnung des Luftdrucks geschah nach der Gleichung

$$\text{Luftdr.} = \text{Ables.} + x + z \cdot (\text{Ables.} - 550 \text{ mm}),$$

wo  $z$  die in Tabelle 65 (S. 179) angegebenen Werte hat und  $x$  den Kurven in Fig. 40 (Taf. XVI) entnommen wurde. Die Gleichung weicht von derjenigen für  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  etwas ab.

Für die Beobachtungen von 1899 Febr. 4 bis April 2 sind zwei Standbestimmungen benutzt worden, die folgende Korrekturen für Usteri-Reinacher ergeben haben.

Dabaga 1899 Febr. 11:  $x = -54$  mm

Langenburg „ April 2:  $x = -53$  mm.

#### 40. Die Berechnung der Höhen aus den Aneroidablesungen, Zusammenstellung der Resultate und ihre Genauigkeit.

Die Höhenberechnung konnte infolge der größeren Instrumentalfehler einfacher ausgeführt werden, als bei den Siedethermometer-Beobachtungen. Es wurden daher nur die hauptsächlichsten Korrekturen berücksichtigt, nämlich die tägliche und die jährliche Isobaren-Korrektur (nach Tabelle 49 und 50 S. 143 und Fig. 26 Taf. XI), die tägliche Temperatur-Reduktion (Tab. 48 S. 143), die Temperaturverbesserung des Jahresmittels (Tab. 52 und 53 S. 145 und 146) und schließlich die Beschickung der Jordanschen Höhentafeln für Ostafrika (Tab. 51 S. 144). Die Messungen in den Njassa-Ländern wurden besonders behandelt und finden sich in Kap. 41. Die übrigen Beobachtungen sind mit ihren Ergebnissen in Tabelle 68 zusammengestellt, deren Spaltenüberschriften nach dem vorhergehenden verständlich sein dürften. Es ist nur zu bemerken, daß S.Th. in Spalte 5 bedeutet, daß die Luftdruck-Messung mit einem Siedethermometer

gemacht ist, und daß in diesen Fällen in Spalte 6 nicht die Ablesung, sondern bereits der wahre Luftdruck zu finden ist.

Die Werte der meteorologischen Elemente an den Basisstationen wurden aus D. ü. m. B. X, XIII und XIV entnommen. Für Januar 1900 wurden die Werte der Elemente in Kwei aus den Terminbeobachtungen<sup>1)</sup> mit Hilfe der mittleren täglichen Gänge interpoliert.

Tabelle 68. Beobachtungen zur barometrischen Höhenbestimmung und daraus berechnete Höhen.

G. = Götze, Gl. = Glauning, K. = Kohlschütter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Datum	Uhrzeit	Beobachtungsort	Beobachter	Barometer	Ablesung des Barometers	Thermometer am Barometer	Luft-Temperatur	Hohe n. der Basisstation	Dares-salam	Kwei	Wahrscheinlichste Höhe	Hohe n. Basisst. Tabora	Endgültiger Mittelwert
1899					mm	°	°	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	m	
Febr.	4	Mtg Lager i. Landschaft Kisinga (Uehe)	G.	U-R.	639		24.7	1977	1966	1972			
"	13	8.0a Einfluß d. Mgagao-Bachs i. den kt. Ruaha	G.	U-R.	660		16.2	1633	1643	1638			
"	21	6.0p Alt-Iringa	G.	U-R.	671		18.0	1401	1409	1405			
"	22	5.0p Lager beim Dorfe Weru	G.	U-R.	661		18.2	1551	1554	1552			
"	23	5.5p Begesi-Fluß bei Tongo ja Muigunga	G.	U-R.	656		16.7	1626	1643	1634			
"	24	1.5p Verlassene Tembe Makombe	G.	U-R.	661		23.5	1578	1586	1582			
"	25	6.0p Tembe Tengulinji	G.	U-R.	653		18	1682	1695	1688			
März	6	5.0p Makeneras Tembe	G.	U-R.	663		18	1509	1503	1506			
"	7	6.0p Ldsch. Kihawa Lg. 35°29,6' Br. — 7°57,2'	G.	U-R.	660		13.6	1569	1578	1574			
"	8	5.0p Am Kitemera-Sumpf	G.	U-R.	657		17	1638	1631	1634			
"	9	6.0p Dorf Rungemba	G.	U-R.	659		15	1585	1586	1586			
"	11	2.0p Dorf Ssawalanu	G.	U-R.	656		19.2	1669	1671	1670			
"	12	4.0p Mkewe-Bach bei Tschipera ja Ruaha	G.	U-R.	648		17.2	1787	1787	1787			
"	13	6.0p Ruaha (Liguka)-Fluß Lg. 34°59,7' Br. — 8°33,9'	G.	U-R.	659		17	1607	1596	1602			
"	14	6.0p Mufindi (Mission)	G.	U-R.	650		15.5	1766	1746	1756			
"	19	6.0p Ldsch. Mkombuè Lg. 35°4,1' Br. — 8°46,0'	G.	U-R.	673		16	1390	1376	1383			
"	20	6.0p Mdake-Bach Ldsch. Kanjamenga	G.	U-R.	666		15	1488	1481	1484			
"	21	3.0p Lager bei Mutuango	G.	U-R.	656		19.6	1478	1485	1482			
"	22	4.0p Hauptdorf des Ngosingosi	G.	U-R.	657		18	1627	1627	1627			
"	24	7.0p Lager am Lihogosa-Bach bei Hangalikoni	G.	U-R.	646		14.5	1808	1802	1805			
"	25	1.0p Einfl. d. Njandsali-Baches i. d. Hagafiro	G.	U-R.	643		19	1862	1862	1862			
"	26	7.0p Tembe Kihawa, Hauptdorf des Mbejera	G.	U-R.	654		14.3	1679	1679	1679			
"	28	7.0p Einfluß d. Pale-Baches i. d. Ruhuhu	G.	U-R.	646		15.4	1808	1802	1805			
Juli	4	10.0a Punguluma-Berg T.P.	G.	S. Th.	581.2		15.7	2336	2333	2334	2348	2341	
"	4	8.5p Am Mgogwe-Fluß bei Mwelera	G.	B.	657.4	18	15.9	1189	1192	1191	1196	1194	
"	5	8.3a Busi-Hügel Landschaft Tja-Langwa	G.	B.	654.1	28	19.1	1246	1247	1247	1254	1251	
"	6	9.5a Tja-Nganwe-Berg	G.	B.	646.0	26	23.9	1363	1354	1358	1351	1354	
"	8	6.3a Am Tete-Fluß Lg. 33° 8,6' Br. — 8° 35,1'	G.	B.	633.2	12	8.4	880	889	885	886	885	
"	8	11.5a Mbala-pa-Nkanga-Berg	G.	S. Th.	662.8		28.1	1244	1227	1235	1232	1233	
"	8	0.3p Am Ssongwe-Fluß bei Nkanga	G.	B.	684.0	29	29.0	839	836	837	839	838	

1) Diese Beobachtungen sowohl wie die Ablesungen des Thermographen in Kwei vom Februar 1900 sind von Herrn Dr. Heidke gütigst handschriftlich zur Verfügung gestellt worden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1899					mm	°	°	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m	
Juli	9	9.0a	Tschikuta-See-Becken	G.	B.	686.2	28.7	21.3	836	838	837	835	836
„	12	2.0p	Am Luika-Fluß Lg. 32°56.0' Br. — 8°19.4'	G.	B.	670.3	29.5	28.8	[1013]	1000	[1006]	994	997
„	13	11.0a	Ilunga-Berg	G.	U.R.	670.6	20.9	19.9	1528	1523	1525	1522	} 1517
„	13	11.0a	„ „	G.	B.	632.7	27.0	19.9	1521	1516	1518	1515	
„	17	11.3a	Iloma-Berg	G.	S.Th.	635.2		20.1	1562	1568	1565	1579	1572
Okt.	25	6.5a	Dorf Kitate	G.	B.	608.1	18	15.9	1765	1762	1763	1769	1766
„	26	6.3a	Dorf Ijunga	G.	B.	615.4	15	17.0	1659	1656	1657	1667	1662
„	29	6.5a	Am Matura-Fluß östl. v. Mbosi	G.	B.	625.6	12	17.0	1510	1515	1513	1527	} 1512
Nov.	12	5.0p	„ „ „	G.	S.Th.	634.8		22.1	1510	1514	1512	1508	
Okt.	31	6.5a	Nsangamales Dorf am Nakurungura-Bach	G.	B.	630.8	19	17.0	1439	1442	1441	1455	1448
Nov.	1	8.0a	Dorf Wenjera	G.	B.	643.0	21	18.4	1287	1294	1291	1301	1296
„	1	6.0p	Dorf Tungwa am Mbowu-Fluß	G.	S.Th.	672.8		21.4	1009	1015	1012	1028	1020
„	3	6.0a	Dorf Ilengo am Niamba-Fluß	G.	B.	676.4	24	20.8	866	877	872	874	873
„	6	4.8p	Dorf Ngongo (Kalungu) am Niamba-Fluß	G.	S.Th.	686.7		33.1	857	844	850	841	845
Juni	11	0.3p	Malonde-Quellen (Gräfin Bose-Thermen)	Gl.	$\beta$	679.4		25.6	1134	1148	1141	1136	} 1121
„	11	0.3p	„ „ „	Gl.	$\gamma$	663.6		25.6	1113	1127	1120	1115	
„	22	4.5p	„ „ „	G.	B.	660.2	30.0	23.8	1122	1115	1118	1113	
„	11	7.0p	Malemas Dorf Wanga	Gl.	S.Th.	677.6		18.0	1024	1028	1026	1022	1024
„	12	1.5p	Nasienge-Höhlen	Gl.	$\beta$	674.7	30.5	25.9	1189	1193	1191	1180	} 1178
„	12	1.5p	„ „ „	Gl.	$\gamma$	658.9	30.5	25.9	1179	1183	1181	1170	
„	21	5.1p	Itaüla am Ssongwe-Njambane	Gl.	$\beta$	676.0	21.7	16.2	[1090]	1104	[1097]	1101	} 1092
„	21	5.1p	„ „ „	Gl.	$\gamma$	660.9	21.7	16.2	[1089]	1103	[1096]	1100	
„	21	4.0p	„ „ „	G.	B.	663.8	17.7	16.2	[1064]	1080	[1072]	1076	
„	28	10.2a	Neu-Utengule in Ussangu	Gl.	$\gamma$	667.6	23.0	19.4	1057	1062	1060	1055	1057
„	30	0.2p	Oberer Rand des Tagano-Abfalls	Gl.	$\gamma$	597.4	21.6	17.1	2032	2031	2031	2041	2036
„	30	4.8p	Dorf Mwembera	Gl.	S.Th.	600.4		14.4	2043	2036	2039	2042	2041
Juli	1	1.0p	Übergang über d. Ssansissi-Fluß	Gl.	$\gamma$	639.7	28.9	24.4	1445	1439	1442	1434	1438
„	1	4.1p	Dorf i. Ldsch. Pama Lg. 33°25' Br. — 8°44.3'	Gl.	$\gamma$	633.0	27.6	22.6	1524	1515	1519	1520	1520
„	2	5.2p	Lihango, Hauptdorf des Häuptlings Sumba	Gl.	$\gamma$	670.9	28.2	25.3	1012	1009	1010	1010	} 1006
„	3	6.8a	„ „ „ „ „	Gl.	$\gamma$	671.9	21.5	17.4	1000	1007	1004	1000	
„	5	6.0p	„ „ „ „ „	G.	B.	671.2	27	25.1	1008	1005	1006	1009	
„	3	5.5p	Dorf Masoko am Sira-Fluß	Gl.	$\gamma$	677.5	27.9	23.0	927	928	928	917	923
„	4	6.3p	Mssawi am Ssongwe-Njambane	Gl.	$\gamma$	680.2	24.9	24.3	873	872	872	873	873
„	5	7.5p	Maschanira am Ssongwe-Njambane	Gl.	$\gamma$	684.1	27.3	23.4	847	846	846	849	848
„	6	8.2p	Gajaminsos Dorf Iwungu, Hauptdorf von	Gl.	S.Th.	695.2		19.2	818	82~	823	822	} 826
„	26	5.0p	Wungu	G.	S.Th.	691.3		24.2	838	845	842	834	
„	9	7.3a	Kipindi	Gl.	$\gamma$	686.7	20.4	18.2	813	821	817	821	} 821
„	14	2.3p	„ „ „	G.	S.Th.	691.9		28.8	822	818	820	812	
„	13	7.5p	Rukwa-Seeufer Lg. 32°49.2' Br. — 8°29.8'	Gl.	$\gamma$	684.9	26.3	22.4	829	824	826	818	819
„	14	7.5p	Manda am Tschambua-Fluß	Gl.	$\gamma$	682.0	19.9	16.0	845	858	851	856	854
„	15	8.8p	Ngongo am Niamba-Fluß	Gl.	$\gamma$	682.9	25.1	22.3	868	859	863	859	861
„	16	6.9p	Ssanga in Uwanda	Gl.	$\gamma$	685.0	23.4	18.9	813	828	821	820	821
„	17	8.7p	Ikonongo „	Gl.	S.Th.	693.5		21.3	816	815	815	817	821

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1899					mm	°	°	$H_D$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m	
Juli	25	5.6p	Sumbwanga am Momba-Fluß	Gl.	$\gamma$	677.7	32.7	27.8	[ 928 ]	914	[ 921 ]	912	913
August	4	5.2p	Mtumbis Dorf Kapenta	Gl.	$\gamma$	679.0	32.0	27.0	889	886	887	888	888
"	5	7.8a	Berg Lg. 32° 5.9' Br. — 8° 24.2'	Gl.	$\gamma$	616.2	21.4	19.0	1752	1759	1756	1765	1761
"	6	9.5a	Mtundumike-Berg Lg. 31° 59.2' Br. — 8° 24.3'	Gl.	$\gamma$	618.7	24.3	21.0	1748	1737	1742	1746	1744
"	9	8.3a	Pande-Berg	Gl.	$\gamma$	612.0	16.1	13.5	[ 1790 ]	1808	[ 1799 ]	1817	1812
"	9	11.3a	Dorf Kitindi am Itindi-Fluß	Gl.	$\gamma$	615.0	23.3	19.0	1772	1776	1774	1786	1780
"	9	5.8p	Lager am Mkassi-Bach	Gl.	$\gamma$	597.0	16.7	16.2	1971	1971	1971	1983	1977
"	10	9.6a	Mämia-Berg, höchster Punkt des Tschin- gambo-Bruchrandes	Gl.	S.Th.	586.6		15.5	2234	2247	2241	2260	2250
"	10	6.8p	Ssakalilo	Gl.	$\gamma$	680.2	28.5	24.0	871	870	870	875	873
"	12	6.2a	Faktorei Msjia am Msouë	Gl.	$\gamma$	682.8	19.0	17.0	823	836	830	841	831
"	12	10.6a	Alter Seeboden des Rukwa-Sees zwischen	Gl.	$\gamma$	635.0	32.0	28.1	805	821	813	811	819
"	12	0.1p	Msjia und Kamba	Gl.	$\gamma$	683.8	34.0	29.6	813	826	820	815	
"	12	7.3p	Ngärus Dorf, Hauptort v. Kamba	Gl.	$\gamma$	681.4	25.3	21.2	836	845	841	843	831
"	31	6.4p	" " " "	Gl.	$\gamma$	680.9	31.6	27.0	849	832	840	825	
"	13	4.8p	Dorf Pankolo	Gl.	$\gamma$	667.8	32.8	27.8	1025	1031	1028	1028	1028
"	14	6.9p	Uleia, Hauptdorf des Mamsanja	Gl.	$\gamma$	682.1	28.9	24.5	843	846	845	838	831
Juli	17	6.0p	" " " "	G.	S.Th.	691.5		21.8	821	833	827	835	
August	18	8.9p	Kundi, Hauptdorf des Mläwa	Gl.	$\gamma$	648.2	22.7	20.0	1311	1302	1306	1296	1301
"	19	6.8a	Kiwingwa-Höhenzug	Gl.	$\gamma$	634.5	17.6	15.5	1471	1475	1473	1485	1479
"	29	9.2a	Plateau am Lalo-Berge	Gl.	$\gamma$	633.1	25.6	22.5	1509	1515	1512	1508	1507
"	29	4.7p	Dorf Kiwanga Ldsch. Gomba	Gl.	$\gamma$	646.9	31.3	26.3	1389	1377	1383	1381	1383
"	29	7.1p	" " "	Gl.	S.Th.	647.3		18.0	1389	1386	1387	1380	
"	30	9.3a	Tembe Limisua	Gl.	$\gamma$	657.6	28.1	24.9	1181	1180	1180	1175	1177
"	30	5.9p	Tembe Sarakata, Landschaft Tunda	Gl.	$\gamma$	653.0	29.3	24.5	1214	1203	1208	1199	1203
"	31	9.4a	Verlassenes Dorf am Kala-Berg	Gl.	$\gamma$	661.0	28.2	25.0	1127	1129	1128	1128	1126
Sept.	2	9.5a	Ninga-Berg Lg. 31° 51.8' Br. — 7° 56.3'	Gl.	$\gamma$	608.3	23.3	20.2	1853	1856	1855	1860	1858
"	2	6.3p	Dorfa. Wauwensusi-B.L. 31° 51.5' B. — 7° 57.7'	Gl.	S.Th.	605.3		15.2	1946	1941	1943	1953	1948
"	3	8.4a	Hügel a. Wuma-Fluß L. 31° 47.6' B. — 7° 59.2'	Gl.	$\gamma$	594.0	19.6	17.0	2054	2050	2052	2070	2061
"	3	6.1p	Ssumbawanga (Ober-Ufipa)	Gl.	$\gamma$	608.5	23.7	19.0	1815	1814	1814	1822	1812
"	4	5.5a	"	Gl.	$\gamma$	608.8	10.0	8.0	1790	1799	1795	1815	
"	5	11.4a	Am Kasungu-Fluß Lg. 31° 29.1' Br. — 8° 9.7'	Gl.	$\gamma$	616.7	27.7	23.4	1747	1738	1742	1738	1740
"	5	9.0p	Dorf Namlangwa	Gl.	$\gamma$	615.8	19.9	17.2	1728	1716	1722	1717	1719
"	6	9.8p	Nondos Dorf	Gl.	S.Th.	636.5		17.9	[ 1549 ]	1535	[ 1542 ]	1533	1534
"	7	10.2a	Am Kawa-Fluß Lg. 31° 14.0' Br. — 8° 29.2'	Gl.	$\gamma$	654.0	29.8	26.1	1198	1195	1196	1199	1198
"	24	9.0a	Oberer Plateaurand westlich von Moliro	Gl.	$\gamma$	667.5	30.2	27.2	1040	1034	1037	1035	1036
"	24	10.2a	Auf dem Plateau westlich von Moliro	Gl.	$\gamma$	657.6	32.1	28.4	1179	1160	1169	1170	1170
"	24	11.6a	" " " "	Gl.	$\gamma$	645.3	34.7	30.4	1346	1333	1339	1336	1337
"	24	6.5p	Dorf Manda " " " "	Gl.	$\gamma$	645.5	27.2	22.6	1301	1292	1296	1293	1294
"	27	3.5p	Am Kita-Fluß	Gl.	$\gamma$	679.6	39.4	34.5	867	854	860	848	854
Okt.	20	5.6p	Höchster Punkt der Halbinsel Kigoma	K.	$\beta$	692.5	30.5	27.0	870	862	866	857	861
"	27	5.5a	Übergang der Karawanenstraße über den	K.	$\alpha$	705.6		18.9	804	806	805	806	800
"	27	5.5a	Luitsche	K.	$\beta$	700.0	20.9	18.9	781	783	782	782	
"	27	5.4a	" " " " " "	Gl.	$\gamma$	683.1	20.9	18.9	794	796	795	796	
"	27	7.7a	Terrasse des Plateaurandes	K.	$\alpha$	699.2		21.7	908	903	905	902	902
"	27	7.7a	" " " "	K.	$\beta$	692.5	24.8	21.7	901	896	898	896	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1899					m	o	o	$H_p$	$H_x$	$H$	$H_{Tab}$	Mittel	
					m			m	m	m	m	m	
Oktbr.	27	7.8a	Halt 7 <sup>48</sup> —7 <sup>51</sup>	Gl.	$\gamma$	674.2	23.3	21.0	931	930	930	926	928
„	27	7.9a	Erster Plateaurand im Einschnitt von Udjidji	K.	$\alpha$	697.6		21.7	930	928	929	924	925
„	27	7.9a		K.	$\beta$	690.5	24.3	21.7	924	922	923	919	
„	27	10.6a	Zweiter Plateaurand im Einschnitt von Udjidji	Gl.	$\gamma$	669.5	24.0	20.1	984	[ 997 ]	[ 991 ]	986	985
„	27	7.3p	Lager am Nguro-Bach	K.	$\alpha$	689.6		20.7	1015	1011	1013	1002	1000
„	27	7.3p	„	K.	$\beta$	682.2	24.0	20.7	1007	1003	1005	994	
„	27	8.8p	„	Gl.	$\gamma$	667.0	22.9	20.1	1012	1011	1011	997	
„	28	5.8a	„	K.	$\alpha$	691.9		19.3	997	998	998	992	
„	28	5.8a	„	K.	$\beta$	684.0	21.2	19.3	996	997	997	993	
„	29	5.8a	Lager am Masungwe-Fluß	K.	$\alpha$	685.5		17.1	1072	1079	1076	1082	1078
„	29	5.8a	„	K.	$\beta$	678.0	19.4	17.1	1065	1072	1069	1076	
„	29	5.8a	„	Gl.	$\gamma$	662.0	19.2	17.2	1073	1077	1075	1081	
„	29	9.2a	Am Lugufu-Fluß	K.	$\alpha$	686.8		26.7	1073	1061	1067	1067	1068
„	29	9.2a	„	K.	$\beta$	679.9	26.6	26.7	1075	1063	1069	1070	
Nov.	2	9.9a	Mlola-Hügel	K.	$\alpha$	677.0		24.9	1208	1212	1210	1208	1213
„	2	9.9a	„	K.	$\beta$	668.4	28.4	24.9	1229	1233	1231	1229	
„	2	11.7a	Ivosia, Hauptdorf des Mtau	K.	$\alpha$	688.4		25.0	1032	1043	1038	1037	1040
„	2	11.7a	„	K.	$\beta$	680.5	25.1	25.0	1047	1058	1053	1052	
„	3	5.9a	Askari-posten am Rudschugi	K.	$\alpha$	689.1		19.1	1028	1030	1029	1032	1034
„	3	5.9a	„	K.	$\beta$	681.3	21.0	19.1	1028	1030	1029	1032	
„	3	5.7a	„	Gl.	$\gamma$	665.3	21.6	19.6	1037	1041	1039	1041	
„	3	8.3a	Kassansa-Hügel	K.	$\alpha$	680.7		25.2	1165	1152	1158	1156	1158
„	3	8.3a	„	K.	$\beta$	672.3	21.0	25.2	1171	1158	1164	1161	
„	3	9.9a	Westlicher Plateau-Rand am Rudschugi-Tale	K.	$\alpha$	689.0		23.9	1034	1035	1035	1036	1039
„	3	9.9a	„	K.	$\beta$	681.5	27.5	23.9	1048	1049	1049	1050	
„	3	10.6a	Rudschugi am Übergang d. Karawanenstr.	K.	$\alpha$	692.2		28.0	992	984	988	988	990
„	3	10.6a	„	K.	$\beta$	685.3	30.5	28.0	1004	996	1000	1000	
„	3	10.8a	Östlicher Plateau-Rand a. Rudschugi-Tale	K.	$\alpha$	688.9		27.3	1032	1030	1031	1031	1034
„	3	10.8a	„	K.	$\beta$	681.7	31.4	27.3	1048	1046	1047	1048	
„	3	7.2p	Beim Dorf Fumuë, Landschaft Ujange	Gl.	$\gamma$	660.3	26.0	21.8	1089	1090	1090	1085	1082
„	4	5.7a	„	K.	$\alpha$	685.0		19.0	1077	1081	1079	1079	
„	4	5.7a	„	K.	$\beta$	676.8	21.9	19.0	1082	1086	1084	1084	
„	6	6.0p	Kifungo, vorspringende Ecke des Plateaus südlich des Mlagarassi	K.	$\alpha$	678.0		22.0	1151				1151 <sup>1)</sup>
„	6	6.0p	„	K.	$\beta$	670.4	27.0	22.0	1153				
„	9	6.2p	Beim Dorf Ssungawura, Ldsch. Mguruka	K.	$\alpha$	681.3		22.0	1092	1099	1096	1093	1094
„	9	6.2p	„	K.	$\beta$	673.6	26.9	22.0	1097	1104	1101	1098	
„	9	6.1p	„	Gl.	$\gamma$	658.4	26.8	22.0	1096	1106	1101	1098	
„	10	5.8a	„	K.	$\alpha$	684.0		17.6	1082	1085	1084	1093	
„	10	5.8a	„	K.	$\beta$	676.7	21.8	17.6	1074	1077	1076	1085	
„	10	5.7a	„	Gl.	$\gamma$	661.0	21.8	17.6	1076	1082	1079	1090	
„	10	8.0a	Am Fuß des Kawona-Hügels	K.	$\alpha$	683.7		22.2	1100	1094	1097	1101	1101
„	10	8.0a	„	K.	$\beta$	676.1	24.3	22.2	1100	1094	1097	1101	

1) Mit der Pendel-Station Ugaga als Basisstation berechnet.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1899					mm	°	°	$H_D$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
Novbr. 10	8.8a	Kawona-Hügel	K.	$\alpha$	679.6		23.1	1158	1154	1156	1159	} 1160
" 10	8.8a	"	K.	$\beta$	671.7	26.0	23.1	1163	1159	1161	1164	
" 10	10.6a	Dorf Isunula	K.	$\alpha$	683.3		26.7	1098	1095	1096	1099	} 1101
" 10	10.6a	"	K.	$\beta$	675.7	29.5	26.7	1108	1105	1106	1110	
" 10	9.6p	Beim Dorf Jhumbule zum Land des	K.	$\alpha$	684.4		18.3	1062	1076	1069	1073	} 1069
" 10	9.6p	Häuptlings Mkajalla gehörig	K.	$\beta$	677.5	22.8	18.3	1052	1066	1059	1063	
" 10	9.4p	"	Gl.	$\gamma$	661.6	22.8	18.3	1058	1074	1066	1070	
" 11	6.2a	"	K.	$\alpha$	683.8		18.8	1056	1065	1061	1067	
" 11	6.2a	"	K.	$\beta$	676.4	19.3	18.8	1046	1055	1051	1057	
" 11	6.1a	"	Gl.	$\gamma$	663.1	20.0	18.0	1054	1066	1060	1067	
" 11	9.7p	Beim Dorfe Msinga, Hauptdorf des	K.	$\alpha$	683.8		22.0	1086	1087	1087	1079	
" 11	9.7p	Häuptlings Mkajalla	K.	$\beta$	676.4	24.0	22.0	1084	1085	1085	1076	
" 11	9.4p	"	Gl.	$\gamma$	660.8	24.6	22.0	1090	1091	1091	1084	
" 12	6.3a	"	K.	$\alpha$	685.5		18.9	1080	1082	1081	1080	
" 12	6.3a	"	K.	$\beta$	678.4	20.0	18.9	1067	1069	1068	1067	
" 12	6.1a	"	Gl.	$\gamma$	662.4	20.9	18.9	1078	1082	1080	1081	
" 17	6.4p	Lager in der Landschaft Usagusi	Gl.	$\gamma$	660.7	27.1	22.6	1097	1099	1098	1097	} 1089
" 18	5.8a	"	K.	$\alpha$	684.8		18.6	1083	1088	1086	1086	
" 18	5.8a	"	K.	$\beta$	677.5	22.3	18.6	1079	1084	1082	1082	
" 18	9.3p	Bei Rasthaus und Dorf Senegesia	K.	$\alpha$	681.7		20.1	1121	1127	1124	1120	} 1117
" 18	9.3p	"	K.	$\beta$	674.3	24.8	20.1	1121	1127	1124	1120	
" 19	6.4a	"	K.	$\alpha$	682.5		19.4	1115	1123	1119	1114	
" 19	6.4a	"	K.	$\beta$	675.4	22.9	19.4	1110	1118	1114	1109	
" 19	5.4a	"	Gl.	$\gamma$	659.0	21.5	19.5	1119	1126	1123	1121	
" 19	7.4p	Bei Rasthaus und Dorf Tambiliso	K.	$\alpha$	677.0		21.9	1173	1176	1175	1168	} 1164
" 19	7.4p	"	K.	$\beta$	670.0	28.5	21.9	1171	1174	1173	1165	
" 19	7.3p	"	Gl.	$\gamma$	655.0	28.5	21.9	1165	1169	1167	1160	
" 20	5.5a	"	K.	$\alpha$	678.1		21.1	1180	1166	1173	1165	
" 20	5.5a	"	K.	$\beta$	670.6	25.2	21.1	1180	1166	1173	1165	
" 20	5.4a	"	Gl.	$\gamma$	655.7	25.5	21.5	1174	1160	1167	1159	
" 20	7.2a	Beim Dorfe Kwa Dudu, Ldsch. Maviti	K.	$\alpha$	679.4		25.2	1171	1155	1163	1157	} 1158
" 20	7.2a	"	K.	$\beta$	672.4	27.0	25.2	1170	1154	1162	1156	
" 20	7.0a	"	Gl.	$\gamma$	657.0	27.3	25.2	1178	1159	1168	1160	
" 20	10.1a	Am Fuß des Maramba-Hügels	K.	$\alpha$	679.0		29.5	1176	1167	1171	1164	} 1166
" 20	10.1a	"	K.	$\beta$	672.0	33.1	29.5	1185	1176	1180	1173	
" 20	11.9a	Sattel des Singiwe-Hügels	Gl.	$\gamma$	654.4	36.4	32.0	1218	1208	1213	1196	1196
" 20	0.4p	Maramba-Hügel	K.	$\alpha$	671.8		30.5	1264	1256	1260	1245	} 1246
" 20	0.4p	"	K.	$\beta$	665.0	35.0	30.5	1266	1258	1262	1248	
" 20	2.4p	[Halt 2 <sup>23</sup> —2 <sup>25</sup> ] In der Senke	K.	$\alpha$	675.6		33.4	1195	1177	1186	1175	} 1177
" 20	2.4p	"	K.	$\beta$	668.8	37.0	33.4	1207	1189	1198	1187	
" 20	6.3p	Beim Dorf Gauge oder Kwa Kapongo	Gl.	$\gamma$	652.6	29.0	24.4	1204	1203	1203	1204	} 1190
" 21	5.6a	"	K.	$\alpha$	677.6		18.4	1182	1172	1177	1183	
" 21	5.6a	"	K.	$\beta$	669.3	21.0	18.4	1186	1176	1181	1187	
" 21	5.7a	"	Gl.	$\gamma$	654.2	20.3	18.3	1186	1181	1183	1184	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1899					mm	°	°	$H_p$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{rab}$ m	Mittel m
Novbr. 21	9.9a	Migwenguë-Berg	K.	$\alpha$	668.7		25.3	1318	1322	1320	1314	} 1313
" 21	9.9a	" "	K.	$\beta$	661.4	28.1	25.3	1313	1317	1315	1309	
Dezbr. 11	5.9a	Lager am Kasime-Hügel	K.	$\alpha$	675.1		17.7	1212	1212	1212		} 1211
" 11	5.9a	" "	K.	$\beta$	667.3	19.3	17.7	1198	1198	1198		
" 11	5.8a	" "	Gl.	$\gamma$	651.7	19.7	17.7	1216	1217	1217		
" 11	9.4a	Usaga-Hügel	K.	$\alpha$	668.2		23.7	1313	1303	1306		} 1303
" 11	9.4a	" "	K.	$\beta$	661.2	26.9	23.7	1298	1288	1291		
" 11	11.0a	Verlassene Tembe, Landschaft Jansaga	K.	$\alpha$	674.3		27.0	1220	1221	1222		} 1229
" 11	11.0a	" "	K.	$\beta$	666.4	28.0	27.0	1224	1225	1226		
" 11	10.9a	" "	Gl.	$\gamma$	651.3	28.0	27.0	1241	1242	1243		
" 12	6.9a	Issississia, verlassene Häuptlingstembe	K.	$\alpha$	673.9		22.2	1231	1232	1233		} 1233
" 12	6.9a	der Landschaft Ujui	K.	$\beta$	666.2	24.3	22.2	1224	1225	1226		
" 12	6.7a	" "	Gl.	$\gamma$	650.8	24.3	22.2	1236	1235	1236		
" 13	6.5a	Bei Kiholile, Haupttembe der Land-	K.	$\alpha$	670.3		18.0	1252	1261	1257		} 1255
" 13	6.5a	schaft Ndala	K.	$\beta$	662.6	20.0	18.0	1237	1246	1242		
" 13	6.3a	" "	Gl.	$\gamma$	647.0	20.0	18.0	1251	1260	1256		
" 13	8.5a	Am Wasserloch Wuita	K.	$\alpha$	673.1		22.1	1226	1236	1231		} 1230
" 13	8.5a	" "	K.	$\beta$	665.4	24.8	22.1	1222	1232	1227		
" 14	6.4a	Lager an der Grenze der Landschaften	K.	$\alpha$	672.3		18.2	1237	1239	1238		} 1236
" 14	6.4a	Ndala und Tamarale	K.	$\beta$	664.7	20.0	18.2	1224	1226	1225		
" 14	6.2a	" "	Gl.	$\gamma$	649.0	20.2	18.2	1235	1237	1236		
" 14	7.0a	Flache Anhöhe	K.	$\alpha$	670.0		19.2	1269	1281	1275		} 1272
" 14	7.0a	" "	K.	$\beta$	662.5	21.2	19.2	1254	1266	1260		
" 14	9.6a	Fuß der Schwelle am Njansowe-Bach	Gl.	$\gamma$	651.2	27.3	24.0	1219	1234	1227		
" 18	6.3p	Bei Lolanguru, Hauptdorf der Land-	Gl.	$\gamma$	655.6	27.3	25.3	1122	1125	1124		} 1117
" 18	9.5p	schaft Njambin	K.	$\alpha$	679.5		23.7	1125	1118	1121		
" 18	9.5p	" "	K.	$\beta$	672.4	27.3	23.7	1129	1122	1125		
" 18	9.5p	" "	K.	$\gamma$	657.0	27.3	23.7	1131	1124	1127		
" 19	5.9a	" "	K.	$\alpha$	680.7		20.1	1115	1107	1111		
" 19	5.9a	" "	K.	$\beta$	673.8	21.8	20.1	1107	1099	1103		
" 19	5.8a	" "	Gl.	$\gamma$	658.0	22.1	20.1	1116	1108	1112		
" 22	6.7p	Bei Iwolero, Häuptlingstembe der	Gl.	$\gamma$	654.9	28.5	24.0	1164	1151	1157		} 1157
" 23	6.4a	Landschaft Urugu	K.	$\alpha$	678.7		20.1	1159	1152	1155		
" 23	6.4a	" "	K.	$\beta$	671.7	22.0	20.1	1157	1150	1153		
" 23	5.7a	" "	Gl.	$\gamma$	655.6	22.0	19.1	1175	1168	1171		
" 23	7.8a	Am Kalobora-Bach	K.	$\alpha$	676.6		24.7	1201	1187	1194		} 1194
" 23	7.8a	" "	K.	$\beta$	669.7	25.4	24.7	1202	1188	1195		
" 23	7.9a	Uschora, Haupttembe d. Ldsch. Uschora	Gl.	$\gamma$	653.9	24.7	24.0	1208	1197	1202		
" 23	9.6a	Sattel des Uschora-Steilabfalls	K.	$\alpha$	667.6		27.0	1324	1318	1321		} 1323
" 23	9.6a	" "	K.	$\beta$	660.2	30.2	27.0	1333	1327	1330		
" 23	10.0a	Höhe hinter dem Sattel	Gl.	$\gamma$	638.2	29.7	26.1	1420	1419	1419		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1899 n.					mm	o	o	$H_D$	$H_x$	$H$	$H_{rab}$	Mittel
1900								m	m	m	m	m
Dezbr. 23	10.8a	Plateauhöhe	K.	$\alpha$	658.8		25.4	1439	1440	1440		} 1440
" 23	10.8a	"	K.	$\beta$	651.5	29.4	25.4	1439	1440	1440		
" 23	0.2p	Übergang über der Ikulusi-Fluß	K.	$\alpha$	662.0		28.2	1387	1381	1384		} 1384
" 23	0.2p	"	K.	$\beta$	655.2	32.7	28.2	1388	1382	1385		
" 23	11.9a	"	Gl.	$\gamma$	640.6	32.6	28.2	1388	1381	1384		
" 23	9.8p	Bei der Tembe Makituru, Ldsch. Ussule	Gl.	$\gamma$	636.7	23.0	21.0	1431	1426	1428		} 1421
" 24	5.6a	"	K.	$\alpha$	660.0		17.6	1420	1420	1420		
" 24	5.6a	"	K.	$\beta$	652.5	19.5	17.6	1406	1406	1406		
" 24	5.3a	"	Gl.	$\gamma$	637.0	19.5	17.6	1416	1417	1417		
" 24	0.4p	Am Kisamamba-Fluß	Gl.	$\gamma$	638.8	33.1	28.6	1409	1408	1408		
" 24	6.6p	Lager in der Landschaft Kinjangiri	Gl.	$\gamma$	641.1	30.7	26.1	1370	1361	1365		} 1351
" 25	6.0a	"	K.	$\alpha$	664.6		19.3	1348	1345	1346		
" 25	6.0a	"	K.	$\beta$	657.5	21.3	19.3	1340	1337	1338		
" 25	6.0a	"	Gl.	$\gamma$	642.4	21.3	19.3	1346	1343	1344		
" 29	10.1a	Abhang der Mdonkoro-Berge	Gl.	$\gamma$	634.4	30.9	27.3	1472	1470	1471		
" 29	10.8a	Am Jangombe-Fluß	K.	$\alpha$	656.7		28.6	1455	1451	1453		} 1457
" 29	10.8a	"	K.	$\beta$	649.4	33.0	28.6	1474	1470	1472		
" 29	0.3p	Auf der Höhe, Landschaft Ijambi,	K.	$\alpha$	647.5		28.8	1579	1572	1575		} 1577
" 29	0.3p	Iramba-Plateau	K.	$\beta$	640.0	31.4	28.8	1591	1584	1587		
" 29	8.7p	Lager in der Gemarkung Kisommasomma,	K.	$\alpha$	645.4		23.3	1602	1587	1594		} 1588
" 29	8.7p	Landschaft Ijambi, Iramba-Plateau	K.	$\beta$	637.8	25.1	23.3	1601	1586	1593		
" 29	8.8p	"	Gl.	$\gamma$	623.5	25.2	23.3	1597	1583	1590		
" 30	6.1a	"	K.	$\alpha$	647.0		15.6	1592	1582	1587		
" 30	6.1a	"	K.	$\beta$	639.0	17.2	15.6	1582	1572	1577		
" 30	6.1a	"	Gl.	$\gamma$	624.2	17.6	15.6	1587	1579	1583		
" 30	0.1p	Am Msanga-Fluß	K.	$\alpha$	651.4		27.2	1516	1515	1515		} 1520 <sup>1)</sup>
" 30	0.1p	"	K.	$\beta$	641.8	31.6	27.2	1564	1563	1563		
" 30	1.2p	Issanssu Plateaurand nördlich vom	K.	$\alpha$	645.5		27.8	1594	1585	1589		} 1594 <sup>1)</sup>
" 30	1.2p	Msanga-Fluß	K.	$\beta$	635.3	29.3	27.8	1641	1632	1636		
" 30	6.1p	Lager in der Gemarkung Utali auf dem	Gl.	$\gamma$	624.9	27.8	23.3	1579	1569	1574		} 1572 <sup>1)</sup>
" 31	6.8a	Issanssu-Plateau	K.	$\alpha$	648.5		18.7	1574	1566	1570		
" 31	6.8a	"	K.	$\beta$	638.3	21.9	18.7	1608	1600	1604		
" 31	6.8a	"	Gl.	$\gamma$	626.0	20.8	18.7	1572	1565	1568		
" 31	9.1a	Lager am Wamkumi-Fluß in der Ge-	K.	$\alpha$	663.0		23.6	1355	1366	1361		} 1361
" 31	9.1a	markung Tumbili	K.	$\beta$	653.6	24.6	23.6	1359	1370	1365		
" 31	9.1a	"	Gl.	$\gamma$	641.0	26.6	23.6	1355	1370	1363		
Januar 1	6.1a	"	K.	$\beta$	652.3	20.9	18.5	1353	1355	1354		
" 1	6.1a	"	Gl.	$\gamma$	638.8	20.5	18.5	1361	1364	1363		
" 1	11.7a	Am Wendasiku (Shibiti-Msanga)-Fluß	K.	$\beta$	667.2	29.3	25.0	1166	1179	1173		
" 1	10.2p	Lager am Mamküne-(Mikuki)-Fluß	K.	S.Th.	670.8		18.7	1069	1068	1068		} 1068
" 2	6.6a	"	K.	$\beta$	675.4	21.3	19.0	1067	1067	1067		
" 2	6.5a	"	Gl.	$\gamma$	661.6	21.1	19.0	1072	1074	1073		

1)  $\beta$  geringeres Gewicht als nach Tabelle 70, da  $\alpha$  und  $\gamma$  gut zusammenstimmen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_p$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{rad}$ m	Mittel m
Januar	2	10.2a	Niarasa-Salzwüste (früherer Boden des Ejassi-Sees)	K.	$\beta$	679.0	26.0	18.0	1011	1026	1019	} 1022
"	2	10.2a	"	Gl.	$\gamma$	666.1	25.6	17.6	1009	1027	1018	
"	2	1.5p	"	K.	$\beta$	677.0	26.3	25.5	1023	1028	1026	
"	2	1.5p	"	Gl.	$\gamma$	663.8	26.3	25.5	1021	1032	1027	
"	2	8.2p	Am Limbita-Fluß, am Fuß des Steilabfalls nordwestlich der Niarasa	K.	$\beta$	676.0	21.9	21.1	1029	1021	1025	} 1030
"	2	8.2p	"	Gl.	$\gamma$	663.0	21.9	21.1	1027	1019	1023	
"	3	6.8a	"	K.	$\beta$	677.5	20.8	20.2	1034	1040	1037	
"	3	6.8a	"	Gl.	$\gamma$	664.0	20.8	20.2	1034	1040	1037	
"	3	11.8a	Sattel bei Sseuto njuki	K.	$\beta$	673.4	27.0	23.9	1086	1096	1091	
"	3	2.5p	Am Emanjarudia-Fluß, am Fuß des Steilabfalls nordwestlich der Niarasa	K.	$\beta$	672.7	31.9	23.8	1084	1082	1083	} 1070
"	3	8.0p	"	K.	$\beta$	673.6	26.2	23.6	1070	1068	1069	
"	3	8.0p	"	Gl.	$\gamma$	660.7	27.1	23.6	1066	1064	1065	
"	4	6.5a	"	K.	$\beta$	675.1	22.3	20.7	1069	1064	1066	
"	4	6.5a	"	Gl.	$\gamma$	662.0	22.7	20.7	1062	1058	1060	
"	4	10.0p	Am Migunga-Fluß	K.	$\alpha$	666.1		23.4	1051	1047	1049	} 1052
"	4	10.0p	"	K.	$\beta$	675.5	26.4	23.4	1060	1056	1058	
"	5	7.1p	Lager am Muembe-Fluß, am Fuß des Steilabfalls nordwestlich der Niarasa	Gl.	S.Th.	665.5		26.0	1123	1124	1124	} 1124
"	6	6.7a	"	K.	$\alpha$	664.4		20.7	1120	1117	1118	
"	6	6.7a	"	K.	$\beta$	673.2	22.0	20.7	1118	1115	1116	
"	6	6.7a	"	Gl.	$\gamma$	659.0	22.8	20.7	1125	1123	1124	
"	6	7.9a	Zweite Terrasse des Steilabfalls am Nordrande der Niarasa	K.	$\beta$	656.0	26.0	23.6	1351	1349	1350	
"	6	8.2a	Vorspringender Grat des Abfalls am Nordrande der Niarasa	K.	$\beta$	646.0	25.4	19.5	1477	1486	1482	} 1477
"	6	8.2a	"	Gl.	$\gamma$	633.4	25.0	19.5	1469	1478	1474	
"	6	9.4a	Dritte Terrasse des Steilabfalls am Nordrande der Niarasa	K.	$\beta$	637.6	28.2	21.0	1599	1609	1604	} 1599
"	6	9.4a	"	Gl.	$\gamma$	625.2	28.2	21.0	1589	1603	1596	
"	6	1.1p	Rand des Plateaus nördlich der Niarasa	K.	$\beta$	623.9	24.2	19.7	1759	1773	1766	} 1759
"	6	1.0p	"	Gl.	$\gamma$	612.0	24.3	19.7	1749	1762	1756	
"	6	9.2p	Lager auf dem Plateau am Fuß des Donjo Ndorobbo	Gl.	$\alpha$	619.5		18.0	1770	1760	1765	} 1759
"	6	9.2p	"	Gl.	$\beta$	624.5	20.6	18.0	1764	1754	1759	
"	6	9.2p	"	Gl.	$\gamma$	612.5	20.6	18.0	1761	1751	1756	
"	7	6.4a	"	Gl.	$\gamma$	612.6	17.4	15.4	1767	1751	1759	
"	12	3.9p	Höchster erreichter Punkt am Abhang des Donjo Ndorobbo	K.	$\beta$	570.1	21.1	15.0	2504	2510	2507	} 2456 <sup>1)</sup>
"	12	3.9p	"	Gl.	$\gamma$	564.8	21.1	15.0	2401	2407	2404	
"	12	9.9p	Lager am Abhang des Donjo Ndorobbo	K.	$\alpha$	577.9		12.7	2387	2384	2385	} 2371 <sup>1)</sup>
"	12	9.9p	"	K.	$\beta$	579.6	14.4	12.7	2397	2394	2395	
"	12	9.9p	"	Gl.	$\gamma$	572.2	14.4	12.7	2330	2320	2325	
"	13	7.0a	"	K.	$\alpha$	578.0		13.4	2387	2385	2386	
"	13	7.0a	"	K.	$\beta$	579.5	14.2	13.4	2403	2401	2402	
"	13	7.0a	"	Gl.	$\gamma$	571.8	14.2	13.4	2338	2332	2335	
"	13	8.6a	Im Kessel zw. Donjo Ndorobbo u. Lerobi	K.	$\beta$	590.0	18.4	15.9	2249	2241	2245	
"	13	1.5p	Am Ngelei (Ngalei)-Fluß	K.	$\beta$	646.4	27.8	26.0	1423	1429	1426	} 1423
"	13	1.5p	"	Gl.	$\gamma$	634.0	26.7	25.0	1419	1425	1422	

1)  $\gamma$  geringeres Gewicht als nach Tab. 70, da  $\alpha$  und  $\beta$  gut zusammenstimmen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_D$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{zab}$ m	Mittel m
Januar 13	10.2p	Lager am Rubussale-Fluß	K.	$\alpha$	661.6		22.4	1115	1111	1113		
" 13	10.2p	"	K.	$\beta$	671.8	23.9	22.4	1107	1103	1105		
" 13	10.2p	"	Gl.	$\gamma$	658.3	24.8	22.4	1104	1101	1102		
" 14	7.1a	"	K.	$\alpha$	663.3		21.6	1097	1095	1096		1097
" 14	7.1a	"	K.	$\beta$	673.7	22.4	21.6	1089	1087	1088		
" 14	7.1a	"	Gl.	$\gamma$	660.0	23.1	21.0	1086	1083	1084		
" 16	8.3p	Lager a. Levivuko (Kitete, Ngavoro)-Fluß	K.	$\alpha$	662.9		26.0	1095	1079	1087		
" 16	8.3p	"	K.	$\beta$	671.4	28.9	26.0	1122	1106	1114		
" 16	8.3p	"	Gl.	$\gamma$	658.2	29.2	26.0	1111	1098	1104		
" 17	6.5a	"	K.	$\alpha$	663.8		20.6	1091	1085	1088		1098
" 17	6.5a	"	K.	$\beta$	672.0	20.9	20.6	1106	1100	1103		
" 17	6.5a	"	Gl.	$\gamma$	669.8	20.9	20.5	1096	1090	1093		
" 17	1.6p	Am Ngavoro-Fluß	Gl.	$\gamma$	650.8	36.4	31.7	1220	1208	1214		
" 17	2.3p	Abhang östlich vom Ngavoro-Fluß	K.	$\beta$	662.6	35.8	31.7	1242	1227	1234		
" 17	2.8p	Terrasse südlich des Neirubu	Gl.	$\gamma$	641.0	34.9	30.1	1341	1331	1336		1341
" 17	3.7p	"	K.	$\beta$	653.0	33.0	28.5	1355	1345	1350		
" 17	9.5p	Lager an einem versumpften Nebenfluß	K.	$\alpha$	652.3		20.0	1238	1237	1237		
" 17	9.5p	des Neirubu	K.	$\beta$	659.1	23.9	20.0	1267	1266	1266		
" 17	9.5p	"	Gl.	$\gamma$	646.0	23.9	20.0	1260	1258	1259		1255
" 18	6.6a	"	K.	$\alpha$	652.6		16.5	1248	1246	1247		
" 18	6.6a	"	K.	$\beta$	659.1	19.4	16.5	1263	1261	1262		
" 18	6.6a	"	Gl.	$\gamma$	646.0	18.5	16.5	1257	1253	1255		
" 18	7.4a	Auf dem Abhang	Gl.	$\gamma$	637.7	22.9	20.7	1389	1378	1383		
" 18	9.5p	Lager im Wendawasi-Gebirge	Gl.	$\gamma$	622.7	21.3	18.8	1583	1579	1581		
" 19	7.0a	"	K.	$\alpha$	631.4		16.6	1577	1574	1575		
" 19	7.0a	"	K.	$\beta$	636.4	17.9	16.6	1576	1573	1574		1581
" 19	7.0a	"	Gl.	$\gamma$	623.6	17.8	16.6	1589	1587	1588		
" 19	8.8p	Lager an der Hindamara-Bergkette	K.	$\alpha$	616.4		19.0	1786	1783	1784		
" 19	8.8p	"	K.	$\beta$	621.6	21.5	19.0	1775	1772	1773		
" 19	8.8p	"	Gl.	$\gamma$	609.4	22.1	19.0	1789	1785	1787		1785
" 20	6.7a	"	Gl.	$\gamma$	610.0	18.3	16.2	1786	1790	1788		
" 22	9.8a	Plateau von Iraku	Gl.	$\gamma$	605.2	25.8	22.3	1860	1869	1865		
" 22	1.5p	Plateau von Iraku	K.	$\alpha$	611.1		24.3	1857	1857	1857		
" 22	1.5p	"	K.	$\beta$	616.2	31.2	24.3	1854	1854	1854		1856
" 22	2.6p	Am Magara-Fluß	K.	$\alpha$	630.6		25.8	1557	1553	1555		
" 22	2.6p	"	K.	$\beta$	636.6	34.9	25.8	1567	1563	1565		1560
" 22	9.2p	Köthers Faktorei, Gemarkung Sirunga,	K.	$\alpha$	625.2		18.7	1659	1650	1654		
" 22	9.2p	Landschaft Iraku, am Hange gelegen	K.	$\beta$	630.5	23.0	18.7	1652	1643	1647		
" 22	9.0p	"	Gl.	$\gamma$	618.4	23.0	18.7	1663	1655	1659		1655
" 23	8.5a	Oberer Rand d. Ostafrikanischen Bruches	K.	$\alpha$	626.8		18.9	1639	1643	1641		
" 23	8.5a	"	K.	$\beta$	632.0	24.4	18.9	1639	1643	1641		
" 23	8.5a	"	Gl.	$\gamma$	621.0	24.4	18.9	1628	1631	1630		1636
" 23	9.6a	Am Fuß des Ostafrikanischen Bruches	K.	$\alpha$	666.5		24.9	1060	1064	1062		
" 23	9.6a	"	K.	$\beta$	677.6	28.9	24.9	1026	1030	1028		
" 23	9.6a	"	Gl.	$\gamma$	664.0	28.9	24.9	1040	1046	1043		1044

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
Januar	23	9.1p	Köthers Faktorei, Gemarkung Ubugwa,	K.	$\alpha$	670.1		25.4	1007	998	1002	} 990
"	23	9.1p	Landschaft Ubugwe	K.	$\beta$	680.4	27.6	25.4	983	974	978	
"	23	9.1p	" "	Gl.	$\gamma$	666.6	28.3	25.5	1000	994	997	
"	24	6.9a	" "	K.	$\alpha$	672.2		22.2	998	981	989	
"	24	6.9a	" "	K.	$\beta$	682.4	24.2	22.2	987	970	978	
"	24	6.9a	" "	Gl.	$\gamma$	668.9	24.3	22.2	998	980	989	
Febr.	2	0.9p	Am Rande der Salzwüste, alter Boden	K.	$\beta$	680.6	32.1	27.6	960	973	967	} 963 <sup>1)</sup>
"	2	0.9p	des Manjara-Sees	Gl.	$\gamma$	668.0	36.0	27.6	954	967	961	
"	2	9.9p	Lager an Sinter-Terrassen süd-westlich	K.	$\alpha$	671.3		21.0	963	969	966	} 965
"	2	9.9p	vom Ssimangor-Berg	K.	$\beta$	682.7	22.8	21.0	937	944	941	
"	2	9.9p	" "	Gl.	$\gamma$	667.0	23.4	21.0	967	973	970	
"	3	6.8a	" "	K.	$\alpha$	672.8		16.5	973	978	976	
"	3	6.8a	" "	K.	$\beta$	684.1	20.3	16.5	940	945	943	
"	3	9.9p	Lager i. d. Landschaft Siliniande am Fuß	K.	$\alpha$	666.4		26.7	1051	1040	1045	} 1047
"	3	9.9p	des Ostafrikanischen Bruches, an	K.	$\beta$	676.0	28.8	26.7	1052	1041	1046	
"	3	9.9p	einem abflußlosen Sumpf, der vom	Gl.	$\gamma$	662.7	29.1	26.7	1054	1043	1048	
"	4	6.9a	Dschimu-Bach gespeist wird	K.	$\alpha$	667.8		23.5	1047	1041	1044	
"	4	6.9a	" "	K.	$\beta$	677.3	25.0	23.5	1047	1041	1044	
"	4	6.9a	" "	Gl.	$\gamma$	663.6	25.6	23.5	1053	1047	1050	
"	4	10.1a	Flacher v. Bruchrand ausl. Lava-Rücken	K.	$\beta$	679.8	34.2	27.5	1009	1024	1017	
"	4	0.9p	Ecke des Bruchrandes südlich der	K.	$\alpha$	679.9		31.2	835	835	835	} 825
"	4	0.9p	Bucht von Engaruka	K.	$\beta$	692.4	34.3	31.2	831	831	831	
"	4	0.9p	" "	Gl.	$\gamma$	679.2	34.3	31.3	817	817	817	
"	5	4.6p	Engaruka	Gl.	S. Th.	681.5		28.3	908	898	903	} 903
"	6	6.6a	" "	Gl.	$\gamma$	675.2	22.9	20.7	904	904	904	
"	6	8.6p	Lager am Sinja-Fluß	K.	S. Th.	687.3		22.4	872	866	869	} 869
"	7	7.0a	" "	Gl.	$\gamma$	678.8	22.7	20.5	866	874	870	
"	7	9.2p	Lager am Ngare essero	K.	$\alpha$	692.9		27.4	684	689	687	} 678 <sup>2)</sup>
"	7	9.2p	" "	K.	$\beta$	707.9	28.5	27.4	676	682	679	
"	7	9.2p	" "	Gl.	$\gamma$	693.5	30.1	27.4	665	671	668	
"	8	6.9a	" "	Gl.	$\gamma$	695.3	28.4	26.3	673	666	669	
"	8	8.2a	" "	K.	$\alpha$	694.5		28.1	695	691	693	
"	8	8.2a	" "	K.	$\beta$	709.9	29.5	28.1	688	684	686	
"	8	1.2p	Am Fuß des Ostafrikanischen Bruches,	K.	$\alpha$	694.0		32.2	648	653	651	} 656
"	8	1.2p	am Meunik-Bache	K.	$\beta$	708.8	35.5	32.2	659	664	662	
"	8	2.0p	Erste Terrasse des Bruchrandes	K.	$\beta$	700.4	36.2	32.5	761	754	758	
"	8	9.4p	Lager an einem Nebenflusse des	K.	$\beta$	702.5	28.0	25.0	750	746	748	} 744
"	8	9.4p	Meunik-Baches	Gl.	$\gamma$	688.0	27.6	25.0	738	732	735	
"	9	6.8a	" "	K.	$\beta$	703.3	24.1	22.3	760	758	759	
"	9	6.8a	" "	Gl.	$\gamma$	689.0	24.1	22.3	744	742	743	
"	9	8.1a	Salz-Steppe am Rande des Ostafri-	Gl.	$\gamma$	661.0	30.4	23.6	1121	1123	1122	} 1125
"	9	10.2a	kanischen Bruches	K.	$\beta$	673.7	33.4	26.6	1127	1133	1130	

- 1) Vgl. die Höhe von Ubugwe (S. 166). Danach ist die Höhe des damaligen Seespiegels auf  $965 \pm 10$  m zu schätzen.  
 2) Wahre Höhe = 675 m nach Tab S7, Kap. 42.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_p$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
Febr.	9	9.6p	Am Rumesera-Bach beim Dorfe Salé,	K.	$\beta$	661.4	20.8	17.9	1230	1246	1238	} 1251
"	9	9.6p	Landschaft Ssonjo	Gl.	$\gamma$	648.0	20.6	17.9	1239	1255	1247	
"	10	6.7a	" " "	K.	$\beta$	661.8	20.6	20.3	1248	1253	1251	
"	10	6.7a	" " "	Gl.	$\gamma$	648.4	20.6	20.3	1259	1263	1261	
"	10	8.6a	Sattel am Rukambaräk-Bache	K.	$\beta$	654.2	27.3	22.9	1366	1370	1368	} 1369
"	10	8.8a	" "	Gl.	$\gamma$	641.7	26.7	23.9	1366	1371	1369	
"	10	9.4p	Lager beim Dorfe Neitikitikö,	K.	$\beta$	660.1	22.0	19.0	1264	1263	1263	} 1282
"	10	9.4p	Landschaft Ssonjo	Gl.	$\gamma$	646.5	21.6	19.0	1272	1271	1271	
"	17	6.6a	" " "	K.	$\beta$	658.7	18.3	16.8	1287	1296	1292	
"	17	6.6a	" " "	K.	$\gamma$	644.7	18.1	16.8	1294	1308	1299	
"	12	3.3p	Bei dem Wandorobbo-Lager Manjāta	K.	$\beta$	628.2	25.3	21.7	1663	1667	1665	} 1686
"	12	10.0p	auf der Terrasse des Abfalls der	K.	$\beta$	628.5	21.2	17.1	1681	1673	1677	
"	12	9.9p	Ndassekera zum Salé-Graben	Gl.	$\gamma$	615.5	19.6	17.1	1706	1698	1702	
"	13	6.9a	" " "	K.	$\beta$	628.9	15.9	14.3	1662	1668	1665	
"	13	6.9a	" " "	Gl.	$\gamma$	615.9	16.4	14.3	1689	1693	1691	
"	16	10.5a	Rand der Ndassekera vor dem Abfall	K.	$\beta$	606.3	22.8	19.9	1992	1992	1992	
"	16	0.2p	Terrasse des Abfalls der Ndassekera	K.	$\beta$	636.3	24.9	21.1	1564	1585	1575	
"	16	0.4p	Im tief eingeschnittenen Tale des	K.	$\beta$	649.7	24.9	24.0	1389	1405	1397	
"	17	9.4a	Sattel zwischen Neitikitikö und Kūrā	K.	$\beta$	650.0	24.4	21.3	1408	1433	1421	
"	17	10.1p	Lager am Flusse beim Dorfe Kūrā,	K.	$\beta$	669.4	21.7	17.6	1150	1165	1158	} 1157
"	17	10.1p	Landschaft Ssonjo	Gl.	$\gamma$	655.3	20.0	17.6	1147	1162	1155	
"	18	6.9a	" " "	K.	$\beta$	669.7	18.9	16.8	1148	1165	1157	
"	18	6.8a	" " "	Gl.	$\gamma$	655.5	18.9	16.8	1149	1165	1157	
"	18	8.0a	Rand der Salé am Fuß der Ndassekera	K.	$\beta$	664.6	26.2	23.8	1238	1245	1242	
"	18	10.4a	Sattel zwischen Donjo Ssambu und	K.	$\beta$	656.5	28.9	23.7	1335	1351	1343	
"	18	10.7a	Zwischen Sattel u. Ostafrikan. Bruch	Gl.	$\gamma$	644.9	29.4	25.4	1317	1328	1323	
"	18	10.0p	Wandorobbo-Dorf Ma tangoneini,	K.	$\beta$	689.5	25.3	23.4	907	922	915	} 905
"	18	10.0p	Landschaft Ngurumān	Gl.	$\gamma$	675.2	25.8	23.4	893	908	901	
"	19	7.1a	" " "	K.	$\beta$	690.9	24.6	22.2	907	920	914	
"	19	7.1a	" " "	Gl.	$\gamma$	676.3	24.3	22.2	894	908	901	
"	19	9.5p	Beim Wandorobbo-Dorfe Tulēsa,	K.	$\beta$	671.7	22.0	20.0	1124	1140	1132	} 1135
"	19	9.5p	Landschaft Ngurumān	Gl.	$\gamma$	657.5	22.6	20.0	1125	1144	1135	
"	20	6.8a	" " "	K.	$\beta$	672.8	20.3	20.8	1129	1139	1134	
"	20	6.8a	" " "	Gl.	$\gamma$	658.8	22.9	20.8	1132	1142	1137	
"	26	0.2p	Im Tal des Lodungoro-Sees <sup>1)</sup>	K.	$\beta$	711.3	36.8	34.8	641	639	640	640 <sup>2)</sup>
"	26	8.3p	Lager am Lolmuti-Bache, am Nordwest-	Gl.	$\gamma$	693.5	29.6	26.3	674	650	662	} 661 <sup>3)</sup>
"	26	8.9p	Fuße des Landorödj-Gebirges	K.	S.Th	702.9	26.0	26.0	670	650	660	
"	27	6.3a	" " "	K.	$\beta$	710.4	25.0	22.4	670	656	663	
"	27	6.1a	" " "	Gl.	$\gamma$	694.3	24.4	22.4	673	657	665	

1) Auf der Karte der deutsch-englischen Kommission zur Regelung der Grenze zwischen Viktoria-See und Kilimandscharo heißt dieser See „Magād“, ebenso wie der Natron-See. Da der Name Lodungoro jedoch von den Wandorobbojener Gegend gebraucht wird, dürfte er ebenso berechtigt sein.

2) Wahre Höhe ist 23 m kleiner (vgl. nächste Anmerkung).

3) Wahre Höhe = 638 m nach Tab. 87 (Kap. 42).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
Febr.	27	10.0p	Lager am Südost-Fuße des Landorödj-Gebirges	K.	$\beta$	700.7	25.0	21.1	762	774	768	} 777
"	27	9.8p	"	Gl.	$\gamma$	684.6	23.6	21.1	773	785	779	
"	28	6.2a	"	K.	$\beta$	701.0	26.9	19.9	779	779	779	
"	28	5.9a	"	Gl.	$\gamma$	685.3	21.1	19.1	776	777	777	
"	28	11.9a	Wasserloch auf der ersten Terrasse des Matabatü-Gebirges	Gl.	$\gamma$	660.6	32.1	27.7	1106	1127	1117	
"	28	8.2p	Lager am West-Fuß des Matabatü-Gebirges	Gl.	$\gamma$	652.5	22.3	19.0	1202	1203	1203	} 1213
März	1	6.2a	"	K.	$\beta$	676.4	22.3	20.3	1224	1225	1225	
"	1	6.3a	"	Gl.	$\gamma$	653.0	22.3	20.3	1220	1221	1221	
"	1	7.8a	Sattel zw. Vorbergend. Matabatü-Gebirges	K.	$\beta$	662.0	23.0	20.7	1419	1419	1419	
"	1	1.5p	Trockenes Bachbett, Westabhang des Matabatü-Gebirges	K.	$\beta$	660.0	28.1	23.5	1414	1430	1422	
"	4	9.9a	Sattel a. Ostabhang d. Matabatü-Gebirges	K.	$\gamma$	611.9	25.9	22.3	1806	1805	1805	
"	4	3.1p	Trockenes Bachbett, Ostabhang des Matabatü-Gebirges	K.	$\gamma$	614.5	25.3	24.7	1739	1731	1735	
"	4	9.2p	Lager am Ostfuß des Matabatü-Gebirges	K.	$\beta$	642.0	20.4	17.7	1570	1573	1572	} 1566
"	4	9.2p	"	Gl.	$\gamma$	626.5	20.4	17.7	1563	1565	1564	
"	5	6.5a	"	K.	$\beta$	642.7	18.4	16.4	1569	1569	1569	
"	5	6.5a	"	Gl.	$\gamma$	627.2	18.4	16.4	1562	1564	1563	
"	5	9.1p	Lager am Nordfuß des Longido-Berges	K.	$\beta$	656.5	22.8	20.1	1343	1337	1340	} 1334
"	5	9.2p	"	Gl.	$\gamma$	643.4	22.8	20.1	1332	1330	1331	
"	6	6.0a	"	K.	$\beta$	657.0	21.0	19.0	1347	1333	1340	
"	6	6.0a	"	Gl.	$\gamma$	643.6	21.0	19.0	1336	1324	1330	
"	8	9.6p	Lager am Ngare neirobi	Gl.	$\gamma$	633.9	19.7	17.3	1451	1450	1450	} 1446
"	9	5.8a	"	Gl.	$\gamma$	633.6	14.4	12.4	1438	1446	1442	
"	9	8.3p	Beim Wandorobbo-Dorfe Kilalagwa	K.	$\beta$	586.1	20.6	17.4	1386	1384	1385	} 1372
"	9	8.3p	"	Gl.	$\gamma$	638.3	20.6	17.4	1270	1371	1371	
"	10	6.1a	"	K.	$\beta$	587.7	16.0	14.0	1374	1371	1372	
"	10	8.6p	Lager in der Landschaft Madschame	K.	$\beta$	580.3	22.9	19.9	1489	1466	1477	} 1458
"	10	8.6p	"	Gl.	$\gamma$	633.2	22.9	19.9	1473	1454	1463	
"	11	5.9a	"	K.	$\beta$	581.3	16.6	14.6	1460	1461	1461	
"	11	5.9a	"	Gl.	$\gamma$	634.4	16.7	14.6	1442	1444	1443	
"	12	5.6a	Farm Kibohöhe der Straußenzucht-Gesellschaft	Gl.	$\gamma$	654.8	19.5	14.5	1166	1168	1167	} 1177
"	12	5.9a	"	K.	$\beta$	601.8	16.9	14.9	1193	1194	1194	
"	12	5.9a	"	K.	$\gamma$	654.5	20.5	14.9	1173	1175	1174	
"	12	0.1p	Übergang über den Karangu-Fluß	Gl.	$\gamma$	673.2	31.7	27.3	942	946	944	
"	18	10.0a	Auf dem Wege von Moschi nach Marangu	K.	$\beta$	574.7	23.0	19.0	1521	1538	1530	
"	18	11.9a	Auf dem Wege von Moschi nach Marangu	K.	$\beta$	579.5	24.5	20.1	1443	1464	1454	
"	19	9.2a	Übergang über den Muo-Fluß	K.	$\beta$	585.5	23.0	19.9	1405	1417	1411	
"	19	9.6a	Rücken westlich vom Muo-Fluß	K.	$\beta$	572.5	22.3	18.9	1576	1585	1581	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	o	o	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{rab}$ m	Mittel m
März	19	11.4a	Übergang über den Nanga-Fluß	K.	$\beta$	586.1	23.7	19.4	1387	1404	1396	
"	22	10.4p	Marago tembo am Weruweru-Fluß	K.	$\beta$	637.2	25.6	23.3	741	739	740	} 735
"	22	10.0p	" "	Gl.	$\gamma$	688.9	25.7	23.3	728	727	727	
"	23	6.4a	" "	K.	$\beta$	637.8	24.1	22.1	747	744	745	
"	23	6.2a	" "	Gl.	$\gamma$	689.2	24.1	22.1	736	734	735	
"	23	9.6p	Beim Dorfe Sindado, am Weruweru-Fluß	K.	$\beta$	641.2	23.0	20.4	684	702	693	} 698
"	23	9.4p	Landschaft Aruscha tschini	Gl.	$\gamma$	692.0	23.0	20.4	682	700	691	
"	24	6.8a	" "	K.	$\beta$	640.9	22.0	20.0	710	705	708	
"	24	6.6a	" "	Gl.	$\gamma$	692.0	22.5	20.0	704	699	702	
"	25	6.7a	Übergang über den Kibuletwa-Fluß	K.	$\beta$	642.8	22.4	20.3	692	690	691	} 686 <sup>1)</sup>
"	25	6.5a	" "	Gl.	$\gamma$	694.0	22.3	20.3	685	683	684	
"	25	9.2p	Lager bei Sseuto neibor am Fuß des	K.	$\beta$	619.6	22.0	19.3	951	953	952	} 960
"	25	9.0p	Letéma-Gebirges	Gl.	$\gamma$	671.8	22.0	19.3	945	948	947	
"	26	6.4a	" "	K.	$\beta$	620.3	21.6	19.6	958	962	960	
"	26	6.2a	" "	Gl.	$\gamma$	672.6	21.6	19.6	952	956	954	
"	31	6.1a	" "	K.	$\beta$	619.4	23.7	21.7	969	966	967	
"	31	6.2a	" "	Gl.	$\gamma$	671.6	23.7	21.7	973	973	973	
"	26	8.4a	Oberer Rand des Abfalls des Massai-Plateaus zum Pangani-Graben	K.	$\beta$	606.3	22.7	20.1	1139	1143	1141	
"	31	0.2p	Übergang über den Rufu-(Pangani)-Fluß	K.	$\beta$	641.1	33.6	29.2	693	697	695	} 692 <sup>1)</sup>
"	31	0.2p	" "	Gl.	$\gamma$	693.0	33.6	29.2	687	693	690	
April	1	6.2a	Am njumba ja mawe-Hügel	K.	$\beta$	642.3	22.6	20.6	696	688	692	} 691 <sup>1)</sup>
"	1	6.1a	" "	Gl.	$\gamma$	693.9	22.6	20.6	694	688	691	
"	3	10.6a	Terraced Längshügels i Pangani-Graben	K.	$\beta$	639.0	31.4	27.5	723	730	726	
"	3	11.8a	Am Fuß des Pare-Gebirges	Gl.	$\gamma$	668.0	33.7	29.3	1017	1015	1016	
"	3	0.6p	Längshügel des Pangani-Grabens	K.	$\beta$	627.7	36.0	31.5	852	843	848	
"	3	1.6p	Erste Ansläufer des Pare-Gebirges	K.	$\beta$	620.0	35.2	30.6	950	937	944	
"	3	2.1p	Trockener Bach	K.	$\beta$	619.8	33.5	28.8	947	936	942	
"	3	3.1p	Am Fuß des Pare-Gebirges	K.	$\beta$	612.7	31.7	26.8	1021	1013	1017	} 1015
"	3	3.6p	" "	K.	$\beta$	613.0	30.7	25.8	1015	1010	1013	
"	4	6.6a	Am Wakindu-Bache, Lagerplatz Pare	K.	$\beta$	628.2	22.6	20.6	850	836	843	} 843
"	4	6.4a	ja mabwa	Gl.	$\gamma$	679.8	22.6	20.6	849	837	843	
"	10	8.2p	Beim Dorfe Gnja, Landschaft Süd-Pare	K.	$\beta$	652.1	26.0	22.7	557	548	552	} 549
"	10	8.2p	" "	Gl.	$\gamma$	703.4	26.0	22.7	547	539	543	
"	11	6.5a	" "	K.	$\beta$	653.2	22.6	20.5	562	552	557	
"	11	6.5a	" "	Gl.	$\gamma$	704.5	22.5	20.5	554	545	550	
"	14	11.7a	Steppe Mangara zwischen Mkomasi-Fluß und West-Usambara	K.	$\beta$	652.8	33.6	29.3	569	578	573	

1) Gemäß des Gefalles des Flusses ist die erste dieser Zahlen etwas zu vergrößern, die zweite und dritte etwas zu verkleinern.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_D$ m	$H_x$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
April 14	1.7p	Am Mbalu-Fluß am Westfuß von Usambara	K.	$\beta$	643.7	32.0	27.3	669	677	673		
" 14	4.0p	Dorf Kambe am Westabhang v. Usambara	K.	$\beta$	615.8	29.1	24.1	1015	1012	1014		
" 14	6.5p	Dorf Malingo, Landschaft Mbalu,	Gl.	S. Th.	619.8		16.4	1746	1747	1747		} 1750
" 15	6.2a	West-Usambara	Gl.	$\gamma$	613.3		15.5	1784	1770	1777 <sup>1)</sup>		
" 14	8.6p	Dorf Msitui, Landschaft Mbalu,	K.	$\beta$	562.5	18.0	15.0	1700	1700	1700		} 1704
" 15	7.3a	West-Usambara	K.	$\beta$	562.0	17.6	15.4	1710	1709	1709		
" 15	8.0a	Auf der Höhe westlich des Djambogo-Flusses	K.	$\beta$	552.6	18.1	15.7	1833	1842	1838		1842
" 15	9.3a	Dorf Nigēu	K.	$\beta$	556.2	20.2	17.0	1793	1799	1796		1799
" 15	10.0a	Am Langui-Fluß	K.	$\beta$	559.1	21.6	18.0	1759	1761	1760		1761
" 15	10.5a	Sattel in der Gemarkung Kidolowei	K.	$\beta$	550.0	22.2	18.3	1878	1885	1882		1885
" 15	0.2p	Am Abhang des Berges Kijälua	K.	$\beta$	563.7	24.0	19.6	1686	1694	1690		1694
" 16	6.8a	Beim Dorfe Muangeu, Gemarkung	K.	$\beta$	581.5	17.3	15.2	1444	1446	1445		} 1459
" 16	6.8a	Schäre	Gl.	$\gamma$	634.2	17.2	15.2	1464	1466	1465		
" 16	8.4a	Am Abhang des Haschugonje-Berges	Gl.	$\gamma$	616.9	20.6	18.0	1720	1716	1718		1716
" 16	8.8a	Sattel zwischen den Bergen Haschu-	K.	$\beta$	557.8	20.9	18.0	1772	1768	1770		} 1771
" 16	8.6a	gonje und Kwalage	Gl.	$\gamma$	612.6	20.1	17.3	1775	1773	1774		
" 16	9.9a	Am Abhang des Muga-Berges	Gl.	$\gamma$	609.1	23.2	19.6	1836	1829	1832		1829
" 16	10.4a	Bach in der Gemarkung Siga, Land-	K.	$\beta$	560.2	23.6	19.8	1740	1737	1738		1737
" 16	10.8a	Am Abhang des Muga-Berges	K.	$\beta$	552.5	24.1	20.0	1847	1842	1844		1842
" 16	11.2a	Tal Schindo	K.	$\beta$	561.2	24.4	20.2	1724	1721	1722		1721
" 16	1.1p	Am Abhang des Kwelima-Berges	K.	$\beta$	550.4	21.2	16.6	1837	1846	1842		1846
" 16	2.6p	Am Abhang des Kwei-Berges	Gl.	$\gamma$	599.6	21.8	17.0	1923	1928	1926		1928
" 20	11.7a	Oberer Rand des Süd-Abfalls von	K.	$\beta$	596.9	28.4	24.1	1262	1267	1265		1267
" 20	0.1p	Terrasse des Süd-Abfalls von West-	K.	$\beta$	610.7	28.3	23.8	1080	1090	1085		1090
" 21	9.7p	Bei Kwa Ssigi am Rufu (Pangani)-Fluß	K.	$\beta$	672.0	25.5	23.0	325	326	326		} 328
" 21	9.2p	" "	Gl.	$\gamma$	723.8	25.5	23.0	320	321	321		
" 22	6.3a	" "	K.	$\beta$	672.1	24.2	22.2	332	334	333		
" 22	5.5a	" "	Gl.	$\gamma$	723.6	24.2	22.2	332	333	333		

1) Scheint durch elastische Nachwirkung entstellt zu sein, daher geringeres Gewicht, als nach Tab. 70.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1900					mm	°	°	$H_D$ m	$H_K$ m	$H$ m	$H_{Tab}$ m	Mittel m
April 22	9.6p	Bei Kwa Maromo am Südwest-Fuße von Ost-USambara	K.	$\beta$	675.2	27.7	25.2	291	293	292		} 296 <sup>1)</sup>
" 23	6.6a		K.	$\beta$	676.3	22.0	19.9	295	299	297		
" 23	7.9a	Dorf Kibutiro am West-Fuße von Ost-USambara	K.	$\beta$	673.6	24.3	21.9	339	350	345		350

Das Argument  $(t_{St} - t_{Mn})^m$  zur Entnahme der Korrekturen  $Q$  aus den Tabellen 52 und 53 ließ sich wiederum nur unsicher bestimmen. Zu seiner Ermittlung wurden die Temperatur-Beobachtungen aus den Stunden um 8.5a und 7p herum benutzt, die angenähert dem Tagesmittel gleich sind. Aus ihnen wurden unter Berücksichtigung der Höhenunterschiede Mittelwerte für größere Gebiete abgeleitet, bei denen man gleiche klimatologische Bedingungen voraussetzen konnte.

Daß auf diese Weise hinreichend genaue Werte von  $(t_{St} - t_{Mn})^m$  gefunden worden sind, zeigt die Übereinstimmung zwischen den auf den Basisstationen Daressalam und Kwei beruhenden Höhen in Spalte 9 und 10 der Tabelle 68. Die Summe der positiven Werte von  $H_D - H_K$  ist nämlich 1237, während die Summe der negativen Werte 1305 ist. Der vorhandene Unterschied ist nicht bedeutend (der Durchschnittswert von  $H_D - H_K$  beträgt  $-0.2m$ ), außerdem wechseln in jedem der größeren Gebiete, die bei Ableitung des Arguments  $(t_{St} - t_{Mn})^m$  zusammengefaßt wurden, die positiven und negativen Unterschiede ab, sodaß beträchtliche Fehler in den angenommenen Argumenten nicht vorhanden sein können. Der größere Teil der Differenzen  $H_D - H_K$  ist also auf Abweichungen des Luftdrucks oder der Temperatur von ihren normalen Werten an einer der Basisstationen zu schieben. In den paar Fällen, wo sich aus den Beobachtungen zweifelsfrei ersehen ließ, an welcher Station eine derartige aperiodische Abweichung vorhanden gewesen ist, wurde sie verbessert. Die Verteilung und Größe der vorgekommenen Unterschiede zeigt Tabelle 69. Der mittlere Unterschied, berechnet nach Art des mittleren Fehlers, beträgt  $\pm 8.7m$ .

Nach dieser Feststellung hatte es keinen Sinn, die Unterschiede nach Gleichung N (S. 139) zu verteilen; der wahrscheinlichste Wert  $H$  wurde daher als das arithmetische Mittel von  $H_D$  und  $H_K$  berechnet.

1) Böhrer gibt in der Karte von Ost-USambara (Mitth. a. d. Deutschen Schutzgeb. Bd. 14 Karte 1, S. 40, 1901) die Höhe dieses Ortes zu 375 m an, wonach die Zahl der Pendel-Expedition um 79 m fehlerhaft wäre. Dies ist nur möglich, wenn die Höhe von Mombo, auf der die von mir benutzte Standkorrektur beruht und die nach den Angaben des Herrn Landmessers Lange zu 415 m angenommen worden ist, um nahezu denselben Betrag fehlerhaft ist. Nach dem Verlauf der Höhenschichtlinien in der Böhrerschen Karte und der Höhe von Korogwe scheint mir jedoch der Fehler vielmehr in der Böhrerschen Höhenzahl zu liegen.

Tabelle 69. Größe und Verteilung der Unterschiede der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhenwerte.

1 Zwischen den Grenzen	2 liegen Unterschiede		3
	$H_D - H_K$		$H - H_{Tab}$
0 m und 5 m	166	} 276	78
6 „ 10	110		34
11 „ 15	60	} 89	16
16 „ 20	23		7
21 „ 25	6		0
Gesamtzahl	365		135

Die Differenzen  $H - H_{Tab}$ , bei denen die Summe der positiven Werte 412, diejenigen der negativen 398 beträgt, sind allein auf Unregelmäßigkeiten der Luftdruckverteilung zurückzuführen. Ihr Maximum, das auch nahezu den größten aus dieser Quelle hervorgehenden Fehler vereinzelter barometrischer Höhenmessungen bezeichnet, beträgt 20 m. Die Verteilung der vorgekommenen Differenzen  $H - H_{Tab}$  zeigt Tabelle 69. Der mittlere Unterschied, der ein Maß für die mittlere aperiodische Schwankung des Luftdrucks abgibt, ist  $\pm 7.6$  m dies entspricht etwa  $\pm 0.6$  mm Luftdruckschwankung.

Für diejenigen Orte, die in der Nähe einer der Basisstationen liegen, ist die mit dieser berechnete Höhe als definitiver Wert angenommen worden, sonst wurde das Mittel aus Spalte 11 und 12 oder wenn  $H_{Tab}$  fehlte, die Höhe  $H$  als solcher angenommen. Stimmt einer der Werte  $H_D$  oder  $H_K$  mit  $H_{Tab}$  gut überein, während der andere von jenen beiden um mehr als 10 m verschieden war, so wurde bei diesem eine so starke aperiodische Abweichung des Luftdrucks, daß sie den Ausschluß rechtfertigte, als erwiesen angesehen. Die betreffenden Werte sind in Tabelle 68 eingeklammert und bei der Mittelbildung nicht benutzt worden.

Größere Fehler, als durch klimatische Unregelmäßigkeiten sind jedoch infolge der Trägheit und der elastischen Nachwirkungen der Aneroide vorgekommen. Beispiele dafür sind in Tabelle 68 die Beobachtungen von Februar 10 9.4 p und Februar 17 6.6 a sowie von März 25 9.2 p und März 31 6.1 a, die an denselben Orten, jedoch einmal beim Aufstieg, das anderemal beim Abstieg, gemacht worden sind und schließlich die Beobachtung von April 15 6.2 a, bei der eine starke Nachwirkung angenommen werden muß. Weitere Beispiele siehe Tabelle 83 (S. 213).

Ein Überblick über die Differenzen der aus den drei Aneroiden  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  berechneten Höhen derselben Orte machte es wahrscheinlich, daß den Baro-

metern verschiedene Zuverlässigkeit zugeschrieben werden muß. Deshalb wurden die mittleren Differenzen  $\mu_{\alpha-\beta}$ ,  $\mu_{\beta-\gamma}$  und  $\mu_{\gamma-\alpha}$  abgeleitet und daraus die mittleren Fehler der drei Barometer nach den Formeln:

$$\Sigma = \frac{1}{2} (\mu_{\alpha-\beta}^2 + \mu_{\beta-\gamma}^2 + \mu_{\gamma-\alpha}^2)$$

$$\mu_{\alpha} = \sqrt{\Sigma - \mu_{\beta-\gamma}^2}, \quad \mu_{\beta} = \sqrt{\Sigma - \mu_{\gamma-\alpha}^2}, \quad \mu_{\gamma} = \sqrt{\Sigma - \mu_{\alpha-\beta}^2}$$

berechnet. Die Zeiten vor und nach 1900 Januar 1 mußten getrennt behandelt werden, da durch das Eindringen von Wasser und den dadurch verursachten Eingriff das Barometer  $\alpha$  sich von diesem Zeitpunkt an weniger zuverlässig zeigte. Die Resultate sind in Tabelle 70 enthalten, in der die für die beiden

Tabelle 70. Mittlere Fehler und Gewichte der Aneroide.

1	2	3	4	5	6	7
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	Ust.-Rein.	Bohne	S.Th.
Vor 00 Jan. 1 mittl. Fehler Gewicht	$\pm 4.0m$ $\frac{1}{2}$	$\pm 8.2m$ $\frac{1}{8}$	$\pm 5.3m$ $\frac{1}{4}$	$\pm 1.5mm$ $\frac{1}{8}$	$\pm 1.2mm$ $\frac{1}{4}$	1
Nach 00 Jan. 1 mittl. Fehler Gewicht	$\pm 11.6m$ $\frac{1}{8}$	$\pm 11.4m$ $\frac{1}{8}$	$\pm 6.6m$ $\frac{1}{4}$			1

Götzeschen Barometer auf S. 182 gefundenen Zahlen ebenfalls aufgenommen sind. Das in Spalte 7 stehende Gewicht für Siedethermometer-Beobachtungen ist willkürlich angenommen worden.

Die Tabelle lehrt, daß es ungerechtfertigt war, das Barometer  $\alpha$  im letzten Teil der Expedition nicht mehr zu benutzen. Die großen, bei den Vergleichen mit den Siedethermometern gefundenen Standänderungen, die mich zu dem Ausschluß veranlaßt hatten, sind allein der Änderung der Teilungs-Korrektion zuzuschreiben.

Mit den Gewichten der Tabelle 70 wurden die in Spalte 13 der Tabelle 68 und in Spalte 12 der Tab. 84 (S. 214) stehenden endgültigen Mittelwerte berechnet. Die Abweichungen der Beobachtungen von diesen Mitteln setzen sich aus klimatischen Fehlern und Fehlern der Trägheit der Aneroide zusammen; sie enthalten diese letzteren Fehler aber nicht vollständig, da die Trägheit die Aneroide an demselben Orte vielfach in demselben Sinne beeinflusst haben dürfte. Dies zeigt sich auch in dem sehr seltenen Vorkommen großer Fehler (nach den Tabellen 69 und 83 liegt der größte mögliche Fehler bei 60 m). Da indessen die bei weitem größte Zahl der Fehler 10 m nicht übersteigt, wie die Zusammenstellung der Fehler-Anzahlen in Tabelle 71 zeigt, und alle systematischen Fehler beseitigt sind, so dürften die von uns abgeleiteten Höhen-

zahlen im allgemeinen recht zuverlässige Näherungswerte darstellen, besonders die auf 3 Basisstationen beruhenden.

Tabelle 71. Verteilung der übrigbleibenden Fehler aus Tabelle 68 und 84.

1 Grenzen	2 Fehler - Anzahlen				
	S. Th.	$\alpha$ vor 00 Jan. 1	$\alpha$ nach 00 Jan. 1	$\beta$ u. U.-Rein.	$\gamma$ u. Bohne
0 m und 5 m	19	64	12	82	110
6 " 10	5 } 24	12 } 76	6 } 18	48 } 130	46 } 156
11 " 15	0 } 1	2 } 3	6 } 10	33 } 51	24 } 27
16 " 20	1 } 1	1 } 0	4 } 0	18 } 13	3 } 11
21 " 30	1 } 1	0 } 0	0 } 0	8 } 13	7 } 11
31 " 52	0 } 1	0 } 0	0 } 0	5 } 13	4 } 11
Gesamtzahl	26	79	28	194	194
mittl. Fehler	$\pm 4.9$ m	$\pm 3.9$ m	$\pm 9.5$ m	$\pm 9.6$ m	$\pm 7.1$ m

In Tabelle 68 sind eine Anzahl von Beobachtungen enthalten, die an den Ufern des Rukwa-Sees angestellt sind. Sie sind in Tabelle 72 besonders zusammengestellt, nachdem sie mit den geschätzten Höhen der Beobachtungs-

Tabelle 72. Meereshöhe des Spiegels des Rukwa-Sees.

1 Tages- zeit	2 Datum 1899	3 Beobachtungsort	4 Beobachter	5 Barometer	6 Beob. $H_D$ m	7 Kurve- Beob. $v_D$ m	8 Beob. $H_x$ m	9 Kurve- Beob. $v_x$ m	10 Beob. $H_{\tau ab}$ m	11 Kurve- Beob. $v_{\tau ab}$ m
6.2a	Aug. 12	Faktorei Msjia am Msöfuë	Gl.	$\gamma$	796	0	812	- 6	817	-11
7.3a	Juli 9	Kipindi	Gl.	$\gamma$	799	- 1	810	+ 1	810	0
10.6a	Aug. 12	Alter Seeboden zw. Msjia u. Kamba	Gl.	$\gamma$	811	+ 7	824	+ 5	816	+ 9
0.1p	" 12	"	Gl.	$\gamma$	825	+ 1	831	0	824	+ 3
2.3p	Juli 14	Kipindi	G. S. Th.	$\gamma$	829	- 2	821	+10	816	+10
5.0p	" 26	Iwungu	G. S. Th.	$\gamma$	833	-12	839	-14	828	- 8
6.0p	" 17	Uleia	G. S. Th.	$\gamma$	808	+10	821	+ 2	822	- 5
6.4p	Aug. 31	Ngärus Dorf, Hauptort von Kamba	Gl.	$\gamma$	836	-19	820	+ 2	811	+ 5
6.9p	Juli 16	Ssänga	Gl.	$\gamma$	809	+ 7	825	- 4	815	0
6.9p	Aug. 14	Uleia	Gl.	$\gamma$	829	-13	833	-12	823	- 8
7.3p	" 12	Ngärus Dorf, Hauptort von Kamba	Gl.	$\gamma$	821	- 6	832	-12	827	-13
7.5p	Juli 13	Lager am Seenfer	Gl.	$\gamma$	826	-11	822	- 3	814	0
8.2p	" 6	Iwungu	Gl. S. Th.	$\gamma$	807	+ 6	819	- 1	810	+ 3
8.7p	" 17	Ikonongo	Gl. S. Th.	$\gamma$	809	+ 3	810	+ 8	809	+ 3
			Um 7a		797		809		808	
			2p		827		831		827	
			9p		812		818		812	
			Mittel		812	$\pm 2$	819	$\pm 2$	816	$\pm 2$

stellen über dem See auf den Seespiegel reduziert sind. Diese Zahlen lassen deutlich eine tägliche Periode erkennen, trotzdem die Beobachtungen sich auf zwei Monate und auf Ortschaften, die rings um den See herum liegen, verteilen. Sie wurden deshalb graphisch ausgeglichen und ergaben Kurven, die denen der Figuren 33–35 (Taf. XV) ähnlich sind. Die Abweichungen der beobachteten Werte von den Kurven sind in den Spalten 7, 9 und 11 der Tab. 72 mitgeteilt. Die Höhen für die drei Terminstunden wurden den Kurven entnommen und gemittelt. Nach Gleichung N (S. 139) ergibt sich  $H = 815 \pm 2$  m in guter Übereinstimmung mit  $H_{rab}$ . Jetzt, nachdem der See gestiegen ist und sein früheres Becken wieder ausfüllt, dürfte der Spiegel 4 bis 5 m höher liegen, als im Jahre 1899, sodaß sich ergibt

$$\text{Höhe des Rukwa-Sees} = 820 \text{ m.}$$

Den mittleren Fehler einer Höhenbestimmung findet man gleich  $\pm 6$  m etwas kleiner als die bisher gefundenen Werte.

Da an den Stationen mit längeren Beobachtungsreihen, die auf Grabensohlen liegen, sich noch Reste der täglichen Periode gezeigt haben, vergl. außer Tab. 72 die Beobachtungen von Utengule, Umbugwe und Guasso nyirö Tab. 62 (S. 161), so habe ich auch die Höhen der im Rukwa-Graben und im großen Ostafrikanischen Graben liegenden Orte der Tabelle 68 nach den entsprechenden Kurven verbessert. Die in Spalte 9 bis 13 dieser Tabelle stehenden Werte enthalten bereits diese Korrektur und unterscheiden sich daher auch von den entsprechenden unverbesserten Höhen der Tabelle 72.

Auf den bereits erschienenen Blättern der Karte von Deutsch-Ostafrika in 1 : 300 000 sind für eine Anzahl von Orten, die in Tab. 68 enthalten sind, Höhen nach älteren Beobachtungen, besonders von Prince, Engelhardt und Bornhardt, angegeben. Diese Zahlen, die ohne klimatische Korrekturen ermittelt sind, sind fast sämtlich zu groß, einzelne bis zu 100 und 200 m. Sie sind durch die Höhen der Tab. 68 zu ersetzen.

#### 41. Die Berechnung der Höhen in den Njassa-Ländern, Zusammenstellung der Resultate und ihre Genauigkeit.

Bei den Höhenmessungen in der Nähe des Nordendes des Njassa-Sees wurde ein anderes Verfahren als das im vorigen Kapitel beschriebene eingeschlagen, und Langenburg als Basisstation zu Grunde gelegt. Da jedoch nicht von allen Tagen, an denen Höhenbeobachtungen gemacht worden sind, Ableisungen aus Langenburg vorhanden waren, so mußten vielfach mittlere Luftdruckwerte zu Grunde gelegt werden.

Diese habe ich aus den bereits früher mitgeteilten Monatsmitteln<sup>1)</sup> des Luftdrucks mit Hilfe der harmonischen Analyse abgeleitet. In 7 Monaten war

1) Barometerbeobachtungen in Langenburg am Njassa. Mitgeteilt von Dr. E. Kohlschütter. Mitth. a. d. D. Schutzgeb. XVI S. 201, 1903.

das Material ausreichend gewesen, Phase und Amplitude der halbtägigen Welle zu bestimmen. Das Mittel dieser Werte  $A_2 = 151^\circ$  und  $a_2 = 1.03$  mm wurde als für Langenburg allgemein gültig angenommen und nunmehr die in Tab. 2 a. a. O. mitgeteilten Mittelwerte an den Terminstunden benutzt, um  $A_1$  und  $a_1$  nach der M. d. kl. Qu. zu berechnen. Dabei fand ich die in Tabelle 73 stehenden Werte.

Tabelle 73. Monatsmittel und harmonische Konstanten der ganztägigen Welle des Luftdrucks in Langenburg.

Monat	Monatsmittel	$A_1$	$a_1$
	$= \frac{7a + 2p + 9p}{3}$		
Januar	718.5 mm	- 8°	0.98mm
Februar	17.8	+ 6	1.14
März	18.7	-13	1.06
April	20.3	-13	0.67
Mai	21.8	-17	0.65
Juni	23.6	-32	0.36
Juli	24.0	- 5	0.24
August	24.5	+76	0.72
September	21.9	+36	1.11
Oktober	18.9	- 3	1.21
November	17.2	-16	1.44
Dezember	17.8	+ 2	1.46

Die Zusammensetzung der beiden Wellen nach der harmonischen Formel ergab den in Tabelle 74 dargestellten täglichen Gang des Luftdrucks. An

Tabelle 74. Täglicher Gang des Luftdrucks in Langenburg. Die Korrektur auf Normalschwere (-1.9 mm) ist noch nicht angebracht.

Monat	6a	7a	8a	9a	10a	11a	Mtg.	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p
Januar	719.0	719.5	719.9	720.2	720.1	719.8	719.1	718.4	717.6	717.0	716.6	716.7	717.0	717.5	718.1	718.6mm
Febr.	18.5	18.9	19.3	19.4	19.3	18.8	18.2	17.4	16.6	16.0	15.7	15.8	16.2	16.8	17.4	18.0
März	19.2	19.8	20.3	20.5	20.5	20.1	19.4	18.6	17.9	17.2	16.9	16.3	17.2	17.7	18.2	18.8
April	20.5	21.0	21.5	21.8	21.8	21.5	20.9	20.2	19.6	19.0	18.8	18.8	19.2	19.6	20.2	20.7
Mai	21.9	22.5	23.0	23.3	23.3	23.0	22.5	21.8	21.1	20.6	20.3	20.4	20.7	21.1	21.7	22.1
Juni	23.4	24.0	24.5	24.9	25.0	24.8	24.2	23.7	23.1	22.6	22.4	22.5	22.8	23.3	23.8	24.2
Juli	23.7	24.3	24.8	25.1	25.2	25.0	24.5	23.9	23.4	22.9	22.8	22.9	23.3	23.8	24.3	24.7
Aug.	24.2	24.5	24.8	25.1	25.0	24.8	24.2	23.8	23.3	23.0	23.0	23.3	23.9	24.5	25.2	25.8
Sept.	22.3	22.6	22.9	23.0	22.8	22.4	21.7	21.0	20.3	19.9	19.8	20.0	20.5	21.2	22.0	22.6
Okt.	19.6	20.1	20.5	20.7	20.6	20.2	19.4	18.6	17.8	17.2	16.9	16.9	17.2	17.7	18.3	18.9
Nov.	18.1	18.7	19.1	19.4	19.3	18.8	18.1	17.2	16.3	15.6	15.2	15.1	15.3	15.8	16.3	16.8
Dez.	18.8	19.2	19.6	19.7	19.5	19.0	18.2	17.4	16.5	15.8	15.5	15.5	15.9	16.4	17.1	17.7

denjenigen Tagen, für die aus Langenburg Luftdruck-Beobachtungen vorlagen, diente Tabelle 74 nur zum Interpolieren. An den Tagen, wo Beobachtungen gänzlich fehlten und in der Zeit nach dem 5. Juni, als das Barometer auf der Mission in Ikombe war, mußten die Werte aus Tabelle 74 als der an der Basisstation Langenburg herrschende Luftdruck angenommen werden. Der dadurch entstandene Höhenfehler dürfte 15 m nicht übersteigen, da die größte während eines Jahres überhaupt vorgekommene Abweichung des beobachteten Luftdrucks von den in Tabelle 74 enthaltenen Mittelwerten nur 1,1 mm beträgt (s. a. a. O. Tabelle 1).

Die Temperatur ist nur ausnahmsweise an einigen Tagen auf der Basisstation Langenburg gemessen worden, und es mußte daher meist die mittlere Temperatur des Nordendes des Njassa, wie sie sich aus den in Ikombe angestellten Beobachtungen ergibt, eingesetzt werden. Daß hieraus ein Fehler entstehen könnte, ist nach den Bemerkungen zu Tab. 23 (S. 94) nicht zu befürchten. Auch die zufälligen Abweichungen der Temperatur an einzelnen Tagen dürften erhebliche Beträge nicht erreicht haben, da am Njassa in den mit wenig Ausnahmen allein in Betracht kommenden Monaten April bis Juni die unperiodischen Schwankungen gering sind<sup>1)</sup>. Auch nach Tab. 78 ist die Temperatur in dieser Jahreszeit sehr gleichmäßig, und schließlich wird durch Tab. 82 (S. 211) nachgewiesen, daß die Fehler der auf diesen Grundlagen berechneten Höhen tatsächlich verhältnismäßig klein sind.

Aus den vorhandenen Beobachtungen<sup>2)</sup> wurden die Mittelwerte für die drei Termine abgeleitet und die Temperaturen der Zwischenstunden mit Hilfe

Tabelle 75. Täglicher Gang der Luft-Temperatur in Jkombe, auch für Langenburg geltend.

Monat	6a	7a	8a	9a	10a	11a	Mtg.	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p
Januar	22.8°	23.7°	25.0°	26.3°	27.4°	28.2°	28.6°	28.6°	28.3°	27.8°	27.3°	26.7°	26.1°	25.7°	25.4°	25.1°
Februar	22.4	23.0	23.9	25.0	26.0	26.7	27.1	27.1	27.0	26.7	26.1	25.4	24.6	24.2	23.9	23.7
März	22.4	23.5	24.7	26.0	27.1	27.8	28.1	28.1	27.8	27.4	26.8	26.0	25.1	24.6	24.2	24.0
April	21.4	22.1	23.2	24.3	25.5	26.1	26.4	26.3	26.0	25.5	25.0	24.4	23.9	23.6	23.4	23.2
Mai	19.8	20.4	21.3	22.6	23.8	24.6	25.1	25.0	24.9	24.5	24.0	23.4	22.9	22.6	22.4	22.2
Juni	17.6	18.3	19.4	20.9	22.4	23.4	24.0	23.9	23.7	23.3	22.8	22.2	21.6	21.1	20.7	20.4
Juli	16.6	17.2	19.2	21.6	23.4	24.5	24.9	25.0	24.9	24.5	23.8	23.0	22.1	21.3	20.7	20.2
August	17.7	18.7	20.3	22.1	23.7	24.6	25.1	25.2	25.1	24.8	24.4	23.8	23.0	22.2	21.6	21.1
Sept.	18.2	19.1	22.0	25.0	26.8	27.7	28.1	28.0	27.8	27.3	26.7	25.8	25.0	24.2	23.6	23.0
Okt.	21.4	22.6	25.0	27.3	28.7	29.4	29.7	29.6	29.4	29.0	28.5	27.8	27.0	26.4	25.9	25.4
Nov.	22.0	23.7	26.2	28.1	29.1	29.6	29.7	29.6	29.3	29.0	28.5	27.8	27.0	26.2	25.7	25.3
Dez.	22.8	23.7	25.7	27.3	28.4	29.0	29.2	29.2	28.9	28.5	28.0	27.4	26.9	26.4	26.0	25.7

1) Maurer, Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika Tab. II. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1901 Nr. 3, S. 9.

2) März — Juli 1895. Mitth. a. d. D. Schutzgeb. IX S. 253. 1896. Febr. 96 — Dez. 1897. Mitth. a. d. D. Schutzgeb. XII S. 57. 1899. April — September 1898. D. übers. meteorolog. Beobachtungen d. Deutsch. Seewarte XI S. 265.

einiger zu den Terminbeobachtungen passender mittlerer Temperaturgänge von Daressalam <sup>1)</sup> interpoliert, wodurch die Tabelle 75 entstanden ist.

Betreffs der Feld-Beobachtungen ist zu bemerken, daß ich infolge der bereits erwähnten Schwierigkeiten der Temperatur-Messung auf dem Marsche (S. 180) bei einigen Barometer-Ablesungen die Luft-Temperatur nicht bestimmt habe. Wegen des in diesen Monaten sehr regelmäßigen Temperatur-Ganges hat diese Unterlassung jedoch keinen merklichen Einfluß auf die Zuverlässigkeit der berechneten Höhen, da die fehlenden Angaben aus den einschließenden Beobachtungen sicher interpoliert werden konnten. Zu diesem Zweck wurden die vorhandenen Temperaturmessungen der Pendel-Expedition und vom Botaniker Götze, soweit sie auf die Monate April, Mai und Juni entfielen, nach Tagesstunden und Dezimetern des wahren Luftdrucks zu Gruppen zusammengefaßt und die Gruppenmittel gebildet, wobei 4 Beobachtungen und mehr das Gewicht 1, 3 Beobachtungen das Gewicht  $\frac{3}{4}$ , 2 Beobachtungen das Gewicht  $\frac{1}{2}$  und 1 Beobachtung das Gewicht  $\frac{1}{4}$  erhielten. Aus den Gruppenmitteln wurden dann auf graphischem Wege die in Tabelle 76 enthaltenen Mittelwerte abgeleitet. In der letzten Spalte unter *M* steht das nach  $\frac{1}{3}$  ( $7a + 2p + 9p$ ) berechnete Tagesmittel. Es hat zur Berechnung der in der ersten Spalte stehenden genäherten mittleren Höhen gedient.

Tabelle 76. Mittlere Temperaturen des April, Mai und Juni im Livingstone - Gebirge.

Genäherte mittl. Höhe m	Wahrer Luftdruck mm																		M
		6a	7a	8a	9a	10a	11a	Mtg.	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p		
482	720	19.6°	20.3°	21.3°	22.6°	23.9°	24.7°	25.2°	25.1°	24.9°	24.4°	23.9°	23.3°	22.8°	22.4°	22.2°	21.9°	22.4°	
604	710	19.4	20.0	20.9	22.3	23.6	24.3	24.7	24.6	24.4	23.9	23.5	22.9	22.4	21.9	21.6	21.3	21.9	
726	700	19.1	19.7	20.5	21.9	23.1	23.9	24.1	24.0	23.9	23.5	23.0	22.5	21.9	21.4	21.0	20.7	21.4	
850	690	18.6	19.2	20.1	21.5	22.6	23.4	23.6	23.5	23.4	22.9	22.5	22.0	21.4	20.9	20.4	20.1	20.9	
976	680	18.1	18.7	19.7	20.9	22.1	22.8	23.0	23.0	22.8	22.4	22.0	21.5	20.8	20.3	19.8	19.4	20.3	
1104	670	17.5	18.1	19.1	20.4	21.6	22.2	22.4	22.4	22.2	21.8	21.4	20.9	20.2	19.6	19.1	18.7	19.7	
1233	660	16.8	17.4	18.4	19.8	21.0	21.6	21.8	21.8	21.5	21.2	20.8	20.3	19.6	18.9	18.4	18.0	19.0	
1364	650	16.0	16.6	17.7	19.1	20.3	20.9	21.2	21.1	20.9	20.6	20.2	19.6	18.9	18.2	17.7	17.2	18.3	
1496	640	15.2	15.8	16.9	18.4	19.5	20.2	20.5	20.4	20.2	19.9	19.4	18.9	18.1	17.4	16.9	16.4	17.5	
1630	630	14.4	14.9	16.1	17.5	18.7	19.5	19.8	19.7	19.5	19.2	18.7	18.0	17.3	16.6	16.0	15.6	16.7	
1766	620	13.5	13.9	15.0	16.6	17.9	18.7	19.0	19.0	18.8	18.5	17.8	17.1	16.3	15.6	15.0	14.7	15.8	
1902	610	12.5	12.8	13.9	15.5	17.1	18.0	18.3	18.3	18.1	17.6	16.9	16.1	15.3	14.5	14.0	13.7	14.9	
2042	600	11.5	11.8	12.8	14.5	16.3	17.2	17.6	17.5	17.3	16.7	16.0	15.1	14.2	13.4	12.9	12.5	13.9	
2183	590	10.5	10.7	11.6	13.3	15.4	16.5	16.8	16.7	16.4	15.8	14.9	13.9	13.1	12.2	11.8	11.4	12.8	
2326	580	9.2	9.4	10.3	12.1	14.6	15.8	16.1	16.0	15.6	14.9	13.8	12.9	11.9	11.1	10.5	10.2	11.7	
2469	570	7.9	8.1	8.9	10.9	13.7	15.0	15.3	15.2	14.7	13.9	12.8	11.8	10.8	9.9	9.3	8.9	10.6	
2615	560	6.4	6.6	7.5	9.7	12.8	14.2	14.4	14.2	13.7	12.8	11.7	10.6	9.6	8.6	8.0	7.6	9.3	
2763	550	4.9	5.1	6.1	8.4	11.9	13.4	13.6	13.4	12.8	11.7	10.5	9.4	8.3	7.4	6.7	6.2	8.0	
2913	540	3.2	3.5	4.7	7.2	11.0	12.7	12.8	12.5	11.7	10.5	9.3	8.1	7.0	6.0	5.4	4.8	6.7	

1) D. übers. meteorol. Beobacht. d. Deutsch. Seewarte X. S. 91.

Besonderes Interesse verdient diese Tabelle dadurch, daß sie erkennen läßt, wie sehr die thermische Höhenstufe mit der Tageszeit und der Erhebung im Gebirge wechselt. Einige Beispiele, bei denen diese Größe in der üblichen Weise angegeben ist, enthält Tab. 77. Das Maximum der Gesamt-Abnahme fällt auf 7a und 9p, das Minimum auf 11a. Morgens und abends und vermutlich auch nachts ist die Abnahme in den höheren Gebirgstteilen nahe gleich der adiabatischen Abnahme.

Tabelle 77. Abnahme der Temperatur auf 100m Erhebung in den Monaten April, Mai und Juni im Livingstone-Gebirge.

Mittlere Höhe	7a	11a	3p	9p	Tagesmittel
500 m	0.21°	0.30°	0.36°	0.46°	0.39°
1000	0.46	0.46	0.44	0.53	0.47
1500	0.66	0.55	0.52	0.63	0.60
2000	0.81	0.54	0.63	0.78	0.72
2500	0.99	0.52	0.74	0.90	0.83
3000	1.13	0.49	0.83	0.97	0.93
mittlere Abnahme	0.69	0.49	0.57	0.70	0.65

Den Anschluß der Mittelwerte der Tabelle 76 an die Beobachtungen läßt die Zusammenstellung in Tabelle 78 beurteilen, die die übrigbleibenden Fehler

Tabelle 78. Abweichungen der Beobachtungen von den Mitteltemperaturen der Tabelle 76.  $(R - B) \cdot \sqrt{p}$ .

Wahrer Luftdruck mm	6a	7a	8a	9a	10a	11a	Mtg.	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p
720	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°	0.0°
710					+0.2											
700						+1.2										
690										-0.2						
680				-0.2	+0.1	+0.9		0.0	+2.0				+2.3			
670					-0.2	+1.2				-0.4			+0.7			
660								+1.4								
650			+1.8	-0.7	+0.5	+1.6	+0.6	+2.5		-0.1				+2.9	+3.0	+2.5
640			-0.4	-1.4	-0.2	+3.1	+0.3		-2.2	-0.1	-0.5	-1.0	+1.8	+2.5		
630			+1.7	-1.9	-2.2	-1.6		-0.2	-0.2		+1.9	-1.0				+0.2
620	+0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4		+1.2	0.0	+0.7	+2.0	-1.4	-0.4	+1.4		-0.1
610		-1.9	+0.3	-0.5	+1.0	-1.4	-0.7		-0.9	+1.3	-0.9	-0.9				
600		-1.6	-0.2	+1.2	+0.6	-0.5	+0.9	+2.9		-0.9	0.0	-0.5				
590	-0.2	-0.2	+0.1	-1.3	-0.6	+0.2	-0.9	0.0	+0.5	-1.0	+2.3	+1.2	-2.4			-0.1
580	-0.6	-0.5	+0.6	+0.3	-0.2	+0.7	+0.3	-1.9	-1.9	+0.9		-0.3	-0.5	+1.8	+0.4	
570			-0.7	+0.5			+0.6	-1.6	-0.9	-0.3	-1.1	+0.7	-0.2	+1.6		
560		+0.8	-0.7			+0.6		+1.4	-0.5		+0.6	+0.1	-0.3			+1.0
550	-0.6	+1.4	-1.6	-3.1	-0.6	-0.2	-0.3	-0.9			+1.6	+0.2				+0.3
540				+0.2				+0.7		+0.1						

multipliziert mit der Quadratwurzel ihrer Gewichte enthält. Die Abweichungen sind so geringfügig, daß die Zahlen der Tabellen 76 und 77 der Wahrheit recht nahe kommen dürften.

Wir haben in diesen Monaten im Gebirge einige aus Norden kommende Sturm- und Regenböen erlebt, die plötzliche Temperaturstürze bis zu  $10^{\circ}$  mit sich brachten. In solchen Fällen stimmt Tabelle 76 natürlich nicht mit den beobachteten Temperaturen überein. Indessen hat sich herausgestellt, daß zur Berechnung der Höhen, die während einer solchen Böe beobachtet sind, nicht die beobachtete, sondern die mittlere Temperatur aus Tabelle 76 angewendet werden muß.

Zur Bestimmung der täglichen Periode der barometrischen Höhen waren auf einer Anzahl von Stationen mehrere Beobachtungen zu verschiedenen Tageszeiten angestellt worden. Die richtige Höhe von zehn dieser Stationen hatte ich außerdem durch trigonometrisches Nivellement bestimmt, wobei die Zenitdistanzen mit einem kleinen Hildebrandschen Reise-Universal-Instrument gemessen worden sind. Jede Sicht wurde einmal bei Kr. r. und einmal bei Kr. l. eingestellt. Da die Sichten sämtlich sehr hoch verlaufen, wurde der theoretischen Abnahme des Refraktions-Koeffizienten mit der Höhe (0.012 auf 1 km) Rechnung getragen. Wenn  $k'$  den Refraktions-Koeffizienten aus Tabelle 57 (S. 153) bezeichnet, so wurde mit dem Koeffizienten

$$k = k' - 0.012 \cdot \frac{H_1 + H_2}{2000}$$

gerechnet. Die Beobachtungen und die daraus errechneten Höhenunterschiede zeigt Tabelle 79. Über die flüchtige Triangulation, die die Entfernungen ( $s$ )

Tabelle 79. Grundlagen und Ergebnisse des trigonometrischen Nivellements in den Njassa-Ländern.

1 Beobach- tungsart	2 Tages- zeit	3 Ziel	4 gemessener Zenit- abstand	5 Entfernung $s$	6 Höhenunterschied ( $h$ )		8 $R-B$ $v$	9 Fehler von $k$
					berechnet	ausge- glichen		
Djaluhänje	4.5p	Djamimbi	90° 39.2'	23.78 km	- 232 m			
"	"	Kitenga	89 20.7	16.44	+ 207			
"	8.3a	Ssawawino	89 21.0	22.62	+ 293			
"	"	Djilulu	89 21.4	18.35	+ 230			
"	"	Mambwe	92 13.6	21.07	- 788			
"	"	Likenge	93 33.2	10.89	- 684	- 684 m	0 m	0.00
"	"	Djaulanda	92 33.5	14.08	- 615	- 614	+1	-0.06
Kitamine	9.0a	Djaluhänje	89 13.1	9.75	+ 140	+ 141	+1	-0.13
"	"	Djaulanda	91 16.6	22.91	- 474	- 473	+1	-0.02
"	"	Likenge	92 33.0	12.43	- 543	- 543	0	0.00
"	"	Rungwe	89 33.2	60.74	+ 646	+ 643	-3	+0.01
Ssongwe	8.6a	Rungwe	88 16.4	70.81	+2486	+2489	+3	-0.01
Katenga	8.6a	Djaluhänje	90 33.4	48.79	- 305	- 303	+2	-0.01
"	"	Beja	90 13.4	67.18	+ 58	+ 54	-4	+0.01
Kassere	4.5p	Beja	89 46.5	104.78	+1172	+1181	+9	-0.01

zwischen den einzelnen Punkten geliefert hat, wird im vierten Teil dieser Arbeit berichtet werden.

Die in Tabelle 79 zuletzt stehenden Sichten bilden ein Höhennetz, das an 3 Stellen mit dem Höhennetz der Grenzregulierungs-Triangulation zusammenhängt (s. Kap. 36, S. 152). Diese Sichten erforderten daher eine Ausgleichung, deren Resultate in Spalte 7 der Tabelle 79 stehen, und die die in Spalte 8 stehenden Fehler  $v$  übrig ließ. Nimmt man an, daß diese  $v$  allein von einem Fehler im Refraktions-Koeffizienten herrühren, so bekommt man die in Spalte 9 stehenden Fehler. Da die mittlere Unsicherheit von  $k$  nach Jordan 0.035 beträgt (s. S. 155), so kommen nur zwei Fälle vor, wo die Unsicherheit von  $k$  zur Erklärung der Unterschiede  $R-B$  nicht ausreicht und wo daher Beobachtungsfehler angenommen werden müssen. Da in diesen Fällen der Fehler  $v$  jedoch nur 1 m beträgt, so ist der Einfluß dieser Fehler auf das Resultat ohne Bedeutung. Es zeigt sich hier wieder, wie in Kap. 36, daß selbst durch eine ganz flüchtige trigonometrische Höhenmessung in Ost-Afrika vorzügliche Resultate erzielt werden können.

Durch Hinzufügung der Höhenunterschiede der Spalten 6 und 7 zu den Höhen der Festpunkte aus Tabelle 60 (S. 159) ergaben sich die in Tabelle 80 zusammengestellten Höhen.

Tabelle 80. Trigonometrisch bestimmte Höhen (Fortsetzung von Tabelle 60).  
(Fortsetzung s. Tabelle 87).

1	2	1	2	1	2
Station	Höhe	Station	Höhe	Station	Höhe
Djamimbi	2243 m	Kitamine	2334 m	Katenga	2778 m
Likenge	1791	Djilulu	2705	Rungwe	2977
Mambwe	1687	Kitenga	2682	Beja	2832
Djaluhänje	2475	Ssawuino	2768		

Durch Vergleich der mit Langenburg als Basisstation berechneten und nach Tab. 51 (S. 144) wegen des Fehlers der Jordanschen Höhentafeln verbesserten barometrischen Höhen<sup>1)</sup> mit den Werten der Tabelle 80 ergaben sich die Korrekturen der barometrischen Höhen. Sie wurden durch  $T$ , den Differenzial-Quotienten des Höhenunterschiedes nach der Temperatur, dividiert und dadurch in Korrekturen des Mittels der beobachteten Temperaturen verwandelt. Sie können als Gesamt-Reduktionen auf barometrische Temperatur ( $\theta - t$ ) bezeichnet werden. Dazu kam noch eine Anzahl von Werten ( $\theta - t$ ) von solchen Orten, deren Höhe zwar nicht anderweitig bekannt ist, wo aber zu verschiedenen

1) Die Beobachtungsdaten sind in Tabelle 84 (S. 214) enthalten.

Tageszeiten barometrische Höhenmessungen gemacht worden sind. Diese Werte erhielten das Gewicht  $\frac{1}{2}$ .

Wie nicht anders zu erwarten, weisen die  $(\theta - t)$  eine deutlich ausgesprochene tägliche Periode auf, deren Amplitude jedoch geringer ist, als die der entsprechenden Korrekturen bei Höhenmessungen auf den um das Nordende des Njassa herumliegenden Plateaus und ebenen Grabensohlen mit trockenem Steppencharakter. Die letzteren konnten mit Hilfe der Beobachtungen (s. Tab. 62 S. 161) auf den Plateau- und Graben-Stationen Kitogo, Masaurua und Utengule, deren genähert richtige Höhen ebenfalls aus Tab. 62 entnommen wurden, abgeleitet werden.

Tabelle 81. Normalwerte der Gesamt-Korrekturen des Mittels der beobachteten Lufttemperaturen  $(\theta - t)$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stunde	Gebirgs- und Plateau-Stationen				Stunde	Graben- und Plateau-Stationen			
	Gewicht = $p$	$\theta - t$	$R - B$ = $v$	$v \cdot \sqrt{p}$		Gewicht = $p$	$\theta - t$	$R - B$ = $v$	$v \cdot \sqrt{p}$
6.9a	3	+0.1 <sup>o</sup>	+0.2 <sup>o</sup>	+0.3 <sup>o</sup>	8.4a	3	-2.1 <sup>o</sup>	0.0 <sup>o</sup>	0.0 <sup>o</sup>
7.9a	5.5	-1.6	-0.4	-0.9	9.8a	3	-9.2	+2.6	+4.5
8.2a	5.5	-2.6	+0.3	+0.7	11.1a	4	-8.1	-1.9	-3.8
9.1a	6	-3.9	+0.6	+1.5	0.1p	1	-12.2	+1.2	+1.2
10.2a	4.5	-4.6	-0.6	-1.3	2.8p	2	-10.0	+0.2	+0.3
11.4a	2.5	-6.7	+0.2	+0.3	5.2p	3	-3.9	-0.3	-0.5
0.5p	3.5	-6.6	-0.1	-0.2	8.6p	3	-0.1	-0.3	-0.5
2.7p	4	-5.2	+0.6	+1.2	10.9p	3	-0.1	+0.4	+0.7
4.8p	6.5	-0.4	-0.9	-2.3					
6.1p	3	-1.8	+0.8	+1.4					
8.4p	0.5	-1.1	+0.4	+0.3					

Um die Übersicht zu erleichtern, habe ich die zeitlich nahe bei einander liegenden  $(\theta - t)$ , für Gebirgs- und Graben-Stationen getrennt, zu Normalwerten zusammengefaßt, die in Tab. 81 aufgeführt sind

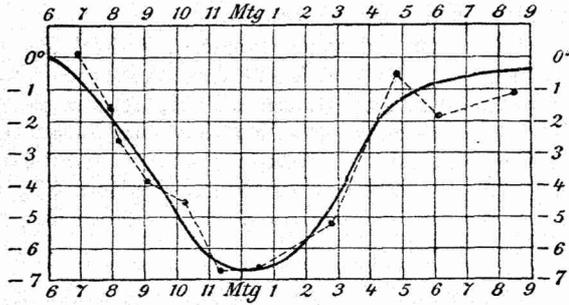
Zwischen den Normalwerten wurde durch einfache Kurven, die sich den Beobachtungen möglichst anschließen, graphisch interpoliert, sowie es die Figuren 41 und 42 (S. 210) zeigen. Die Abweichungen der Normalwerte von den aus den Kurven entnommenen Mittelwerten stehen in Spalte 4 und 9 der Tab. 81.

Da bei diesen Höhenbestimmungen die Stationen nahe beieinander liegen, kann man statt mit der barometrischen Temperatur mit den beobachteten Temperaturen rechnen und zum Schluß eine dem Höhenunterschied proportionale oder prozentuale Korrektur anbringen (s. S. 134). Diese beträgt 0.34  $(\theta - t)$  Prozent des Höhenunterschieds, sodaß

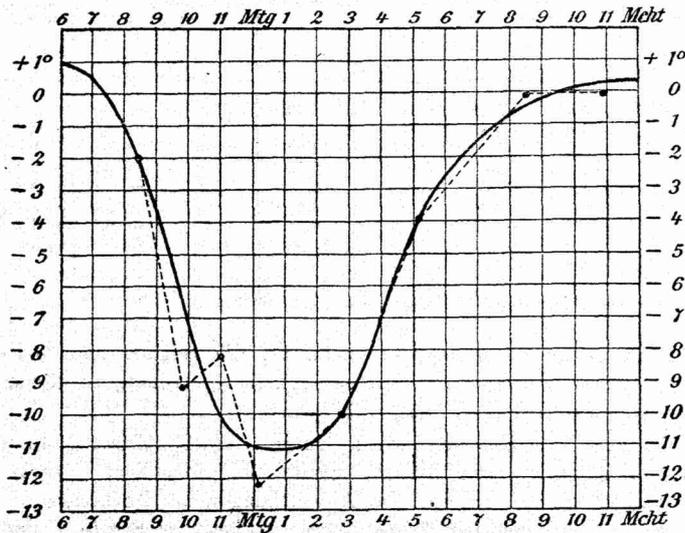
$$\text{Korr.} = 3.4 (\theta - t) \frac{h}{1000}$$

ist.

Außer den Werten  $v$  der Tabelle 81 läßt auch Tabelle 82 den Anschluß der Kurven aus Figur 41 und 42 an die Beobachtungen erkennen. Sie enthält die Anzahl der Fehler der Einzelbeobachtungen nach ihrer Größe geordnet und die mittleren Fehler. Der Anschluß ist, besonders bei den Gebirgs-Stationen befriedigend, sodaß die Kur-



Figur 41. Gesamt-Korrektion ( $\theta - t$ ) für Höhenmessungen in den Gebirgen am Nordende des Njassa-Sees, wenn Langenburg als nahe gelegene Basisstation zu Grunde gelegt wird, in den Monaten April—Juli.



Figur 42. Gesamt-Korrekturen ( $\theta - t$ ) für Höhenmessungen auf den Grabensohlen und Plateauflächen am Nordende des Njassa-Sees, wenn Langenburg als nahe gelegene Basisstation zu Grunde gelegt wird, in den Monaten April—Juli.

ven der Wahrheit sehr nahe kommen dürften. Es ist dabei aber zu beachten, daß die Beobachtungen, aus denen die Kurven abgeleitet sind, haupt-

sächlich in die Monate April—Juli, einzelne noch in die Monate August und September fallen.

Tabelle 82. Fehler - Anzahlen und mittlere Fehler.

Gebirgs - Stationen			Graben- und Plateau-Stationen		
Grenzen der Fehler ausgedrückt in Temperatur-Korrektion	Promille des Höhenunterschiedes	Anzahl der Fehler	Grenzen der Fehler ausgedrückt in Temperatur-Korrektion	Promille des Höhenunterschiedes	Anzahl der Fehler
0.0° u. 0.9°	0 m u. 3 m	26	0.0° u. 1.5°	0 m u. 5 m	6
1.0 „ 1.9	4 „ 6	20	1.6 „ 3.0	6 „ 10	8
2.0 „ 2.9	7 „ 10	6	3.1 „ 4.5	11 „ 15	5
3.0 „ 3.9	11 „ 13	7	4.6 „ 5.5	16 „ 19	3
4.0 „ 4.9	14 „ 17	2			

Der größte vorkommende Fehler ist gleich

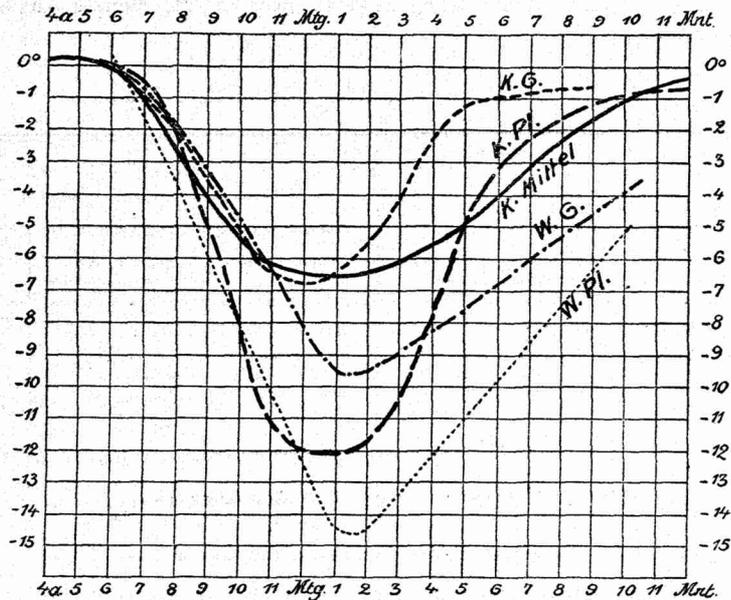
$$4.9^{\circ} \text{ oder } 17 \frac{h}{1000} \text{ m} \quad || \quad 5.5^{\circ} \text{ oder } 19 \frac{h}{1000} \text{ m.}$$

Der mittlere Fehler einer Beobachtung ist gleich

$$\pm 1.9^{\circ} \text{ oder } \pm 6.5 \frac{h}{1000} \text{ m} \quad || \quad \pm 3.0^{\circ} \text{ oder } \pm 10.1 \frac{h}{1000} \text{ m.}$$

Die Amplitude der Korrekturen der Graben-Stationen nach Figur 42 erscheint auffallend groß. Ich habe sie deshalb mit den von E. Wagner<sup>1)</sup> aus Emin Paschas und Stuhlmanns Beobachtungen abgeleiteten, sowie den mittleren Werten aus Fig. 29 (S. 132) oder Tab. 48 (S. 143) in Figur 43 graphisch verglichen. Wagner unterscheidet zwischen Stationen in der Nähe des Meeres, der großen Binnenseen und auf Gebirgen (in Fig. 43 mit W. G. bezeichnet) und Stationen auf trockenen Hochplateaus (W. Pl.). Diese Gruppen entsprechen unsern in den Njassaländern unterschiedenen Gebirgs-Stationen (K. G.) und Graben- und Plateau-Stationen (K. Pl.). Die Mittelwerte aus Tab. 48 sind mit K. Mittel bezeichnet. Die von Wagner logarithmisch gegebenen Korrekturen sind durch Multiplikation mit dem Faktor  $\frac{1}{14.8}$  in Temperatur-Korrekturen verwandelt worden. Die Kurven sind, um die Amplituden leichter vergleichbar zu machen, parallel zu sich so verschoben worden, daß sie um 6 a sämtlich durch Null gehen.

1) E. Wagner, Hypsometrische und meteorologische Ergebnisse der Irangi-Expedition in dem Sammelwerk von C. W. Werther, Die mittleren Hochländer des nördlichen Deutsch-Ostafrika. Berlin 1896 S. 122.



Figur 43. Vergleich verschiedener Kurven der täglichen Periode der Temperatur-Reduktionen ( $\theta - t$ ).

Der Vormittagsabfall der entsprechenden Kurven ist in beiden Fällen gleich, steiler bei den Plateau-Stationen, flacher bei den Gebirgs-Stationen. Dann treten aber Unterschiede auf, da das Minimum bei den Wagnerschen Kurven sehr viel tiefer liegt und um etwa 1 Stunde später eintritt als bei unseren Kurven. Ferner fehlt bei Wagner der steile Anstieg in den Nachmittagsstunden und hierin gleichen die Wagnerschen Linien der Linie „K. Mittel“. Der steile Nachmittags-Anstieg könnte demnach eine Eigentümlichkeit der Njassaländer oder der Jahreszeit sein.

Auffallend ist die geringe Amplitude der Kurve der Mittelwerte. Sie würde sich zwar um etwa  $1.5^\circ$  vergrößern, wenn man nur die Plateau Stationen aus Tab. 18 (S. 80) zur Mittelbildung verwenden würde, aber auch dann bleibt sie weit hinter den Amplituden von K. Pl. und W. Pl. zurück. Den Grund möchte ich darin suchen, daß „K. Mittel“ aus einem viel umfangreicheren und gleichmäßig über das ganze Jahr verteilten Material abgeleitet ist, während K. Pl. sicher und W. Pl. wahrscheinlich zufällige und jahreszeitliche Abweichungen zur Darstellung bringen. Immerhin spricht der Umstand, daß sowohl E. Wagner als ich unabhängig von einander (die Wagnersche Abhandlung kam erst zu meiner Kenntnis, als der Hauptteil der vorliegenden Arbeit beendet war) starke im allgemeinen ähnlich verlaufende tägliche Perioden aus

ganz verschiedenem Material gefunden haben, für die Reellität dieser periodischen Korrekturen.

Die Fehler der Tabelle 82 haben auch insofern Interesse, als sie die Genauigkeit der barometrischen Höhenbestimmungen am Nordende des Njassa, die mit den mittleren Temperatur-Korrekturen der Figuren 41 und 42 berechnet sind, darstellen. Der verhältnismäßig geringe Betrag der Fehler beweist, daß durch die Benutzung der Mittelwerte von Luftdruck und Temperatur an der Basisstation nach den Tabellen 74 und 75 die Zuverlässigkeit der barometrischen Höhen nur wenig gelitten hat. Dies trifft umsomehr zu, als ein Teil der Fehler auch auf fehlerhafte Angaben der Aneroid-Barometer zurückzuführen ist, weil etwa die Hälfte der in den Normalwerten der Tabelle 81 zusammengefaßten Beobachtungen mit Aneroiden angestellt worden ist.

Für diejenigen Aneroidbeobachtungen, die an Orten mit trigonometrisch bestimmter Höhe gemacht worden sind, lassen sich die Fehler des Aneroids nunmehr berechnen. Ich fand die in Tabelle 83 stehenden Werte. Dadurch wird die oben (S. 179) aufgestellte Behauptung erhärtet, daß die Trägheit der

Tabelle 83. Fehler der Aneroide.

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aneroid	Datum	Tageszeit	Ort	Fehler (Korrektion) des Aneroids	Aneroid	Datum	Tageszeit	Ort	Fehler (Korrektion) des Aneroids
α	99 Mai 2	4.5p	Kitenga	− 2.9 mm	α	99 Mai 28	2.3p	Panika	− 2.2 mm
„	Mai 6	8.3a	Djaluhänje	− 0.8	„	Mai 28	5.9p	„	− 2.0
„	Mai 7	7.8a	Kitamine	− 0.7	„	Juni 18	1.9p	Katenga	+ 0.5
„	Mai 8	10.4a	Likenge	+ 0.7	„	Juni 19	8.1a	„	+ 0.6
„	Mai 8	0.3p	„	+ 0.5	β	Febr.26	0.5p	Djaülanda	− 0.6
„	Mai 14	6.2p	Panika	− 2.2	„	März 2	5.1p	„	− 0.8
					γ	Mai 7	8.3a	Likenge	+ 0.1

Aneroide sehr verschieden gewesen und einigemal sogar in das Gegenteil umgeschlagen ist. Ferner wird dadurch nachgewiesen, daß die Fehler der kleinen Taschenbarometer der Pendel-Expedition nicht größer waren, als die der großen Aneroide von Götze (vgl. S. 182).

Die Beobachtungen und die daraus abgeleiteten Höhen stehen in Tabelle 84, die nach den Spaltenüberschriften verständlich ist. Es ist nur zu bemerken, daß bei Luftdruck-Beobachtungen mit einem Siedethermometer (S. Th. in Spalte 5) in Spalte 6 nicht die Ablesung, sondern der Luftdruck selbst steht. Die eingeklammerten Lufttemperaturen in Spalte 8 sind nicht beobachtet, sondern aus den einschließenden Beobachtungen mit Hilfe der Tabelle 76 (S. 205) interpoliert oder direkt aus dieser Tabelle entnommen. Es erschien notwendig den Luftdruck in Langenburg, der soweit es möglich war (bis 5. Juni 99), aus den täglichen Beobachtungen des Herrn Kleemann für die Beobachtungszeit inter-

poliert worden ist, in Spalte 9 anzugeben, da diese Beobachtungen nicht im einzelnen veröffentlicht worden sind. Spalte 10 gibt den Charakter des Beobachtungsortes als Gebirgs-Station (Gb.) Graben- und Plateau-Station (Pl.) oder in der Übergangzone zwischen beiden gelegen (Üb.) an. Bei der Berechnung der Höhenunterschiede wurden nur die Gesamt-Korrekturen ( $\theta - t$ ) nach Figur 41 oder 42 oder eine passend zwischen beiden gelegene Korrektur bei den mit Üb. bezeichneten Orten und die Verbesserung wegen des Fehlers der Jordanschen Höhentafeln nach Tab. 51 (S. 144) angewendet. Die Höhe der Basisstation ist nach Tab. 56 zu 481 m angenommen und hinzugefügt worden, sodaß in Spalte 11 und 12 die Höhen über dem Meeresspiegel stehen.

Das im Anschluß an Tabelle 68 auf S. 199 bis 201 über Gewichte und Fehler der Aneroide gesagte sowie Tabelle 71 (S. 201) gilt in entsprechender Weise auch für Tabelle 84.

Auf der Karte von Deutsch-Ostafrika 1 : 300 000 Sektionen F. 3 Neulangenburg und F. 4 Gawiro haben die von uns abgeleiteten Höhen leider keine Verwendung mehr finden können, sodaß dort noch frühere fast durchweg viel zu große Höhenzahlen, besonders von Bornhardt, Prince und Engelhardt, angegeben sind. Zur Identifizierung der in Tab. 84 angegebenen Beobachtungsorte können die auf den angegebenen Kartenblättern eingetragenen Routen der Beobachter dienen. Dabei bedeutet T. P. die auch auf diesen Karten angegebenen trigonometrischen Punkte, während mit E. P. solche Punkte bezeichnet sind, die von mir oder Götze auf dem Meßtisch eingeschnitten und nur auf der im vierten Teil dieser Arbeit enthaltenen Karte des Ukinga-Gebirges besonders bezeichnet sind.

Tabelle 84. Beobachtungen zur barometrischen Höhenbestimmung und daraus berechnete Höhen in den Njassa-Ländern.

F. = Fülleborn, G. = Götze, Gl. = Glauning, K. = Kohlschütter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum	Uhrzeit	Beobachtungsort	Beobachter	Barometer	Ableseung des Barometers	Thermometer am Barometer	Luft-Temperatur	Luftdruck in Neulangenburg	Gelände-Charakter	Meeres-Höhe	Mittelwert der Höhen
					mm	°	°	mm		m	m

I. Von der Pendel-Expedition besuchte Punkte

Sept. 21	6.7a	Djäulanda-Berg T. P.	F.	S. Th.	614.6		14	721.4	Gb.	Höhe trigonometrisch bestimmt
Febr. 26	10.1a	"	K.	S. Th.	612.1		21.4	716.6	Gb.	
" 26	0.5p	"	K.	$\beta$	620.0	28.9	24.1	715.1	Gb.	
" 27	3.6p	"	K.	S. Th.	610.2		[23.0]	715.3	Gb.	
März 2	5.1p	"	K.	$\beta$	619.3	21.6	21.1	714.1	Gb.	
April 18	8.0a	"	G.	S. Th.	612.8		18.8	718.8	Gb.	
Febr. 26	0.8p	Sattel nördlich vom Djäulanda-Berg	K.	$\beta$	625.0	28.7	24	714.7	Gb.	1779

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
Febr. 26	0.9p	Djawatamu E.P. Lg. 34° 12.6' Br. —9° 35.7'	K.	β	623.0	28.2	24	714.6	Gb.	1805	
" 26	1.1p	Sattel zwischen Djawatamu und Djambiramo	K.	β	627.8	27.7	23	714.4	Gb.	1734	
" 26	1.2p	Djambiramo E.P. Lg. 34° 12.4' Br. —9° 35.5'	K.	β	627.2	27.0	23	714.4	Gb.	1735	
" 26	1.3p	Sattel nördlich von Djambiramo	K.	β	632.5	26.0	22	714.3	Gb.	1666	
" 26	1.5p	E.P. Lg. 34° 12.2' Br. —9° 35.3'	K.	β	631.1	25.8	22	714.1	Gb.	1693	
" 26	1.8p	Sattel E.P. Lg. 34° 11.8' Br. —9° 35.1'	K.	β	651.6	25.4	22	713.9	Gb.	1404	} 1410
März 1	9.2a	" " "	K.	β	654.1	26.2	20	717.7	Gb.	1417	
" 26	2.2p	Sanatorium Glauningsruh E.P.	K.	β	649.8	25.6	22	713.8	Gb.	1432	} 1412
" 4	7.9a	"	K.	β	651.5	21.0	17	716.9	Gb.	1432	
" 6	9.5a	"	K.	β	654.8	20.3	20	717.5	Gb.	1394	
April 17	4.0p	"	G.	S. Th.	643.3		20.4	715.5	Gb.	1406	
März 1	8.9a	Üdodege (Pyramide von Langenburg) E.P.	K.	β	647.0	25.1	19	717.7	Gb.	1509	
" 1	2.5p	Dorf Mbegira E.P.	K.	β	642.2	25.3	21	714.8	Gb.	1539	
" 4	8.8a	Übergang über den südlichen Quellfluß des	K.	β	692.2	25.1	21	717.0	Gb.	922	} 912
April 9	1.2p	Rumbira-Flusses E.P.	K.	α	683.7		23	718.3	Gb.	909	
" 9	1.2p	" " "	Gl.	γ	683.0	25.3	23	718.3	Gb.	909	
März 4	2.1p	E.P. in Gemarkung Djimarule	K.	β	632.3	26.0	18	714.4	Gb.	1678	
April 8	11.2a	Im Tal des Rumbira am Hang	Gl.	γ	696.8	26.9	[23.6]	719.2	Gb.	745	
" 8	Mtg.	Terrasse der Randkette Lg. 34° 10.7' Br. —9° 33.6'	K.	α	690.0		23.6	718.7	Gb.	837	
" 8	0.4p	Am Zusmfluß der Haupt-Quellfüße des Rumbira	Gl.	γ	695.4	26.8	[24.0]	718.4	Gb.	754	
" 8	2.3p	Auf dem folgenden Grat der Randkette	Gl.	γ	679.0	23.1	[22.7]	717.2	Gb.	942	
" 8	2.6p	Auf einem Grat der Randkette Lg. 34° 11.2'	Gl.	γ	671.7	24.9	[22.2]	717.0	Gb.	1038	} 1042
" 9	8.3a	Br. —9° 33.3'	Gl.	γ	673.4	25.5	[20.0]	719.5	Gb.	1046	
" 9	2.3p	Erste Terrasse des Kangaliaduma-Berges	Gl.	γ	662.6	25.9	[21.6]	717.3	Gb.	1160	
" 9	3.3p	Zweite Terrasse des Kangaliaduma-Berges	Gl.	γ	645.9	26.9	[20.2]	716.6	Gb.	1378	
" 10	7.5a	Popilansi-Berg E.P.	K.	α	601.9		[12.3]	719.2	Gb.	2014	
" 11	9.2a	Hauptdorf des Meisita	Gl.	S. Th.	605.0		15.0	720.2	Gb.	1972	
Jan. 14	8.0a	Kangaliaduma-Berg T.P.	F.	S. Th.	594.4		17.2	718.9	Gb.	2124	} 2121
April 10	8.5a	"	K.	α	594.4		[14]	719.8	Gb.	2122	
" 12	9.6a	"	Gl.	γ	593.7	18.5	[15.2]	719.4	Gb.	2110	
" 12	9.2a	Am Hang des Kangaliaduma	Gl.	γ	598.7	18.0	[14.9]	719.3	Gb.	2035	
" 12	9.7a	Terrasse des Kangaliaduma	Gl.	γ	599.1	19.1	[15.8]	719.4	Gb.	2034	
" 12	10.0a	Sattel zwischen Kangaliaduma und Kwensuru	Gl.	γ	606.9	20.5	[16.9]	719.4	Gb.	1924	
" 12	11.4a	Dorf Pilewero auf dem Kwensuru-Berg E.P.	Gl.	γ	591.1	21.0	[16.7]	718.9	Gb.	2140	
" 12	0.3p	Terrasse des Kwensuru	Gl.	γ	598.1	22.1	[17.6]	718.6	Gb.	2037	
" 12	1.0p	Uhanga, Hauptdorf d. Manduba (fr. Manarupira)	Gl.	γ	598.9	22.1	[17.5]	718.1	Gb.	2020	
" 12	5.8p	Lisidjro-Berg T.P.	K.	α	594.3		[14.5]	717.0	Gb.	2101	
" 12	6.1p	Übergang über den Kiniabwa-Bach	K.	α	603.0		[14.5]	716.9	Gb.	1970	} 1958
" 13	11.9a	" " "	Gl.	S. Th.	605.2		19.2	719.0	Gb.	1955	
" 13	10.3a	Kipénura-Berg E.P.	Gl.	γ	597.6	21.5	[17.7]	719.7	Gb.	2046	
" 14	9.2a	Kwiduruka-Fluß	Gl.	γ	621.3	20.3	[17.2]	720.1	Gb.	1720	
" 14	9.6a	Kihanga-Fluß	Gl.	γ	623.1	20.9	[17.6]	720.1	Gb.	1697	
" 14	0.2p	Ussuka-Berg E.P.	Gl.	γ	604.8	22.4	[18.0]	719.1	Gb.	1938	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
April 14	0.8p	Lilema-Fluß	Gl.	$\gamma$	618.1	23.5	[19.0]	718.6	Gb.	1748	} 1737
" 14	2.7p	"	K.	$\alpha$	619.8		[17.0]	717.9	Gb.	1732	
" 14	1.3p	Terrasse des Kirikwa-Berges	Gl.	$\gamma$	599.4	22.0	[17.4]	718.6	Gb.	2014	} 2090
" 14	2.3p	Terrasse des Lituliko-Berges	Gl.	$\gamma$	593.5	21.2	[16.5]	718.2	Gb.	2090	
" 14	3.5p	Wunäke-Berg E.P.	K.	$\alpha$	589.2		13.0	717.7	Gb.	2163	} 2080
" 14	5.1p	Dorf des Njarütschow	Gl.	$\gamma$	594.6	19.8	14.8	717.7	Gb.	2080	
" 15	8.6a	Rusonso-Berg E.P.	Gl.	$\gamma$	566.8	13.8	10.9	719.6	Gb.	2477	} 2458
" 15	9.0a	Sattel zwischen Rusonso und Wasiwaka-Berg	Gl.	$\gamma$	568.1	14.5	11.5	719.7	Gb.	2458	
" 15	9.2a	Wasiwaka-Berg T.P.	K.	$\alpha$	568.2		11.0	719.7	Gb.	2479	} 2358
" 15	9.1a	Übergang über den Nakipotscho-Bach	Gl.	$\gamma$	574.6	14.8	[11.8]	719.7	Gb.	2358	
" 15	9.5a	Übergang über den Wakujamarandji-Bach	Gl.	$\gamma$	582.1	16.1	12.8	719.7	Gb.	2255	} 2353
" 15	9.9a	Terrasse des Rasiwanjowatwa-Berges	Gl.	$\gamma$	575.6	17.6	[14.0]	719.7	Gb.	2353	
" 15	10.3a	Romatomansansa-Fluß	Gl.	$\gamma$	584.9	18.5	14.7	719.6	Gb.	2213	} 2232
" 15	10.5a	Am Makumburu-Fluß bei Kaponde	Gl.	$\gamma$	583.9	18.9	[15.0]	719.6	Gb.	2232	
" 15	11.8a	Makumburu-Berg E.P.	Gl.	$\gamma$	571.9	18.4	14.0	718.8	Gb.	2391	} 2404
" 15	3.2p	"	K.	$\alpha$	571.3		15.1	716.4	Gb.	2410	
" 15	1.0p	Höhe zw. Makumburu-Fl. u. Lomatundu-Bach	Gl.	$\gamma$	573.6	23.1	18.5	717.6	Gb.	2378	} 2280
" 15	1.6p	Djanaliru-Bach Lg. 34° 24.9' Br. —9° 24.1'	Gl.	$\gamma$	579.7	24.1	19.5	717.3	Gb.	2280	
" 15	2.1p	Am Hang Lg. 34° 25.2' Br. —9° 23.4'	Gl.	$\gamma$	572.1	21.0	16.3	716.9	Gb.	2386	} 2516
" 15	2.8p	E.P. auf flacher Höhe Lg. 34° 25.8' Br. —9° 23.2'	Gl.	$\gamma$	563.3	18.5	13.7	716.5	Gb.	2507	
" 15	5.6p	"	K.	$\alpha$	564.2		10.3	716.7	Gb.	2521	
" 16	8.9a	Pendel-Lager beim Dorf Likerukiro, Landschaft	K.	S. Th.	583.2		14.4	719.2	Üb.	2275	} 2278
" 16	6.3p	Kitogo T.P.	Gl.	S. Th.	580.2		13.2	716.1	Üb.	2286	
" 17	10.8a	" " " "	Gl.	S. Th.	582.5		19.3	718.7	Üb.	2274	} s. auch Tab. 62 (S. 161)
" 17	4.7p	" " " "	K.	S. Th.	581.1		15.6	715.5	Üb.	2265	
" 20	8.2a	" " " "	Gl.	S. Th.	582.8		12.5	719.9	Üb.	2289	
" 16	9.4a	Übergang über den Lisomo-Bach	Gl.	$\gamma$	585.9	18.4	15.2	719.3	Pl.	2195	} 2114
" 16	11.4a	Übergang über den Lirolo-Fluß	Gl.	$\gamma$	591.0	23.1	18.8	718.7	Pl.	2105	
" 16	0.7p	Übergang über den Likalawe u. Mdeterre-Fluß	Gl.	$\gamma$	590.6	26.7	[22.2]	717.8	Pl.	2114	} 2155
" 16	1.3p	Hügel zwischen Likalawe und Lirolo-Fluß	Gl.	$\gamma$	587.4	26.6	22.0	717.4	Pl.	2155	
" 18	11.1a	Übergang über den Lukowo-Bach	K.	$\alpha$	587.0		[18 ]	718.0	Gb.	2183	} 2497
" 18	2.2p	Ikumbiro-Berg T.P.	K.	$\alpha$	564.4		15.6	716.2	Gb.	2497	
" 21	9.3a	Übergang über den Muhangale-Fluß	Gl.	$\gamma$	588.9	18.5	15.3	719.0	Pl.	2124	} 2112
" 21	10.0a	Zusammenfuß des Mkoka und Libaka	Gl.	$\gamma$	589.0	18.9	15.3	719.0	Pl.	2112	
" 21	10.4a	Matundu-Rücken	Gl.	$\gamma$	584.9	19.6	[15.8]	718.9	Pl.	2163	} 2186
" 21	2.3p	Likangacerine-Hügel mit einz. Baum T.P.	Gl.	$\gamma$	583.7	26.3	21.5	716.9	Pl.	2186	
" 22	9.7a	Übergang über den Muhangale-Fluß	Gl.	$\gamma$	587.1	19.8	[16.4]	718.8	Pl.	2136	} 2193
" 22	9.9a	Hügel zwischen Muhangale- und Mkoka-Fluß	Gl.	$\gamma$	583.1	20.2	[16.6]	718.8	Pl.	2193	
" 22	10.4a	Am Mkoka-Fluß	Gl.	$\gamma$	587.2	21.0	17.2	718.7	Pl.	2129	} 2132
" 22	10.7a	Übergang über den Mkoka-Fluß	Gl.	$\gamma$	586.7	21.5	[17.5]	718.6	Pl.	2132	
" 22	11.1a	Missionsdorf Wangammu	Gl.	$\gamma$	583.9	20.2	16.0	718.4	Pl.	2155	} 2152
" 22	2.0p	E.P. bei Tembe Muangwamma (Utsange)	Gl.	$\gamma$	583.5	24.1	19.4	716.6	Pl.	2152	
" 23	8.1a	Übergang über den Likatu-Fluß	Gl.	$\gamma$	599.4	18.6	16.2	719.2	Pl.	1971	} 2069
" 23	8.6a	Am Hang des Kipokoro-Berges	Gl.	$\gamma$	592.1	18.2	15.5	719.3	Pl.	2069	
" 23	10.4a	Übergang über den Lifunde-Fluß	Gl.	$\gamma$	606.9	23.9	20.1	718.6	Pl.	1846	} 1871
" 23	10.6a	Hügel zwischen Lifunde und Pando-Fluß	Gl.	$\gamma$	604.9	24.4	[20.4]	718.5	Pl.	1871	
" 23	10.9a	Übergang über den Pando-Fluß	Gl.	$\gamma$	609.9	24.9	[20.7]	718.4	Pl.	1798	} 1891
" 23	11.5a	Wérera-Hügel	Gl.	$\gamma$	603.1	25.7	21.4	718.1	Pl.	1891	
" 23	1.0p	Sattel des Masiru-Hügels	Gl.	$\gamma$	604.9	25.8	21.2	717.9	Pl.	1861	} 1973
" 23	5.9p	Lidowacha E.P. Lg. 34° 33.1' Br. —9° 11.9'	K.	$\alpha$	600.3		15.6	717.5	Pl.	1973	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
April 23	6.3p	Alte Mission Kidugala	Gl.	$\gamma$	608.1	21.9	17.2	717.6	Pl.	1820	
„ 24	10.8a	E.P. Lg. 34° 34.3' Br. —9° 7.5'	Gl.	$\gamma$	618.4	25.1	[21.0]	719.9	Pl.	1691	
„ 25	11.4a	Mimiralla-Hügel, Landschaft Masaurua T.P.	Gl.	S. Th.	624.9		20.3	720.8	Pl.	1691	1697 s. auch Tab. 62 (S. 161)
„ 25	4.6p	„ „	Gl.	S. Th.	623.3		20.0	718.5	Pl.	1702	
„ 28	9.9a	„ „	K.	$\alpha$	622.0		19.3	721.0	Pl.	1698	
April 28	10.5a	Übergang über den Lumbidsi-Bach	K.	$\alpha$	626.4		[19.1]	720.5	Pl.	1623	
„ 28	5.9p	Lidowacha-Berg T.P.	K.	$\alpha$	600.6		13.9	720.0	Pl.	1991	
„ 29	7.3p	Zusammenfluß von Mbalali- und Lifunde-Fluß	K.	$\alpha$	614.6		12.8	719.2	Üb.	1786	
„ 30	8.6a	Kiagiduku-Berg (Vorberg des Fullanigi) E.P.	K.	$\alpha$	601.6		16.2	720.6	Gb.	1988	
„ 30	3.2p	Gipfel des Fullanigi-Berges T.P.	K.	$\alpha$	563.8		13.8	717.8	Gb.	2506	
„ 30	5.0p	Zusammenfluß d. Lomadogo-m. d. Liachidate-Fluß	K.	$\alpha$	597.9		14.5	717.7	Gb.	2013	
„ 30	9.2p	Dorf Ilulu E.P.	K.	$\alpha$	585.1		12.0	719.4	Gb.	2193	
Mai 1	9.1a	Übergang über den Lamadjungu-Fluß	K.	$\alpha$	600.5		[15.6]	720.6	Gb.	2000	
„ 1	0.8p	Sattel zwischen Mgongoti- und Njakisi-Berg	K.	$\alpha$	579.2		16.5	719.2	Gb.	2282	
„ 1	3.8p	Lipande-Berg T.P.	K.	$\alpha$	566.8		13.2	717.7	Gb.	2464	
„ 1	8.4p	Dorf Molonga	K.	S. Th.	583.2		11.2	719.5	Gb.	2281	2280
„ 2	6.5a	„ „	K.	$\alpha$	580.1		10.5	719.5	Gb.	2277	
„ 2	7.2a	Übergang über den Ikunga-Fluß	K.	$\alpha$	589.4		11.9	719.9	Gb.	2150	
„ 2	7.5a	„ „ Lumenö-Fluß	K.	$\alpha$	590.1		[11.4]	720.1	Gb.	2141	
„ 2	9.7a	Dorf Likowo	K.	$\alpha$	577.6		13.0	720.6	Gb.	2322	
„ 2	0.4p	Überg. über d. Makensa-Fluß (tiefe enge Schlucht)	K.	$\alpha$	595.9		[17.6]	719.8	Gb.	2049	
„ 2	4.5p	Gipfel des Kitenga-Berges T.P.	K.	$\alpha$	555.6		10.4	718.3	Gb.	Höhe trigonometr.	bestimmt.
„ 2	5.0p	Sattel zwischen d. beiden Kuppen d. Kitenga	K.	$\alpha$	563.0		[10.8]	718.4	Gb.	2574	
„ 3	6.6a	Dorf Dibumille	K.	$\alpha$	585.3		12.3	720.0	Gb.	2261	
„ 3	7.6a	Sattel des Djeredse-Berges	K.	$\alpha$	570.6		[10.9]	720.5	Gb.	2479	
„ 4	0.8p	Mission Tandala (Kwa Makasitu)	Gl.	S. Th.	600.9		17.6	719.2	Gb.	2014	
„ 5	9.0a	Sattel zw. Kundewolidsi u. s. Vorberg Kukitandala	K.	$\alpha$	598.4		12.8	720.1	Gb.	2015	
„ 5	0.9p	Sattel Lg. 34° 12.7' Br. —9° 27.6'	K.	$\alpha$	578.6		[16.1]	719.1	Gb.	2285	2278
„ 5	4.8p	„ „ „	Gl.	$\gamma$	576.3	17.2	12.2	717.8	Gb.	2265	
„ 5	4.6p	Gipfel des Djaluhänje-Berges T.P.	K.	S. Th.	569.7		[14.7]	717.7	Gb.	Höhe trigonometrisch	bestimmt
„ 6	8.3a	„ „ „	K.	$\alpha$	568.5		12.0	720.4	Gb.		
„ 16	8.0a	„ „ „	G.	S. Th.	572.4		11.8	722.3	Gb.		
„ 6	11.6a	Sattel Lg. 34° 11.9' Br. —9° 26.1'	K.	$\alpha$	592.1		17.3	720.2	Gb.	2110	
„ 6	0.5p	Nördl. Terrasse des Djaluhänje E.P.	K.	$\alpha$	608.1		17.0	719.7	Gb.	1875	
„ 6	1.5p	Übergang über den Wanete-Fluß	K.	$\alpha$	618.6		16.6	719.6	Gb.	1728	1735
„ 17	9.0a	„ „ „	G.	B.	619.8	26.0	17.1	721.6	Gb.	1750	
„ 6	2.7p	Dorf Pajamimbe im Sattel	K.	$\alpha$	583.0		[12.8]	719.6	Gb.	2228	
„ 6	3.9p	Auf dem Rücken Lg. 34° 9.6' Br. —9° 24.6'	K.	$\alpha$	588.8		12.0	719.0	Gb.	2150	
„ 7	7.8a	Kuppe Kitamine T.P.	K.	$\alpha$	577.8		12.3	720.3	Gb.	Höhe trigonometr.	bestimmt
„ 7	11.3a	Übergang über den Wamalawua-Fluß	K.	$\alpha$	619.5		[19.0]	720.4	Gb.	1730	
„ 7	11.5a	Sattel zwischen Wamalawua- u. Ruassikowe-Fluß	K.	$\alpha$	612.4		[18.5]	720.2	Gb.	1824	
„ 7	0.1p	Zusmfluß des Lukämili und Ruassikowe	K.	$\alpha$	635.5		19.8	719.9	Gb.	1505	
„ 7	2.4p	Flacher Grat E.P. Lg. 34° 6.8' Br. —9° 25.9'	K.	$\alpha$	619.6		18.9	718.2	Gb.	1706	
„ 7	3.4p	Talkessel unterh. Djawila Lg. 34° 5.5' Br. —9° 26.9'	K.	$\alpha$	624.5		[24.6]	718.0	Gb.	1641	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
Mai	8	7.0a	Dorf Djawila (Jawiri) E.P.	K.	$\alpha$	615.0		13.8	719.4	Gb.	1783
Septbr.	8	6.0p	" "	G.	$\beta$	615.1	27	15.7	719.4	Gb.	1761
											} 1776
Mai	8	8.1a	Sattel der Randkette südl. von Djawila	K.	$\alpha$	621.3		[15.7]	719.8	Gb.	1703
"	8	9.4a	Randkette E.P. Lg. 34° 6.2' Br. — 9° 28.8'	K.	$\alpha$	620.4		15.5	720.1	Gb.	1703
"	8	10.0a	Sattel zwischen Kwitucha- und Likenge-Berg	K.	$\alpha$	625.7		19.0	720.1	Gb.	1643
"	7	7.1a	Gipfel des Likenge-Berges T.P.	F.	S. Th.	617.8		15.1	720.0	Gb.	} Höhe trigonometrisch bestimmt
"	7	8.3a	" "	Gl.	$\gamma$	611.3	18.4	15.8	720.5	Gb.	
"	8	10.4a	" "	K.	$\alpha$	614.4		18.4	720.0	Gb.	
"	8	0.8p	" "	K.	$\alpha$	616.5		[19.2]	719.1	Gb.	
"	8	1.1p	Sattel der Randkette Lg. 34° 7.5' Br. — 9° 30.9'	K.	$\alpha$	650.1		20.0	718.6	Gb.	1295
"	8	2.5p	Gipfel des Katokawi-Rückens E.P.	K.	$\alpha$	639.0		[19.6]	717.6	Gb.	1435
"	8	2.9p	Sattel zwischen Katokawi und Panika	K.	$\alpha$	650.0		[19.5]	717.4	Gb.	1287
"	8	3.8p	Gipfel des Panika-Rückens E.P.	K.	$\alpha$	640.3		[19.8]	717.2	Gb.	1521
"	11	10.0a	T.P. Panika	G.	$\beta$	672.7	26.0	22.1	720.9	Gb.	} Höhe trigonometrisch bestimmt
"	14	6.2p	" "	K.	$\alpha$	673.2		18.8	720.1	Gb.	
"	28	2.3p	" "	K.	$\alpha$	676.6		18.8	723.6	Gb.	
"	28	5.9p	" "	K.	$\alpha$	676.6		16.3	723.5	Gb.	
Juni	15	11.3a	Sattel beim verlassenen Dorfe Ssossomala	K.	$\alpha$	620.0		16.2	722.6	Gb.	1776
"	15	0.6p	Ssossomala-Berg E.P.	K.	$\alpha$	611.5		[15.8]	722.0	Gb.	} 1896
Septbr.	9	8.0a	" "	G.	$\beta$	605.9	26.0	20.0	721.0	Gb.	
Juni	16	7.1a	Kinjuero-Berg T.P.	K.	$\alpha$	604.8		[10.0]	722.1	Gb.	} 1996
Septbr.	9	10.3a	" "	G.	$\beta$	597.4	26	21.1	721.1	Gb.	
Juni	16	9.4a	Pasanu-Berg E.P.	K.	$\alpha$	596.1		[16.1]	723.0	Gb.	2119
"	16	4.5p	Utanosiwua-Berg und Dorf T.P.	K.	$\alpha$	589.2		11.5	720.5	Gb.	} 2194
"	17	7.7a	" "	K.	$\alpha$	589.4		9.5	722.5	Gb.	
"	17	8.4a	Sattel beim Dorfe Popilinga	K.	$\alpha$	595.0		[11.0]	722.8	Gb.	2118
"	17	9.3a	Übergang über den Liroro-Fluß	K.	$\alpha$	604.0		13.5	723.0	Gb.	1996
"	17	10.8a	Am Pamikumbullu-Berg	K.	$\alpha$	587.0		10.2	722.9	Gb.	2220
"	17	1.1p	Sattel zwischen Diuda- u. Kissaäsi-Berg	K.	$\alpha$	588.8		12.9	721.8	Gb.	2190
"	17	1.5p	Am Nitule-Fluß	K.	$\alpha$	600.0		14.0	721.5	Gb.	2030
"	17	2.0p	Übergang über den Nitule-Fluß	K.	$\alpha$	593.8		12.5	721.2	Gb.	2040
"	17	7.1p	Dorf Misiwua	K.	S. Th.	575.9		6.8	721.4	Gb.	2392
"	18	8.5a	T.P. Misiwua	K.	$\alpha$	573.2		8.1	722.8	Gb.	2423
"	18	0.8p	Östliche Kuppe des Kisasi-Berges	K.	$\alpha$	557.2		9.1	721.9	Gb.	2638
"	18	1.4p	Unterwegs im Nebel auf d. Kamm d. Randkette	K.	$\alpha$	551.4		[10.0]	721.6	Gb.	2729
"	18	1.5p	" "	K.	$\alpha$	551.0		[10.0]	721.6	Gb.	2737
"	18	1.7p	" "	K.	$\alpha$	550.1		[10.0]	721.4	Gb.	2748
"	18	1.9p	Gipfel des Katenga-Berges T.P.	K.	$\alpha$	548.5		[10.0]	721.3	Gb.	} Höhe trigonometrisch bestimmt
"	19	8.1a	" "	K.	$\alpha$	549.1		9.4	722.6	Gb.	
"	19	1.2p	Sattel nordwestlich der Bumbega-Kuppe	K.	$\alpha$	545.8		[13.8]	721.7	Gb.	2820
"	19	2.2p	Elton-Plateau T.P. Lg. 33° 51.6' Br. — 9° 5.1'	K.	$\alpha$	543.0		[12.8]	721.1	Gb.	2859
"	19	3.0p	" T.P. Lg. 33° 51.2' Br. — 9° 4.2'	K.	$\alpha$	540.5		11.5	720.7	Gb.	2898
"	20	6.2a	An der südl. Kijingia-Quelle	K.	$\alpha$	548.0		6.1	721.6	Gb.	2760
"	20	9.2a	Elton-Plateau T.P. Lg. 33° 48.3' Br. — 9° 0.9'	K.	$\alpha$	545.4		13.1	723.0	Gb.	2843

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	o	o	mm		m	Mittel m
Juni	20	1.2p	Sattel Lg. 33° 46.4' Br. — 9° 1.3'	K.	α	552.1		[17.8]	721.7	Gb.	2733
"	20	5.3p	Muanderide-Berg T.P.	K.	α	549.1		9.0	720.8	Gb.	2764
"	21	11.5a	"	K.	α	550.0		14.2	722.6	Gb.	2749
Sept.	22	10.0a	"	G.	S. Th.	553.1		16.4	720.4	Gb.	2749
Juni	20	8.2p	Sattel bei Muanderide Lg. 33° 44.4' Br.—9° 0.1'	K.	S. Th.	556.6		6.0	722.1	Gb.	2684
"	21	0.8p	Nordwestliche Ecke des Elton-Plateaus, Inseke-Berg Lg. 33° 43.3' Br. —8° 59.7'	K.	α	553.9		15.2	721.9	Gb.	2689
"	21	1.0p	Am Fuß dieser Ecke	K.	α	562.0		[16.0]	721.8	Üb.	2569
"	21	1.7p	Übergang über einen Bach	K.	α	575.6		[15.8]	721.4	Üb.	2353
"	21	2.0p	"	K.	α	578.0		[15.7]	721.3	Üb.	2316
"	21	2.3p	"	K.	α	586.4		[15.7]	721.1	Üb.	2193
"	21	3.9p	Schmalere Bergrücken zwischen zwei Bächen	K.	α	581.0		[15.8]	720.6	Üb.	2280
"	21	4.0p	Übergang über einen Bach	K.	α	584.0		[15.9]	720.6	Üb.	2232
"	21	4.5p	" den Irambo-Bach	K.	α	589.2		[15.0]	720.6	Üb.	2151
"	22	1.1p	" Patagwa-Fluß	K.	α	593.3		15.0	721.8	Pl.	2082
"	22	1.8p	Bergrücken nordwestlich davon	K.	α	584.0		[15.0]	721.4	Pl.	2200
"	22	3.3p	Nsantse-Berg T.P.	K.	α	580.4		13.1	720.6	Pl.	2229
"	23	6.6a	Ndowo-Fluß bei Mwanibungus Dorf	K.	α	591.1		8.4	722.0	Pl.	2130
"	23	9.5a	Übergang über den Ngoje-Bach	K.	α	609.5		16.2	723.1	Pl.	1880
"	23	0.7p	Ebene Seradji westl. d. Niembeje-Kraters	K.	α	617.9		[21.6]	722.0	Pl.	1729
"	18	4.4p	Itende (Iguli) am Imeta-Fluß	Gl.	β	637.0	18.4	13.4	720.7	Pl.	1584
"	18	4.4p	"	Gl.	γ	623.0	18.4	13.4	720.7	Pl.	1616
"	23	2.3p	"	K.	α	627.2		21.3	721.1	Pl.	1603
April	27	1.2p	Tembe Mturakosi in Ubena	Gl.	γ	626.9	28.4	23.8	719.6	Pl.	1565
"	27	1.9p	" ja Msauo "	Gl.	γ	627.9	29.3	24.6	719.2	Pl.	1550
"	28	7.6a	" Kaganga "	Gl.	γ	631.1	20.5	18.2	720.1	Pl.	1519
"	28	6.0p	" Kangaman "	Gl.	γ	624.6	24.5	[19.7]	719.0	Pl.	1603
"	29	8.7a	Mbarali-Brücke bei Kihanga	Gl.	γ	627.8	24.1	21.3	720.4	Pl.	1577
"	29	8.8a	Hügel zwischen Mbarali- und Mpänjo-Fluß	Gl.	γ	627.5	24.3	[21.4]	720.4	Pl.	1580
"	29	10.6a	Uhawangamenda	Gl.	γ	625.6	27.4	23.4	720.3	Pl.	1596
"	29	5.1p	Tembe Mgamba	Gl.	γ	632.0	26.0	21.0	717.9	Pl.	1489
"	30	9.1a	Kwa Kanjaga	Gl.	γ	614.6	24.0	21.0	720.8	Gb.	1761
"	30	10.6a	Übergang über den Muhawe-Fluß	Gl.	γ	601.6	22.4	[18.4]	720.6	Gb.	1930
"	30	11.4a	Sattel Lg. 34° 18.8' Br. —8° 53.2'	Gl.	γ	596.1	23.5	19.2	720.2	Gb.	2007
"	30	2.9p	Lager in der Landschaft Unjota	Gl.	γ	601.0	26.0	21.2	717.9	Gb.	1927
Mai	1	9.4a	Hügel Lg. 34° 15.0' Br. —9° 1.8'	Gl.	γ	611.6	25.2	[22.0]	720.6	Gb.	1808
"	1	10.2a	Übergang über den Rikuku-Fluß	Gl.	γ	620.2	28.9	25.2	720.5	Gb.	1695
"	1	0.1p	Dorf Rupaliro	Gl.	γ	603.2	24.2	19.8	719.7	Gb.	1902
"	1	1.9p	Wahitschumbu-Fluß	Gl.	γ	619.6	25.7	21.0	718.5	Gb.	1665
"	1	4.5p	Lager in der Landschaft Issassa	Gl.	γ	598.1	22.9	17.9	717.6	Gb.	1963
"	2	6.0p	" beim Dorf Pangule	Gl.	γ	565.2	16.1	11.3	718.5	Gb.	2431
"	3	0.1p	Übergang über den Tanaro-Fluß	Gl.	γ	601.7	26.2	21.8	720.4	Gb.	1941
"	3	0.9p	Dorf i. Ldsch. Mteta Lg. 34° 10.8' Br. —9° 20.0'	Gl.	γ	593.9	24.4	19.8	719.9	Gb.	2040
"	3	2.9p	Übergang über den Wamadowera-Fluß	Gl.	γ	606.1	24.8	20.0	718.6	Gb.	1861
"	5	11.1a	Kulusulitale-Berg	Gl.	γ	575.4	16.9	12.7	720.1	Gb.	2278
"	5	11.4a	Sattel zwischen Kulusulitale und Kundwoledsi	Gl.	γ	583.8	17.3	13.1	720.0	Gb.	2154
"	5	0.4p	Kundwoledsi-Berg	Gl.	γ	576.2	19.9	15.5	719.6	Gb.	2274
"	5	3.8p	Mbongólo-Rücken	Gl.	γ	581.4	19.0	14.0	717.8	Gb.	2190
"	5	5.9p	Lager beim Dorf Liweranji	Gl.	γ	592.8	17.8	13.0	718.1	Gb.	2028

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
Mai	6	7.7a	Übergang über den Wukingwa-Fluß	Gl.	$\gamma$	605.9	15.5	13.2	720.0	Gb.	1854
"	6	9.4a	Iwanuëka (Kihanga)	Gl.	$\gamma$	595.9	18.3	15.1	720.4	Gb.	2003
"	6	0.7p	Überg. üb. nördl. Quellfluß des Rumbira (Libande)	Gl.	$\gamma$	652.1	23.5	19.0	720.0	Gb.	1238
"	6	1.8p	Kuppe Lg. 34° 8.6' Br. —9° 28.2'	Gl.	$\gamma$	622.0	21.6	16.9	719.9	Gb.	1635
"	6	2.5p	Vorberg d. Kwitucha Lg. 34° 7.8' Br. —9° 28.3'	Gl.	$\gamma$	617.0	21.2	[16.5]	719.6	Gb.	1702
"	6	3.5p	Kwitucha-Berg	Gl.	$\gamma$	609.8	19.9	15.0	719.3	Gb.	1801
"	7	10.3a	Übergang über den Isaro-Fluß	Gl.	$\gamma$	700.5	27.1	23.3	720.4	Gb.	640
Juni	1	9.5a	Mbaka-Fluß bei Muakilingas	Gl.	S. Th.	722.7		22.1	722.6	Gb.	480
"	1	1.2p	Kassiabona-Fluß beim Einfluß in den Lufurio	Gl.	$\beta$	731.4	27.4	25.8	720.8	Gb.	488
"	1	1.2p	"	Gl.	$\gamma$	714.6	27.4	25.8	720.8	Gb.	494
"	1	3.7p	Muankenjas Dorf Kissale	Gl.	$\beta$	730.6	28.0	23.1	719.6	Gb.	491
"	1	3.7p	"	Gl.	$\gamma$	713.2	28.0	23.1	719.6	Gb.	493
"	2	11.1a	Dorf Ndwere	Gl.	$\beta$	697.2	25.2	21.0	722.7	Gb.	922
"	2	11.1a	"	Gl.	$\gamma$	680.0	25.2	21.0	722.7	Gb.	942
"	3	11.8a	Frühere Nebenstation Kassiabona	Gl.	$\beta$	663.5	21.4	17.0	721.9	Gb.	1321
"	3	11.8a	"	Gl.	$\gamma$	647.3	21.4	17.0	721.9	Gb.	1351
Oktbr.	7	5.0p	"	G.	S. Th.	649.1		22.4	715.8	Gb.	1341
Juni	4	11.4a	Bei Mankugas Dorfe Lg. 33° 45.9' Br. —9° 14.9'	Gl.	$\beta$	654.5	18.3	14.0	722.4	Gb.	1432
"	4	11.4a	"	Gl.	$\gamma$	638.9	18.3	14.0	722.4	Gb.	1453
"	4	7.3p	Makawungus Dorf	Gl.	$\beta$	655.6	16.5	12.4	721.6	Gb.	1417
"	4	7.3p	"	Gl.	$\gamma$	639.9	16.5	12.4	721.6	Gb.	1435
"	5	0.6p	Dorf Pifunda Lg. 33° 37.3' Br. —9° 11.8'	Gl.	$\beta$	659.7	19.5	15.0	722.6	Gb.	1372
"	5	0.6p	"	Gl.	$\gamma$	643.7	19.5	15.0	722.6	Gb.	1388
"	6	10.4a	Rasthaus bei der Mission Rungwe	Gl.	$\beta$	657.2	20.4	16.6	722.5	Gb.	1408
"	6	10.4a	"	Gl.	$\gamma$	641.7	20.4	16.6	722.5	Gb.	1416
August	11	8.0a	"	G.	S. Th.	647.1		14.9	722.9	Gb.	1427
Juni	7	0.6p	Am Kasurwisi-Fluß, Landschaft Janda Lg. 33°	Gl.	$\beta$	641.0	20.8	16.3	721.7	Gb.	1604
"	7	0.6p	28.5' Br. —9° 5.8'	Gl.	$\gamma$	626.1	20.8	16.3	721.7	Gb.	1618
"	8	9.8a	Igale-Paß	Gl.	$\beta$	618.5	17.9	14.4	722.7	Gb.	1914
"	8	9.8a	"	Gl.	$\gamma$	604.4	17.9	14.4	722.7	Gb.	1931
Oktbr.	20	8.0a	"	G.	B.	596.6	25	14.9	718.4	Gb.	1946
Juni	8	10.7a	Minor-Berg	Gl.	$\beta$	616.7	19.5	15.5	722.5	Gb.	1937
"	8	10.7a	"	Gl.	$\gamma$	603.2	19.5	15.5	722.5	Gb.	1951
"	8	3.1p	Am Balisi-Fluß beim Dorfe Pampoli	Gl.	$\beta$	649.2	24.8	20.0	720.2	Pl.	1482
"	8	3.1p	"	Gl.	$\gamma$	633.9	24.8	20.0	720.2	Pl.	1489
"	17	8.2p	Lager in einer Schlucht des Ngosi-Vulkans	Gl.	S. Th.	577.2		7.5	721.9	Gb.	2379
"	18	7.8a	Ein Punkt der Umwallung des Isumbi-Kraters	Gl.	$\beta$	577.8	6.7	4.4	722.5	Gb.	2393
"	18	7.8a	des Ngosi-Vulkans Lg. 33° 34.5' Br. —8° 59.7' 1)	Gl.	$\gamma$	570.4	6.7	4.4	722.5	Gb.	2386
"	18	8.0a	"	G.	U-R.	616.9	8.1	4.8	722.6	Gb.	2384
"	18	8.0a	"	G.	B.	567.7	14.0	4.8	722.6	Gb.	2400
Sept.	26	9.0a	"	G.	B.	566.4	19.0	14.8	720.5	Gb.	2426

1) Lg. und Br. gilt für die Karte von Deutsch-Ostafrika 1 : 300 000 Blatt F. 3. Die wahre Lage des Ngosi-Vulkans ist anders, als auf dieser Karte angegeben.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
Juni 18	9.8a	Dorf Musewü	Gl.	$\beta$	591.4	15.9	12.4	723.1	Gb.	2243	} 2224
" 18	9.8a	"	Gl.	$\gamma$	582.4	15.9	12.4	723.1	Gb.	2245	
" 18	10.0a	"	G.	B.	580.5	22.0	12.4	723.1	Gb.	2233	
Sept. 26	6.0p	"	G.	S. Th.	587.2		14.0	717.8	Gb.	2217	
Juni 18	0.9p	Ostfuß des Niembeje-Kraterbergs	Gl.	$\beta$	620.5	23.6	19.0	721.8	Gb.	1829	} 1845
" 18	0.9p	"	Gl.	$\gamma$	607.9	23.6	19.0	721.8	Gb.	1853	

## II. Von Götze besuchte Punkte.

März 29	11.8a	Ldsch. Tsansingewe Lg. 34° 42.1' Br. —9° 34.2'	G.	U-R.	629.8		17	718.3	Gb.	2103	
" 30	0.4p	Lager beim Dorfe Mkadoto	G.	U-R.	628.5		18.5	717.9	Gb.	2132	
" 30	3.8p	Kidungala-Berg	G.	U-R.	610.3		13	716.1	Gb.	2439	
" 31	4.8p	Lager am Likugu-Bach	G.	U-R.	652.9		17.2	715.7	Gb.	1712	
April 1	10.0p	" bei Bagati am Djamimbi	G.	U-R.	653.2		14.2	718.1	Gb.	1638	
Mai 13	3.0p	Am nördl. Quellfuß des Rumbira (Libande)	G.	B.	687.5	24.2	23.3	718.1	Gb.	823	
" 15	8.0a	Kirunde-Berg E.P.	G.	U-R.	632.9	16.8	13.4	717.4	Gb.	2111	} 2110
" 15	8.0a	"	G.	B.	591.0	14.8	13.4	717.4	Gb.	2109	
" 16	9.0p	Lager im Sattel Lg. 34° 12.6' Br. —9° 27.0'	G.	B.	585.0	16.2	11.0	722.0	Gb.	2252	
" 17	6.0p	Lager bei Bakirulu	G.	B.	581.6	15.8	12.0	719.0	Gb.	2269	
" 18	4.0p	Djilulu-Paß der Straße Bulongwa-Tandala	G.	B.	567.2	15.0	13.8	719.6	Gb.	2487	
" 19	9.0a	Djilulu-Berg T.P.	G.	S. Th.	555.8		11.1	722.6	Gb.	Höhe trigono-	
" 20	2.0p	Mission Bulongwa E.P.	G.	B.	585.9	14.0	11.0	719.6	Gb.	2175	metr. be-
" 21	8.0a	Bulongwa-Berg E.P. (nördlicher Vorberg des	G.	S. Th.	583.1		10.6	722.3	Gb.	2300	} 2304
Sept. 10	9.2a	Djidolidoli)	G.	B.	577.9	27	19.8	721.4	Gb.	2321	
Mai 25	8.0a	Luwäga-Berg T.P.	G.	B.	568.8	18	11.4	721.5	Gb.	2437	
" 25	10.3a	Übergang über den Pangara-Fluß	G.	B.	586.2	19	17.0	721.7	Gb.	2188	
" 25	11.1a	" Liroro-Fluß	G.	B.	585.1	22	18.8	721.6	Gb.	2205	
" 26	10.0a	Kinjika-Berg T.P.	G.	S. Th.	553.9		12.2	722.1	Gb.	2725	
" 28	8.0a	Berg Lg. 34° 7.4' Br. —9° 12.5' E.P.	G.	B.	556.5	15	5.9	723.6	Gb.	2607	
" 28	10.0a	Übergang über den Lupembe (Mkenja)-Fluß	G.	B.	573.9	21	13.8	724.0	Gb.	2369	
" 28	4.0p	Kipengere-Rücken (Südost-Kuppe) E.P.	G.	S. Th.	549.8		7.2	722.0	Gb.	2788	
" 29	7.0a	Kipengere-Rücken (östl. T.P.)	G.	U-R.	592.8	6	2.2	723.8	Gb.	2840	} 2821
" 29	7.0a	"	G.	B.	542.3	9	2.2	723.8	Gb.	2812	
" 29	10.5a	Kipengere-Rücken (westl. T.P.)	G.	S. Th.	549.9		13.2	724.6	Gb.	2816	
" 30	10.0a	Lidunda-Berg T.P.	G.	S. Th.	591.9		16.3	724.1	Gb.	2197	
Juni 2	1.0p	Pikurugwe-Rücken (T.P. am Südost-Ende)	G.	S. Th.	541.3		11.0	721.6	Gb.	2903	} 2896
Sept. 16	10.3a	"	G.	U-R.	590.6	10.6	9.8	720.8	Gb.	2847	
" 16	10.3a	"	G.	B.	536.9	16	9.8	720.8	Gb.	2881	
Juni 3	10.0a	Übergang über den Numbi-Fluß	G.	B.	603.2	26	19.8	722.6	Gb.	1908	
" 3	2.0p	Lipanje-Rücken T.P.	G.	S. Th.	563.4		13.2	721.0	Gb.	2571	
" 4	10.0a	E.P. auf Bergrücken Lg. 33° 59.5' Br. —8° 58.7'	G.	U-R.	632.2	14	13.9	722.6	Gb.	2127	} 2128
" 4	10.0a	"	G.	B.	586.9	21	13.9	722.6	Gb.	2129	
" 5	Mtg.	Tjuni-Berg T.P.	G.	S. Th.	591.3		18.0	721.7	Gb.	2177	
" 6	Mtg.	Muigi-Berg T.P.	G.	S. Th.	600.1		19.0	721.8	Gb.	2057	
" 7	3.0p	T.P. Lg. 34° 4.2' Br. —8° 50.2'	G.	S. Th.	672.0		22.6	720.2	Pl.	1069	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	°	°	mm		m	Mittel m
Juni	13	11.0a	Ruiwa	G.	B.	661.0	18	19.8	722.8	Pl.	1234
"	13	6.0p	Überg. über den Ngoje-Fluß, Landsch. Fingano	G.	B.	631.2	20.5	14.4	720.8	Pl.	1498
"	16	7.0p	Ngoneremalis Dorf Tengano	G.	B.	667.8	13.0	10.2	721.4	Pl.	1030
"	27	5.4p	Kamm d. Beja-Gebirges Lg. 33° 23.0' Br.—8° 50.3'	G.	S. Th.	564.5		10.4	720.8	Gb.	2569
"	4	9.0a	Gipfel des Beja-Berges T.P.	F.	S. Th.	544.5		6.7	722.8	Gb.	Höhe trigono- metr. bestimmt
"	28	9.3a	" "	G.	S. Th.	549.2		11.9	725.0	Gb.	
Juli	3	5.5p	Kamm d. Beja-Gebirges Lg. 33° 17.1' Br.—8° 48.2'	G.	B.	593.4	17	13.1	721.0	Gb.	2058
August	5	9.3a	Punkt der Umwallung des Duwi-Kraters des Ngosi-Vulkans	G.	S. Th.	565.4		13.3	723.2	Gb.	2565
"	7	9.3a	Mbeje, kleiner Kraterberg zwischen Ngosi und Rungwe E.P.	G.	S. Th.	600.9		18.8	723.2	Gb.	2062
"	9	11.8a	Kalengalenga-Berg	G.	S. Th.	617.2		21.6	722.4	Gb.	1831
"	9	5.5p	Quelle des Safia-Baches am Kalengalenga	G.	B.	620.7	16	11.9	721.6	Gb.	1670
"	13	8.0a	Gipfel des Rungwe-Vulkans T.P.	G.	S. Th.	537.5		6.5	722.9	Gb.	Höhe trigono- metr. bestimmt
Sept.	29	4.7p	" "	G.	S. Th.	538.4		10.8	717.0	Gb.	
Okt.	26	4.8p	" "	F.	S. Th.	536.1		11.4	714.5	Gb.	
Aug.	13	0.8p	Götzes Lager am Abhang des Rungwe	G.	S. Th.	558.5		16.2	722.0	Gb.	2664
"	14	7.8a	Kraterrand des Lusiwa-Kraters	G.	B.	577.5	21.5	10.4	722.9	Gb.	2265
"	14	8.2a	Kratersohle des Lusiwa-Kraters	G.	B.	585.0	21.5	10.4	723.0	Gb.	2155
"	14	5.0p	Lager beim Dorfe Makirassas	G.	S. Th.	645.0		17.0	721.4	Gb.	1450
"	16	7.2a	Süd-Fuß des Lianduli-Berges	G.	B.	611.9	13	11.3	722.7	Gb.	1775
Sept.	7	1.3p	Kinjoko-Spitze T.P.	G.	S. Th.	623.0		23.4	719.6	Gb.	1727
"	7	2.5p	Djawile-Spitze E.P.	G.	B.	611.7	25.5	19.8	719.0	Gb.	1800
"	9	11.5a	Übergang über den Ruassikowa-Fluß	G.	B.	622.3	29	24.4	720.7	Gb.	1675
"	12	8.0a	" " Liroro-Fluß	G.	B.	599.7	23	16.7	721.2	Gb.	1985
"	12	11.0a	Dorf Matukuwe E.P.	G.	B.	573.8	21	21.2	720.7	Gb.	2364
"	12	1.8p	Gipfel des Dinda-Berges	G.	S. Th.	553.2		14.8	718.5	Gb.	2714
"	13	8.0a	" "	G.	B.	549.0	12	10.2	721.0	Gb.	2718
"	13	10.8a	Höchste Erhebung d. Tawuäge-Rückens T.P.	G.	S. Th.	545.3		21.1	720.7	Gb.	2886
"	13	4.5p	Mawawa-Berg	G.	B.	546.0	22	11.6	718.2	Gb.	2753
"	14	10.8a	Tengere-Berg E.P.	G.	B.	555.6	20	18.6	720.7	Gb.	2625
"	16	0.5p	Jantowe-Spitze T.P. a. Nordw.-Ende d. Pikurugwe-Rückens. Höchste Erheb. d. Livingstone-Gebirges	G.	S. Th.	539.3		13.7	719.3	Gb.	2933
"	17	9.7a	Kidjera, Ende des Lipanje-Rückens	G.	S. Th.	561.7		15.2	720.8	Gb.	2617
"	19	10.0a	Kungura-Berg T.P.	G.	S. Th.	546.7		13.0	720.6	Gb.	2837
"	20	11.2a	Tschinga-Berg T.P.	G.	S. Th.	557.4		18.0	719.9	Gb.	2675
"	20	6.0p	Übergang über den Njerere-Fluß	G.	B.	564.1	14	10.9	718.1	Gb.	2444
"	21	1.0p	Berg Lg. 33° 46.6' Br.—9° 0.8' T.P.	G.	B.	540.8	24	15.1	718.6	Gb.	2792
"	22	Mtg.	E.P. auf Berg Lg. 33° 43.4' Br.—8° 59.7'	G.	B.	549.3	11.0	19.9	719.3	Gb.	2682
"	23	7.0a	Südwest-Fuß dieses Berges	G.	B.	558.6	9	8.3	720.0	Gb.	2519
"	24	7.5a	E.P. auf flachem Rücken Lg. 33° 38.0' Br.—8° 59.1'	G.	B.	568.1	17	10.7	720.1	Gb.	2385
"	24	10.0a	" "	G.	B.	568.2	22	16.0	720.2	Gb.	2397
"	22	0.1p	Spiegel des Isumbi (Wentzel-Heckmann)-Sees	F.	S. Th.	597.8		17.0	719.1	Gb.	2063
"	26	10.5a	im Isumbi-Krater des Ngosi-Vulkans	G.	B.	590.9	24.0	18.6	720.0	Gb.	2062
"	28	11.5a	Rungwe-Gebirge T.P. Lg. 33° 38.2' Br.—9° 5.7'	G.	B.	544.2	23	15.0	719.7	Gb.	2737
"	28	1.5p	" " T.P. Lg. 33° 40.0' Br.—9° 6.9'	G.	B.	535.8	23	11.0	717.7	Gb.	2832

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1899					mm	o	o	mm		m	Mittel m
Oktbr.	2	10.0a	Lianduli-Berg E.P.	G.	B.	597.0	29	17.3	719.7	Gb.	1951
"	3	6.5a	Mission Muakaleli	G.	B.	624.3	10	7.3	719.0	Gb.	1586
"	3	10.3a	Gipfel des Kiejo-Vulkans T.P.	G.	S. Th.	595.1		16.9	719.5	Gb.	2118
"	4	9.5a	Mandanji, Vorberg des Kiejo	G.	B.	603.7	27	18.3	719.6	Gb.	1854
"	4	0.5p	Mission Manow	G.	B.	625.0	29	22.1	717.9	Gb.	1538
"	5	11.0a	Spiegel des Tschungruru-Sees im Krater des Nganjasa-Vulkans	G.	B.	672.8	30	23.3	719.0	Gb.	917
"	5	11.5a	Höchste Erhebung des Kraterrandes des Nganjasa-Vulkans	G.	B.	663.2	30	26.0	718.6	Gb.	1038
"	9	10.0a	Guguësi-Fluß Lg. 33° 49.0' Br. —9° 21.5'	G.	B.	697.5	31	27.1	719.1	Gb.	1129
"	9	1.5p	Ikapä-See	G.	S. Th.	702.9		30.6	716.8	Gb.	653
"	9	5.5p	Kikussa-Berg	G.	B.	656.0	30	25.1	715.7	Gb.	1112
"	10	7.0a	Bergücken Lg. 33° 48.2' Br. —9° 18.2'	G.	B.	662.7	20	20.0	718.6	Gb.	1053
"	10	9.5a	Mbaka-Fluß Lg. 33° 46.0' Br. —9° 18.5'	G.	B.	689.6	30	29.2	719.2	Gb.	717
"	11	6.5a	Mwambugas Dorf	G.	B.	670.8	21	18.6	718.3	Gb.	946
"	12	11.5a	Frühere Nebenstation Massewe	G.	S. Th.	672.4		28.8	718.1	Gb.	1057
"	17	1.5p	Lavabrücke Tschiwuë über den Kiwira-Fluß	G.	B.	658.0	31	26.3	716.2	Gb.	1092
"	19	9.2a	Pajona-Berg	G.	B.	606.5	25	19.0	718.6	Gb.	1815
"	21	6.5a	Dorf Swira	G.	B.	624.3	18	15.5	717.6	Pl.	1754
"	21	9.5a	E.P. am Maganjo-Berge Lg. 33° 22.5' Br. —9° 1.9'	G.	B.	611.3	27	23.8	718.5	Pl.	1751
"	22	6.2a	Dorf Muigagas	G.	B.	604.6	15	11.8	717.5	Pl.	1826
"	22	9.2a	Mpäsü-Berg in Malila	G.	S. Th.	590.7		18.3	718.5	Gb.	2178
"	23	10.5a	Usenga (Tsharupwa)-Berg T.P.	G.	S. Th.	580.8		23.9	718.0	Gb.	2292
Nvbr.	16	Mtg.	Mbeje-Berg in Unjika Lg. 33° 12.2' Br. —9° 14.3'	G.	B.	585.2	23	20.2	716.2	Gb.	2086
"	17	11.0a	Wuiga-Berg in Malila	G.	S. Th.	574.8		20.1	716.9	Gb.	2389
"	17	Mtg.	Mbogo-Berg " T.P.	G.	B.	564.9	31	21.3	716.2	Gb.	2394
"	18	11.8a	Wurungu-Berg "	G.	S. Th.	577.4		19.2	716.4	Gb.	2339
"	19	9.5a	Mawunudji-Berg "	G.	B.	566.8	23	17.8	717.5	Gb.	2380
"	19	10.8a	Bandimi-Berg "	G.	S. Th.	575.5		20.8	717.0	Gb.	2383
"	19	1.0p	Manakaronge-Berg "	G.	B.	573.3	26	20.1	715.3	Gb.	2253

#### 42. Trigonometrische Höhenbestimmungen unter Zugrundelegung der Routenaufnahmen und der Kompaß-Fernpeilungen.

Im nördlichen Teil unseres Reisewegs habe ich einen Versuch zu angehöhten Höhenbestimmungen gemacht, der mir des allgemeinen Interesses nicht zu entbehren scheint. Da es mir infolge der Eile, mit der die Expedition durchgeführt werden mußte, nicht möglich war, die Bergriesen, meist vulkanischer Natur, an denen unser Weg vorüberführte, zu besteigen und auch eine richtige trigonometrische Höhenbestimmung mangels einer Triangulation nicht möglich war, so habe ich, um wenigstens genäherte Höhenzahlen zu bekommen, eine trigonometrische Höhenbestimmung ohne vorherige Triangulation versucht. Die Entfernung des betreffenden Berges von dem Standort, an dem ich die Zenitdistanz gemessen hatte, wurde aus der Konstruktion meiner Routenaufnahmen und Fernpeilungen entnommen, die die Herren Sprigade und Moisel in ihrem Büro von Herrn Erdmann haben ausführen lassen.

Es ist klar, daß diese Art Höhenbestimmungen nur von geringer Genauigkeit sein kann; immerhin sind die Fehler nicht größer als die, die manchen baro-

Tabelle 85. Genäherte trigonometrische Höhen und Vergleich mit den wahren Werten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ziel	Entfernung $= s$ km	Gemessene Höhe über dem Meere m	Wahre Höhe über dem Meere m	Verbesserung der gemess. Höhe m	Mittel der gemessenen Höhen m	Abw. vom Mittel M-B m	Diff. Quot. d. Höhe n. d. Entfern. $= \frac{dh}{ds}$	Fehler der Entfernung km	Fehler der Entfernung auf 10 km km	
Leirudirud, höchste Stelle des Niarasa-Grabenrandes	27.65 24.6	1928 1896			1921	- 7 + 25	0.008 0.035	-0.9 +0.7	-0.32 +0.29	
Donjo Ndorobbo, erste Kuppe des Kratterrandes	14.7 13.5 28.95	3203 3174 3179				3186	- 17 + 12 + 7	0.099 0.106 0.075	-0.2 +0.1 +0.1	-0.12 +0.08 +0.03
Donjo Ndorobbo, zweite Kuppe des Kratterrandes	15.2 14.2	3211 3188			3199		- 12 + 11	0.097 0.102	-0.1 +0.1	-0.08 +0.08
Donjo Ndorobbo, vierte Kuppe des Kratterrandes	14.7 28.35	3193 3157				3179	- 14 + 22	0.098 0.076	-0.1 +0.3	-0.10 +0.10
Neirobi	20.0 18.45	3232 3170			3207		- 25 + 37	0.075 0.116	-0.3 +0.3	-0.17 +0.17
Lumalo	14.75	2897				2897				
Donjo Engei	15.5 90.1	2879 2932	{2875 <sup>1)</sup>	- 4 - 57			0.144 0.031	0.0 -1.8	-0.02 -0.20	
Gelei	24.7 67.0	3031 2990		{2946	- 85 - 44			0.097 0.040	-0.9 -1.1	-0.35 -0.16
Donjo Ssambu, Südkuppe	52.9 35.9	2092 1971	{2022 <sup>2)</sup>		- 70 + 51			0.030 0.040	-2.3 +1.3	-0.44 +0.35
Donjo Ssambu, Nordkuppe	35.4	2027		1960	- 67			0.041	-1.6	-0.46
Schombole	60.3 28.95 20.3	1642 1619 1546	1588	- 54 - 31 + 42			0.020 0.034 0.046	-2.7 -0.9 +0.9	-0.45 -0.32 +0.45	
Höchste Stelle des Grabenrandes oberhalb Nguruman	40.9	2411				2411				
Donjo Erok in Matabatū, südl. Plateaukante	14.1 35.2	2436 2373				{2410 <sup>3)</sup>	- 26 + 37	0.079 0.037	-0.3 +1.0	-0.23 +0.28

1) Siehe Tabelle 87 S. 226.

2) Von der deutschen Grenz-Kommission bestimmt.

3) Ein von mir etwa 50 m höher als die Plateaukante geschätzter trigonometrischer Punkt der englischen Triangulation hat die Höhe 2553 m.

1	2 km	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8	9 km	10 km
Longido	6.4	2623	} 2635	+ 12			0.202	+0.1	+0.09
"	24.9	2527		+108			0.057	+1.9	+0.76
Meru	53.25	4542	4558	+ 16			0.067	+0.2	+0.04
Kibo	55.35	5864	5891	+ 27			0.089	+0.3	+0.05
Donjo Benne	2.4	1892			1892				
Donjo Ssogoneu	12.4	2091			2091				
Berg nördl. v. Madji-ja-njuu	1.0	1231			1231				
Berg östl. v. Madji-ja-njuu	4.5	1234			1234				
Kwisu-Berg im Pare-Gebirge	9.5	1928			1928				
Kende, südl. Kuppe	7.0	2024			2024				
Buene-Berg	5.5	1168			1168				

metrischen Höhenbestimmungen aus früherer Zeit, bei denen die klimatischen Korrekturen nicht berücksichtigt sind, anhaften. Sie setzen sich zusammen aus dem Fehler der Höhe meines Standpunktes, die aus Tabelle 62, 68 oder 87 entnommen wurde, dem Refraktionsfehler und dem von der fehlerhaften, der Konstruktion entnommenen Entfernung herrührenden Fehler. Der letztere dürfte so stark überwiegen, daß die anderen beiden daneben kaum in Betracht kommen. Das Gelingen des Versuchs hing also in erster Linie von der Genauigkeit der Routenaufnahme ab umsomehr, als die Messung der Zenitdistanzen nach denselben Bergen aus ganz verschiedenen Richtungen, in verschiedenen Entfernungen und von verschiedenen Höhenlagen aus erfolgt ist. Die Resultate enthält Tabelle 85.

Von einer Anzahl der in Tabelle 85 enthaltenen Berge sind die wahren Höhen nachträglich durch die Grenztriangulation zwischen Deutsch- und Britisch-Ostafrika bekannt geworden, sodaß mein Versuch eine ausgiebige Kontrolle erfahren hat. Die von der englischen Grenz-Kommission ermittelten Höhen<sup>1)</sup> stehen in Spalte 4, die Verbesserungen, die meine Zahlen danach erfordern, in Spalte 5.

Bei der Mittelbildung der anderen mehrfach beobachteten Höhen wurde den Beobachtungen ein Gewicht  $= 1 : s \cdot \frac{dh}{ds}$  erteilt.

Damit ergibt sich der größte vorkommende Höhenfehler zu 108 m und der mittlere Fehler zu  $\pm 33 \frac{h}{1000} m$ , was für diese rohe Methode und runde Höhenzahlen eine ganz annehmbare Genauigkeit darstellt. Nimmt man an, daß die Höhenfehler ausschließlich von der fehlerhaften Annahme der Entfernung herrühren, so bekommt man die in Spalte 9 stehenden Entfernungsfehler, während

1) G. E. Smith, From the Victoria Nyanza to Kilimanjaro in The Geographical Journal Bd. 29 S. 249 u. ff. 1907.

Spalte 10 dieselben Fehler reduziert auf eine Einheitsstrecke von 10 km enthält. Die Anzahl und die Verteilung der letzteren Fehler zeigt Tabelle 86.

Tabelle 86. Anzahl und Verteilung der Entfernungsfehler für die Strecke von 10 km.

Zwischen den Grenzen	liegen Fehler
0.0 km und 0.19 km	14
0.2 „ 0.39	8
0.4 „ 0.59	4
0.6 „ 0.76	1

Der größte vorkommende Fehler ist 0.76 km auf 10 km oder  $\frac{1}{13}$ , der mittlere Fehler  $\pm 0.3$  km oder  $\frac{1}{30}$  der Länge. Die Geringfügigkeit dieser Beträge zeigt die große Zuverlässigkeit der Routenaufnahmen.

Eine Reihe von Orten, an denen ich Fernpeilungen genommen hatte, konnte ich mit deren Hilfe rückwärts einschneiden, da die Zielpunkte später von der englischen Grenz-Kommission trigonometrisch festgelegt worden sind<sup>1)</sup>. Dadurch bekam ich für die in Tabelle 87 zusammengestellten Höhenbestimmungen genauere Entfernungswerte, die die Berechnung der wahren Höhen mit großer Annäherung ermöglichten.

Tabelle 87. Trigonometrisch bestimmte Höhen (Fortsetzung von Tabelle 80).

1	2	3	4	1	2	3	4
Zu bestimmender Punkt	Anschlußpunkt von bekannter Höhe	Höhe üb. dem Meere	Mittel	Zu bestimmender Punkt	Anschlußpunkt von bekannter Höhe	Höhe üb. dem Meere	Mittel
		m	m			m	m
Lager 53, am Ngare essero	Ssambu Süd Schombole	679	} 675	Lager 64 a. Lolmuti-Bache a. Nordwest-Fuße d. Landorödj-Gebirges	Gelei Schombole	640	} 638
„	Gelei	671 [682] <sup>2)</sup>			Ssambu Süd	635	
Pendel-Station Guasso njiro	Ssambu Nord Schombole	652	} 674	Donjo Engei	Lager 53	[2951] <sup>2)</sup>	} 2875
„	Aus d. englischen Grenzkarte entnommene Höhenzahl	672		„	Lager 64	2875	
„		686		Pendel-Station Ssigirari	Kibo	1151	} 1151
				„ „	Meru	1157	
					Longido	1145	

1) A. a. O. The Geographical Journal Bd. 29. S. 249 u. ff. 1907.

2) Wegen zu großer Nähe am Fuß des Berges konnte nicht der höchste Punkt eingestellt werden, daher ausgeschlossen.

Die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Werten ist befriedigend, woraus hervorgeht, daß die von mir angepeilten Punkte tatsächlich nahezu dieselben sind, wie die, die später von der Grenz-Kommission als trigonometrische Punkte genommen worden sind. Allein bei Guasso njiró weicht die aus Ssambu Nord berechnete Höhe etwas stark ab. Dies dürfte daher kommen, daß ich das Nordende des Bergkammes eingestellt habe, während der trigonometrische Punkt weiter südlich liegt; diese Höhe bekam daher halbes Gewicht.

Vier von den Höhen der Tab. 87 ermöglichen eine Kontrolle der entsprechenden barometrischen Höhenbestimmungen, wodurch die frühere Zusammenstellung (Tab. 61 S. 160) erweitert wird. Die Vergleiche sind in Tab. 88 enthalten und nach den Spaltenüberschriften verständlich.

Tabelle 88. Vergleich barometrischer und trigonometrischer Höhen. Fortsetzung von Tabelle 61.

1 Ort	2 Barometrische Höhe	3 Trigonometrische Höhe	4 Fehler der barome- trischen Höhe
Pendel-Station Guasso njiró (s. Tab. 62)	674 m	674 m	0 m
„ Ssigirari „	1139	1151	-12
Lager 53, am Ngare essero (s. Tab. 68)	678	675	+ 3
„ 64, am Landoródj-Gebirge „	661	638	+23

Die Fehler der Spalte 4 sind durchschnittlich größer als in Tab. 61, weil die hier aufgeführten barometr. Höhen nur auf vereinzeltten Beobachtungen beruhen und daher die zufälligen Fehler einen großen Einfluß ausüben. Allein auf der Pendel-Station Guasso njiró erstrecken sich die Beobachtungen über mehrere Tage, wodurch die zufälligen Fehler sich gegenseitig aufgehoben haben, sodaß die barometrische Höhe mit der trigonometrischen übereinstimmt. Daß der Fehler sogar gerade null ist, dürfte allerdings wohl ein Zufallsresultat sein.

#### 43. Schlußwort zum zweiten Teil.

Nach neueren Messungen<sup>1)</sup> ist die Seehöhe des Barometers in Daressalam um 6 m kleiner, als nach den Angaben von Maurer in dieser Arbeit angenommen worden ist (s. Tab. 4 S. 53). Die abgeleiteten Höhen sind durch diese fehlerhafte Annahme einer der Hauptgrundlagen jedoch nur teilweise verfälscht. Die Größe

1) Deutsche übers. meteor. Beob. Heft XIV S. 220.

des Fehlers einer einzelnen Höhe läßt sich ohne weiteres nicht bestimmen, sie schwankt zwischen 0 m und 4 m.

Zum Schluß seien die Ergebnisse von allgemeinerer Bedeutung, zu denen die vorliegende Arbeit geführt hat, nochmals kurz zusammengefaßt.

1. Die Angriffe des Herrn Lemaire auf Herrn v. D. sind als völlig unbegründet zurückzuweisen. Herrn Lemaire's Vorschriften über die Ausführung von barometrischen Höhenmessungen und seine Ansichten über die dabei wirkenden Fehlerursachen sind zum größten Teile unzweckmäßig und unzutreffend. Die von ihm berechneten Höhen sind nur ganz rohe Annäherungen.

2. Die früher gefundenen großen Unterschiede barometrischer Höhenmessungen an denselben Orten in Ostafrika stehen in auffallendem Widerspruch zur Gleichmäßigkeit des Tropenklimas. Die Ursache davon liegt in systematischen klimatischen Fehlern, die eine tägliche und eine jährliche Periode haben, und denen zufolge auch das Jahresmittel der barometrischen Höhen um teilweise recht erhebliche Beträge zu groß ausfällt.

3. Diese Perioden lassen sich bei küstennahen und bei nahe aneinander gelegenen Stationen aus den Unterschieden der barometrischen und beobachteten Temperaturen erklären.

4. Bei den weiter binnenlands gelegenen Stationen treten außerdem noch Perioden des Luftdruck-Gradienten zwischen dem Inneren und der Küste hinzu, weil der Luftdruck auf den inneren Hochflächen die auf dem Indischen Ozean und an der Küste herrschende Jahresschwankung nur in sehr geringem Maße mitmacht, dagegen eine stärkere tägliche Schwankung aufweist.

5. Die jährliche Kurve der Luftdruck-Gradienten gegenüber der Küste ist an den untersuchten 9 Stationen der Kurve der relativen Temperatur-Anomalien parallel. Danach kann der Satz von Teisserenc de Bort über die Proportionalität von Luftdruck-Gradienten und Temperatur-Anomalien auf die jährliche Periode dieser beiden Größen ausgedehnt, und die wahren Gradienten können aus den beobachteten Anomalien berechnet werden.

6. Die Verbesserung  $(\theta - t)^m$  des Jahresmittels der beobachteten Temperaturen läßt sich als lineare Funktion der Temperatur-Anomalie dieses Jahresmittels darstellen. Durch diese Verbesserung wird der letzte Fehler des Jahresmittels der barometrischen Höhen beseitigt.

7. Die gebräuchliche Reduktion des Luftdrucks auf den Meereshorizont ist auf den Hochebenen Ostafrikas nicht anwendbar.

8. Die zufälligen Fehler der barometrischen Höhen sind kleiner als die systematischen Fehler, daher empfiehlt sich die Berücksichtigung der letzteren auch bei einzelnen Messungen.

Der systematische Fehler einer einzelnen barometrischen Höhe geht bis zu durchschnittlich 60 m, im Maximum bis 91 m, während der mittlere zufällige Fehler nach Berücksichtigung der systematischen Korrekturen zwischen  $\pm 6$  m und  $\pm 13$  m gefunden worden ist. Die größten vorgekommenen Fehler sind ohne systematische Korrekturen 105 m, mit diesen Korrekturen 32 m.

Der systematische Fehler eines Monatsmittels steigt bis durchschnittlich 33 m, im Maximum 75 m, während der mittlere zufällige Fehler  $\pm 5$  m beträgt.

Der systematische Fehler des Jahresmittels beträgt durchschnittlich 20 m, im Maximum 48 m, während die Wirkung der zufälligen Fehler auf etwa  $\pm 2$  m zu schätzen ist.

Die Übereinstimmung zwischen barometrischen Höhen und trigonometrisch oder geometrisch bestimmten Höhen entspricht den vorstehenden mittleren Fehlern, wodurch die Richtigkeit der systematischen Korrekturen bestätigt wird.

9. Aus den Unterschieden der auf verschiedenen Basisstationen beruhenden Höhen desselben Ortes ( $H - H_{\text{Tab}}$ ) ergeben sich folgende aperiodische Abweichungen des Luftdrucks von seinem Normalwerte: größte beobachtete Abweichung bei einer einzelnen Beobachtung 2 mm (entspricht etwa 25 m Höhenfehler), größte Abweichung des Mittels einer wenigstens eintägigen Beobachtungsreihe 0,9 mm, (entspricht 11 m Höhenfehler), mittlere Abweichung  $\pm 0,6$  mm (entspricht rund  $\pm 8$  m Höhenfehler).

10. Am Nordende des Njassa bei den auf der Basisstation Langenburg beruhenden Höhen ist der mittlere Fehler einer Höhe im Gebirge  $\pm 6,5 \frac{h}{1000}$  m, in den Steppen der Grabensohlen und auf den Plateaus  $\pm 10,1 \frac{h}{1000}$  m.

11. Das arithmetische Mittel der barometrischen Höhen um 7a, 2p und 9p ist gleich dem Tagesmittel der barometrischen Höhe.

12. Die günstigste Tageszeit für eine vereinzelt barometrische Höhenmessung ist 8a oder 7p.

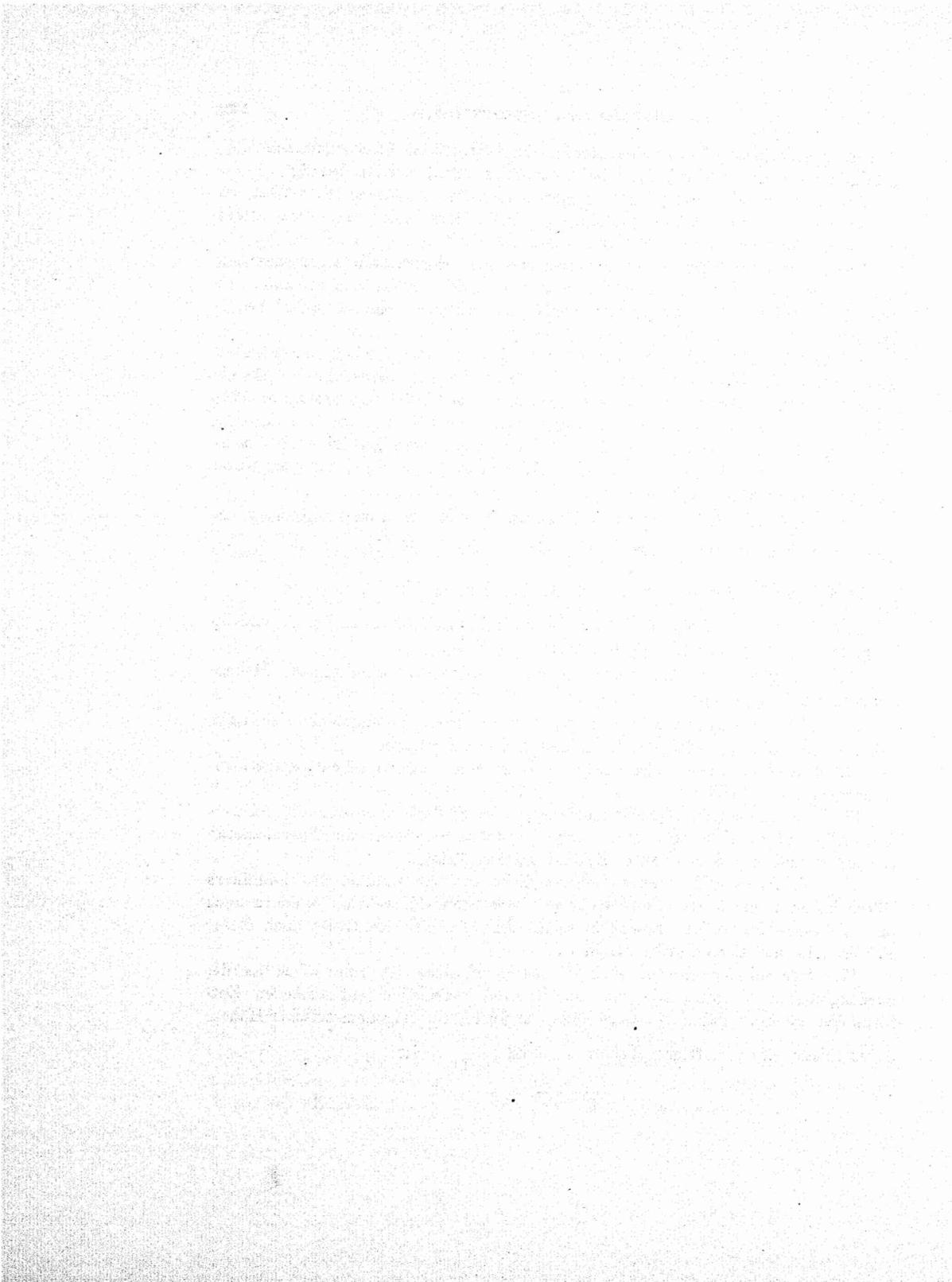
13. Die Benutzung von Barograph und Thermograph empfiehlt sich auch bei nur ein- oder zweitägigem Aufenthalt auf einer Station.

14. Auf dem Marsche ist die Benutzung eines Afmannschen Aspirations-Thermometers vorteilhaft.

15. Das Kleben des Quecksilberfadens der Siedethermometer ist teilweise so stark, daß es sich nach dem Vorgange Mohns empfiehlt, die Thermometer vor jeder Ablesung durch sanfte Schläge zu erschüttern.

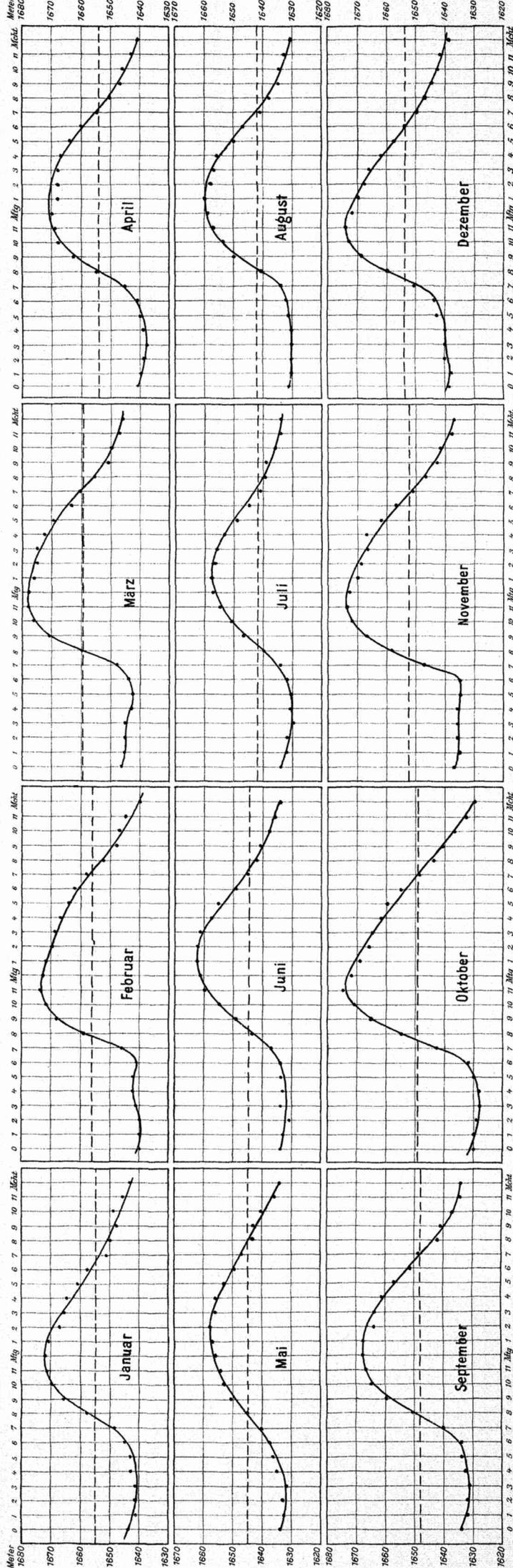
16. Die Aneroid-Barometer der Expedition und ein Aneroid des Botanikers Götze haben während der Reise nicht nur ihre Stand-Korrektion, sondern auch ihre Teilungs-Korrektion geändert, sodaß die dauernde Kontrolle auch dieser Fehlerquelle auf Reisen erforderlich ist.

17. Der mittlere Fehler meiner Routenaufnahme ist rund  $= \pm \frac{1}{30}$  des zurückgelegten Weges. Die aus der Routenkonstruktion entnommenen Entfernungen genügen daher zur Berechnung angenäherter trigonometrischer Höhenunterschiede, deren mittlerer Fehler  $= \pm 33 \frac{h}{1000}$  m ist.

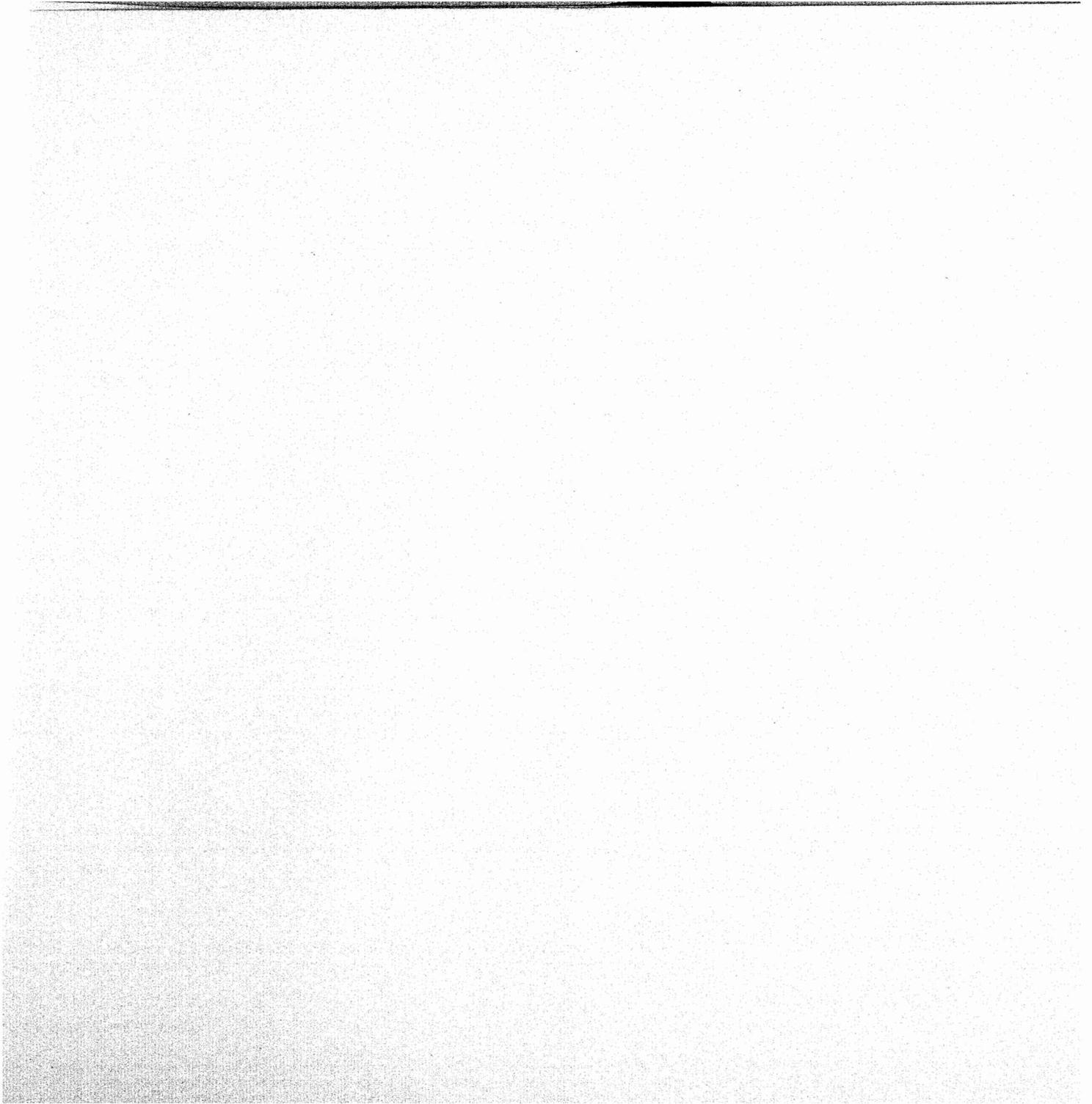


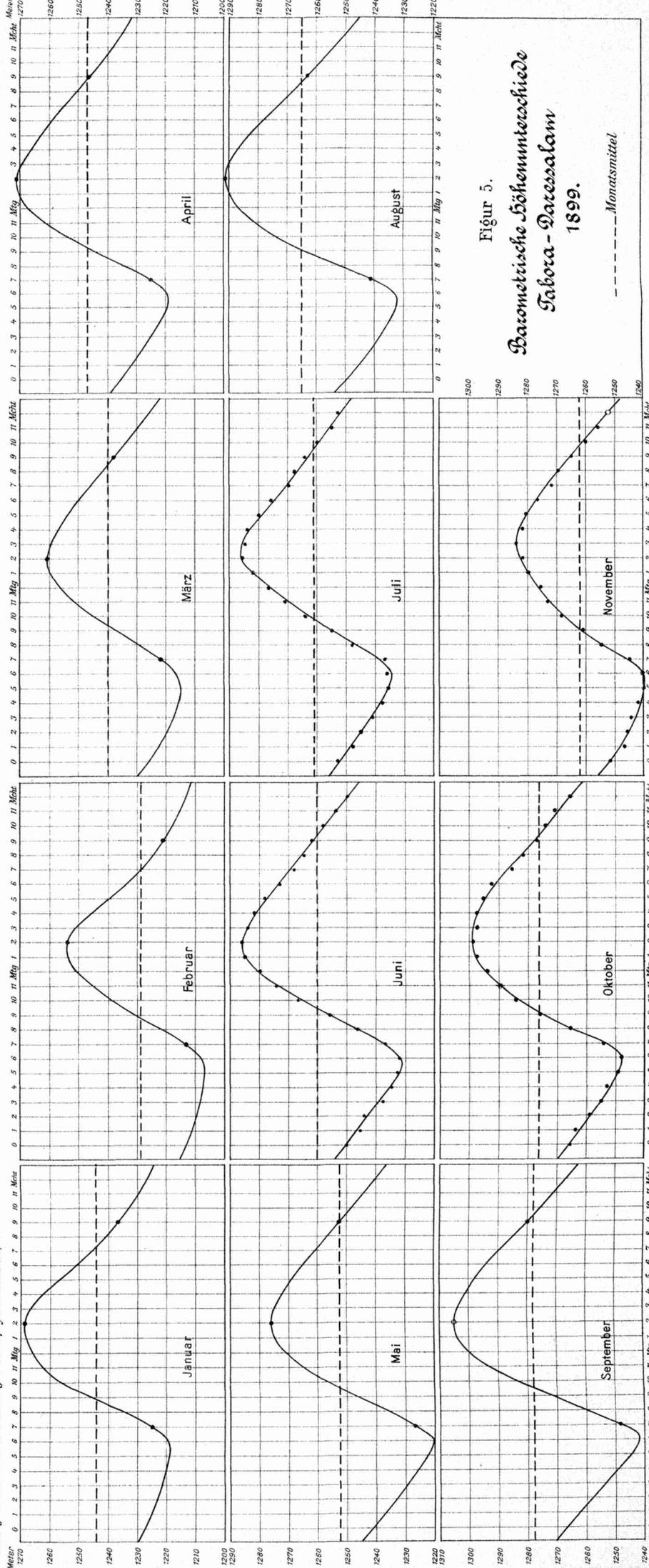






Figur 1.  
Barometrische Höhenunterschiede Kwei-Darassalam 1897, 98 und 99.  
----- Monatsmittel.



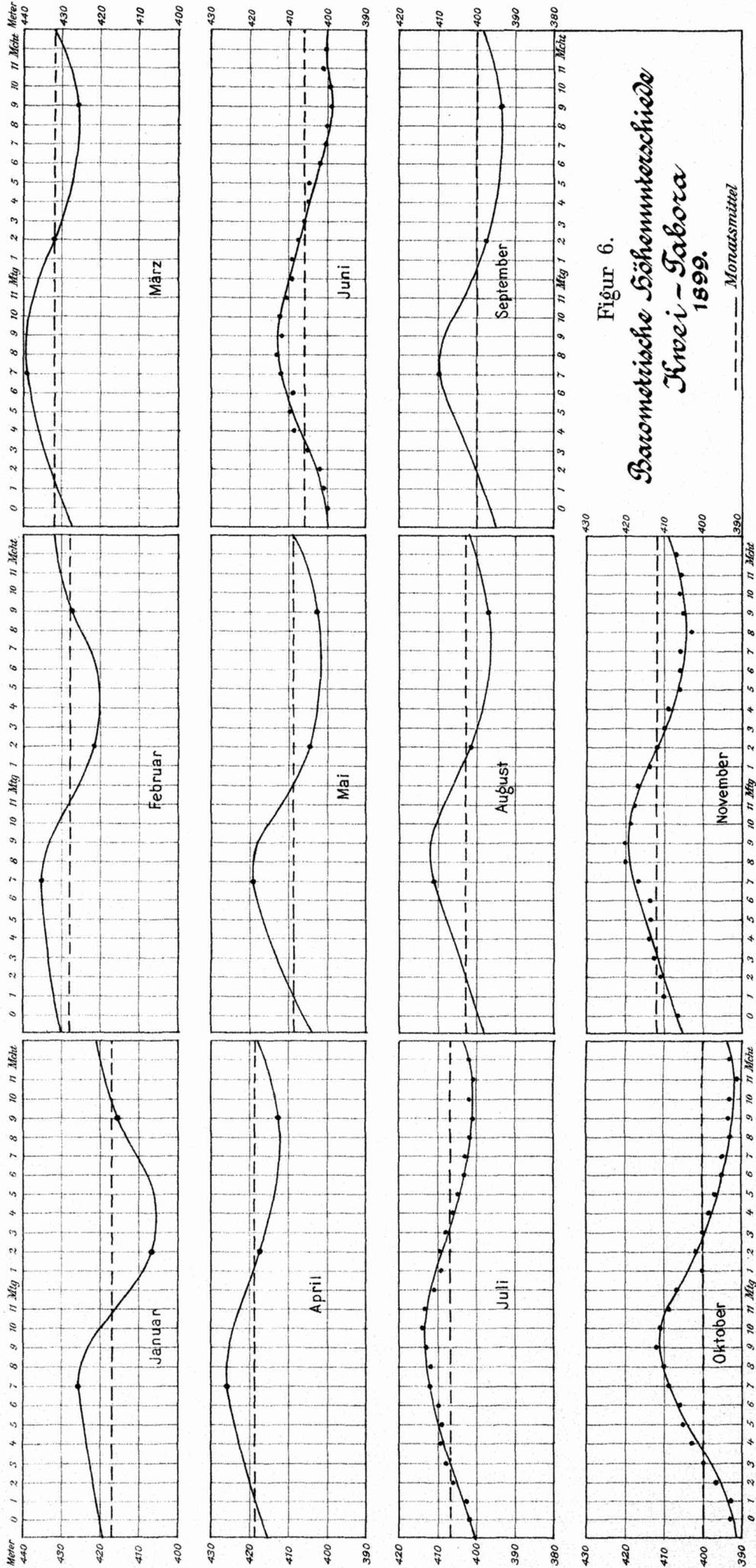


Figür 5.  
Barometrische Höhenunterschiede  
Tabora - Darassalam  
1899.

--- Monatsmittel



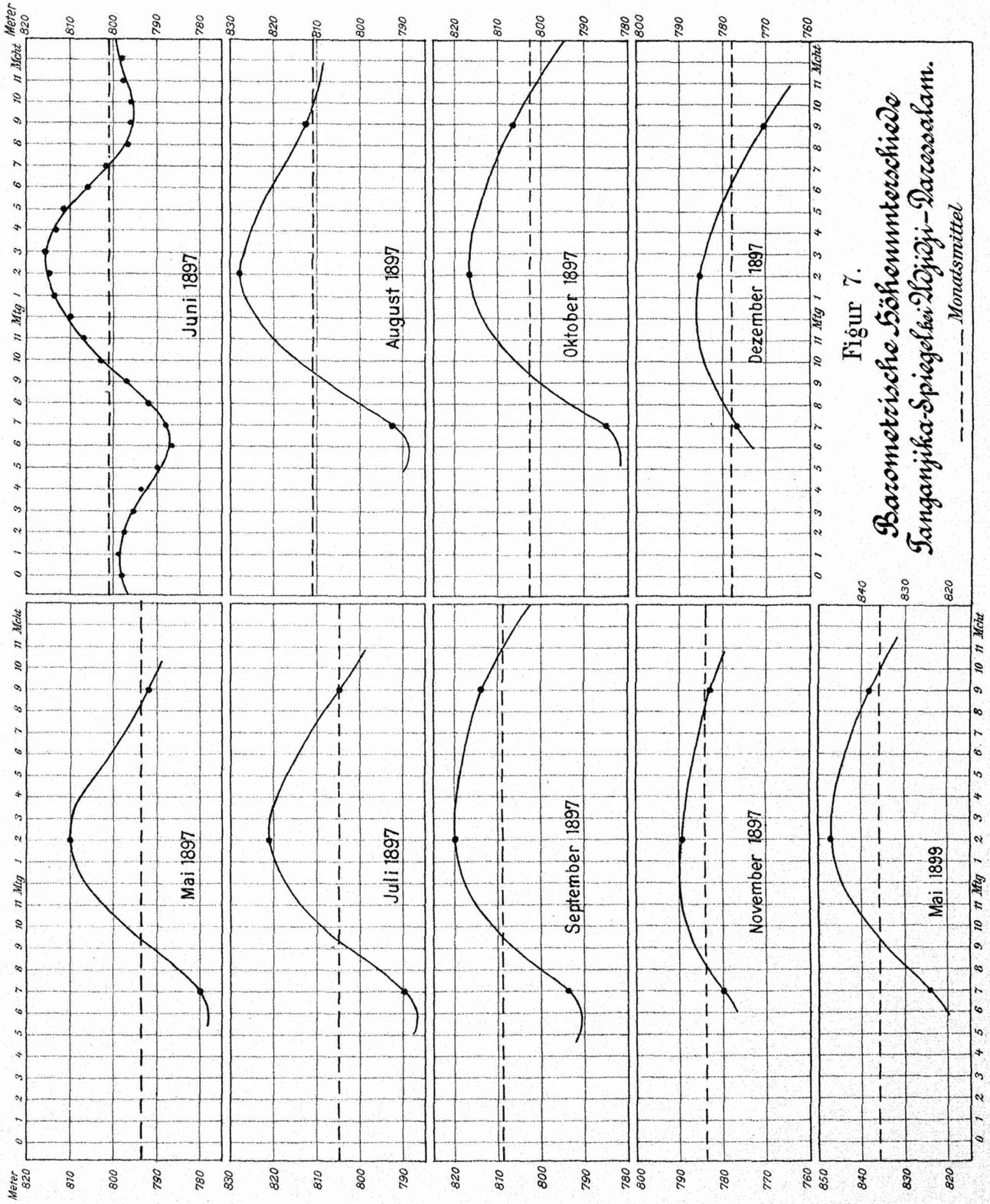
Tafel IV.



Figur 6.  
Barometrische Höhenunterschiede  
Kwei-Tabora  
1899.  
--- Monatsmittel

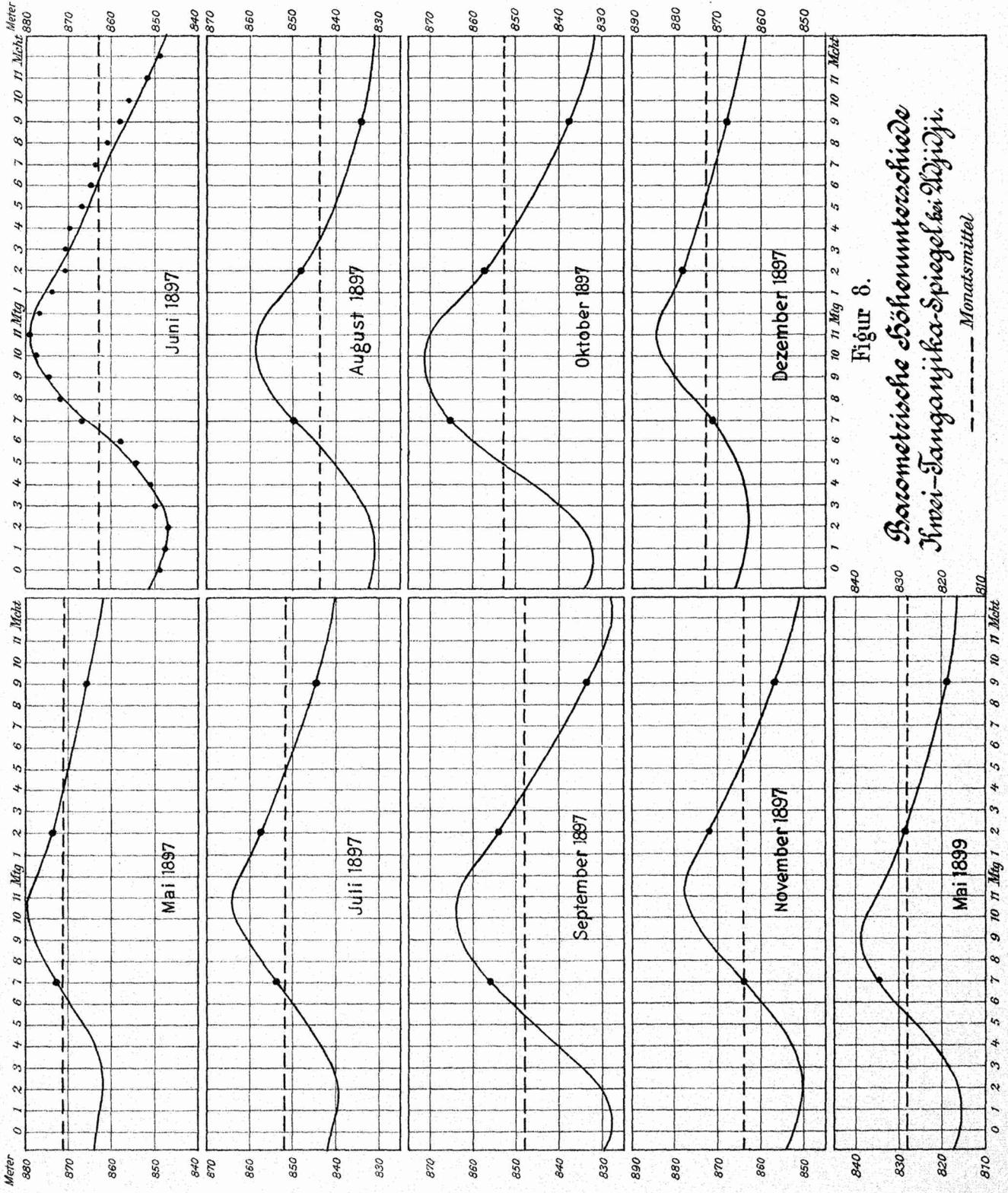


Tafel V.



Figur 7.  
Barometrische Höhenunterschiede  
Tanganjika-Spiegel bei Djidji-Darassalam.  
— Monatsmittel

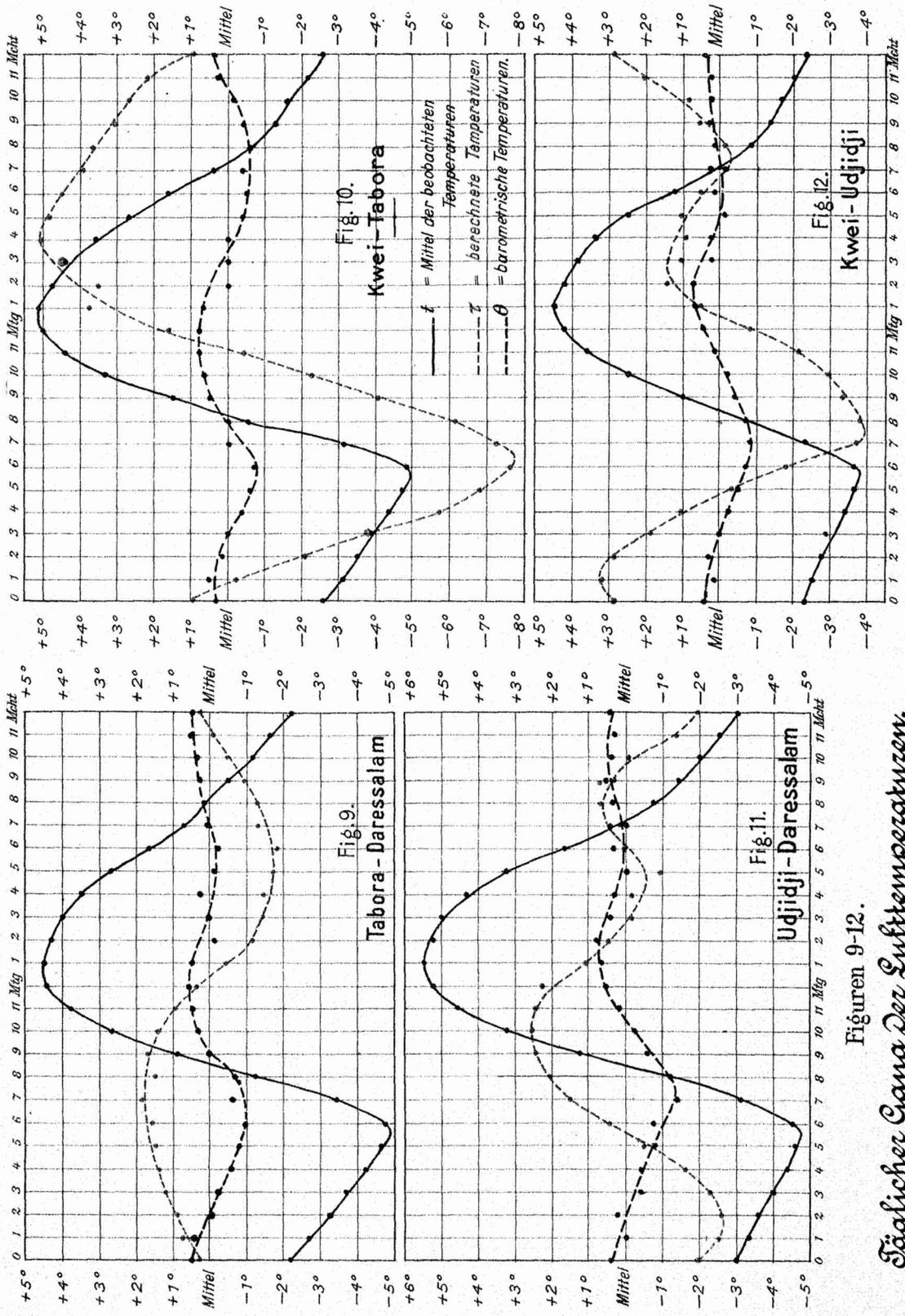




Figur 8.  
 Barometrische Höhenunterschiede  
 Kwei-Tanganjika-Spiegel bei Wjijji.  
 --- Monatsmittel



Tafel VII.



Figuren 9-12.

Täglicher Gang Der Lufttemperaturen.

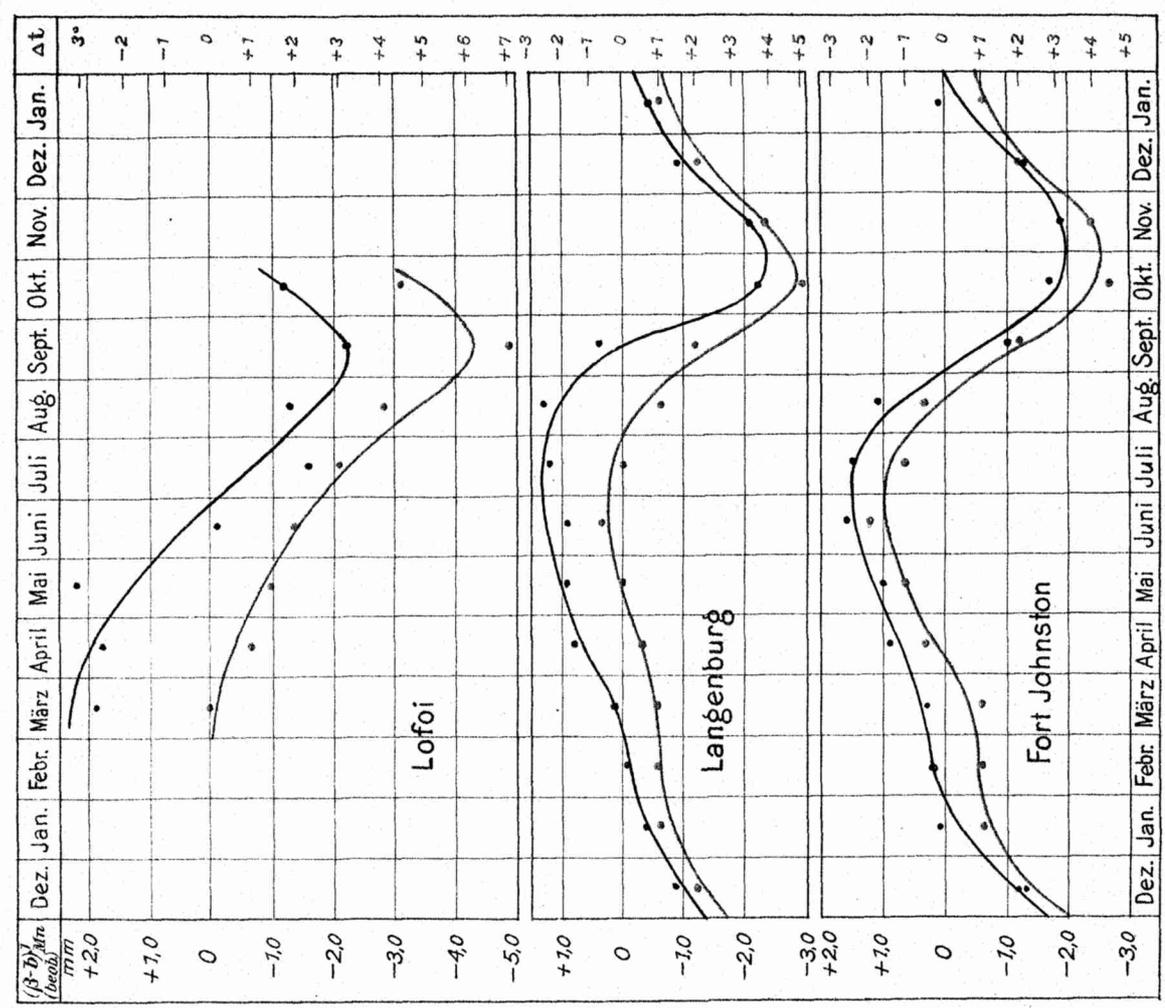
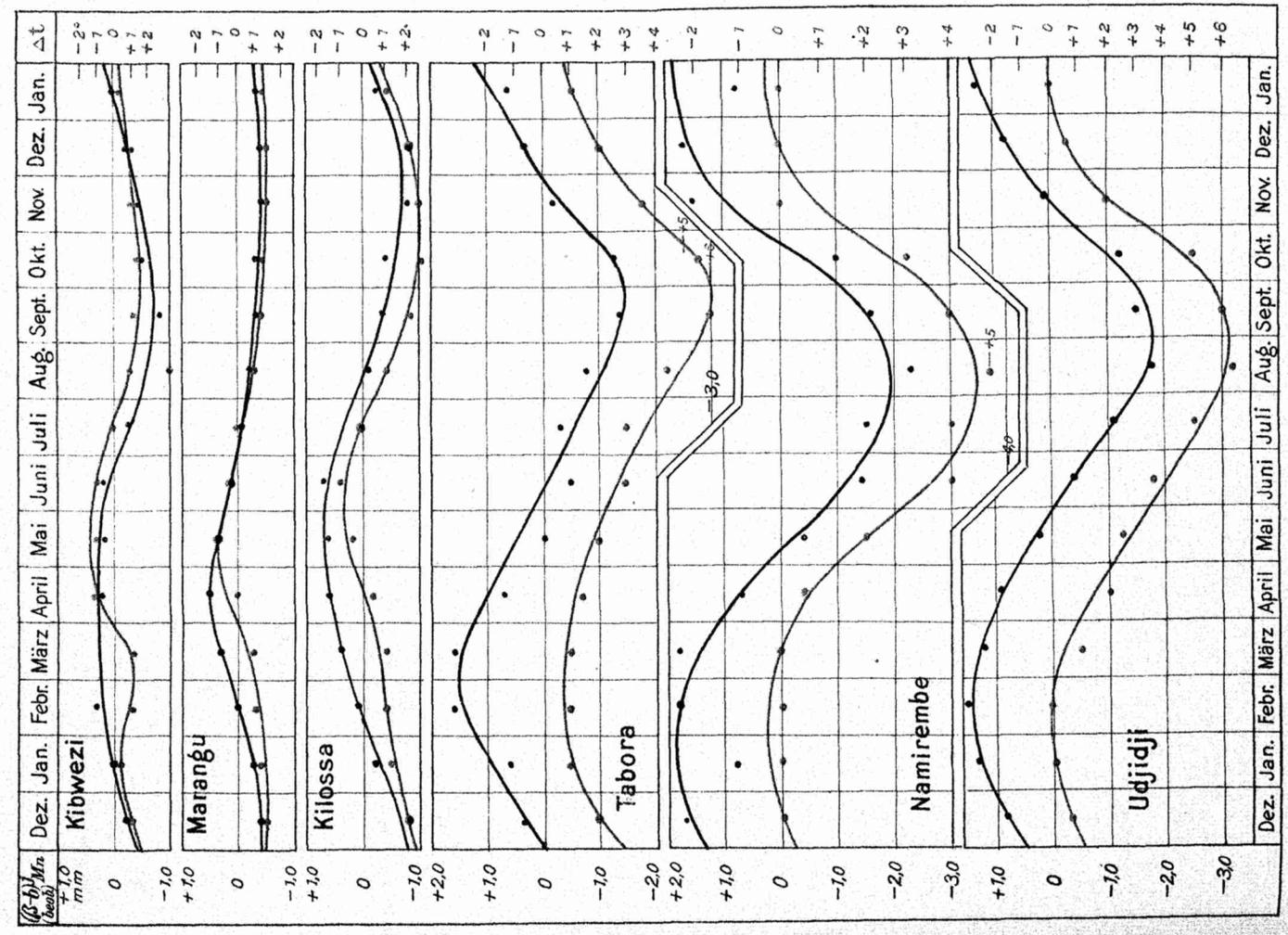












Figur 24.

Jährliche Perioden der Luftdruck-Gradienten u. Temperatur-Anomalien der Küste

— Luftdruck-Gradienten. - - - - - Temperatur-Anomalien.



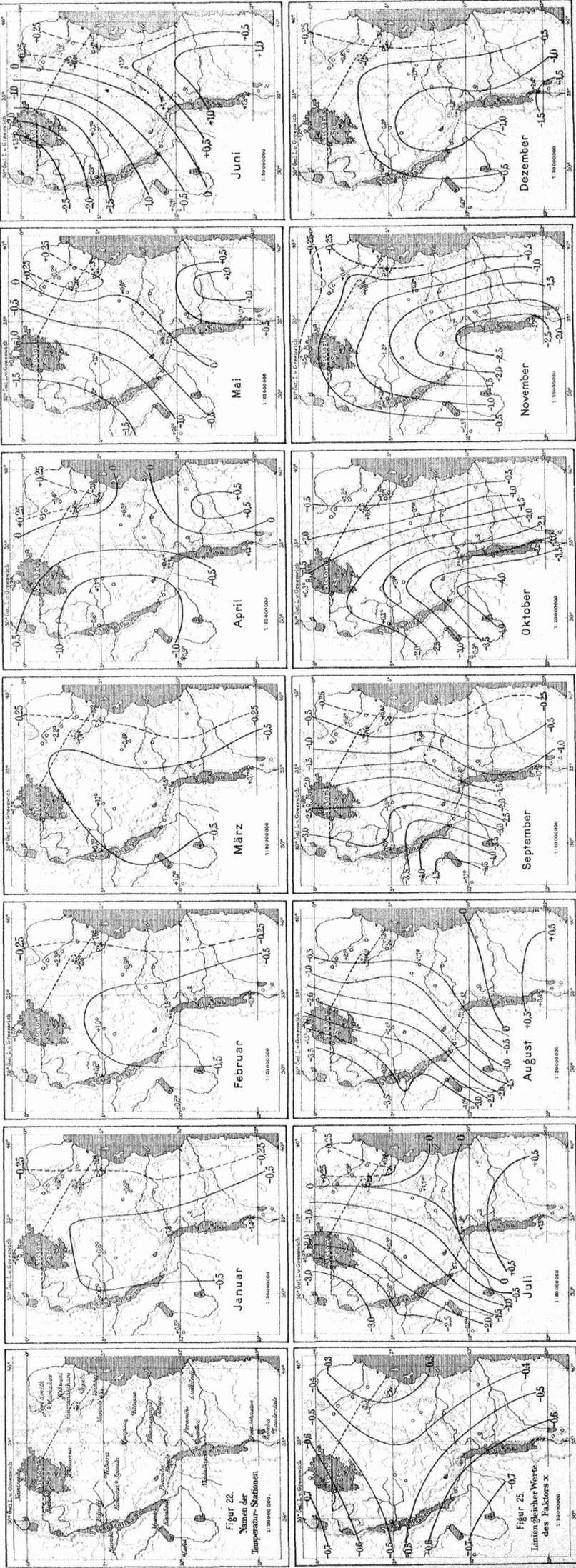
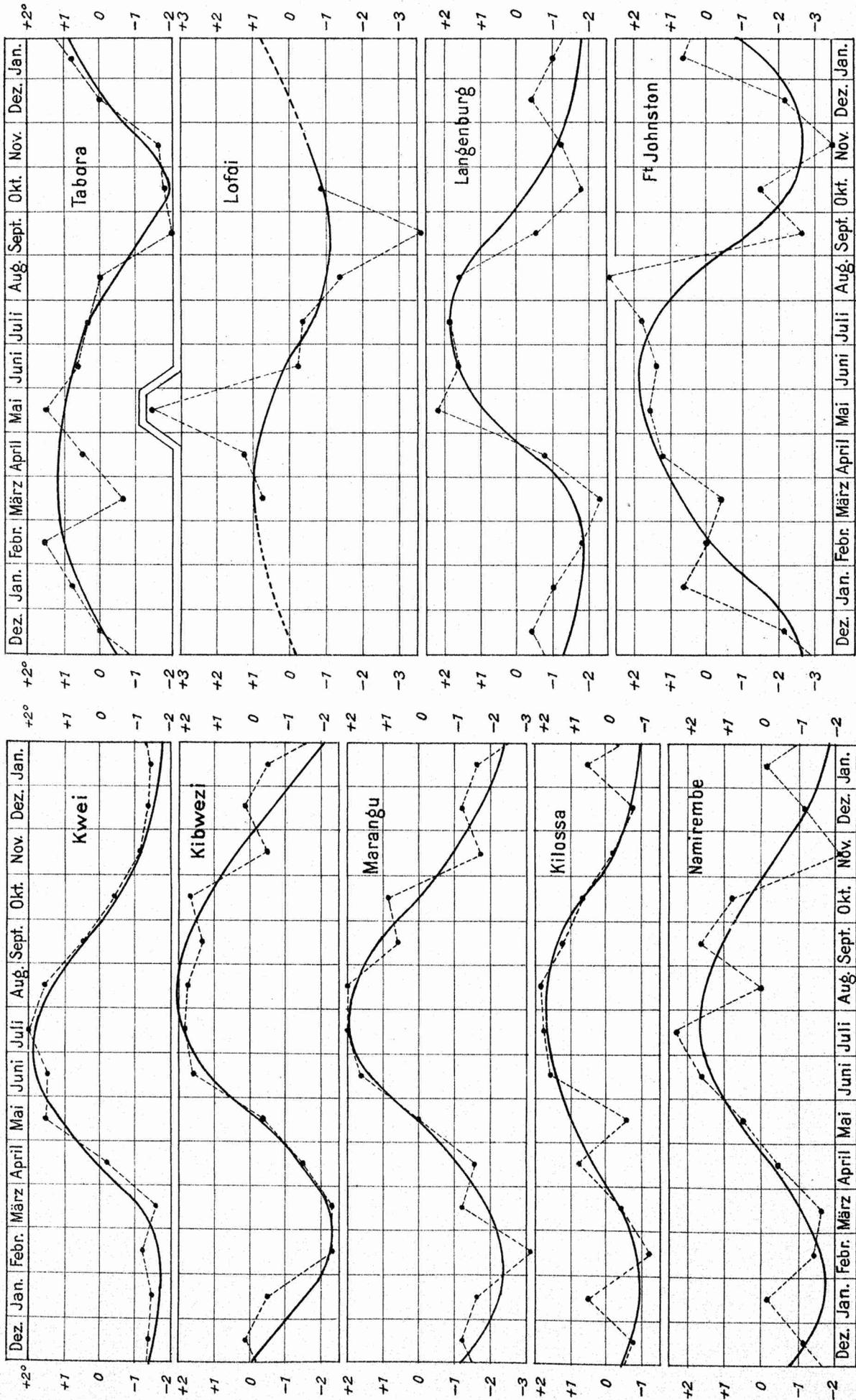


Fig. 26. Isenien gleicher Luftdruck-Gradienten zwischen dem Äquator und der Küste und Reduktionen der beobachteten Temperaturen  $t$  auf barometrische Temperaturen  $t_0$  für einige Stationen  $(\beta - \beta_0) \cdot \Delta h$  in Millimetern  $\frac{1}{30,3} - (\beta - \beta_0) \cdot \Delta h$  in Graden.

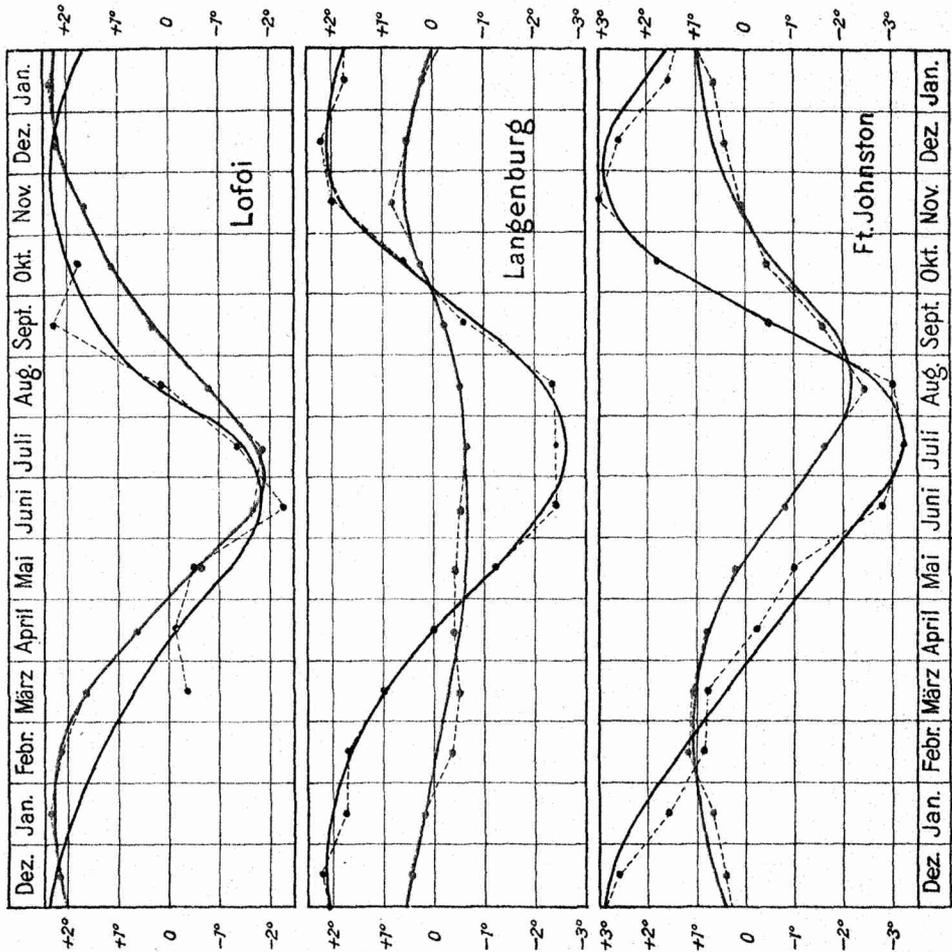
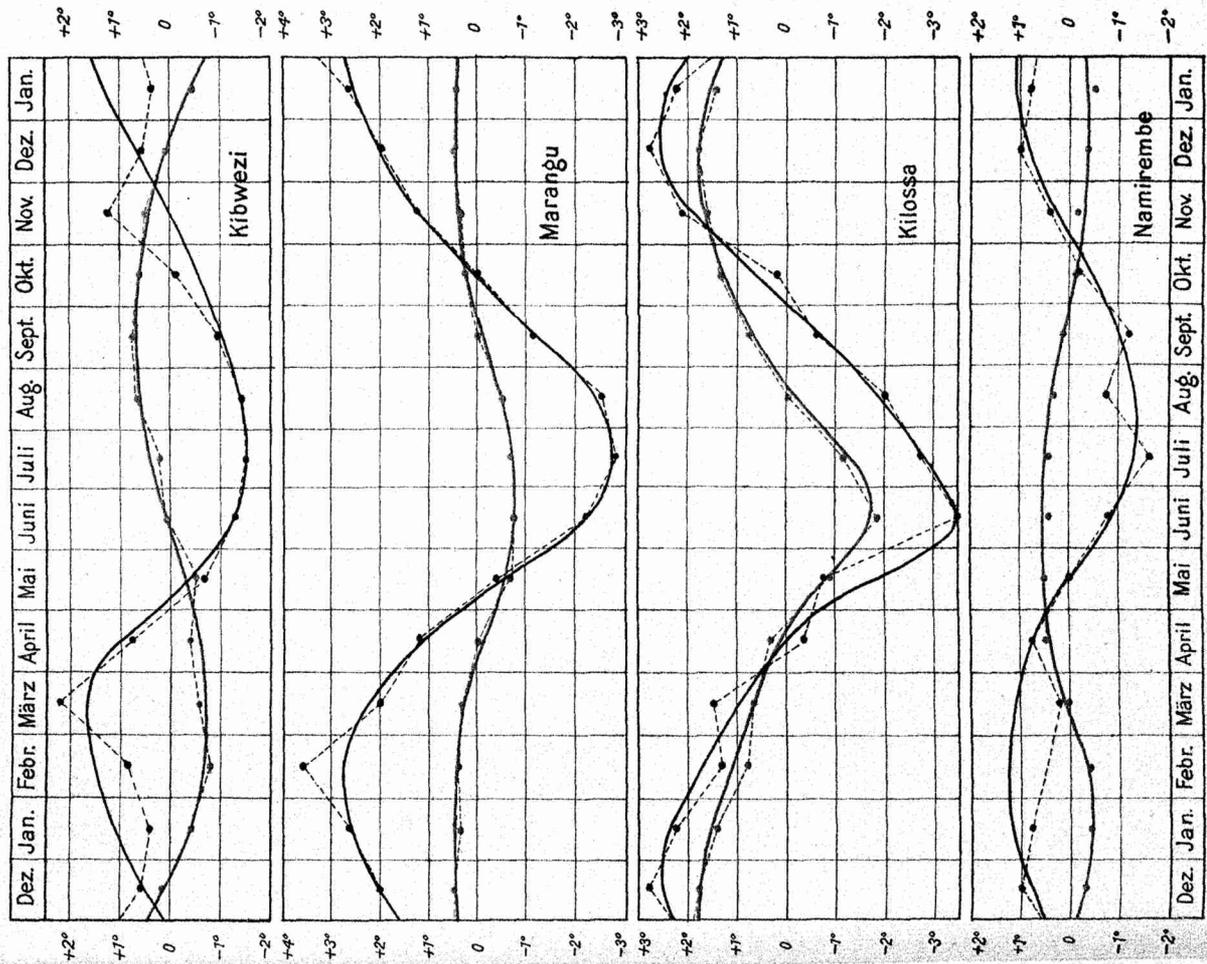




Figur 27. Jährliche Periode Der Temperatur-Unterschiede ( $\theta-t$ ).



Tafel XIII.

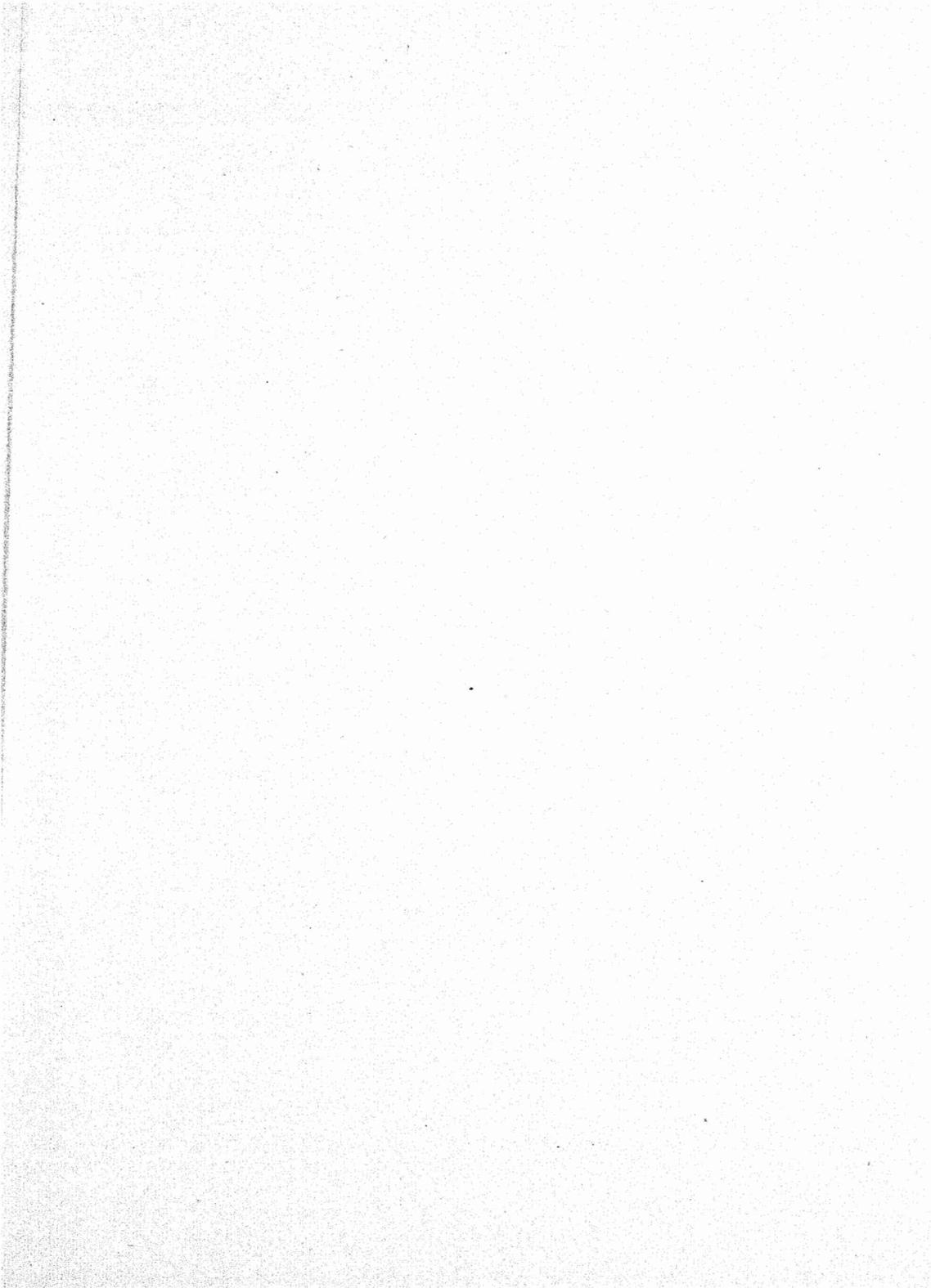


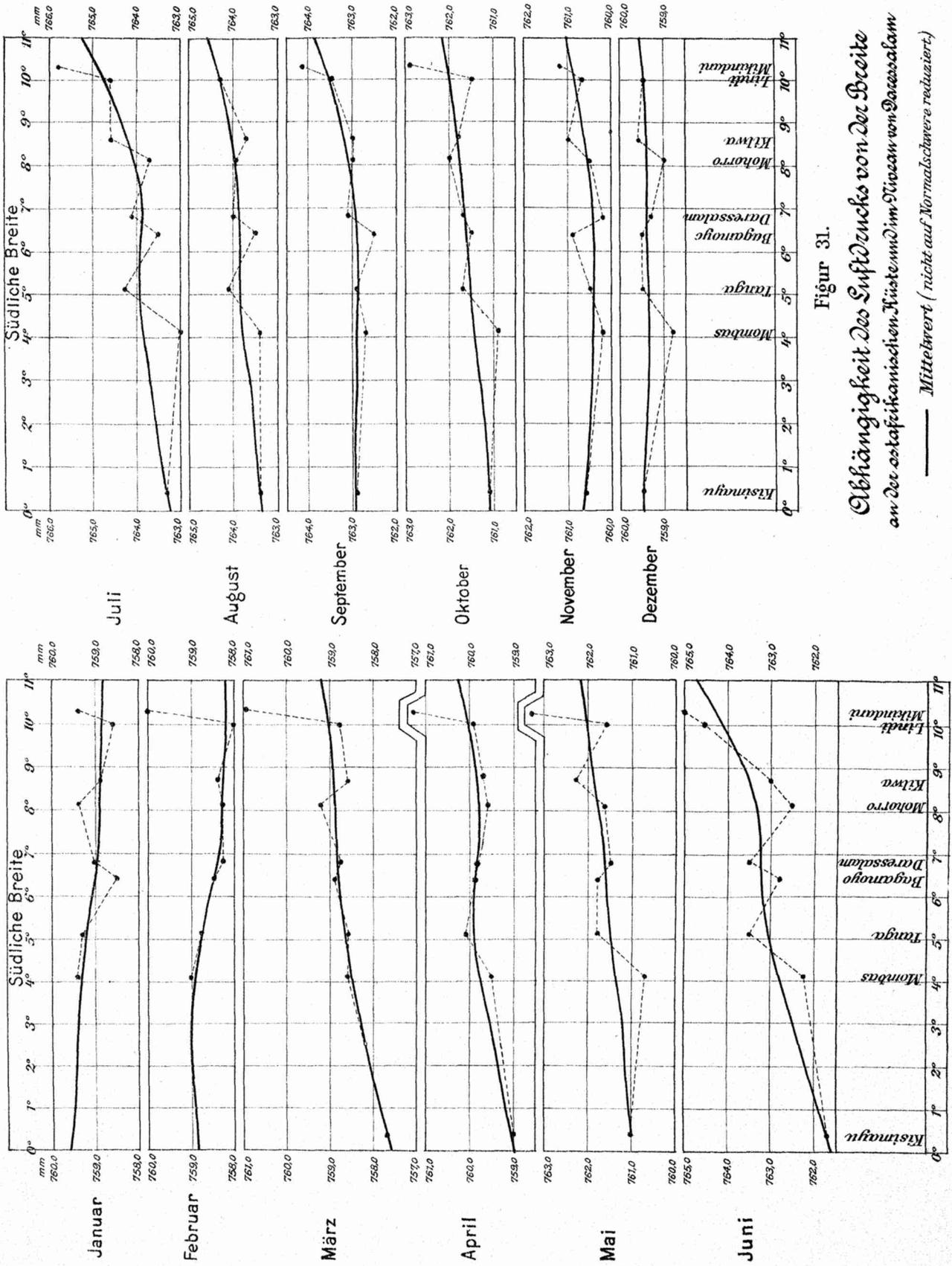
Figür 28.

Beobachtete und barometrische Temperatur-Perioden  
zwischen den Innenstationen und den entsprechenden Außenstationen  
s. auch Fig. 17 u. 19 (Tafel VIII) für Tabora und Uujidji.

— t = beobachtete Temperaturen.

— θ = barometrische Temperaturen

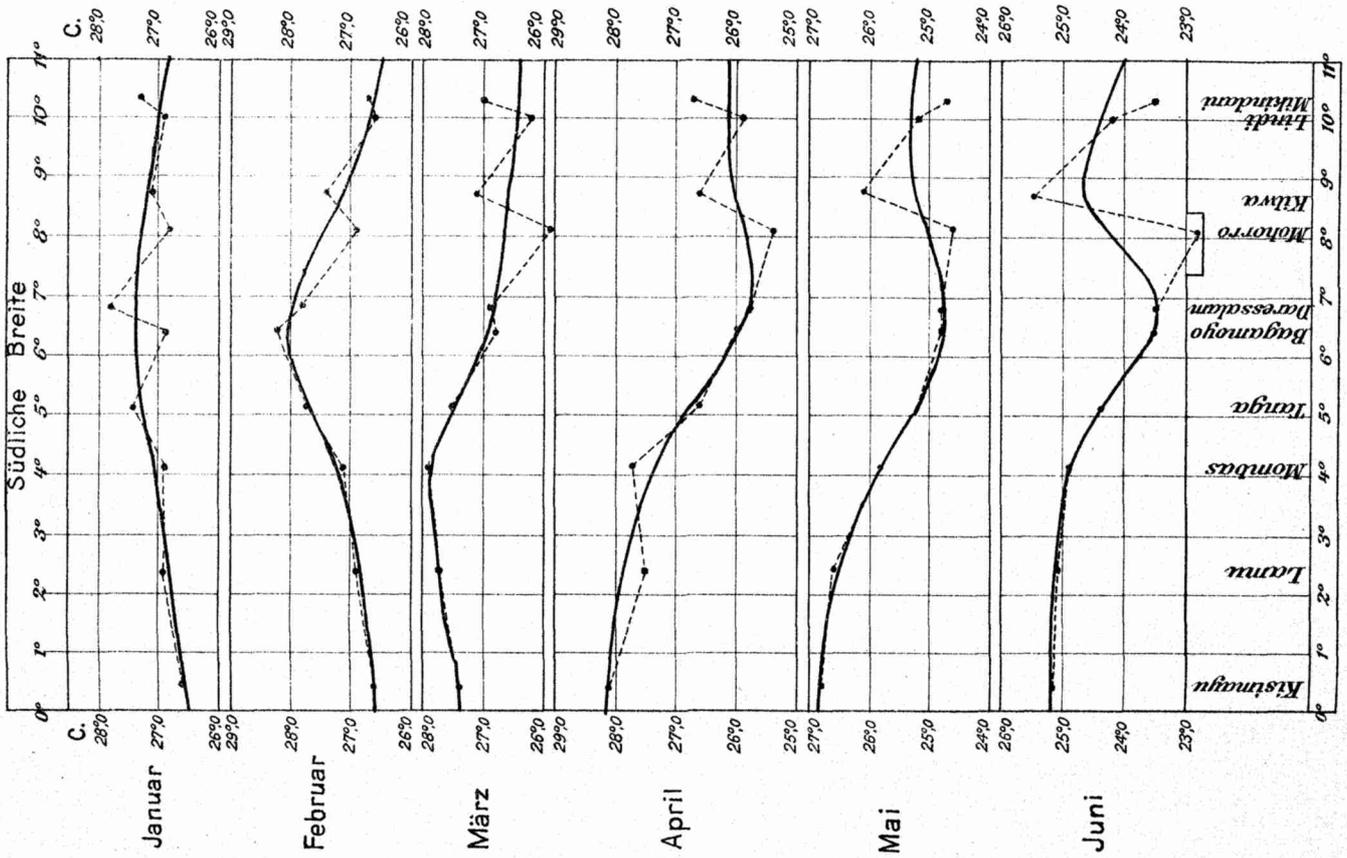
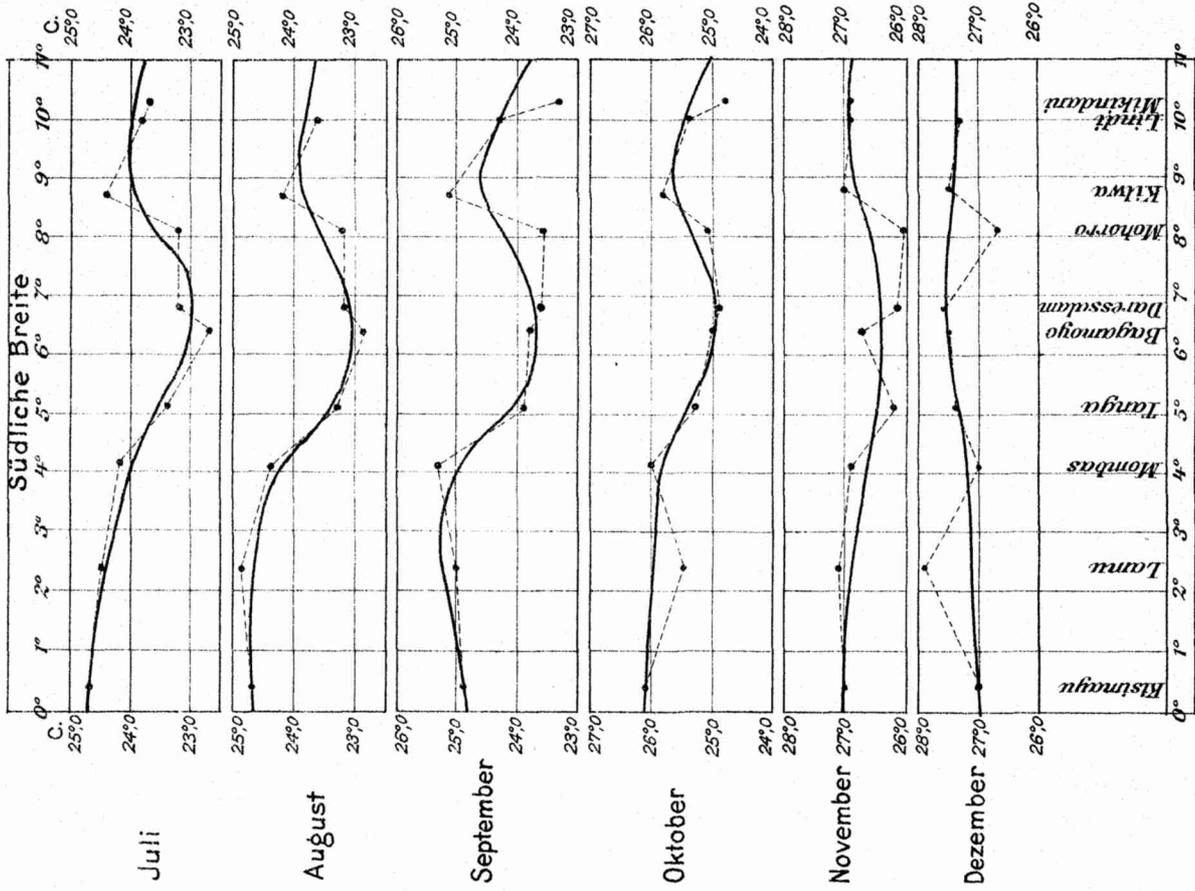




Figur 31.

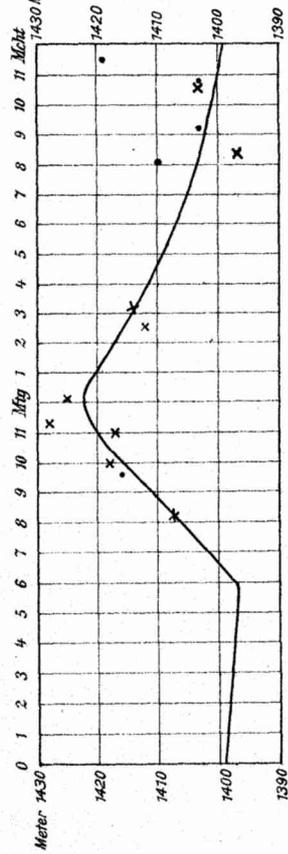
Abhängigkeit Des Luftdrucks von Der Breite  
an Der ostafrikanischen Küste und Im Innern von Darassalam

— Mittelwert (nicht auf Normalschwere reduziert)

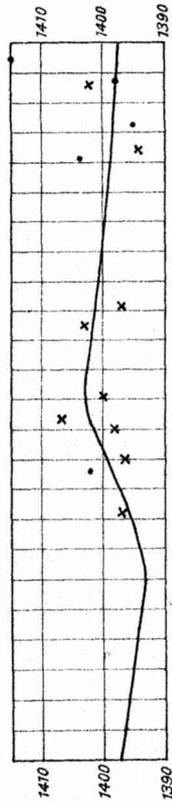


Figur 32.  
Abhängigkeit der Temperatur von der Breite  
an der ostafrikanischen Küste.  
—— Mittelwert.

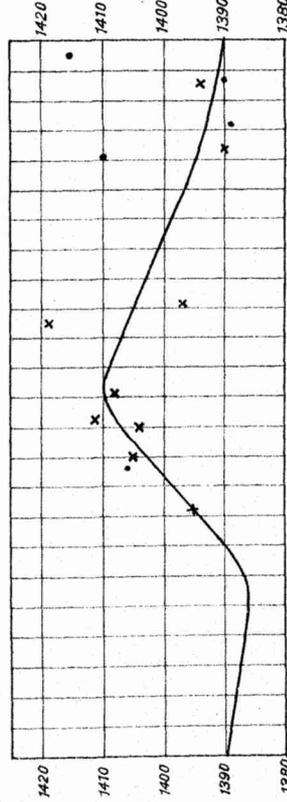




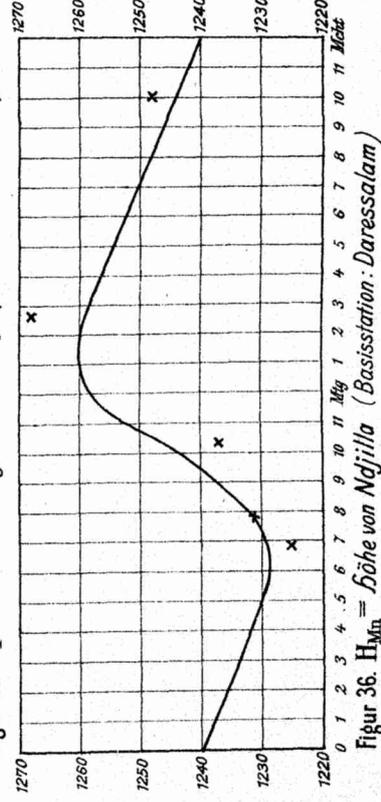
Figur 33.  $H_{Mn}$  = Höhe von Utengule unterm Beja (Basisstation: Daressalam)



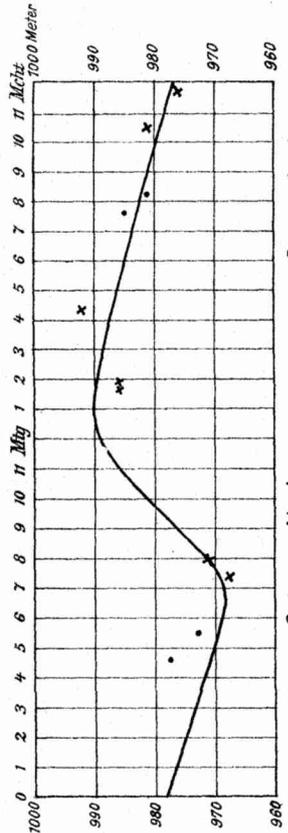
Figur 34.  $H_K$  = Höhe von Utengule unterm Beja (Basisstation: Kwei)



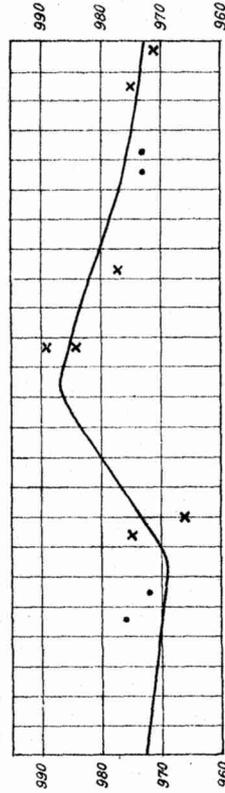
Figur 35.  $H_T$  = Höhe von Utengule unterm Beja (Basisstation: Tabora)



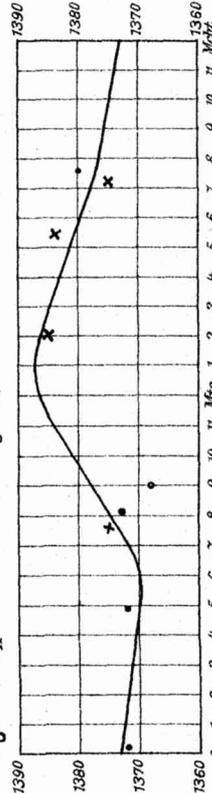
Figur 36.  $H_{Mn}$  = Höhe von Ndjilla (Basisstation: Daressalam)



Figur 37.  $H_{Mn}$  = Höhe von Umbugwe (Basisstation: Daressalam)



Figur 38.  $H_K$  = Höhe von Umbugwe (Basisstation: Kwei)



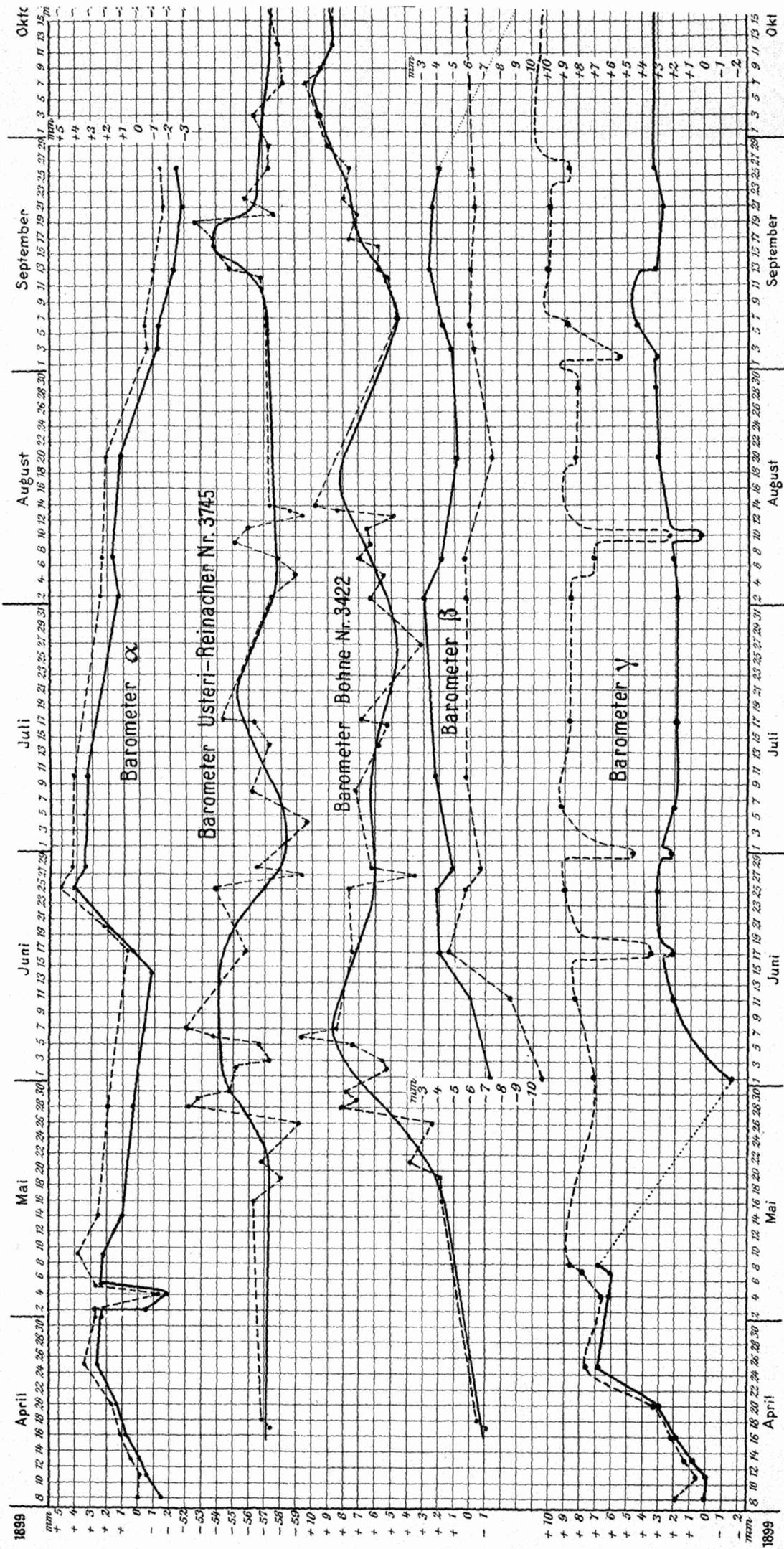
Figur 39.  $H_K$  = Höhe von Wilhelmstal (Basisstation: Kwei)

Figuren 33 bis 39.

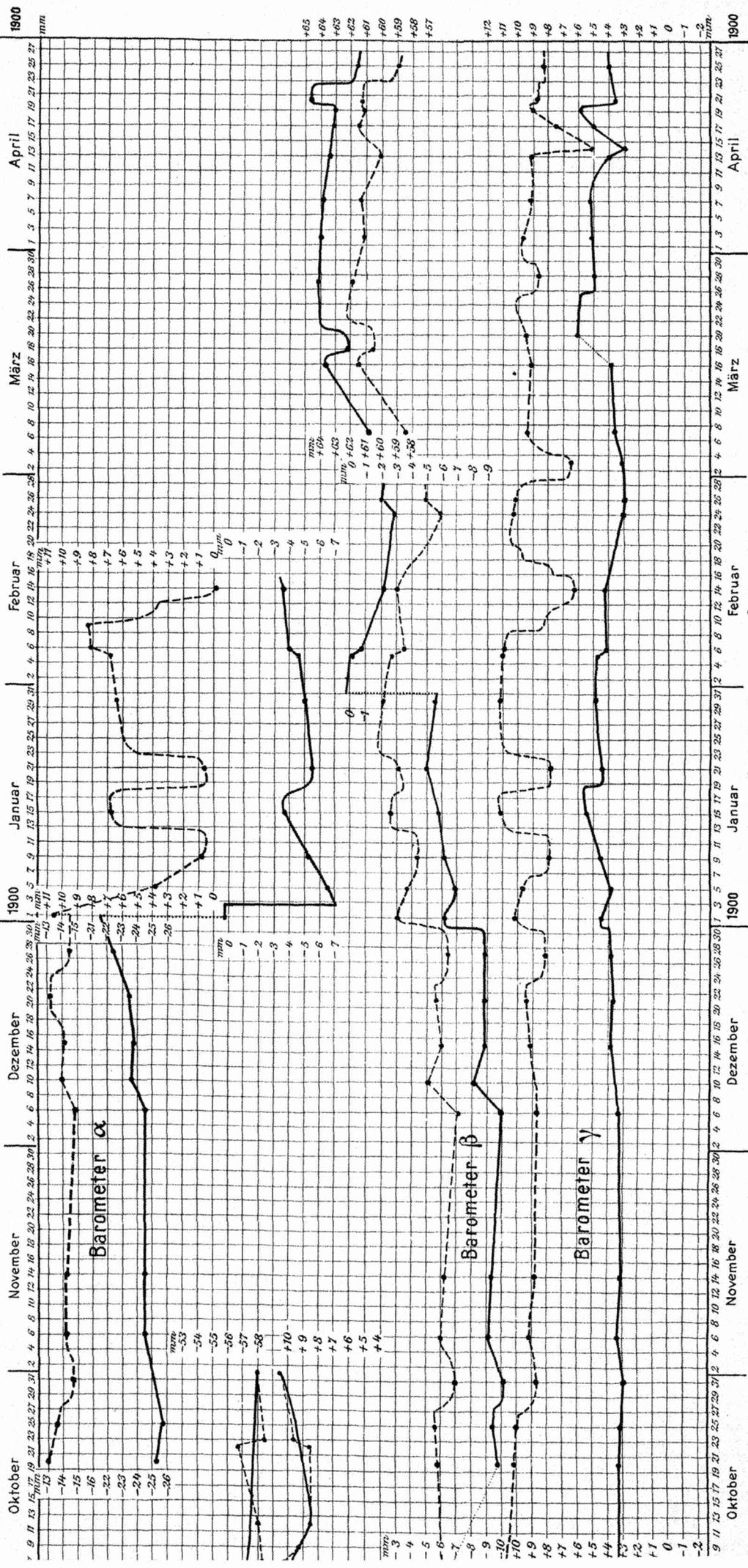
Reste der täglichen Perioden  
in den Höhen einiger Bendelstationen

- x Höhen aus Siedepunkts-Bestimmungen
- „ „ Aneroid-Ablesungen.





Figur 40. Stand-Korrekturen (x) der Aneroid-Baromet



meter

