

Sitzungsberichte

der

königl. bayer Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1865. Band I.

München.

Druck von F. Straub (Wittelsbacherplatz 3).

1865.

In Commission bei G. Franz.

Herr Hermann von Schlagintweit-Sakünlünski
übergab

„Die Temperaturstationen und Isothermen
von Hochasien“. ¹⁾

Material der Beobachtungen. — Zusammenstellung der Stationen. — Erläuterung der beiden Isothermentafeln. — Einfluss des tropischen Tieflandes (Erhöhung der Temperatur am südlichen Rande) — Einfluss der grossen Stromgebiete und der tiefen Erosion. (Relative Kälte der Thäler während des ganzen Jahres; zugleich Mangel an Seen und Wasserfällen. — Hindostán durch absteigende Luftströme etwas gekühlt.) — Modification durch die Ausdehnung und Grösse der Erhebung (Relative Zunahme der Temperatur im centralen Hochasien. Einfluss der Massenerhebung im Gegensatze zu isolirten Gipfeln. Absolute Vermehrung der Wärmeentwicklung durch Terrainunebenheiten im Gegensatze zu Flächen.). — Tabelle der Höhenisothermen und der Temperaturabnahme. — Absoluter thermischer Effect der Gebirge. — Vergleich der Isothermen mit der Schneelinie, mit der Grenze von Culturen und bewohnten Orten.

Material der Beobachtungen.

Zur Untersuchung der Temperaturverhältnisse in Hochasien — jenen ausgedehnten Gebirgsregionen, welche im Norden Indiens von Assám bis Kabúl und von Hindostán bis zur Depression der Gobiwüste sich erstrecken — war es besonders wichtig, aus verschiedenen Höhen und aus verschiedenen Entfernungen von den Rändern Beobachtungen von einiger Dauer vergleichen zu können. Die Stationen bilden ein Material von Mitteln der Monate und des Jahres, für die centralen und westlichen Theile günstig über das ganze Terrain vertheilt;

1) Die beiden vorhergehenden Abhandlungen über meteorologische Resultate aus Indien und Hochasien sind: I. „Indische Temperaturstationen“ Sitzungsber. 1863, I, 332—341. II. „Einfluss der Feuchtigkeit auf die Insolation“ Sitzungsber. 1864, II, 216—246.

für die östlichen Theile dagegen blieben die numerischen Daten noch auf den Himálaya beschränkt. Frühere Beobachtungsreihen von einiger Dauer boten für die westlichen Theile Cunningham's „Ladák“; für den östlichen Himálaya die Arbeiten von Campbell, Hodgson, Hooker, Pemberton, aus Bhutan, Darjiling und Kathmáнду. Ueberdiess erhielt ich im westlichen Himálaya, wo die ersten Gesundheitsstationen errichtet wurden, auch Daten, die bereits eine bedeutende Anzahl von Jahren umfassten; ich konnte bei der Bearbeitung derselben die Originalregister benützen und wir hatten auch die Instrumente in Beziehung auf Correction und Aufstellung persönlich untersuchen können ²⁾).

Von unseren eigenen Beobachtungen sind von der beiliegenden Tabelle jene ausgeschlossen, welche nur während der Reise oder während kürzerer Aufenthalte ausgeführt wurden, obgleich in grossen Höhen auch solche, auf den Pässen des Himálaya und des Karakorúm bei 18,000 bis 19,000 Fuss, und bei der höchsten unserer Bergbesteigungen noch bis zu 22,100 Fuss ausgeführt, wesentlich erleichterten durch vergleichende Zusammenstellung mit correspondirenden Temperaturverhältnissen in geringeren Höhen, wo unsere Lager zurückgeblieben waren, die Grösse der Temperaturabnahme näher zu bestimmen ³⁾).

2) Das Detail des Materiales ist im 4. Bande der „Results of a scientific mission to India and High-Asia“ mitgetheilt.

3) Auch vereinzelte Daten aus den Reisewerken von Gerard, Jaquemont, Moorcroft, Strachey, Vigne, wurden dabei sorgfältig berücksichtigt. Da denselben meist correspondirendes Material in verschiedenen Höhen fehlt, kann auf eine detaillirte Vergleichung nicht eingegangen werden. — Die Ablesungen auf den höchsten Standpunkten, die wir selbst zu erreichen Gelegenheit hatten sind zum Theile bereits in vol. II der „Results“, zugleich mit den Barometermessungen, mitgetheilt; detaillirte Beobachtungen in Verbindung mit den Resultaten bei Einwirkung der Besonnung und Strahlung werden in vol. V. der „Results“ folgen.

Zusammenstellung der Stationen.

Die Beobachtungsstationen, 44 an der Zahl, sind in 3 Tabellen, von Süden nach Norden und von Osten nach Westen sich folgend, zusammen gestellt; diese Reihenfolge erlaubte zugleich die Gruppen so zu begrenzen, wie sie am besten die Unterschiede im jährlichen und täglichen Temperaturgange und im allgemeinen Character des Klima erkennen lassen. Die geringsten Temperaturschwankungen zeigt der östliche Himálaya, besonders die regenreichen Vorberge in Síkkim, den grössten begegnen wir in Tíbet und Bálti; auch die absolute und relative Feuchtigkeit zeigen gerade hier die Gegensätze zwischen den feuchtesten Klimaten im Südosten und jenen Zonen im Nordwesten, welche, wie die Umgebungen der grossen Salzseen zu den trockensten Gebieten unserer Erde gehören.

Die Breite ist die nördliche; die östliche Länge von Greenwich ist auf die Länge der Madrás-Sternwarte bezogen, deren Werth = $80^{\circ} 13' 56''$ E. Gr. angenommen wurde. Kreuze vor den Stationen bedeuten, dass die Breiten und Längen von der indischen Great trigonometrical Survey aufgenommen wurden; Sterne beziehen sich auf Bestimmungen von uns selbst. Für die übrigen Punkte ist Breite und Länge mit möglichster Sorgfalt den besten vorhandenen Karten entnommen worden. Vertikale Doppelstriche nach dem Namen der Station zeigen an, dass ihre Mittel auf mehrjährige Reihen basirt sind. Die Höhe ist in englischen Fussen angegeben und unserer Hypsometry vol. II. der „Results“ entnommen. Die Temperaturen sind in Fahrenheit'schen Graden angegeben. Die Wahl der Beobachtungsstunden und die Methode der Berechnung der Tagesmittel aus Minimum und 4^h p. m. habe ich bereits in der Abhandlung über die tropischen und subtropischen Stationen

Indiens erläutert ⁴⁾). Dieselben sind von Osten nach Westen sich folgend zusammengestellt.

Die Transscription für die Ortsnamen ist dieselbe, welche ich auch bei meinen früheren Mittheilungen angewandt habe; die Vocale lauten wie im Deutschen und Italienischen, die Diphthongen sind mit den beiden Vocalen geschrieben, aus welchen ihr Laut zusammengesetzt ist, bei den Consonanten, um nicht zu sehr von der in den englischen Karten eingeführten Schreibweise abzuweichen, ist *sh* und *ch* nach der englischen Aussprache gebraucht. Ein Circumflex über *a* und *o* (*ā* und *ō*) bedeutet den nasalen Laut des Vocals; bei nasalen Diphthongen ist dem Circumflex nur auf dem letzteren der beiden Vocale angebracht. In jedem Worte ist die Silbe, welche den Ton hat, durch einen Accent bezeichnet ⁵⁾).

4) Sitzungsberichte der k. b. Akademie 1863, pg. 333.

5) Das Detail darüber ist in Bd. I. unserer „Results etc.“ enthalten.

I. Bhután, Sikkim, Nepál,

	Breite.	Länge.	Höhe.	Jan.	Febr.	März	Apr.
Närigún, im östlichen Bhután	28 53 8	92 6 0	3642	46·6	52	60	62
Bhután, Westliche Provinzen							
Devangíri	26 51	91 30	2150	55			
Tassgóng	27 20	91 38	3182	—	53 ^{1/2}		
Punákha	27 35	89 34	3739	—	—	—	66
Sási	27 8	91 29	4325	47			
Lenglúng Fort . .	27 39	91 12	4523	—	51		
Tassángsi Fort . .	27 34	91 33	5387	—	43		
Tóngso Fort . . .	27 30	90 19	6527	—	—	50	
Pānkabári, in Sikkim	26 49	88 14	1790	—	—	—	67·4
Darjiling, in Sikkim †	27 3 0	88 15·3	7168	42·0	44·4	50·1	54·8
Tónglo Pic., in Sikkim †	27 1 8	88 3·9	10080	—	—	—	—
Fälút oder Singhalíla Pic in Sikkim †	27 13·7	87 59·8	12042	—	—	—	—
Kathmándu, Hauptstadt von Nepál *	27 42·1	85 12·2	4354	45·4	50·3	56·6	61·6

im östlichen Himálaya.

Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	D.J.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	Jahr.
68	73	74	74	71	67	58	52	50.2	63.3	73.7	65.3	63.1
—	—	—	80.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58.7	61.8	62.9	62.6	61.1	57	52.8	44.2	43.5	54.5	62.4	57.0	54.4
48.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67.5	72.1	73.1	73.1	70.7	64.7	55.6	49.5	48.3	61.9	72.8	63.7	61.7

II. Kămáon, Gărhvál, Símla,

	Breite.	Länge.	Höhe.	Jan.	Febr.	März.	April
Lohughát oder Rikhésar	0 4	0 4					
in Kāmáon . . .	29 24	80 4	5649	44·5	45·8	52·3	60·9
Havالبágh,							
in Kāmáon . . .	29 38	79 37	4114	47	55	61	66
Almóra, . . .							
in Kāmáon . . .	29 35·2	79 37·9	5546	47·5	54·8	58·4	65·3
Nainitál,							
in Kāmáon . . . †	29 23·6	79 30·9	6634	42·5	46·4	55·5	59·3
Mílum,							
in Kāmáon . . . *	30 34 6	79 54·8	11265	—	—	—	—
Déra,							
in Gärhvál . . . †	30 18·9	78 1·0	2240	54·5	59 6	65·7	74·3
Landáur							
in Gärhvál . . .	30 27	78 8	7511	37·8	43·2	48·6	56·5
Mässúri . . . †							
in Gärhvál. . . †	30 27·6	78 3·0	6715	(45·2)	(48·2)	53·5	65·1
Jhósimath,							
in Gärhvál. . .	30 34	79 29	4724	—	—	—	—
Bádrinath,							
in Gärhvál. . .	30 46	79 20	10124	—	—	—	—
Níti,							
in Gärhvál. . .	30 48	79 34	11464	—	—	—	—
Sabáthu,							
in Símla . . .	30 58·5	76 58·5	4205	—	—	—	—
Dägshai . . .							
in Símla . . . †	30 53·1	77 2·2	6025	39	53·6	58	63·4
Kotghar,							
in Símla . . .	30 91	77 28	6412	42·4	49·9	54·1	60·5
Kässáuli,							
in Símla . . .	30 54	77 3	6650	39·6	39·6	54·8	54·2
Símla							
in Símla . . . †	31 6·2	77 9·4	7057	45·0	50·2	52·5	58·9

im mittlern Himálaya.

Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	D.J.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	Jahr.
66·0	71·0	71·1	70·7	68·7	63·1	51·9	46·4	45·6	59·7	70·9	61·2	59·4
73	76	78	79	75	69	60	52	50·8	66·6	77·6	68	65·8
71·3	75·2	73·2	72·6	72·4	66·4	59·8	53·2	51·8	65·0	73·7	66·2	64·2
64·1	69·6	65·3	68·0	63·2	58·1	55·0	48·4	45·4	59·6	67·0	58·8	57·9
—	63·5											
80·7	83·9	80·4	78·4	77·2	70·5	61·5	55·1	56·4	73·6	80·9	69·7	70·2
63·0	67·5	64·5	63·9	62·8	54·6	49·3	41·7	40·9	56·0	65·3	55·6	54·5
68·2	64·7	66·7	64·2	64·9	62·0	(53)	(46)	46·5	62·3	65·2	60·0	58·5
—	—	69·8										
—	—	—	58·0									
—	—	65·4										
—	81·2	77·6	74·6	75·3	70·2	64·1						
69	74·3	68·6	67·8	66·6	63·6	56·5	46·7	46·4	63·5	70·2	62·2	60·6
69·1	71	68·5	68	66·4	57·7	49·4	46·5	46·2	61·2	69·2	57·8	58·8
64·2	69·3	67·2	65·9	66·1	61·1	53·8	45·6	41·6	57·7	67·5	60·3	56·8
65·9	70·1	66·0	64·2	63·8	59·3	52·0	45·7	47·0	59·1	66·8	58·4	57·8

III. Kúlu, Chám̄ba, Lahól, Kashmír,

	Breite.	Länge.	Höhe.	Jan.	Febr.	März.	April
Sultánpur, in Kúlu *	31 75·8	77 5·8	3945	—	—	—	—
Kángra in Chám̄ba †	32 5·2	76 14·4	2553	49·7	55·4	62·6	68·4
Dalhousie, in Chám̄ba	32 32	76 0	6850	(40)	(46)	(52)	(60)
Kárdong, in Lahól *	32 33·8	77 0·6	10242	24	36	44	47
Srináger, Hauptstadt v. Kashmír *	34 4·6	74 48·5	5146	40	45	50	56
Márrí, in Márrí *	33 51·0	73 22·7	6963	37·9	44·4	50·6	55·7

IV. Westliches Tíbet

Kánam, Kloster in Kanáur .	32	78 ^{1/2}	9296	34	36	40 5	49·9
Spíti, Thal im westl. Tíbet	32 10	78	13000	19·2	18·7	24·5	40·9
Leh, Hauptstadt v. Ladák *	34 8·3	77 14·6	11532	20	26	36	44
Oestliche Umgebungen von Ladák							
Lingti-Tódi-ju in Spíti .	32 9	78 12	11316	—	—	—	—
Mud, in Spíti	33 51·6	78 1·3	12421	—	—	—	—
Tsomoríri-Salzsee in Rúpchu	32 45·4	78 16·6	15130				
Skárdo, Hauptstadt von Balti	35 20·2	75 44·0	7255	32	39	45	51
Búshia in Khótan Turkistán	36 26	78 19	9310	—	—	—	—
Yárkand, Hauptstadt v. Turkistán	38 10	74 0	4200	—	—	—	—

Márrí, im nordwestlichen Himálaya.

Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	D,J.F.	M.A.M.	J.J.A.	S.O.N.	Jahr.
70·8	72·7	75·2	78·1	70·8	58·9	55·6	—	—	—	75·3	61·8	
79	85·7	78·2	76	75	67·6	60·6	53·7	52·9	70·0	80·0	67·4	67·6
(70)	76·2	75·3	70·7	65·6	56·8	(54)	(45)	(43·7)	(60·6)	74·1	(58·8)	(59·3)
49	54	63	60	52	46	37	27	29	46·6	59	45	44·9
60	70	73	71	63	57	54	42	42·3	55·3	71·3	58	56·8
63·3	71·1	67·7	65·9	67	60·2	49·6	43·2	41·8	56·5	68·2	58·9	56·4

und Turkistán.

59·8	66·3	69·2	67·7	63·9	56·2	43·9	37·3	35·8	50	67·7	54·8	52·1
49·0	59·5	63·6	58·6	55·5	40·1	22·8	14·3	17·4	38·1	60·6	39·5	39·4
50·1	56·2	66·4	65·2	56·5	39·5	34	21	22·3	43·4	62·6	46·3	43·7
—	70·4											
—	53·6											
—	49·8											
58	66	69	68	59	52½	43	33	35	51·3	67·6	51·5	51·1
—	—	—	—	—	—	—	—	(22)	(45)	(61)	(45)	(43)
—	—	—	—	—	—	—	—	(38)	(54)	(69)	(56)	(54)

Erläuterung der beiden Isothermentafeln.

In dem Profile zur Darstellung der Höhenisothermen versuchte ich zugleich einige der wesentlichsten Typen von Pässen, Thälern und Gipfeln anzudeuten; die Einzelheiten, welche der angewandte Maassstab noch erlaubte, folgen sich, wie in der Liste die Stationen, von Osten und Süden nach Westen und Norden. Da die horizontale Dimension im Vergleiche zu den Höhenverhältnissen so sehr verkleinert werden musste, wären alle Gipfel steile, nicht mehr sich unterscheidende Nadeln geworden, hätte ich dieselben unmittelbar mit ihrer Basis in den Thälern verbunden; dieses wäre um so weniger hier zu vermeiden gewesen, weil auch die Höhendifferenzen zwischen den Gipfeln und den höchsten Thälern, selbst Pässen, absolut grösser sind als in den Alpen; in der Nähe des Monte Rosa-Gipfels, von 15223 engl. Fuss Höhe liegen Pässe von 11000 Fuss (altes Weissthor 11871, Theodulpass 11001 Fuss) in Hochasien sind selbst die höchsten Pässe wie der Ibigāminpass 20459, der Mustághpass 19019 Fuss, noch immer 8000 bis 9000 Fuss niedriger als die höchsten Gipfel in ihren Umgebungen. Ich zog daher vor, 2 Contouren übereinander zu stellen, wovon die erste die Ebenen, Vorberge, Pässe und Thäler, die zweite nur die vorzüglichsten der isolirten höchsten Gipfel darstellt. Die Höhenskala, also auch die Bedeutung der Gestalt der Isothermenlinien ist für beide Profile dieselbe. Die Linien sind hier⁶⁾ nur für das Jahresmittel gezogen; auch den Typus der Jahreszeiten suchte ich durch Beschreibung zu erläutern.

6) Der Atlas der „Results“ enthält diese Profile auch für die Jahreszeiten.

Um den Einfluss der Breite von jenem der Höhe zu trennen, war es nöthig, von der Temperatur im Niveau des Meeres als Basis auszugehen. Ganz besonders günstig war dabei der Umstand, dass bereits die geographische Gestaltung Indiens erlaubte, Isothermen zu ziehen, welche im Norwesten und Südosten Orte verbinden, die ausserhalb der Gebirgsmasse liegen und doch eine direkte Basis für die Temperatur im Niveau des Meeres in der Breite des Himálaya bieten.

In der kleinen Karte, welche auch die indischen Isothermen für das Mittel des Jahres enthält⁷⁾, zeigt sich zugleich, dass zwei ganz verschiedene Systeme von Isothermen sich ergaben. In der nach Süden gerichteten Halbinsel finden wir eine der inselartig-begrenzten Zonen grösster Wärme, so extrem, wie wir sie längs des Wärmeaequators nur an wenigen Stellen der Erde wieder finden; nördlich von Centralindien, in der Depression, welche dem Fusse des Himálaya entlang, die Flussgebiete des Indus, Ganges und Brahmapútra verbindet, sehen wir bereits ungeachtet der geringen Höhe über dem Meere und der noch fast tropischen Breite eine mehr parallele Gestalt der Isothermen und jene Richtung der Linien von Nordwesten nach Südosten, welche sich als der allgemeine Typus auch noch viel weiter im Norden, in Centralasien, wiederholt. In Hindostán und Bengalen lässt sich auch, wie die specielle Vergleichung mit den Himálaya-Temperaturverhältnissen zeigen wird, eine Depression durch absteigende Luftströme erkennen.

Im Höhenprofile zeigt sich der Einfluss der Breite durch die Neigung der Linie, welche auf der rechten Seite

7) Eine ausführlichere Darstellung nebst Vergleich mit den thermischen Verhältnissen der Erde im Allgemeinen siehe Atlas der „Results“, Meteorological Plates, Nr. II.

im Niveau des Meeres im Profile anfängt und gegen links ansteigend sich fortzieht. Die Formen der Isothermen des Profiles zeigen uns im Vergleiche mit dieser Linie die Unterschiede der Temperaturabnahme und sie erlauben zugleich, einige der wesentlichsten Ursachen dieser Unterschiede zu charakterisiren.

Einfluss des tropischen Tieflandes:
Erhöhung der Temperatur am südlichen Rande.

Längs der ganzen indischen Seite des Himálaya zeigt sich in den Vorbergen noch bis zu einer Höhe von 14000' der Einfluss der Tropen durch das Vorherrschen einer vom Rande nach dem Inneren gerichteten schief aufsteigenden Luftströmung; zugleich wird dadurch die Lufttemperatur während des ganzen Jahres relativ zu warm. In den Höhenisothermen zeigt sich diess, indem sie in allen Jahreszeiten gegen den Südrand steigen. Nicht unähnlich ist auch am Südrande der Alpen gegen Italien die im allgemeinen etwas nach aufwärts gerichtete Gestalt der Höhen-Isothermen ⁸⁾).

Die Isotherme von 74° Fahrh. der Karte, welche für die Ausläufer des Himálaya die Basis zur Vergleichung der Temperatur im Meeresniveau bot, eignete sich um so mehr dazu, die verhältnissmässig langsame Abnahme erkennen zu lassen, weil sie unabhängig von den Himálayastationen aus Assám- und Pänjábstationen bestimmt wurde, und so auch unberührt von den absteigenden Luftströmen war, welche, wie wir sehen werden, die Stationen längs des Fusses des Himálaya in Hindostán und Bengalen etwas afficiren.

8) Vergl. Schlagintweit, Phys. Geogr. der Alpen. Vol. 1. Taf. 8.

Wie sich die relative Wärme des Randes mit der Höhe allmählig vermindert, sieht man an der Abweichung der Isothermen von der als gebrochenen Linie fortgezogenen Basis. Bis etwa zu 100 oder 120 engl. Meilen gegen das Innere sind die Abhänge der Ausläufer des Himálaya zu warm, und zwar wie die Zahlen der Tabellen zeigen, in allen Jahreszeiten, während in den Alpenstationen die Abhänge vorzugsweise im Winter durch das Abfließen der erkalteten Luftmassen zu warm sind, aber im Sommer relativ zu kühl. Dass die warmen Luftströme so weit in das Innere sich fortziehen, ohne sich vielmehr als vertical aufsteigende Luftströme von der Oberfläche rascher zu entfernen, hängt zum Theile mit der allgemeinen Windesrichtung, aber wesentlich auch damit zusammen, dass absteigende Luftströme, welche durch die Thäler herabströmen, ihnen das Gleichgewicht halten.

Ueber Tibet scheinen solche von Indien emporsteigende Strömungen, wenn sie überhaupt ihre bewegende Kraft dort nicht bereits verloren haben, in bedeutender Höhe sich fortzubewegen; selbst in Höhen von 18000 bis 20000 Fuss konnten wir keinen ähnlichen Einfluss auf die Windesrichtung erkennen. Auch die Alpen sind darin Himálaya ähnlich, dass in Folge der Stellung der Alpenketten die südlichen wärmeren Luftströmungen mehr mit den höhern Schichten der Atmosphäre sich mischen oder ihre bewegende Kraft verlieren, ehe sie längs der Oberfläche weiter nach Norden vordringen, aber da die europäischen Ketten so viel kleiner und auch die Breite des Gebirgslandes so viel geringer ist, ist auch der Effekt kein so consequenter.

Einfluss der grossen Stromgebiete und der tiefen Erosion:

Relative Kälte der Thäler während des ganzen Jahres (zugleich Mangel an Seen und Wasserfällen), rasche Temperaturabnahme gegen Norden in den Ebenen am Fusse des Himálaya.

Die thermischen Verhältnisse weichen aber für die Thäler mit breiter Basis weit mehr von dem Typus ab, den sie uns in den Alpen und im allgemeinen in kleineren Gebirgen zeigen, wo sie im Sommer relativ zu warm, noch entschiedener im Winter relativ zu kalt sind. In Hochasien sind die riesigen Ausdehnungen der Stromgebiete zugleich die Ursache, dass Orte in weiten Thalbecken, wie Kathmándu in Nepál, Srináger in Kashmír, Skárdo im Industhale in Tibet, das ganze Jahr hindurch, auch im Sommer, durch das locale Zusammenströmen kalter Luft aus den höheren Regionen, kälter sind als gleich hohe Orte auf Abhängen oder Gebirgsrücken.

Auch die überraschende tiefe Erosion der Flussthäler trägt viel dazu bei. Sie übt einen lokalen Einfluss aus auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und das Clima im Allgemeinen, und hat auch eine so wesentliche Modification der thermischen Verhältnisse der Atmosphäre zur Folge⁹⁾, dass sie nicht nur für die geologischen, sondern auch für viele physikalische Verhältnisse besondere Berücksichtigung verdient. In den Alpen z. B., sind Erosionen von 500 bis 600 Fuss schon ungewöhnliche, im

9) Die tief eingeschnittenen Barranken der Cordilleren lassen ähnlichen Einfluss vermuthen, obwohl geringeren, weil dort jene grösseren Eis- und Gletscher- bedeckten Flächen fehlen, welche im Himálaya und in Tibet in den Hochregionen ungeachtet der subtropischen Breite überall so häufig sind.

Himálaya ist die mittlere Tiefe wenigstens gleich 1200 Fuss zu setzen, und viele Stellen, wo geringere Widerstandsfähigkeit des Gesteines es begünstigt, sind noch viel tiefer eingeschnitten. Ueberdiess ist es eine bisher, wie ich glaube, noch nie als solche bezeichnete Folge dieses allgemeinen tiefen Einschneidens in die Thalsohlen, dass man im Himálaya so viele Stellen findet, die sich zwar durch die Gestalt des Bodens, selten zugleich durch etwas grössere Bodenfeuchtigkeit¹⁰⁾, als Becken früherer Seen erkennen lassen, die aber mit sehr vereinzeltten Ausnahmen durch das Fortschreiten der Erosion, nämlich durch das Tieferlegen des Ausflusses, längst entleert sind. Als noch vorhandene Seen des Himálaya dürfte etwa nur jener bei Nainitál, und der Chunársee¹¹⁾ und Vúlersee, diese in der Nähe von Srináger, der Hauptstadt von Kashmír, Erwähnung verdienen. Auch in Tíbet sind die Seen, mit Ausnahme einer verhältnissmässig geringen Zahl entleert, und die wenigen, die sich noch erhalten haben, sind salzig — durch Austrocknen, dessen Fortschreiten noch jetzt sich erkennen lässt, und dessen Beginnen damit zusammenfällt, dass in den Umgebungen dieser Seen viele andere Stellen allmählig ihrer früheren Wasserdecken beraubt worden sind.

Noch eines anderen Umstandes muss hier zur Vervollständigung des orographischen Bildes gedacht werden, dass — keine Wasserfälle existiren. Auch diess lässt sich hier als die Folge der gewaltigen Erosion durch das Zusammenströmen von Wassermassen aus so grossen Flächen erkennen; im Himálaya wird ihre Wirkung noch durch die Re-

10) Auch die Torfbildungen in den analogen Becken der Alpen fehlen in Hochasien.

11) Siehe Tafel 18 des Atlas der „Results“: Panorama of the Lake and Gardens near Srináger.

genmenge erhöht, die zugleich auf die Periode weniger Monate beschränkt ist¹²⁾).

Von den Wasserfällen, die früher so wenig als die Seen fehlten, sind überall zahlreiche Spuren in der Form der Flussbette nachzuweisen, aber die Mündungen der kleineren Flüsse, die sonst am häufigsten die Wasserfälle zeigen, sind jetzt zu Stromschnellen geworden.

Je tiefer und gleichförmiger die Thäler durch die Erosion eingeschnitten sind, desto mehr muss ihre Form die Anhäufung kalter Luft in denselben begünstigen.

Eine Untersuchung der indischen Stationen längs des Himálaya, in Bengálen, Hindostán und im Pánjáb, zeigt, wenn wir ihre topographische Lage in Beziehung auf die Mündung der grossen Flussthäler damit verbinden, dass diese absteigenden Luftströme auch hier, wenigstens in der Taràí und nahe dem Gebirgsrande, die Atmosphäre etwas abkühlen; aber fast scheint diess nur in sehr geringem Grade der Fall zu sein, denn ihr lokaler Einfluss wird dadurch sehr geschwächt, dass Passate mit so grosser Regelmässigkeit und Stärke den einen Theil des Jahres thalaufwärts, den anderen thalabwärts ziehen.

Vergleicht man dagegen über ein grösseres Terrain die Isothermen von 80° bis 75° F., welche längs des Himálaya-Randes hinlaufen, so fällt auf, wie rasch hier zwischen 80° und 87° Länge östlich von Greenwich, die Temperatur gegen Norden abnimmt, woran die absteigen-

12) Das Maximum von Regenmenge in kleineren Gebirgen, zugleich die absolut grösste, die bis jetzt überhaupt auf der Erde bekannt, ist jene am Südrande der Khássiagebirge, wo das Mittel für Cherrapúnji 610 engl. Zoll überschreitet. Dessenungeachtet ist dort in Folge der so bedeutend kleineren Flächen der Stromgebiete die Erosion nicht so stark als man erwarten sollte; auch Wasserfälle sind dort nicht selten.

den Luftströme des Himálaya den wesentlichsten Antheil haben.

Die Alpen schon, wie Dove jüngst sehr treffend nachgewiesen hat, zeigen einen ähnlichen Einfluss gegen Süden ¹³⁾.

Dass nördlich von Central- und Süd-Indien die Temperatur rascher abnimmt, als sie innerhalb der Zone sich ändert, die hier von der Isotherme von 80° Fahrenh. umschlossen, inselartig den Wärmeäquator umgiebt, würde noch nicht den Einfluss des Himálaya als erkältende Ursache erkennen lassen, da ja auch in Hochasien und von dort weiter nach Norden die Temperaturabnahme mit der Breite rascher ist; aber darin lässt sich hier der Einfluss des Himálaya erkennen, dass bei gleicher und selbst grösserer Breite die Temperaturabnahme gegen Norden im Pánjáb weit langsamer ist als in Hindostán. In der Nähe des Pánjáb sind die zunächst folgenden Theile des Himálaya nicht so hoch und die Fläche, über welche ihr abkühlender Einfluss sich auszubreiten hat, ist eine weit grössere, dort ist auch der Effekt unmerklich. Am bedeutendsten dagegen wird er, was ihn zugleich am besten als vom Himálaya ausgehend charakterisirt, wo die absteigenden Luftströme im Südosten von Hindostán zwischen dem Fusse des Himálaya und des Barérplateau eingeschlossen sind. Weiter östlich dagegen, im Ganges- und Brahmapútra-Delta treten die Isothermen wieder weiter auseinander.

An dem Rande des Profiles gegen Turkistán sehen wir ein Sinken der Linien; aber verglichen mit dem nothwendigen Einflusse der Breite ist keine relative Depression der Temperatur am Rande anzunehmen; die Form der Linien hat vielmehr, wie wir sehen werden, ihren Grund sowohl in der relativen Wärme im Innern, die sich in einiger Entfernung vom Rande bereits bemerkbar macht,

13) Berl. Geogr. Ges. März 1865.

als auch in der plateauartigen Gestaltung des Terrains zwischen dem Künlün und Sayanchán, wodurch auch die Basis, mit der wir sie vergleichen müssen, etwas zu warm wird.

Modification durch die Ausdehnung und Grösse der Erhebung:

Relative Zunahme der Temperatur im centralen Hochasien und in Turkistán. Einfluss der Massenerhebung im Gegensatze zu isolirten Gipfeln. Absolute Vermehrung der Wärmeentwicklung durch Terrainunebenheiten im Gegensatze zu Flächen.

Aus dem Profile der Höhenisothermen tritt uns auch eine Vermehrung der Wärme entgegen, wenn wir dem Laufe der Linien durch die centralen Theile, durch Tíbet folgen, und besonders deutlich zeigt sie sich auch als rasche Abnahme am Rande im Künlün, wo nicht mehr wie im südlichen Rande des Himálaya nach dem Inneren gerichtete Luftströmungen andere lokale Modificationen veranlassen.

Bereits in den Alpen hatte ich Gelegenheit, Aehnliches zu erkennen¹⁴⁾, und ich hatte nicht unterlassen, durch die Combinationen, die sich zur Berechnung der Temperaturabnahme boten, dieses Resultat um so sorgfältiger auch hier zu prüfen, da es ein so unerwartetes gewesen. Das Material der neuen Daten eignete sich hiezu sowohl durch die Ausdehnung, über die es sich erstreckt, als auch dadurch, dass es in einer von den Alpen wesentlich verschiedenen klimatischen Zone gelegen ist. Das Resultat in Beziehung auf den Einfluss der Massenerhebung war auch hier dasselbe; ja wie es die Höhenisothermen — ungeachtet der Breitendifferenz zwischen dem indischen und centralasiatischen Rande des Profiles — auf das Bestimmteste erkennen lassen, zeigt sich hier den Grössenverhältnissen und dem

14) Schlagintweit, *Physical. Geog. der Alpen*. Bd. I. p. 378—380.

höheren Sonnenstande entsprechend viel deutlicher als in den centralen Alpen das Steigen der Isothermen im Inneren von Tibet, wo in gleicher Höhe noch weit mehr Gebirgsmasse der Insolation ausgesetzt ist, als diess im Himálaya und im Künlun der Fall ist. Noch bis 15000, selbst 18000 Fuss liess sich diess bestimmt erkennen¹⁵⁾.

Im Verhältnisse zu den Dimensionen der Erde ist die Höhe der Gebirge so klein, dass nicht die etwas veränderte Entfernung vom Mittelpunkte von bemerkbarem Einflusse sein kann (15000 engl. Fuss über dem Meere wären etwa $\frac{1}{1300}$ des Erdradius¹⁶⁾); es zeigt sich diess in nicht unähnlicher Weise, wo die Höhe der niedersten Thalsohlen ausgedehnter Gebirge 8000 bis 9000 Fuss beträgt, obwohl hier wegen der bereits beträchtlichen Verdünnung der Atmosphäre der Verlust durch Strahlung sehr viel grösser wird, und diess ist es besonders, wodurch solche Gebirge eine Beeinträchtigung der resultirenden Erwärmung der Erde werden¹⁷⁾.

15) Ueber die Veränderung des Ganges der Temperatur in der freien Atmosphäre gab ich bereits verschiedene Daten *Phys. Geogr. der Alpen* vol. 2. p. 409.

16) Es ist nach Bessel (*Astron. Nachr.* 1841 vol. 19 p. 97—116 die halbe grosse Axe der Erde 3272077,414, die halbe kleine 3261139,433.

17) Auch die Schneedecke in den höhern Regionen trägt etwas dazu bei, doch kann der Einfluss besonders in den geringern Breiten Hochasiens kein bedeutender sein, wenn man bedenkt, dass die Schnee-Regionen selbst in der Breite der Alpen einen so kleinen Theil der Gesamtoberfläche betragen. — Die Schnee- und Eisfläche hatte sich für die Alpen zu 55—60 deutschen Quadratmeilen auf einer Basis von 3500 bis 4000 Quadratmeilen, also zu etwa $\frac{1}{65}$ ergeben. Schlagintweit *phys. Geogr. der Alpen* vol. 2, p. 509. Die entsprechenden Daten über Firne und Gletscher aus dem Himálaya habe ich noch nicht im einzelnen bearbeiten können, doch schon die allgemeinste Vergleichung zeigt, dass dort die Ausdehnung im Verhältnisse zu der bedeutenden Fläche eine weit geringere ist.

Dagegen wo über grosse Strecken eine nicht bedeutende aber sehr undulirte Erhebung den Boden bedeckt, ist selbst die absolute Wärmeentwicklung durch Insolation bis zu einer gewissen Höhe grösser, als sie auf Flächen¹⁸⁾ im Niveau des Meeres sein würde, wie diess auch die Stationen in Centralindien gezeigt hatten¹⁸⁾.

In den Tropen machen sich solche Modifikationen weit deutlicher fühlbar als in geringeren Breiten, doch auch für die Vermehrung der Wärmeentwicklung auf der Gesamtoberfläche der Erde bleibt der Umstand nicht unwichtig, dass die Oberfläche der meisten Continente und Inseln vorherrschend von kleinen Erhebungen bedeckt ist und dass auch in vielen der grossen Gebirge die bedeutende Massenerhebung derselben wenigstens zum Theile den

18) Auch experimentell lässt sich diess direkt beweisen; in den heissen Climates weit leichter als in unseren Breiten, weil dort die Wirkung der Besonnung, also auch die Differenz bei veränderten Bedingungen um so grösser ist. Es zeigte sich diess z. B. sehr deutlich, wenn eine reliefartig bearbeitete und eine glatte Steinplatte, aber beide gleich in Substanz, Farbe, Volumen etc., der Besonnung ausgesetzt wurden; die erzeugte Wärme wurde durch die Temperaturveränderung verglichen, die jede derselben in einem gleichen Volumen Wassers hervorbrachte. Bei diesen Versuchen, zu Ambála, ebenso wie bei jenen über den täglichen Gang der Temperatur etc. (Sitzungsber. der Berl. Akad. für 1863, p. 201) hatte Dr. Tritton die Güte, mir die Ausführung freundlichst zu erleichtern.

19) Im Dékhan in Centralindien beträgt die Höhe für 1° F. Abnahme 580 engl. Fuss, da hier die Höhenunterschiede sehr gering und die Erhebung eine sehr ausgedehnte ist. In den höheren und mehr isolirten Gebirgen von Südindien und den indischen Inseln wird dagegen die Temperaturabnahme eine sehr rasche. Ich erhielt in den Níliris und im südlichen Indien 1° F. Abnahme für 290 engl. Fuss Höhenunterschied, in Ceylon und dem indischen Archipel für 280 Fuss. Numerical Elements of Indian Meteor. Trans. Roy. Soc. 1863 p. 538, u. s. w. im Auszuge Sitzungsberichte d. k. b. Akad. 1863 p. 338.

Wärmeverlust in Folge lebhafterer Strahlung, Berührung mit Wind von kälterer Temperatur²⁰⁾ etc. ersetzt.

Um die Analyse des Profiles der Höhenisothermen zu vollenden, sei noch erwähnt, dass auch in Turkistán der Einfluss der Massenerhebung auf die Erhöhung der Temperatur sich bemerkbar macht durch das Vorhandensein der 3000 bis 4000 Fuss hohen Thalsohle, welche die Gebirgskette des Künlün im Süden von jener des Sayanchán im Norden trennt. Bei 4200 Fuss und 38° N. Br. fällt dort das Jahresmittel kaum unter 54° F., was selbst bei 420 Fuss für 1° F. Temperaturabnahme 64° F. im Meeresniveau erreichen würde, während die Berechnung der Isothermen für die Basis aus den Umgebungen östlich und westlich den Werth nur zu 59 bis 60° im Mittel ergiebt, eine Wärmevermehrung, welche die Verminderung im Süden des Himálaya an Grösse mehr als erreicht.

Die relative Wärmeentwicklung, die in der Mitte Hochasiens durch die Bodengestaltung begünstigt wird, scheint so nach Norden sich vorzüglich fühlbar zu machen, aber in vertikaler Richtung die Erhebung der bedeutendsten Gipfel nicht zu überschreiten; analog den vorherrschenden Bewegungen der Atmosphäre wird sie mehr in horizontaler Richtung ausgebreitet, ohne sich zu rasch nach den höheren Regionen zu verlieren. Hohe vereinzelte Berge haben wir stets nur wenig von den Mittelwerthen abweichend gefunden, welche sich hier für das gesamte Gebirgsterrain ergaben, Temperaturen, die bei etwas bewegter Atmosphäre zugleich als jene der freien Atmosphäre in diesen Breiten betrachtet werden konnten.

Die Beobachtungen bei Luftballonfahrten, besonders

20) Eine specielle Zusammenstellung der Bedingungen der Wärmeabnahme mit der Höhe versuchte ich *Phys. Geog. der Alpen* vol. 1. p. 331—334 zu geben.

jene von Glaisher, die mit so verschiedenartigen und sorgfältigen Experimenten verbunden waren, ergaben im allgemeinen für die Temperaturabnahme von Europa, dass sie in Höhen von 6000 bis 8000 Fuss rascher ist als im Inneren der Alpen; in grösseren Höhen waren die Abweichungen theils verschwunden, theils sind sie klein und unregelmässig wechselnd gefunden worden.

Tabelle der Höhenisothermen und der Temperaturabnahme in Hochasien²¹⁾.

Temp.	Himálaya-Rand gegen Indien.	Himálaya, Süd- abfall der Kette.	Westl. Tibet, Nordabfall des Himálaya, Kara- korám.	Käulün, Nord- und Südabfall im Mittel.	Temp.
Fahr.	Höhe Diff.	Höhe Diff.	Höhe Diff.	Höhe Diff.	Fahr.
75 1/2	0				75 1/2
70	2200 ⁴⁰⁰	0			70
65	4200 ⁴⁰⁰	1950 ³⁹⁰			65
60	6200 ⁴⁰⁰	3950 ⁴⁰⁰			60
55	8200 ⁴⁰⁰	6000 ⁴¹⁰	7000	3400	55
50	10100 ³⁸⁰	8050 ⁴¹⁰	9000 ⁴⁰⁰	5100 ³⁴⁰	50
45	11900 ³⁶⁰	10100 ⁴¹⁰	11000 ⁴⁰⁰	6800 ³⁴⁰	45
40	13700 ³⁶⁰	12150 ⁴¹⁰	13000 ⁴⁰⁰	8500 ³⁴⁰	40
35	15500 ³⁶⁰	14200 ⁴¹⁰	15000 ⁴⁰⁰	10550 ⁴¹⁰	35
30	17300 ³⁶⁰	16250 ⁴¹⁰	17000 ⁴⁰⁰	12600 ⁴¹⁰	30
25	19100 ³⁶⁰	18300 ⁴¹⁰	18900 ³⁸⁰	14650 ⁴¹⁰	25
20		20350 ⁴¹⁰	20800 ³⁸⁰	16600 ³⁹⁰	20
15		22400 ⁴¹⁰	22650 ³⁷⁰	18550 ³⁹⁰	15
10		24400 ⁴⁰⁰	24500 ³⁷⁰		10
5		26400 ⁴⁰⁰	26300 ³⁶⁰		5
0		28400 ⁴⁰⁰	28100 ³⁶⁰		0

21) Vergl. die graph. Darstellung auf der Tafel der Profile.

Der Mittelwerth der Temperaturabnahme, wenn aus all diesen einzelnen Zahlen abgeleitet, konnte so am gleichmässigsten mit der Gestaltung des Terrains und mit der Häufigkeit des Vorkommens der verschiedenen Höhenstufen verbunden werden.

Es ergibt sich für Hochasien als allgemeines Jahresmittel der Temperaturabnahme 390 engl. Fuss für 1° Fahrh.

Auf die einzelnen Theile bezogen, waren die Mittelwerthe der Temperaturabnahme für den Himálaya und Tibet 400 und 385 Fuss für 1° Fahr., Werthe, die auch innerhalb der einzelnen Gruppen je nach der Bodengestaltung wechseln; für den Künlün 380 Fuss für 1° Fahr. In den Alpen erreicht die Abnahme nur 320 Fuss²²⁾.

Vergleich der Isothermen mit der Schneelinie, mit der Grenze von Culturen und bewohnten Orten.

Um das Bild der thermischen Verhältnisse zu vervollständigen, seien hier noch einige der für die physikalische Geographie charakteristischen Höhengrenzen erwähnt. Obgleich dieselben nicht von Temperatur allein bedingt sind, bieten sie doch für die Vergleichung mit den Jahresisothermen ebenfalls manche Anhaltspunkte.

Die Schneegrenze ist in dieser Beziehung besonders wichtig. Die meteorologischen Bedingungen, welche auf dieselbe modificirend einwirken, sind Temperatur der Luft und Insolation, sowie Menge und Vertheilung des atmosphärischen Niederschlages; die Vertheilung ist dadurch so

22) Für 1° C. 540 par. Fuss. Phys. Geogr. der Alpen. Vol I. p. 334—370.

wichtig, dass Sommerregen selbst bis zu bedeutenden Höhen viel zur Verminderung der sich anhäufenden Schneemassen beitragen können; im Himálaya, sowie in jenen Theilen der Alpen, wo Sommerregen vorherrschen, lässt sich diess oft beobachten. Topographische Verhältnisse können ebenfalls Unterschiede bedingen, wie diess in ungewöhnlichem Maasse ein Vergleich der beiden Abhänge des Himálaya und der Gebirgsketten nördlich davon erkennen lässt. „Abhang“ bezeichne hier die allgemeine Senkung, vom Hauptkamm ausgehend. Auch die „Exposition“, am meisten jene nach Süden und Norden, ist von Einfluss auf die Schneehöhe; bei der Ableitung von mittleren Werthen jedoch kann sie unberücksichtigt bleiben, da Daten in genügender Anzahl sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Im allgemeinen ist Einfluss der Exposition, in der nördlichen Hemisphäre ein Steigen auf der Südseite und Fallen auf der Nordseite etc., überall derselbe (auch im Himálaya); nur die Grösse des Unterschiedes zwischen Nord- und Süd-Exposition bleibt nicht die gleiche.

Die Bestimmung der Schneegrenze im Himálaya war anfangs vielfach angegriffen und wenigstens ihre allgemeine Geltung für die ganze Kette bezweifelt worden, als sich das Resultat ergab, dass im Himálaya der Südabhang die Schneegrenze niedriger hat als der Nordabhang, was jetzt durch eine grosse Anzahl von direkten Bestimmungen hinlänglich bestätigt ist.

Dagegen zeigte die Zusammenstellung mit den thermischen Verhältnissen, die ich hier das erste Mal in der Lage war, mit Benützung von Höhenisothermen für Jahresmittel und die Jahreszeiten ausführen zu können, dass, verglichen mit anderen Zonen gleicher Breite, nicht der Südabhang des Himálaya das ungewöhnliche ist, sondern der Nordabhang desselben und die anderen Gebirgsketten von Tíbet. Ein unerwartetes Resultat, besonders wenn man der ungeheuren

Regenmenge gedenkt, die man bisher, allerdings nur von den Himálaya-Gesundheitsstationen in Höhen von 7000 bis 8000 Fuss und nahe dem Rande kannte. Doch für die Schneegrenze ist zu berücksichtigen, dass ich auf der Kette in einiger Entfernung vom südlichen Rande und in einiger Höhe die Schneemenge, welche jährlich fällt, eine bereits ungleich geringere fand, ungeachtet des Umstandes, dass der Kamm der Himálayakette eine scharfe Grenze des „feuchten und des trockenen“ Klimas bildet.

Ehe ich auf nähere Vergleichen eingehe, seien hier die wesentlichsten numerischen Elemente zusammengestellt.

Die Höhe der Schneegrenze beträgt:

- | | | |
|--|---|---------|
| 1a) Himálaya-Südabhang, indische Seite der Kette (Breite von Bhután bis Kashmír, $27\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $34\frac{1}{2}^{\circ}$ N.) bei einem Jahresmittel der Lufttemperatur von 33° Fahrh. | { | 16200'; |
| 1b) Himálaya-Nordabhang, tíbetanische Seite der Kette bei 27° Fahr. | | 18600' |
| 2) Karakorúm-kette in Tíbet von 28° bis 36° N. Br., im Mittel, bei 25° Fahr. Jahrestemperatur | | 19100' |

Im Karakorúm hat die Exposition einen sehr grossen Einfluss; auf den Nordseiten ist die Schneegrenze gewöhnlich 18600', auf den Südseiten reicht sie im Mittel bis 19600'; die Bestimmungen sind auf Messungen im westlichen Tíbet basirt. Auch die beiden „Abhänge“ unterscheiden sich, aber wenig.

- 3) Kette des Künlün, von Westen nach Osten streichend, in einer Breite von 36 bis $36\frac{1}{2}^{\circ}$; südliche Seite, Abhang gegen die Kette

des Karakorum gerichtet, bei 26° Fahr.

Jahresmittel 15800'

nördliche Seite, Abhang gegen Turkistán

bei 26° Fahr. 15100' ²³⁾)

Die Bedeutung dieser Differenzen lässt sich am besten erkennen, wenn wir damit die Schneelinie in anderen Gebirgsketten vergleichen, besonders jene in den tropischen Anden Amerikas.

Es ergab sich in der nördlichen Hemisphäre für die Anden von Mexiko ²⁴⁾ bei 19° N. Breite 14970'

In der südlichen Hemisphäre ²⁵⁾ für die Anden von Quito 15700'

Bei 1° N. Breite in mittlerer Lufttemperatur von 34 bis 35° Fahr. ²⁶⁾ in den östlichen Anden von Bolivia bei 14 bis 16° S. Breite 15900'

23) Etwas westlicher, am Hindukush bei 35¹/₂° Breite, giebt Wood, *Personal narrative etc.* 1841, 365, bei den Quellen des Oxus die Höhe der Schneegrenze = 13000', was zugleich wieder auf eine bedeutende Vermehrung der atmosphärischen Niederschläge schliessen lässt. Auch im westlichsten Tibet, in Báliti sinkt die Schneegrenze ziemlich rasch, indem auch hier die Feuchtigkeit bereits wesentlich zugenommen hat. In Hazóra, nordöstlich von Naugáum (Breite 35°11 N., Länge östl. v. Greenw. 75°5') hatte mein Bruder Adolph 1856 die Schneegrenze im Mittel zu 15600' gefunden; allerdings bereits gegen Ende Septembers, doch war weder Regen in den Thälern noch frischer Schnee auf den Abhängen beobachtet worden. Besonders auffallend war auch gerade hiedurch der Unterschied, je nach der Exposition geworden. In Nordexposition war die Höhe der Schneegrenze 14800', in Südexposition 16400', also 1600' Differenz.

24) Humboldt *Centralasien* 1847 II. S. 169. Aehnlich wurde sie in den Gebirgen von Abyssinien bei 13° n. Br. gefunden; Rüppel *Reise in Abyssinien* I. 414; II. 443.

25) Nach Humboldt und Pentland. Humboldts *Centralasien* vol. II. 165, 177, 213.

26) Nach Humboldt's *Fragments de Géologie et de Climatologie asiatique* II, 531.

In den westlichen Anden von Bolivia von
16 bis 18° S. Breite 18500'

Einzelne Theile, wie die Umgebungen von Paachata scheinen, analog den schneefreiesten Stellen der Karakorumkette, erst bei 20000 Fuss eine allgemeine Schneedecke erkennen zu lassen.

In den Alpen erhielt ich mit meinem Bruder Adolph²⁷⁾ bei einer mittleren Breite von 46 1/2° N. und einer Jahrestemperatur von 24°, 8 Fahr.
für die Südabhänge 9200'
Nordabhänge 9100'

Die Extreme in den Umgebungen des Mont Blanc und Monte Rosa erreichten 9800'

In Norwegen sind die entsprechenden Werthe nach L. v. Buch²⁸⁾, bei 61° N. Breite, 24° Fahr. und Höhen von 5240 bis 5590'

Bei dem Zusammenfassen dieser verschiedenen Daten ergibt sich zunächst für den Himálaya auf der Indien zugekehrten Seite, seinem Südabhange, dass die Schneegrenze zwar etwas tiefer genannt werden kann, als für Asien dieser Breite entspräche, aber dass die amerikanischen Tropen²⁹⁾ (mit Ausnahme der trockenen westlichen Anden von Bolivia)

27) Schlagintweit. Phys. Geogr. der Alpen vol. I, 379, vol. II, 594.

28) Buch, Gilb. Ann., XXV, 321.

29) In den tropischen Theilen von Indien giebt es keine Gebirge, welche bis zur Schneegrenze emporsteigen.

Die Jahresisotherme schwankt an der Schneegrenze zwischen 34.7° Fahr. am Aequator und 19.8° Fahr. am Polarkreise. Die Wärme, bis zu welcher die Schneegrenze herabsteigt, ist somit nicht in den höheren Breiten die grössere, sondern in den Tropen und zwar deswegen, weil die absolute Menge des Niederschlages, die wegschmelzen muss, in den tropischen Regionen die grössere ist.

die Schneegrenze auch in geringen Breiten noch tiefer haben ³⁰⁾).

In Beziehung auf die Temperatur der Jahresisotherme ³¹⁾ ist hervorzuheben, dass dieselbe bei der Schneegrenze am Südabhange des Himálaya nur wenig, etwa 1° F., wärmer ist, als überhaupt für die Breite von $27\frac{1}{2}$ bis 34° N. sich berechnet. Als desto abweichender von den mittleren Werthen in der entsprechenden Breite tritt uns die absolute Höhe der Schneegrenze und die coincidirende Isotherme entgegen, wenn wir den nördlichen tibetischen Abhang des Himálaya und die beiden Seiten der Karakorúm-kette betrachten.

In den Umgebungen des Karakorúmpasses, obwohl in einer Breite von $35\frac{3}{4}^{\circ}$ N. begegneten wir an vielen einzelnen Stellen Schneegrenzen von nahe 20000 Fuss, zu-

30) Vergl. Durocher's Berechnungen, Annales de chem. et de phys., XIX, p. 1. Er erhielt folgende Einsenkungen für 1 Breitenminute in Metern.

Breitenzone	Einsenkung
⁰	m.
0 — 10	0·000
10 — 20	0·358
20 — 70	1·173
70 — $74\frac{1}{2}$	3·259
$74\frac{1}{2}$ — 80	0·857

Obwohl von manchen der vorhandenen einzelnen Daten wesentlich abweichend, lassen auch diese Zahlen, auf mittlere Werthe angewandt, erkennen, dass das Exceptionelle der Schneegrenzen in Hochasien nicht am Südabhange des Himálaya zu suchen ist.

31) Die Veränderungen in der Verbindung der Monatsisothermen und der monatlichen Schneehöhe sind nicht weniger bedeutend als in den Alpen; ohne schon hier auf die Details für Hochasien eingehen zu können, darf ich wohl zunächst als Analogie die Resultate erwähnen, die sich für die Alpen ergeben hatten. Phys. Geogr. vol. I, p. 359.

nächst die Folge des geringen atmosphärischen Niederschlages³²⁾. In noch grösseren Höhen würden wir besonders in den plateauartigen Umgebungen des 28278' hohen Dápsang-Gipfel³³⁾ ausschliesslich schneefreien Wüsten und kahlen Felsenwänden begegnen, wenn nicht überdiess jener Umstand als dem weiteren Herabreichen der Schneegrenze günstig zu nennen wäre, dass der Niederschlag wenigstens während der kalten Jahreszeit fällt; die Wirkung der Besonnung bei der geringen Wolkenmenge ist im Sommer intensiver als der Breite entspräche, aber der Wärmeverlust durch Strahlung besonders während der Nacht ist ebenfalls sehr bedeutend. In den Anden von Amerika sind solche extreme Schneehöhen, wo sie sich zeigen, auf viel kleinere Gebiete beschränkt; in Beziehung auf die mittleren Werthe ist die Schneehöhe der Karakorumkette als die absolut-höchste der Erde zu betrachten, aber sie ist noch nicht jene, die mit der niedersten Isotherme zusammenfällt.

Der Unterschied zwischen dem Südabhange (nach Tibet zu) und dem Nordabhange (nach dem Künlüngebirge zu) ist nicht allein als Funktion der Lage gegen den Horizont zu betrachten, auch die Menge des Niederschlages hat daran einigen Antheil; auf dem Nordabhange fällt bereits während des Sommers etwas Schnee bis zu Höhen von 18000 Fuss; aber Regen dürfte wohl selten beobachtet werden.

32) Im Himálaya, Südabdachung, erreicht die Menge des Niederschlages in den Umgebungen von Darjiling über 120 Zoll in der Nähe der Schneegrenze gegen 40 Zoll, in den Alpen 20, in Karakorum etwa 4, im Künlün gegen 10.

33) Es ist diess der zweithöchste Gipfel der Erde, nur vom Gaurisáňkar, weit östlich davon, überragt.

Gaurisáňkar in Nepál: N. Br. 27°59'3. Länge östl. Greenw. 86 54'7. Höhe 29,003'.

Dápsang in Núbra: N. Br. 35°28'. Länge östl. Greenw. 77°10' Höhe 28,278'.

Etwas verschieden noch sind die Verhältnisse in Kün-
lün; Sommerniederschläge, auch in der Form von Regen
sind bereits ziemlich häufig; hier tragen also auch diese
bisweilen dazu bei, die Schneemenge zu vermindern, und
da überdiess, verglichen mit mittleren Verhältnissen der
Summe der Niederschläge nicht sehr bedeutend ist, etwa 14 bis
15 Zoll in den am günstigsten gelegenen Thälern, geschieht
es, dass gerade hier die Schneegrenze zwar bereits der
Breite wegen ziemlich tief ist, 15100 bis 15800 Fuss, aber
mit den Isothermen von 23° Fahr. bis 25° Fahr. zusammen-
fällt; was sich erst bei 61° nördlicher Breite in Norwegen
wiederholt; für die tropische und subtropische Zone bleibt
diess die absolut-kälteste Schneegrenze, die wir bis jetzt
kennen³⁴⁾.

Auch für die einzelnen Jahreszeiten dürfte eine Zusam-
menstellung der mittleren Schneehöhe mit den Höheniso-
thermen nicht ohne Interesse sein, obwohl sich dieselbe
nicht so bestimmt definiren lässt als die extreme Schnee-
grenze, wie sie gewöhnlich gemeint ist, d. h. der höchste
Stand derselben während des ganzen Jahres: ich verstehe
hier unter mittlerer Schneehöhe die Linie, welche wenig-
stens während 45 Tagen aus den 90 Tagen der betreffenden
Jahreszeit mit Schnee bedeckt ist, was zugleich von der

34) Die Veränderungen der Schneegrenze in verschiedenen
Breiten in Beziehung auf Höhen und ihre Verbindung mit den Iso-
thermen, die ich oben durch einige Beispiele aus den Alpen und
aus Norwegen vergleichend andeutete, hängt von dem Zusammen-
wirken verschiedener Umstände ab. Ich nenne darunter, ohne
auf die Betheiligung derselben in den einzelnen Regionen hier ein-
gehen zu können, die Verminderung der absoluten Menge des Nieder-
schlages in höheren Breiten, sowie das Vorherrschen von Sommer-
regen und für einige Entfernung vom Meere den mehr extremen
Charakter des Klimas in Beziehung auf heisse Sommer und kalte
Winter.

Definition sich nur wenig unterscheiden würde, dass bis zu dieser Linie in der Mitte der betreffenden Jahreszeit noch der Schnee herabreicht.

Die Werthe, die ich erhielt³⁵⁾, sind folgende:

	Himálayakette				Karakorúm		Künlün ³⁶⁾	
	Südabhang		Nordabhang		Mittel		Mittel	
	Höhe	Temp.	Höhe	Temp.	Höhe	Temp.	Höhe	Temp.
	'	0	'	0	'	0	'	0
Dez. Jan. Febr.	9000	38	8500	32	8000	30	6500	32
März Apr. Mai	12500	40	14000	35	15000	32	12000	40
Juni Juli Aug.	16000	45	17000	43	18500	43	15000	47
Sept. Okt. Nov.	14000	35	15500	31	18400	25	12000 ³⁷⁾	40

Am wenigsten ändert sich die Höhe der Schneelinie am Südabhange des Himálaya; in den drei übrigen Gruppen sind die absoluten Höhen verschieden, die Aenderungen sowohl der Temperatur als der Schneelinie bleiben ziemlich dieselben. Nur im Karakórum rückt die Schneelinie langsamer herab, weil die neuen Schneefälle erst gegen Ende des Herbstes beginnen, und hohe Pässe, selbst der Karakorúmpass, 18345', auch im Winter nur eine dünne Schneedecke haben, so dass sie das ganze Jahr hindurch von Handels caravanen überschritten werden³⁸⁾.

In Beziehung auf Vegetation sei nur noch der Grenze

35) Die numerischen Daten für die Höhenisothermen der Jahreszeiten und die graphischen Darstellungen sind im Atlas zum Vol. IV. der „Results“ im Detail enthalten.

36) Dass im Künlün die Jahresisotherme die der Schneegrenze entspricht, kälter ist, als etwa auf den ersten Anblick der Schneelinien-Tabelle für die Jahreszeiten erwartet werden möchte, hängt damit zusammen, dass die Temperaturabnahme, besonders im Winter, eine etwas raschere ist.

37) Die Schneelinie fällt in dieser Jahreszeit sehr steil gegen die Ebenen von Turkistán von 15000 bis 10000 Fuss.

38) Andere Pässe der Karakorúmkette, wie z. B. der Sásserpass,

der Bäume gedacht, da überdiess das unmittelbare Vergleichen von Pflanzen und Thieren mit der Temperatur so wesentlich durch die Verschiedenheit des Organismus der Species beschränkt ist.

Die höchsten Bäume sind im Himálaya ebenfalls Coniferen, wie in den Alpen, unserer Zirbel verwandt. Noch in Gruppen, kleine Wälder bildend, steigen sie bis zu 11800 Fuss und zur Jahresisotherme von 45° F. empor. In Tíbet haben wir nirgends solche Wälder gefunden, auch einzelne Coniferen dürften nur selten vorkommen; hier sind Laubbäume, und zwar cultivirte, selbst Aprikosen, die höchsten Bäume, und diese erreichen bisweilen sehr bedeutende Höhen.

Als die höchste Cultur dieser Art, welche wohl auch die höchsten Laubbäume der Erde zeigen wird, sind die Pappeln (*Populus euphratica*³⁹⁾ des Klostergartens von Mángnang zu nennen, in einer Höhe von 13460 Fuss, die mittlere Jahrestemperatur beträgt gegen 37° Fahr. In den Alpen zeigen Bäume, wie die Zirbeln von Rofen bei 6500' und 31° Fahr. Jahrestemperatur, Beispiele der äussersten Grenze; vereinzelte Stämme kommen bisweilen noch 500' höher vor.

Die höchsten beständig bewohnten Orte endlich, ungeachtet des Interesses, das sie für Cultur und Ethnographie bieten, lassen sich in klimatischer Beziehung am wenigsten vergleichen, da hier die Ertragsfähigkeit des Bodens und

17,752' wo bedeutende Firn- und Gletschermassen angehäuft sind, können im Winter nicht passirt werden. Die Handelsstrasse von Yárkand nach Ladák umgeht dann den Sasserpass, indem sie im Winter dem Shayókflusse folgt. Auch von den Pässen von Tíbet nach Süden über den Himálaya ist keiner im Winter passirbar.

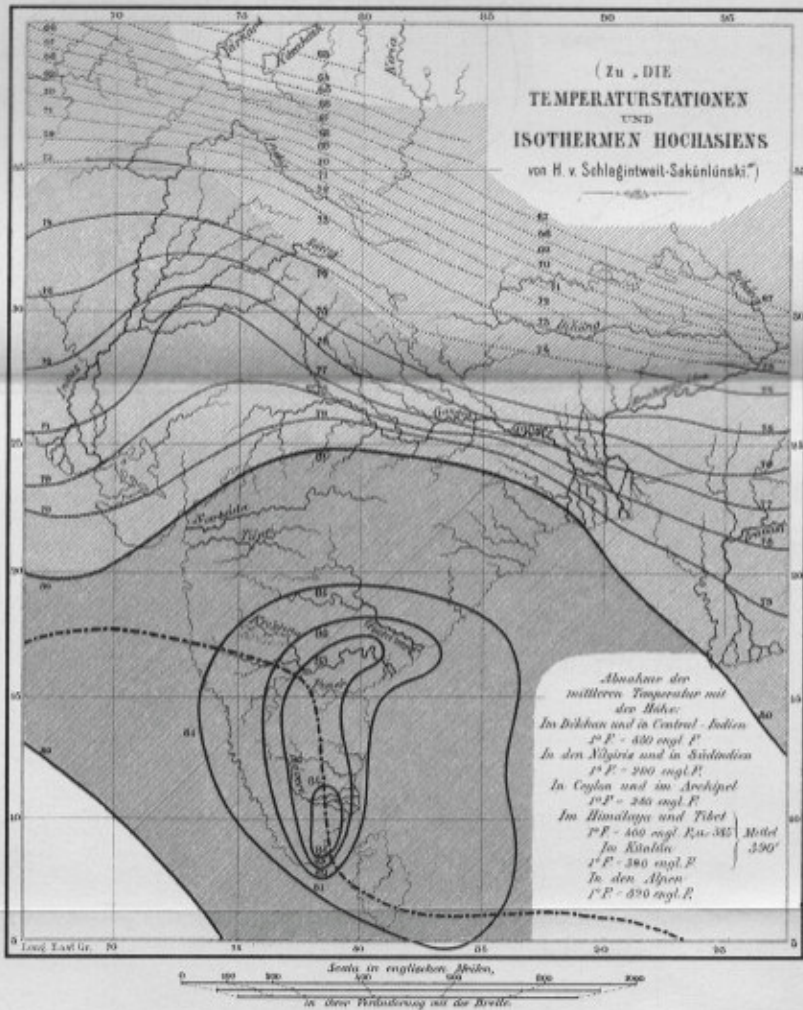
39) Eine Abbildung einer solchen Pappel zeigt die Ansicht des Klosters Himis 12,324' (Atlas der Results, Tafel 16).

die socialen Verhältnisse von wesentlichem Einflusse sind; in Beziehung auf das Klima allein zeigen die Grenzen gegen die Pole, dass in Gebirgen die Abnahme der Temperatur noch nicht den gleichen Antheil an der Beschränkung der Bewohnbarkeit hat; dagegen tritt in den subtropischen Gebirgen, wo absolute Höhen so bedeutend sind, bereits die Verdünnung der Atmosphäre als ein wesentliches Element der Begrenzung ein, da z. B. bei 12500' der Luftdruck von 30 engl. Zollen auf 19 gesunken ist.

In den äusseren Theilen des Himálaya sind Dörfer über 9000' schon sehr selten, in den centralen Theilen kommen sie auch bei 11500 bis 11700 Fuss vor, Jahres-Temperatur 42° F., während in Tibet Chúshul bei 14400 Fuss das höchste permanent bewohnte Dorf war, welches ich in der Nähe des Salzsees Tsomognalarí fand, (Jahrestemp. ca. 37° Fahr.); aber in überraschender Aehnlichkeit mit unserem Alpenhospize des St. Bernhard bei 8114' und 30·2° F. mittlerer Temperatur werden auch in Tíbet die letzten permanent bewohnten Dörfer noch bedeutend überragt von dem buddhistischem Kloster Hánle in Ladák, für dessen mittlere Jahrestemperatur bei 15117' Höhe sich zwar noch 36° Fahr. ergab, während jedoch der Luftdruck nur 17 1/2 " beträgt⁴⁰⁾.

40) Gletscher — auf deren Grösse auch die Thalbildung so bedeutenden Einfluss hat — konnten nicht, ohne zu weit von dem Gegenstande abzuweichen, den ich hier als den wesentlichsten zu betrachten hatte, im Einzelnen mit den Temperaturverhältnissen verglichen werden; doch sind einige Extreme auf der Profiltafel bereits angegeben. Sie zeigen, dass dort, ungeachtet der hohen Schneegrenze auch in Tíbet, die tiefsten Gletscher relativ weit tiefer herabreichen als unser Grindelwald- oder Bosson-Gletscher zu Isothermen, wie wir sie bei Freiburg, Tegernsee, Benediktbeuern, finden, eine Art von Eiszeit noch heute, der auch, so weit erratische Blöcke oder Gletscherschliffe es bezeugen würden, keine andere vorausgegangen zu sein scheint. Näheres wird im vol. IV der „Results“, mitgetheilt werden.

ISOTHERMEN
 der mittleren Temperatur des Jahres
 auf das Meeresniveau reducirt,
 UND
CLIMATISCHE ZONEN,
 in Indien und Hochasien.
 Temp. Fahrenheit.



ERLÄUTERUNGEN.

- Hochasien: Die Veränderung mit der Breite ist ähnlich jener im mittleren Europa, 2° F. für 1° Breite, aber zugleich zeigt sich eine bedeutende Abnahme gegen Osten.
- Vom Fusse des Himalaya zum nördlichen Rande von Central-Indien: Die Abnahme gegen Norden beträgt im Mittel nur 1° F. für 1° Breite, im Nordwesten tritt eine locale Erhöhung der Temperatur auf, östl. Erniedrigung.
- Region des südindischen Maximums: Eine der inselartig begrenzten Zonen grösster Wärme längs des thermischen Aequators.
- Thermischer Aequator.

S. Meisinger's 14th. Ant. v. P. Kaustetter in München

Mittlere Temperaturabnahme: 590' für 1° F.