V. *Ueber nothwendig scheinende Ergänzungen der Beobachtungen über die Boden-Temperatur in Sibirien; von Baer.*

(Aus dem *Bulletin de la Classe physico-mathématique* der Petersburger Akademie T. VIII.)

Als unsere Akademie sich die Aufgabe gestellt hatte, den Schergin-Schacht in Jakutsk zur Untersuchung der Boden-Temperatur in Sibirien, sowie zur Bestimmung der Wärme-Leitungs-Fähigkeit und der Mächtigkeit des Eisbodens insbesondere zu benutzen, konnte die zum Entwurfe eines Planes für die Sibirische Reise ernannte Commission nicht umhin, die Frage sich zu stellen: Ob nicht die Wände des genannten Schachtes durch die von außen eindringende Luft merklich gegen den umgebenden allgemeinen Boden abgekühlt seyen? Um eine Entscheidung über diesen Zweifel zu erhalten, wurde in der Instruction verlangt, daß in verschiedenen Tiefen immer je zwei Thermometer in die Wand des Schachtes, das eine nur auf einen, das andere bis 7 Fuß von seiner Höhlung entfernt eingelassen werden sollten.

Bekanntlich ist diese Aufgabe, trotz der localen Schwierigkeiten, die man hier nicht so groß voraussehen konnte, mit vieler Beharrlichkeit durchgeführt, so wie auch mehrere neue Gruben und Bohrlöcher, theils in der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, theils in größeren Entfernungen angelegt und Messungen der Boden-Temperatur in ihnen angestellt sind. Die Nothwendigkeit solcher Vergleichungspunkte war im Verlaufe der Beobachtungen immer mehr hervorgetreten.

Die Beobachtungen selbst konnten von unserm geehrten Collegen, Hrn. v. Middendorff, nur begonnen werden¹⁾, sie sind theils von anderen Mitgliedern der Reisegesellschaft, theils von fremden, dazu tüchtig befundenen und zu diesem Zwecke unterwiesenen Personen fortgesetzt worden.

1) S. Annal. Bd. 62, S. 404.

Wir haben auch schon seit längerer Zeit die wissenschaftliche Bearbeitung aller auf dieser Reise gesammelten geothermischen Messungen von Hrn. von Middendorff im ersten Bande seines Reisewerkes erhalten. Unser geehrter Herr College kommt im Allgemeinen zu dem Resultate, daß die Wände des Schergin-Schachtes sich zwar in den oberen Theilen wahrscheinlich ein wenig abgekühlt haben, nämlich in der Tiefe von 50 Fufs unter dem Eingange, vom Jahre 1839 bis zu den Jahren 1844—1846 um 0°,6 R. etwa; daß aber in größeren Tiefen die Temperatur ziemlich beständig geblieben sey. (Middendorff's Reise, Bd. I., S. 157.) Daraus wird gefolgert, daß die Beobachtungen in der Wand des Schergin-Schachtes uns ein annähernd richtiges Maafs für die Boden-Temperatur jener Gegend, für die Leitungs-Fähigkeit des gefrorenen Bodens, und, was nothwendig damit zusammenhängt, für die Mächtigkeit desselben geben.

Nachdem ich sämtliche Beobachtungen und die ausführlichen Deductionen aufmerksam durchgegangen bin, um über das Ergebnifs derselben in den „Beiträgen zur Kenntnifs des R. Reiches“¹⁾ zu berichten, kann ich nicht umhin, eine ziemlich abweichende Ueberzeugung zu gewinnen, eine Ueberzeugung, nach welcher der auffallende Widerspruch zwischen den Temperaturen in den neuen Gruben und dem Schergin-Schachte sich ganz anders lösen würde.

Ich glaube nämlich mit überwiegender Wahrscheinlichkeit nachweisen zu können, daß die Wand des Schergin-Schachtes sich sehr bedeutend abgekühlt hat, wohl mehr als irgend ein Mitglied der Commission früher geglaubt haben würde.

Um zu der Annahme einer bedeutenden Abkühlung des Schergin-Schachtes um mehrere Grade der Reaumur'schen Scale geneigt zu machen, wollen wir zuvörderst die neuen

1) Die zweite Hälfte des 9. Bandes dieser Beiträge, welche die Geschichte der naturhistorischen Reisen, die innerhalb des Russischen Reiches von 1840—1845 angestellt sind, enthält, wird so eben gedruckt.

Gruben und Bohrlöcher mit dem Schergin-Schachte vergleichen.

In der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, d. h. nur wenige Werst von der Stadt entfernt, wurden auf dem linken Lena-Ufer drei Gruben angelegt. Der Eingang in dieselben lag durchschnittlich 350 Fufs höher als der Eingang in den Schergin-Schacht, welcher nur 36 Fufs höher als das Eis der Lena gefunden wurde. Man hätte also in ihnen, so sehr auch die Linien gleicher Boden-Temperaturen den Unebenheiten der Oberfläche des Bodens zu folgen streben, eher eine niedere Temperatur als im Schergin-Schachte, bei gleicher Tiefe vom Eingange, erwarten sollen, da die weit unter 0° stehende mittlere Jahres-Temperatur der Luft hiesiger Gegend auf die hohen Ufer auch von der Seite wirken mufs, auf die Sohle des Lena-Thales aber nur von oben. Allein die Beobachtungen zeigten umgekehrt in den neuen Gruben den Boden in gleicher Tiefe um mehrere Grade wärmer als im Schergin-Schachte. Die neuen Gruben hatten 6 Fufs im Quadrat und meistens ward, vom Boden der Grube ausgehend, tiefer gebohrt. Eine dieser Gruben, die *Leontjew*-Grube genannt, wurde nur bis 20 Fufs tief getrieben, füllte sich aber dann mit Wasser aus den obersten Erdschichten und konnte nicht weiter benutzt werden. Bis zu einer Schicht bleibender Temperatur gelangte man also hier gar nicht. Wir bemerken nur, dafs in der Tiefe von 20 Fufs, vor dem Eindringen des Wassers (am 19. Juni), — 4° R. beobachtet wurden, wogegen im Schergin-Schachte in der Tiefe von 20 Fufs in keiner Jahreszeit weniger als — 6° R. abgelesen sind. Eine zweite, die *Mangan*-Grube, wurde im Winter 28 Fufs tief gegraben. Dann wurde vom Boden derselben noch 28 Fufs weiter gebohrt. In der Tiefe von 20 Fufs, 1 Fufs weit von der Wand des Schachtes fand man zuerst im März — 6°,3 R. als Wirkung des ganzen vorhergegangenen Winters; bis zum Schlusse des Mais stieg hier die Temperatur auf — 4°,6 R., so dafs man am 19. Juni auch wohl gegen — 4° R. gefunden haben würde,

wenn man um diese Zeit noch beobachtet hätte. In 50 Fufs Tiefe, wo für die mitgenommenen Thermometer gar kein Wechsel nach den Jahreszeiten erkennbar seyn konnte, las man im Mai — 3°,2 bis — 3°,3 ab. Eine dritte, die *Schilow*-Grube, wurde im Sommer 1844 nur 19 Fufs tief getrieben und dann 52 Fufs weiter gebohrt, im Februar 1845 ward aber die Grube bis auf 35 Fufs vertieft und dann noch 25 Fufs gebohrt. Am 7. April begannen die Beobachtungen in der Tiefe von 50 Fufs, und sie wurden bis zum 14. Mai desselben Jahres fortgesetzt. Sie gaben zuerst — 2°,5 und zuletzt — 3°,0. Im folgenden Jahre wurden die Beobachtungen in derselben Tiefe im April, Mai und Juni wiederholt. Sie schwankten nun zwischen — 3°,1 und — 3°,2. Nehme ich diese Temperatur als die bleibende an, wovon ich den Grund später anzeigen werde ¹⁾, so stimmen die *Mangan*- und die *Schilow*-Grube darin überein, daß sie in 50 Fufs Tiefe die Temperatur von — 3°,2, mit der Schwankung von — 0°,1 geben. Die *Leontjew*-Grube widerspricht nicht, da sie 50 Fufs Tiefe gar nicht erreichte. Im Schergin-Schachte aber las man in 50 Fufs Tiefe an dem nähern, d. h. nur um einen Fufs eingesenkten Thermometer nach den verschiedenen Zeiten zwischen — 6°,9 R. und — 9°,1 R. ab, und an dem weitem (7 Fufs eingesenkten) Thermometer zwischen — 6°,5 und — 6° R. Aber die Uebereinstimmung der neuen Gruben und ihrer Bohrlöcher wird noch auffallender, wenn wir in die obern, nach den Jahreszeiten ihre Temperatur wechselnden Schichten übergehen. Am 18. Juni las man in der *Schilow*-Grube in 20 Fufs Tiefe — 4° R. ab, und genau dieselbe Zahl am 19. Juni in der *Leontjew*-Grube. Wir haben schon oben gesagt, daß man in der *Mangan*-Grube nicht bis in den Juni beobachtete, daß aber aus den Beobachtungen des Mais sich schliessen lasse, die Temperatur werde in derselben Zeit und Tiefe ausgeführt — 4 R.

1) Ich werde weiter unten zu zeigen versuchen, daß auch die Wände dieser Gruben oder kleinen Schachte während der Arbeit sich merklich abkühlten, was nicht ohne Wirkung auf die Bohrlöcher blieb.

gewesen seyn. Der Schergin-Schacht aber hat in 20 Fufs Tiefe am 21. Juni 1845 — $9^{\circ},4$ am nähern und — $9^{\circ},3$ am weitem Thermometer.

Sollen wir nun die Angaben des Schergin-Schachtes oder die der drei neuen Gruben mit ihren Bohrlöchern für die richtigeren in Bezug auf den allgemeinen unaufgeschlossenen Boden ansehen? Allerdings lagen die neuen Jakutsker Gruben nicht weit von einander, und irgend ein weit wirkender Grund für locale Erwärmung hätte auf alle drei gleichen Einfluß ausüben können. Aber auch alle weiter abstehenden neu angelegten Gruben stimmen offenbar mehr mit den neuen Jakutsker Gruben als mit dem Schergin-Schachte.

Leider kann man bei diesen entfernten nicht unmittelbar die Boden-Temperatur mit der Luft-Temperatur vergleichen. Indessen folgert Hr. v. Middendorff selbst aus einer ganz kurzen Reihe von Mai-Beobachtungen in der Luft von Amginsk (200 Werst nach Südosten von Jakutsk), daß in dieser Zeit die Temperatur in Amginsk $1^{\circ},44$ R. höher war als in Jakutsk. Nehmen wir hiernach an, daß die gesammte Jahres-Temperatur in Amginsk etwas über einen Grad wärmer ist als in der letztern Stadt, so stimmen die Grube (28 Fufs tief) und das Bohrloch (32 Fufs tiefer) wieder ganz gut mit den ähnlichen neuen Anlagen bei Jakutsk, und gar nicht mit dem Schergin-Schachte. Man fand in Amginsk auf 50 Fufs Tiefe bleibende Temperatur — $1^{\circ},9$, und in 20 Fufs Tiefe zuerst im Mai — $2^{\circ},2$ — $2^{\circ},5$, im April des zweiten Jahres (eigentlich bei 21 Fufs Tiefe) etwas mehr ¹⁾.

Noch 200 Werst weiter in derselben Richtung nach SO wurde bei der Mündung der *Maja* in den *Aldan* eine Grube 21 Fufs tief getrieben, das Bohrloch konnte jedoch wegen vorkommender Felsen nur 14 Fufs gefördert werden. Die Temperatur in 20 Fufs Tiefe, von Ende März bis zum 3. April, — $1^{\circ},15$ bis — $2^{\circ},15$ R., und in 35 Fufs von — $1^{\circ},0$

1) Von dieser Zunahme später. Jetzt kam es nur darauf an, die große Abweichung vom Schergin-Schachte zu zeigen.

bis $-1^{\circ},55$ scheint wieder mehr mit allen neuen Brunnen zu stimmen.

Nach Süd-Westen von Jakutsk nimmt die Boden-Temperatur, wie sich erwarten liefs, noch rascher zu als nach SO. In *Olekminsk* hatte man allerdings im Juli in 20 Fuß Tiefe $-0^{\circ},3$ und in *Witimsk* (freilich im September) über $+3^{\circ}$ R. Hat nun auch bei der letzten Ablesung ein grofser Theil der Sommer-Temperatur schon eingewirkt, so scheint doch der völlige Mangel bleibenden Boden-Eises mehr mit den neuen Gruben und Bohrlöchern als mit der Temperatur im Schergin-Schachte zu stimmen. Dasselbe scheint mir von dem Boden bei *Turuchansk* zu gelten, der ungefähr 0° mittlere Temperatur in seinen veränderlichen und etwas mehr in den nächsten unveränderlichen Schichten hat. Doch will ich auf diesen entfernten Punkt, dessen mittlere Luft-Temperatur ganz unbekannt ist, kein Gewicht legen, um die Beweiskraft der anderen nicht zu schwächen.

Wenn nun aber die Temperaturen in den neuen Bohrlöchern bei *Jakutsk* unter sich gut übereinstimmen, die Temperaturen im Schergin-Schacht dagegen viel tiefer sind, wenn die Gruben und Bohrlöcher in *Amginsk*, *Ust-Maisk*, *Olekminsk*, *Witimsk*, auch wohl die in *Turuchansk* augenscheinlich besser mit den neuen Jakutsker Gruben stimmen als mit dem Schergin-Schachte, mufs man da nicht diesen für die Ausnahme und jene für mehr regelrecht halten, welche die Temperatur des Bodens, bevor er aufgeschlossen ist, viel näher angeben?

Worin aber kann der Grund liegen, dafs die Wandung des Schergin-Schachtes um mehrere Grad kälter ist als der allgemeine Boden dieser Gegend?

Ich weifs mir nur eine dreifache Möglichkeit zu denken. Entweder ist ein bleibender und gleichmäfsig fortwirkender Grund vorhanden, der den Punkt, auf welchen gerade der Schergin-Schacht traf, in bedeutend niedriger Temperatur als die Umgegend erhält; oder zweitens, es wirkte früher eine abkühlende Ursache, deren Wirkung noch nicht aufgehört hat; oder drittens, es ist später, nach dem Bau des

Schachtes und vielleicht durch diesen Bau selbst, eine Abkühlung eingetreten, deren Wirkung, wenn auch nicht im Wachsen begriffen, doch noch fortdauert.

Für die erste Möglichkeit, eine bleibende locale größere Bodenkälte, wußte ich nur solche Gründe zu finden, welche mit dem hier weit verbreiteten und mächtigen Alluvial-Boden unvereinbar sind.

Die zweite Möglichkeit einer vorhergegangenen Abkühlung in der Tiefe, die noch nicht ganz gehoben wäre, hat der Commission allerdings vorgeschwebt. Die Beobachtung der Local-Verhältnisse und die Reihenfolge der Temperaturen nach der Tiefe sprechen einer solchen Vermuthung aber nicht das Wort. Nehmen wir z. B. an, daß vor einigen Jahrhunderten beim Eisgange der Lena, zu welcher Zeit die obern Erdschichten der benachbarten Ufer auf 13° bis 15° R. unter 0° erkaltet seyn konnten, gefrorne Schollen derselben mit Eisschollen gemischt an 60 Fufs hoch aufgehäuft wurden, so könnten vielleicht Jahrhunderte vergehen, bevor solche Schichten die Temperatur annehmen würden, welche der erlangten Lage hier zukommt, besonders wenn später neue Ueberschüttungen eintraten. Es sollen sich allerdings auch in den Wänden des Schachtes, bis 72 Fufs Tiefe, Holzstämme und Wurzeln, dann in viel anschaulicheren Tiefen, zwischen 104 und 384 Fufs, auch Spuren von Pflanzenresten finden, die einmal von der Oberfläche gekommen seyn müssen. Ihre Lagerung wird in dem älteren und dem neueren Berichte nicht näher beschrieben. Dagegen beobachtete Hr. v. Middendorff zahlreiche wellenförmige Abgränzungen dünner Schichten, welche häufige und oft wiederholte Ueberfluthungen anzudeuten scheinen und zwar von fließendem Wasser, das doch nur unbedeutend unter 0° erkaltet gewesen seyn könnte. Ferner lassen sich bedeutende Ueberstürzungen gefrorener Erdschollen ohne Eisschollen, welche die Treiber abgeben würden, hier bei der Tiefe bis zu welcher der Boden gefroren ist kaum denken, und selbst bei Unterwaschungen eines überhängenden gefrorenen Ufers würden die Einstürze, wenn

sie zur Zeit des Einganges erfolgten, wahrscheinlich Eischollen mit verschütteten. Zusammenhängende Eismassen hat man aber in der Wand des Schergin-Schachtes nicht bemerkt, wie eine solche in der Grube zu *Amginsk* sich sehr bemerklich machte (Reisewerk, Bd. I. S. 116). Verschüttete Erdschollen würden nach verschiedener Richtung geneigte Schichten erzeugen. Aeltere Berichte (*Bull. de l'Acad.*, Bd. III. p. 195) sprechen aber nur von einer deutlich geneigten Schichtungs-Fläche, und auch diese wird zweifelhaft, da Hr. v. Middendorff ihrer nicht erwähnt. Endlich fand sich die Temperatur in der Wand des Schachtes nach der Tiefe hin zwar nicht ganz gleichmäfsig, aber doch so continuirlich wachsend, dafs nirgends eine Schicht gefunden wurde, welche eine geringere Temperatur als eine höher liegende bewahrt hätte.

Es fehlt also wenigstens jeder Beweis einer plötzlichen hohen Ueberschüttung, deren Temperatur noch nicht ausgeglichen wäre.

Gehen wir dagegen zu der dritten Möglichkeit, zu einer später eingetretenen und noch anhaltenden Abkühlung über, so glaube ich diese, wo nicht bis zur vollen Evidenz erweisen, doch in sehr hohem Grade wahrscheinlich machen zu können.

Wenn man die seit Middendorff's Ankunft in Jakutsk, im April 1844, in der Wand des Schachtes angestellten Temperatur-Beobachtungen in ihrer chronologischen Reihenfolge läfst, sie aber in Gruppen theilt, um Mittelzahlen zu finden, und die Ablesungen an den weitem Thermometern als den weniger dem wechselnden Einflusse des Zutrittes der Luft unterworfenen wählt, so findet man die Mittel-Temperaturen, welche die folgende Tabelle mit Angabe der Zahl von Beobachtungen, aus welchen sie abgeleitet sind, enthält.

Mittel der Temperatur-Ablesungen (R°.) an den 7 Fuß in die Wand des Schachtes von Jakutak eingelassenen Thermometern, aus chronologisch geordneten Gruppen abgeleitet.

(x=Zahl der Beobachtungen.)

Tiefe.	1844		1845		1845		1846	
	Apr.	Nov. Dec.	Jan. — Mai.		Juni — Nov.		Febr. — Juni.	
	R°.	z.	R°.	z.	R°.	z.	R°.	z.
50 Fufs	— 6,41	10	— 6,64	10	— 6,67	20	— 6,63	2
100 -	— 5,13	10	— 5,24	10	— 5,195	19	— 5,30	2
150 -	— 4,515	10	— 4,62	10	— 4,66	19	— 4,60	2
200 -	— 3,85	10	— 3,90	9 ¹⁾	— 4,38 ¹⁾	13 ²⁾	— 4,50	2
250 -	— 3,34	9 ¹⁾	— 3,33	10	— 3,33	5		
300 -	— 2,972	9 ¹⁾	— 3,02	7	— 3,195	19	— 3,25	2
350 -	— 2,615	10	— 2,73	10	— 2,778	19	— 2,80	2
382 -	— 2,395	10	— 2,411	9	— 2,40	3		

Die vom April 1844 bis zum Juni 1846 fortgehende Abkühlung scheint mir nach dieser Tabelle nicht nur evident, sie ist sogar fast so gleichmäfsig als man von einer Reihe von Beobachtungen, die in unregelmäfsigen Intervallen und von verschiedenen Beobachtern angestellt sind, nur immer erwarten kann. Nur die Station von 250 Fufs Tiefe will nicht mit einstimmen; allein in dieser hört die Reihe der mitgetheilten Ablesungen mit dem Juli, 1845 auf, weil es sich erwies, dafs das Thermometer verdorben war.

Wenn man aus vorstehender Tabelle die von 1844 bis 1846 noch fortgehende Abkühlung erkannt hat, so löst sich ein sonst schwer zu lösendes Räthsel auf die einfachste Weise von der Welt. Hr. v. Middendorff hat nämlich, um den Einfluss der Jahreszeiten auf die Boden-Tempera-

- 1) Eine zweifelhaft gewordene Ablesung, die in dem Reisewerke mit einem Fragezeichen notirt wird, ist hier nicht in die Berechnung gezogen.
- 2) Zwei Ablesungen sind nicht in die Berechnung gezogen.
- 3) Diese Mittelzahl ist aus Ablesungen abgeleitet, die Hr. v. Middendorff für irrig hielt, da der Quecksilberfaden sich getheilt haben soll. Allein sie stimmen ganz gut mit den anderen. Der leere Raum in der Theilung mufs ganz unbedeutend gewesen seyn (wenn überhaupt die eingegangenen Berichte nicht irrig waren), da sonst die Ablesungen höhere Temperatur-Grade gegeben hätten. Bd. I, S. 109 des Reisewerkes.

tur zu erkennen, alle früheren und späteren Beobachtungen vereint und nach den Jahres-Cyclus gruppirt. Er kommt dabei auf das auffallende Resultat, daß auch in Tiefen, die dem Einfluß der Jahreszeiten nicht mehr unterworfen seyn sollten, an den weiteren Thermometern, also 7 Fufs von der Höhle des Schachtes ¹⁾, im November eine Erwärmung beginnt, die im December in den meisten Stationen ganz bestimmt meßbar und so auffallend ist, daß sie nicht mehr auf Ablesungs-Fehler beruhen kann. Was aber kann im Inneren der Erde vorgehen, das mit dem Verlaufe der Jahreszeiten isochronisch wäre? Wie also wäre eine solche Erwärmung erklärbar? Ganz einfach durch Sonderung der Jahre. December-Beobachtungen haben wir nur vom Jahre 1844. Auch haben wir von diesem Jahre drei November-Beobachtungen, von dem Jahre 1845 nur zwei, und von 1846 gar keine. Wenn nun die Abkühlung in den Jahren 1844 bis 1846 noch fortging, so ist die nothwendige Folge, daß, wenn man nach den Monaten summiert, der November etwas und der December bedeutend wärmere Temperaturen zeigt, als die anderen Monate, die entweder im Jahre 1844 fehlen, oder im Jahre 1846 noch vorkommen.

War aber die Abkühlung vom April 1844 bis zum Juni 1846 noch meßbar, so kann man wohl nicht zweifeln, daß sie früher, so lange die Arbeit noch fortging, noch viel bedeutender war. Das wird auch durch frühere vereinzelte Beobachtungen bestätigt. Hr. Prof. Erman beobachtete im April 1829, in der Tiefe von 50 Fufs, bis zu welcher die Grube damals getrieben war, — 6° R.; Hr. v. Middendorff hat diesen Vergleichungs-Punkt nicht übersehen, allein da ihm das weitere Thermometer in dieser Tiefe durchschnittlich — 6°,6 R. zeigte, so folgert er eine geringe Abkühlung. Da jedoch Hr. Erman sein Thermometer nicht so tief einlassen konnte, und schon damals ohne

1) Ich nenne immer diejenigen Thermometer, welche 7 Fufs von der Höhlung des Schachtes abstanden, die weitem, und die 1 Fufs abstehenden die nähern.

Zweifel, wie die neuen Gruben nachweisen, der Zutritt der Luft abkühlend gewirkt hatte, auch diese Einwirkung zuvörderst die nächsten Schichten erfasste, so werden wir wohl eine richtigere Vergleichung haben, wenn wir unser näheres Thermometer von derselben Tiefe vergleichen. Für dieses geben die neueren Beobachtungen im Jahre 1844 — 6°,9 bis — 9°,1 und im Jahre 1845 — 7°,8 bis — 9°,1. Die Station von 50 Fufs Tiefe hat sich also, 1 Fufs von der Höhlung des Schachtes, von 1829 bis 1845 beinahe um 3° abgekühlt.

Auch die früheren Beobachtungen des älteren Schergin scheinen mir die seitdem bedeutend vorgeschrittene Abkühlung zu erweisen. Ich bin weit davon entfernt, sie für sehr genau zu halten, da es in die Augen springt, daß Schergin nur auf Ablesung von ganzen Graden ausging, und daß er, wenn die Quecksilber-Säule nicht bei einem vollen Grade endete, einen halben notirte. Daß sie aber nicht völlig ohne Werth sind, glaube ich an folgender Zusammenstellung erweisen zu können, welche in der linken Hälfte Schergins Temperatur-Notizen enthält, in der rechten Hälfte aber diejenigen Temperaturen, welche dieselben Tiefen nach den Beobachtungen unserer Expedition von 1844 bis 1846 zeigten. Da unsere Expedition Beobachtungs-Stationen von 50 zu 50 Fufs hatte, so brauche ich kaum zu bemerken, daß die Temperatur für 77 Fufs aus den Mittel-Temperaturen, die Hr. v. Middendorff für 50 Fufs und für 100 Fufs gefunden hat, berechnet ist, eben so für 119 Fufs aus den Mittel-Temperaturen für 100 und 150 u. s. w. Ausdrücklich aber hebe ich hervor, daß ich die Ablesungen an den weiteren Thermometern gewählt habe, um so nahe als möglich die Temperaturen zu erhalten, welche die entsprechenden Erdschichten haben müßten, wenn keine Erkältung stattgefunden hätte, im Falle die Temperaturen der Wände des Schergin-Schachtes uns wirklich die Temperatur der allgemeinen Erdschichten anzeigten.

Schergin's Temperatur-Beobachtungen im Boden des Schachtes.			Temperaturen derselben Tiefe nach den Beobachtungen der Sibir. Expedition.	Differenzen.
Zeit der Beobachtungen.	Tiefe.	Temperaturen.	1844—1846.	
?	77 Fufs	— 5°,5 R.	— 5°,97	— 0°,47
?	119 -	— 4°,0	— 4°,99	— 0°,99
?	217 -	— 2°,0	— 3°,70	— 1°,70
1. April 1836	301 -	— 1°,0	— 3°,10	— 2°,22
15. October 1836	— -	— 1°,5		
27. November 1836	— -	— 0°,5		
28. Januar 1837	— -	— 0°,5		
31. März 1837	373 -	— 0°,5	— 2°,51	— 2°,01

Die letzte Columnne zeigt uns die Differenzen zwischen den Schergin'schen Beobachtungen und der Temperatur der entsprechenden Erdschichten, wie die neuern Beobachtungen sie nach den weiteren Thermometern anzudeuten scheinen.

Wie soll es nun zugehen, dafs Schergin die tiefsten Stationen 2 Grad zu warm fand? Er setzt sein Thermometer in den Boden des Schachtes ein, und unterschied dessen Temperatur von der Temperatur der Luft im Schachte. Er hätte also, wenn wir zugeben, dafs keine spätere Abkühlung eintrat, die bleibende Temperatur der verschiedenen Boden-Tiefen ablesen sollen. Sollen wir annehmen, dafs seine Thermometer völlig falsch waren? Dagegen spricht der Umstand, dafs in den höheren Stationen die Differenzen viel geringer sind. Ja, diese Differenzen sind ziemlich regelmäfsig wachsend, wodurch auch die Vermuthung widerlegt wird, dafs etwa die Arbeit in der Grube Luft und Boden erwärmt habe, da sich nicht absehen läfst, warum die Gruben-Arbeit in der Tiefe von 77 Fufs den Boden nur um 0°,4 und dann immer mehr bis über 2 Grad erwärmte. Die fast regelmäfsige Zunahme der Differenzen spricht auch gegen eine völlig unaufmerksame Ablesung, welche um einige Grade falsch gewesen wäre. Eine grofse Genauigkeit soll damit nicht behauptet werden, da über-

haupt nur halbe Grade verzeichnet sind, und die vierfachen Angaben für den Boden als er 43 Faden (301 Fufs) tief war, schlechte Ablesungen oder Schreibfehler vermuthen lassen. Solche Liederlichkeiten können aber keine Progression geben. Wir erkennen dagegen in einer solchen Progression eine Abkühlung, die allmählig weiter dringt, und um so auffallender wird, je wärmer ursprünglich die Erdschichten vor der Eröffnung waren ¹⁾).

Das Maafs der Abkühlung haben wir nicht vollständig in den Differenzen zwischen den Beobachtungen Schergin's und denen der Expedition, denn sie mußte schon während der Arbeit wirken, hatte also schon gewirkt als Schergin in der Tiefe von 77 Fufs sein Thermometer in den Boden einsetzte und ohne Zweifel schon als Hr. Prof. Erman nach Verlauf des ersten Winters in 50 Fufs Tiefe beobachtete.

Ja, ich kann nicht umhin eine allmählige, wenn auch geringe Abkühlung aus allen Beobachtungen heraus zu lesen, welche Hr. v. Middendorff aus den neuen Gruben uns mittheilt, mit Ausnahme der *Witimsk*-Grube, wo überall der Boden mehrere Grade über dem Nullpunkte erwärmt war.

1) Man könnte mir einwerfen, daß ich, wie bei der Vergleichung der Erman'schen Beobachtungen mit den neuern, die nähern Thermometer der letztern in der obigen Tabelle hätte vergleichen sollen. Allein es kam vorzüglich darauf an, anschaulich zu machen, daß die Schergin'schen Beobachtungen fast gar nicht mit der Ueberzeugung zu vereinigen sind, daß die jetzigen Temperaturen im Schergin-Schachte die wahren Boden-Temperaturen auch nur annähernd angeben. Für diesen Zweck waren die mehr schwankenden Angaben der nähern Thermometer weniger brauchbar, da die weitem Thermometer durch die Progression der Differenzen beweisen, daß Schergin's Beobachtungen, wenn auch gewiß nicht sehr genau, doch nicht ganz zu verwerfen sind.

Indessen habe ich auch die nähern Thermometer-Angaben unserer Expedition mit den Schergin'schen verglichen und folgende Differenzen gefunden: für 77 F. Abkühlung um 1°,68; für 119 F. um 1°,46; für 217 F. um 1°,5; für 301 F. um 1°,66 und für 371 F. um 2°,05. Diese Differenzen sind einander gleicher, mit schwankendem Wechsel; doch ist auch hier die tiefste am größten.

Auch die *Olekminsk*-Grube könnte für unsere Ansicht geltend gemacht werden, hat jedoch wenig Beweiskraft, da sie nur die Tiefe von 21 Fufs erreichte, und in ihr nur im Sommer beobachtet wurde. In der Grube von *Amginsk* las man, in der Seitengrube in 20 Fufs Tiefe ¹⁾, am 27. März — 1°,25 und dann täglich weniger Wärme, so dafs am 3. April dasselbe Thermometer — 2°,15 hatte. War etwa die Welle der Winterkälte im Absteigen? Allein im Bohrloche fiel in 35 Fufs, wo der Wechsel der Jahreszeiten kaum merklich seyn sollte, und zwar im Verlaufe einer Woche, die Temperatur von — 1°,0 auf — 1°,55. Auf allen höhern Stationen (7' und 15') war die Zunahme der Kälte noch auffallender. „Das ist ja offenbare Folge vom Eindringen der äufseren Luft, welche am Ende des März und in den ersten Tagen des Aprils noch sehr kalt seyn mufs“, wendet man vielleicht ein. Wir zweifeln nicht daran, sondern glauben an solchen Gruben und Bohrlöchern, in denen in zweien Jahren beobachtet wurde, den augenfälligen Beweis von der anhaltend abkühlenden Wirkung der eindringenden kalten Luft nachweisen zu können. In der *Amginsk*-Grube wurde im Bohrloche in 50 Fufs Tiefe im Jahre 1845 zuerst — 1°,55, dann steigend bis — 1°,8, in folgendem Jahre nur einmal — 1°,75, meistens aber (neunmal) — 1°,9 abgelesen. Das Mittel war für 1845 — 1°,65 R., für 1846 aber — 1°,88 R. In der *Schilow*-Grube bei Jakutsk fand man in derselben Tiefe am 7. April — 2°,5 R., im Mai desselben Jahres — 3°,0 und — 3°,1, im April des folgenden Jahres — 3°,2. Beide Reihen von Beobachtungen, welche allerdings nur eine Abkühlung von einigen Zehnthellen von Graden anzeigten, wurden in Bohrlöchern angestellt, welche aus dem Boden von nicht sehr tiefen Gruben getrieben waren. In den Seitenwänden der Gruben ging die Abkühlung sehr viel rascher vor sich, worüber wir das Reisewerk selbst zu vergleichen bitten.

Wir haben damit auch schon die Ursache angedeutet,

1) In den neuen Gruben oder Schächten wurden die Thermometer in Seitenhöhlen 4 Fufs weit in die Wand eingesetzt.

der wir die bedeutende Abkühlung im Schergin-Schachte zuschreiben. Die kalte Luft des Jakutsker Winters, die häufig und anhaltend unter — 30° R. erkaltet ist, mußte nothwendig während der Arbeit und so lange der Schacht nach seiner Vollendung offen stand, in ihn einsinken. Hätte sie in ihm in Ruhe bleiben können, so würde die Wirkung dieser Luftsäule auf die Wand des Schachtes nicht sehr bedeutend geworden seyn, allein in den tiefen Regionen des Schachtes durch die Wand desselben erwärmt, mußte sie immer wieder sich erheben, während andere Luft einströmte. So mußte ein fortgehender *Courant ascendant* und *descendant* im Innern des Schachtes in den kälteren Jahreszeiten bestehen, dessen Wirkung nur Abkühlung seyn konnte, denn kältere Luft drang ein und was die aufsteigende Luft an Wärme gewonnen hatte, war ja der nächsten Umgebung des Schachtes entzogen. So war es denn natürlich, daß mit dem Weitertreiben des Schachtes, man Wände und Boden gefroren fand, auch nachdem man den Nullpunkt der gewöhnlichen Boden-Temperatur schon überschritten hatte. Hätte man rasch bohren können, so hätte man vielleicht den aufgethauten Boden erreicht, aber, ohne Bohrer, langsam mit Keilhauen einen Schacht von 3½ Arschin oder 98 Zoll E. im Quadrat fortführend, arbeitet man, wie wir glauben, in den letzten Jahren innerhalb einer Scheide von Boden-Eis, welche sich mit der Förderung der Schachten von selbst verlängerte. Daß während der wärmeren Jahreszeit die atmosphärische Luft nicht eindrang, ist ebenso wahrscheinlich. Da sie viel zu leicht war, konnte sie nur durch Wärme-Mittheilung, ohne Luftströmung von oben sehr langsam und wenig wirken. Dennoch wird es im Sommer in dem größeren Theile des Schachtes an Bewegung der Luft nicht gefehlt haben, da die Luft auf dem Boden des Schachtes, so bald sie dessen Temperatur angenommen hatte, nothwendig mit der schweren Luft in den höhern Regionen einen aufsteigenden und absteigenden Strom erhalten mußte. Diese Bewegung innerhalb des Schachtes konnte, wie es scheint, auch nicht
fehlen,

fehlen, wenn er ganz hermetisch jahrelang geschlossen gewesen wäre. Ja, die Erkältung während des Winters wirkte doch gewiss durch die schützende Decke hindurch, und mußte, wenn sie auch gar keine Luft von aussen eindringen liefs, doch die Luft in der obersten Region des Schachtes abkühlen und den Gewichts-Unterschied zwischen ihr und den untersten Schichten noch vermehren.

Wir unterscheiden also eine Strömung, welche durch das Eindringen der sehr kalten äufsern Luft bedingt, wesentlich zur Abkühlung des ganzen Schachtes beitragen mußte, da sie erst wieder aufsteigen konnte, wenn sie dem Schachte und besonders den tiefsten Theilen desselben viele Wärme entzogen hatte, und im Sommer nicht umgekehrt warme Luft eindrang ¹⁾, und eine andere, welche nicht kalte Luft von aussen einführte, sondern mehr die Wirkung hatte, die Temperaturen verschiedener Tiefen mit einander auszugleichen, also die tiefern Stationen abzukühlen und die höhern zu erwärmen.

Die Art dieser Strömungen stelle ich nur als Vermuthungen hin, da wirkliche Beobachtungen fehlen. Ich glaubte ihre Wandelbarkeit nur erwähnen zu müssen, weil manches auffallende Ergebnifs der neueren Beobachtungen, das auf den ersten Blick gegen eine allmälige Erkältung zu sprechen scheint, durch die Veränderlichkeit der Strömungen verständlich gemacht werden kann. So ist es z. B. sehr auffallend, dafs in allen Stationen unterhalb 200 Fufs Tiefe die näheren Thermometer eine höhere Temperatur anzeigten als die entfernteren und zwar während der ganzen Zeit der Beobachtungen von 1844 bis 1846, dagegen in den Stationen über 200 Fufs, bis zu den wechselnden Temperaturen hinauf, die näheren Thermometer kälter gefunden wurden als die weiteren. Woher dieses Phänomen und zwar in allen Jahreszeiten? Vor der neuen Eröffnung war der Schacht während sechs Jahre durch eine starke

1) Ein Beweis von der Wirksamkeit dieser Strömung liegt darin, dafs die Kohlensäure, welche im Sommer im Boden sich ansammelte, mit dem Beginne des Winters verschwand.

Ueberschüttung gut geschlossen gewesen, die eingeschlossene Luft hatte also Zeit genug gehabt, ihre Wirkung nicht nur auf die nächste Wandung, sondern auch nach der Leitungs-Fähigkeit des Bodens zur Seite weithin auszudehnen. Immer aber sollte die nächste Schicht der Wand die kälteste seyn, wenn, wie wir glauben, die allmälige Abkühlung vom Inneren des Schachtes ausging. — Wir zweifeln auch nicht, daß das Verhältniß so war, so lange der Schacht verschlossen blieb, daß aber später eine Veränderung eintrat. Diese mußte, abgesehen von der Wärme, welche die Beobachter und ihre Lichter mitbrachten, schon dadurch eintreten, daß die abgeschlossene Strömung in eine offene sich verwandelte. Die abgeschlossene Strömung war aber, wie es uns scheint, eine mehr ausgleichende, welche die oberen Tiefen auf Kosten der unteren erwärmte, und die unteren abkühlte. Die neu eintretende Abkühlung in der oberen Hälfte der unmittelbaren Wandfläche war also nothwendige Folge der Eröffnung. Genügt sie aber auch um die eingetretene Erwärmung in der unteren Hälfte verständlich zu machen? Vielleicht. Indessen mögen noch andere Verhältnisse hinzugekommen seyn. Wenn etwa der aufsteigende Strom, der ja erwärmend wirken muß, eine andere Richtung erhalten hatte, als ihm früher zukam, so wird er auf die Ecke, welcher er jetzt näher ist, erwärmend wirken. Nun erfahren wir, daß vor dem Eingehen in den Schacht eine massive Eisbrücke, die drei Viertel von der Höhlung des Schachtes einnahm, weggebrochen werden mußte. Verändert wurde die Richtung der Luftströmungen dadurch nothwendig. Alle Thermometer lagen übereinander in derselben Ecke des Schachtes. Ob nicht der aufsteigende Strom dieser Ecke in ihrer unteren Hälfte näher war als früher? Für künftige Beobachtungen wäre zu rathen, daß man auch in die gegenüberstehende Ecke Thermometer einsetzte.

Doch möge die Bewegung der Luft im Innern des Schachtes seyn wie sie wolle — es scheint unläugbar, daß die

Wände des Schergin-Schachtes bedeutend kälter sind als der umgebende Boden bei Jakutsk.

Ist diese Vermuthung richtig, so folgt daraus:

1) Das wir aus den Temperaturen in der Wand des Schergin-Schachtes nicht einmal annähernd auf die Boden-Temperaturen in verschiedenen Tiefen unter Jakutsk schliessen können.

2) Dafs wir ferner die Wärme-Leitungsfähigkeit des gefroren Bodens aus dem genannten Schacht nicht ableiten dürfen, und sie mithin noch gar nicht kennen. Ich halte sie, nach den alltäglichen Erfahrungen über das Vordringen der Kälte durch das Eis und den gefroren Boden, für viel geringer als sie nach den Jakutsker Beobachtungen scheint.

3) Dafs wir also auch die Mächtigkeit des Eis-Bodens nicht schätzen können, selbst wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuen Gruben als maßgebend betrachten, wie ich sie allerdings für annähernd richtig halte.

Wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuern Gruben als maßgebend betrachten, so folgt aber auch, dafs in diesen Gegenden, wo die mittlere Temperatur der Luft tief unter dem Nullpunkt steht, der Boden einer viel höhern Temperatur genießt. Die mittlere Luft-Temperatur ist in Jakutsk nach den neuern Beobachtungen etwa $- 8^{\circ},7$ R., die Boden-Temperatur in 50 Fufs Tiefe, nach der *Schilow*- und der *Mangan*-Grube zwischen $- 2^{\circ},5$ und $- 3^{\circ}$ R. Dieser Unterschied ist allerdings sehr grofs. Allein Wahlenberg fand schon in Lappland die Temperatur der Quellen um mehrere Grade höher als die mittlere der Luft. Die Schneedecke, welche im Winter von der Kälte nur sehr langsam durchdrungen wird, vor dem Sommerr aber schwindet, wird diesen Unterschied vorzüglich bedingen. Dazu kommt, dafs im Somner der Regen die wärmere Temperatur der Luft mehr oder weniger in die Tiefe führt, im Winter aber der Schnee die ihm mitgetheilte Temperatur nur zum Theil der tiefer liegenden Schnee-Schicht mittheilt,

zum Theil wieder der Luft. Der Schnee, der meistens bei mäßiger Kälte fällt, ist, wenn das Wetter hell und kalt wird, ein Erwärmer der untersten Luftschicht. Um diese Wirkung nicht zu gering anzuschlagen, muß man sich nur erinnern, daß die gesammte Schneedecke in kältern Klimaten gleichsam die Summe der wärmsten Wintertage ist. Die jedesmalige oberste Schicht des Schnees wird ihre Wärme größtentheils nach oben an die meistens kältere und bewegte Luft abgeben, in sehr geringem Maasse durch die schlecht leitende untere Schneeschicht an den ebenfalls schlecht leitenden gefrorenen Boden. — In wie weit das abwechselnde Frieren und Aufthauen in den obersten Erdschichten auf die Differenz zwischen der Luft und Boden-Wärme Einfluß ausübt, möge künftigen Unternehmungen als Aufgabe hingestellt werden. Bis dahin denke ich mir, daß dieser Wechsel, nach der Abhängigkeit des Bodens, den Unterschied zwischen Luft- und Boden-Temperatur verändern muß. Mit dem Flüssigwerden des Wassers wird Wärme gebunden. Ist der Boden so beschaffen, daß von diesem Wasser viel abfließt, so verliert er viel von der ihm gehörenden Wärme; läßt er wenig abfließen, so behält er sie bei sich. Dagegen wird freilich der trockne Boden von der Sonne viel mehr durchwärmt als der wasserhaltige.

Hr. v. Middendorff scheint in der großen Differenz, welche bei Jakutsk zwischen der Luft- und der Boden-Temperatur sich ergibt, wenn man die Temperaturen in den neuen Gruben für die normalen hält, einen wichtigsten Bestimmungsgrund, wenn nicht den wichtigsten gefunden zu haben, die Temperaturen des Schergin-Schachtes für die normalen zu halten.

Ich wünsche sehnlichst eine Entscheidung dieser Frage und in diesem Wunsche liegt der Grund zu meinem heutigen Vortrage. Es scheint mir eine Ehrensache für die Akademie, diese Entscheidung so bald als möglich herbeizuführen.

Neue und auf ein Paar hundert Fuß tiefgehende Bohr-

löcher scheinen erforderlich, so wie jetzt, nach dem Verlaufe einiger Jahre eine neue Reihe von Beobachtungen im Schergin-Schachte, theils in den alten Stationen, theils in denselben Tiefen in der diagonal gegenüberstehenden Ecke. Am entscheidendsten würde wohl die Frage gelöst, wenn man im Schergin-Schachte sehr weit, 60—100 Fufs etwa, nach der Seite bohren könnte, um zu erfahren, ob der Schacht mit seiner tiefern Hälfte blofs eine erkältete Scheide um sich hat oder nicht. Hr. v. Middendorff hat am Schlusse der ersten Lieferung vom ersten Bande seines Reisewerks einen Horizontalbohrer vorgeschlagen, mit dem man in ungefrorenem Boden bis 30 Fufs in Einem Tage soll vordringen können. Mit diesem Instrumente läfst sich bestimmter Erfolg erwarten. Der Unterschied in den Entfernungen der angewendeten Thermometer von 1 Fufs und 7 Fufs war bei dem Wechsel, dem die näheren Thermometer ausgesetzt sind, zu gering, um die Leitungsfähigkeit des Bodens bestimmen zu können.

Bis es zu einer neuen Expedition mit neuen Apparaten kommt, kann ich nicht umhin zu glauben, dafs eine vorläufige Untersuchung der neuen Schachte durch eine Person, deren Ablesungen bis auf einen halben Grad zuverlässig sind, die Frage entscheiden mufs, ob der Schergin-Schacht um mehrere Grade erkaltet sey. Wenn nämlich meine Vermuthung begründet ist, dafs in eine so durchsunkene Stelle die Kälte bedeutend eindringt, so müssen auch die Wände der neuen kürzeren Schachte jetzt wohl bedeutend kälter seyn als zur Zeit der früheren Beobachtungen.

Für die Leitungsfähigkeit des gefrorenen Bodens wird man auf diese Weise freilich noch kein erträgliches Resultat finden.