universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Der Einfluß der Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter

Woeikoff, Alexander J...

Wien, 1889

Erstes Capitel. Temperatur cles Schnees und Einfluss auf die Boden-Temperatur

urn:nbn:at:at-ubi:2-5589

ERSTES CAPITEL.

Temperatur des Schnees und Einfluss auf die Boden-Temperatur.

Der Schnee als schlechter Wärmeleiter. Einfluss der Struktur. Bodentemperatur unter Schnee und ohne Schnee. Beobachtungen von Prof. Wollny. Beobachtungen im russischen Reiche nach Entfernung des Schnees, Beobachtungen von fünf Stationen. Rasche Zunahme der Jahrestemperatur nach unten. Ursache. Sodankyla und Sagastyr. Anwendung auf die Frage über den beständig gefrorenen Boden. Temperatur an der Oberfläche des Schnees zu Sagastyr. Verhältniss zu der Temperatur der Luft und der Oberfläche des Bodens. Beobachtungen Bequerel's zu Paris im December 1879. Zunahme der Bodentemperatur nach Schneefall. Beobachtungen der Schneetemperatur in St. Petersburg. „Kältereste" im Schnee.

Wie bekannt, ist der Schnee ein schlechter Wärmeleiter, was von seiner federigen Structur und der großen Menge Luft, welche zwischen den einzelnen Krystallen enthalten ist, abhängt.

Sehr wichtig ist die Beschaffenheit des Schnees. Je mehr er mechanisch oder durch wiederholtes Thauen und Gefrieren zur Struktur des Firnes und Eises neigt, desto besser leitet er die Wärme.

Die Eigenschaft des Schnees als eines schlechten Wärmeleiters ist jedem Landwirthe bekannt, und er fürchtet nicht das Gefrieren seiner Wintersaaten, wenn nur der Boden mit einer genügenden Schneemenge bedeckt ist.

Wie groß ist aber dieser Einfluss unter verschiedenen Verhältnissen? Leider wissen wir sehr wenig darüber. Indem ich auf die früheren Beobachtungen von Boussingault verweise,[1]) führe ich einige Resultate der Beobachtungen von Professor Wollny in München an.

Sie wurden folgender Art ausgeführt: Im Herbste wurde der Boden mit einem Spaten sorgfältig bearbeitet und nach jedem Schneefalle von einer Fläche von 15 *qm* der Schnee sorgfältig entfernt, daneben aber liegen gelassen und die Temperatur des Bodens unter Schnee und ohne Schnee in 0·1 *m* Tiefe beobachtet. In der folgenden Tabelle bedeutet Mt. das Mittel, Mn. das Minimum in der betreffenden Zeit, Mx. das Maximum.

Auch nachdem der Schnee verschwunden ist, kann noch ein Unterschied bemerkt werden. (Siehe Tab. S. 2.)

[1]) Economie rurale. Tome II.

	Temp. der Luft	Temperatur des Bodens in 0.1*m* Tiefe.					
		Unter Schnee			Ohne Schnee		
		Mt.	*Mn.*	*Mx.*	*Mt.*	*Mn.*	*Mx.*
1— 5 Januar	1874 — 0.3	0.5	0.5	0.5	—0.4	—1.6	—0.1
6—10 »	» — 8.1	0.2	—0.2	0.5	—1.1	—4.2	0
11—13[2]) »	» — 3.2	—1.0	—1.7	—0.6	—2.6	—5.0	—0.8
1— 5 Februar	» — 1.1	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2
6—10 »	» — 5.1	0.3	0.2	0.4	—0.4	—0.7	—0.1
11—15[3]) »	» — 6.7	—0.2	—0.1	0.8	—2.6	—5.8	—0.8
21—25 December	» — 5.9	0.5	0.6	0.8	—0.5	—1.2	0
26—31 »	» — 8.1	0.5	0.6	1.0	—1.5	—2.8	—0.6
24—28 Februar	1875 — 6.3	0	—0.2	0	—2.6	—8.6	—1.0
1— 5[4]) März	» — 3.2	0	0	0	—1.4	—0.4	2.2
16—20 »	» 0.8	2.6	1.2	6.6	2.4	0.2	8.4
21—22 »	» — 3.6	1.0	1.0	1.2	—1.6	—8.0	0.2
6—10 December	» —12.0	0.6	0.5	0.8	—3.0	—4.8	—1.6
11—15 »	» — 1.2	0.7	0.4	0.8	—0.9	—3.4	—0.2
16—20 »	» — 8.4	0.2	—1.0	0.8	—4.1	—7.0	—0.2
21—25 »	» 2.0	0.4	—0.4	0.4	—0.5	—2.6	0
26—31 »	» 1.8	0.3	0.1	0.5	—0.6	—2.4	—0.2
1— 5 Januar	1876 — 4.8	0	—0.3	0.2	—1.1	—3.2	0.1
6—10 »	» —12.6	—2.1	—1.3	—1.2	—5.8	—8.7	—4.0
11—15 »	» — 6.1	—1.1	—2.0	—0.6	—3.3	—6.0	—0.3
16—20 »	» — 3.2	—0.5	—1.0	0	1.9	—4.4	—0.4
21—24 »	» — 0.3	—0.4	—1.6	0	—1.5	—3.8	—0.4
27—31 »	» — 8.6	—4.0	—6.3	—2.4	—6.3	—8.6	—4.4
1— 5 Februar	» — 5.7	—4.2	—6.4	—1.0	—5.2	—7.2	—1.0
6—10 »	» — 8.2	—2.8	—4.4	—1.0	—5.5	—9.4	—1.6
11—15[5]) »	» — 9.6	—3.3	—4.0	—2.5	—7.2	—11.0	—3.0

	Lufttemperatur		Bodentemperatur.			
			Boden früher unter Schnee		Boden früher schneelos	
	a. m.	p. m.	a. m.	p. m.	a. m.	p. m.
12 März 1875	—1.0	4.4	1.6	3.8	0	3.4
13 » »	—1.6	6.6	1.6	4.4	0.4	5.4
14 » »	—1.2	5.2	1.6	4.0	0.6	5.2
15 » »	—2.0	9.4	1.4	4.6	0.6	6.4
16 » »	0.2	10.8	1.6	6.0	0.8	8.2
17 Februar 1876	5.5	7.6	—0.2	0.0	—0.2	0.4
18 » »	9.0	11.8	0.4	3.6	4.0	5.4
28 » »	5.8	6.8	3.0	3.4	3.0	3.7
29 » »	6.0	8.6	3.0	4.4	3.0	4.8

An den zwei letzten Tagen ist der Unterschied klein, weil in der Nacht zum 28. und am 29. Regen gefallen war.

Professor Wollny fasst die Resultate in folgendem zusammen:

1. Bei Frostwetter ist der schneebedeckte Boden bedeutend wärmer als der nackte.

2. Bei plötzlichem Steigen der Lufttemperatur erwärmt sich der vom Schnee befreite Boden schneller als der schneebedeckte.

3. In letzterem sind die Temperatur-Schwankungen geringer als im nackten.

---

[1]) Wollny, der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, Seite 36, Berlin 1877.

[2]) Am 13. verschwand der Schnee.

[3]) Am 17. verschwand der Schnee.

[4]) Am 9. verschwand der Schnee, am 18. wieder Schnee.

[5]) Am 15. verschwand der Schnee.

4. Die Schneedecke wirkt daher in zwei Richtungen schützend auf die Vegetation, indem sie die Kälte vom Boden abhält und indem sie grelle Temperatur-Schwankungen theils während des Bedecktseins, theils während des Aufthauens abschwächt.

Es wäre sehr wichtig, diese Beobachtungen und diejenigen anderer Gelehrten, welche auch in Mittel-Europa angestellt wurden,[1]) auch auf tiefere Bodenlagen auszudehnen und namentlich vergleichende Beobachtungen in solchen Klimaten zu machen, wo die Schneedecke lange andauert und die Temperaturen des Winters viel niedriger sind, als in Mittel-Europa. Mehr als drei Viertel des russischen Reiches befinden sich, wie bekannt, in solchen Verhältnissen.

Leider ist dies nicht geschehen, und an dem physikalischen Central-Observatorium zu St. Petersburg und den von ihm geleiteten Stationen wird die Bodentemperatur in der Art beobachtet, dass von einer gewissen Fläche über den Bodenthermometern der Schnee entfernt wird.

Auch die internationalen Polarstationen nach Weyprecht's Plane, welche im Jahre 1882—83 und theilweise auch länger beobachteten, wurden instruiert, in derselben Art zu verfahren. Bei so einem Verfahren müssen natürlich niedrigere Temperaturen des Bodens beobachtet werden, als der Wirklichkeit entspricht, und zwar umsomehr, je andauernder und tiefer die Schneedecke und niedriger die Temperatur der Monate, während welcher sie vorhanden ist.

Ich gebe unten die geographischen Coordinaten und verschiedene Nachrichten über die Beobachtungen an fünf Stationen, deren Bodentemperaturen weiter folgen.

Pawlowsk bei St. Petersburg, 59° 41 N. Br., 30° 29 E. L., 40 *m.* über dem Meeresniveau.

In den Annalen des physikalischen Central-Observatoriums für 1879, S. IV, finde ich Folgendes über die Bodentemperatur-Beobachtungen: »Inmitten einer großen Wiese, im Norden des Observatoriums, ließ ich einen Hügel aus demselben Sande aufschütten, aus welchem der Boden hier besteht. Das Diameter seines oberen flachen Theiles ist 6·5 *m* und die Höhe nur 0·8 *m*, die Seiten sind mit Gras bedeckt; der ganze Hügel ist mit einem Zaune, 1 *m* hoch, umringt.« Hier wurden die Bodenthermometer aufgestellt.

Dem früheren Director des Observatoriums Pawlowsk, Herrn Trautvetter, verdanke ich folgende mündliche Mittheilungen: Der Schnee wurde beständig von der Oberfläche, nicht aber von den Seiten des Hügels entfernt. Vor den Beobachtungen der Temperatur an der Oberfläche des Bodens wurden die letzten Flocken Schnee mittels Federn entfernt.

Die Beobachtungen wurden um 7¼ a. m., 1¼ und 9¼ p. m. gemacht und in extenso in den Annalen des physikalischen Observatoriums gedruckt. Die Tagesmittel sind einfache Mittel aus den drei Beobachtungen. Für die Oberfläche ist das Mittel jedenfalls zu hoch. Die Lufttemperatur ist das Mittel stündlicher Beobachtungen.

Landwirthschaftliche Akademie Petrowsky bei Moskau. 55° 50′ N. Br., 37° 34′ E. L., 170 *m* über dem Meeresniveau.

Nach mündlichen Mittheilungen von Professor Fadeiew wurde über den Thermometern Schnee bis zu ½ Arschin (55 *cm*) gelassen, der darüber fallende entfernt.

[1]) Ebermayer, »Phys. Einwirkung des Waldes«; Göppert, »Botan. Zeit.«, 1871; Rozet, »l'Institut«, Nr. 1102.

Die Beobachtungen der Lufttemperatur und der Bodentemperatur bis 0·75 *cm* sind dreimal täglich, um 7 a. m., 1 und 9 p. m. gemacht worden. In den tieferen Bodenlagen nur einmal, um 1 p. m. Ich gebe unten die Mittel der Lufttemperatur corrigiert, diejenigen der Bodentemperatur nicht. Die Beobachtungen sind in extenso gedruckt in einer Beilage zu dem Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou von 1882 an.

Sodankyla im nördlichen Finnland. 67° 27′ N. Br., 26° 36′ E. L. Höhe nicht angegeben. Nach einer brieflichen Mittheilung des Herrn Biese, Assistenten von Professor Lemström, wurde der Schnee über den Bodenthermometern möglichst entfernt.

Die Mittel für das erste Jahr für Lufttemperatur und Bodentemperatur an der Oberfläche und in 0·4 *m* Tiefe stündlich, für das zweite Jahr Mittel aus 6 a. m., 2 und 10 p. m., von mir nach den Beobachtungen des ersten Jahres corrigiert. Die Temperatur in den Tiefen 0·8 und 1·6 *m* wurde einmal am Tage bestimmt.

Die Beobachtungen sind in extenso abgedruckt in »Expedition polaire finlandaise. Tome I. Meteorologie. Helsingfors 1886.

Sagastyr im Lena-Delta. 73° 23′ N. Br., 124° 5′ E. L. Höhe nicht angegeben, aber jedenfalls sehr klein. Gedruckt in extenso in »Expedition der Kais. Russ. Geogr. Ges. Beobachtungen der russischen Polarstation an der Lenamündung, II. Th. Meteorologische Beobachtungen, bearbeitet von A. Eigner, 1887.« In der Einleitung findet sich die Bemerkung, dass in dem ersten Jahre der Schnee sich an den Gebäuden in der Nähe der Bodenthermometer bis zu einer Höhe von 2 *m* anhäufte, während er in der Tundra nur 0·25 *cm* hoch lag. Daher konnte in dem ersten Jahre eine solche Schneelage erwärmend auf den Boden wirken. Daher wurde im Norden der Station ein neuer Platz für die Beobachtungen der Bodentemperatur gewählt und dort Thermometer aufgestellt. Sie wurden nach den früher aufgestellten notiert. So wurden während zwei Monaten, April bis Juni 1883, eine doppelte Reihe von Bodentemperatur-Beobachtungen gemacht[1]) ... Die Beobachtungen waren aber schwierig während der häufigen Burans (Schneestürme). Es musste Tag und Nacht der Schnee von über den Thermometern entfernt werden. Trotz aller Vorsicht drang der Schnee in die Röhren der Thermometer und hinderte daran, sie auf die volle Tiefe zu versenken. Im zweiten Jahre wurden die Beobachtungen am neuen Platze ausgeführt. Der Boden ist sandig. Die Beobachtungen der Lufttemperatur, diejenigen an der Oberfläche des Bodens und Schnees und in der Tiefe von 0·4 wurden stündlich gemacht, in 0·8 und 1·6 *m* dreimal täglich.

Fort Rae am großen Sklavensee im Innern von Kanada, 62° 39′ N. Br., 115° 44′ W. L. Höhe nicht angegeben. Gedruckt in extenso in »Observations of the international polar expedition, Fort Rae.« London 1886. Nach einer Mittheilung des Herrn R. Strachan in London wurde der Schnee nicht entfernt, jedoch er lag nur 12″ hoch. Der Untergrund war so felsig, dass keine Beobachtungen unter 4′ engl. gemacht werden konnten. Lufttemperatur stündlich, Bodentemperatur einmal im Tage.

Die Tabellen für die ersten zwei Orte zeigen, dass trotz der viel niedrigeren Lufttemperatur der Wintermonate, in der Akademie Petrowsky

[1]) Leider findet sich diese zweite Reihe in dem oben erwähnten Bande der Beobachtungen nicht.

Petrowsky bei Moskau. 3 Jahre 1884—1886 (außer October und November 1886)[1])

		November	December	Januar	Februar	März	April	Jahr
Lufttemperatur		—3.0	—4.2	—10.0	—9.8	—5.9	2.1	3.4
Bodentemper.	0.25 *m*	1.6	0.1	— 1.4	—1.7	—1.6	0.5	5.6
	0.50 »	3.1	1.4	0.2	—0.3	—0.7	0.4	6.0
	0.75 »	3.9	2.1	1.0	0.4	0.1	0.6	6.1
	1.75 »	6.1	4.3	3.4	2.8	2.4	2.1	6.5

Pawlowsk, 8 Jahre 1879—86.

		Novemb.	Decemb.	Januar	Februar	März	April	Jahr
Lufttemperatur		—2.2	—6.3	—9.0	—7.4	—5.7	1.7	3.6
Bodentemper.	Oberfläche	—2.4	—6.7	—9.0	—7.1	—3.8	4.8	5.2
	0.1 *m*	—0.8	—5.5	—8.4	—6.8	—4.1	2.5	4.5
	0.4 »	1.4	—1.7	—5.0	—4.5	—3.0	0.6	4.9
	0.8 »	2.8	1.2	—0.6	—1.2	—1.0	0.1	5.5
	1.6 »	6.5	4.5	2.9	1.9	1.4	1.1	5.9
	3.2 »	8.2	6.8	5.5	4.4	3.7	3.2	6.2

Sodankyla, 2 Jahre, von September 1882 bis August 1884.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Lufttemp.	—12.9	—8.9	—7.4	—2.4	3.3	12.7	12.7	10.3	6.1	0.1	—7.4	—12.6	—0.5
Bodentemp. Oberfl.	—13.0	—9.4	—7.7	—2.1	4.6	14.7	15.8	11.9	5.9	—0.5	—7.5	—12.4	0
0.4 *m*	— 5.9	—4.7	—4.3	—1.6	1.9	8.2	11.9	11.5	7.6	2.2	—1.8	— 4.8	1.7
0.8 *m*[2])	— 3.0	—2.4	—2.5	—1.5	0.4	4.6	9.6	10.6	8 1	3.5	0.4	— 1.5	2.2
1.6 *m*	0.1	0	—0.2	0[3])	0.1	0.8	6.0	9.1	8.2	4 9	2.2	0.7	2.7

Fort Rae. 1 Jahr, September 1882 bis August 1883.

	Sept.[4])	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Jahr
Lufttemp.	6.9	0.3	—12.6	—26.2	—32.7	—23.6	—22.1	—7.1	2.4	10.8	16.2	13.6	—6.0
Bodentemp.													
1′ (Engl.	4.8	0.4	—4.5	—9.0	—13.2	—11.6	—12.6	—7.3	1.1	6.4	8.9	8.4	—2.1
2′ Fuß)	3.3	0.4	—1.6	—4.1	— 6.7	— 6.0	— 6.8	—3.8	0	2.5	5.0	5.5	—0.9
3′ —	2.3	0.3	—0.6	—1.8	— 3.5	— 4.3	— 5.2	— 4.3	—1.0	0.2	2.8	3.6	—0.9
4′ —	1.4	0.2	—0.4	—0.7	— 1.9	— 3.2	— 4.1	—3.7	—0.9	—0.3	1.3	2.4	—0.8

die Temperatur des Bodens durch den Schutz des Schnees in diesen Monaten höher war als in Pawlowsk.

Von den drei Stationen, wo die Beobachtungen nach demselben Systeme gemacht wurden (mit Entfernung des Schnees), hat Pawlowsk die kleinste Dauer der Schneedecke und der Temperaturen unter 0° und den wärmsten Winter, Sagastyr die größte Dauer beider und den kältesten Winter, während Sodankyla in der Mitte zwischen beiden steht.

Im Jahresmittel nimmt die Temperatur überall nach dem Innern der Erde zu, jedoch im Ganzen sehr langsam, und schon eine Zunahme von 1° auf 10 *m* Tiefe wird als eine außerordentlich große betrachtet.

[1]) Diese Lücke kann namentlich auf die Jahrestemperatur nur einen unbedeutenden Einfluss haben.

[2]) Im Januar 1884 keine Beobachtungen. Mittel dieses Monats angenommen —2.8.

[3]) 1884 Beobachtungen vom 15. Mai Mittel 0.3, angenommenes Mittel 0.1.

[4]) Ohne die ersten 5 Tage.

Sagastyr, September 1882 bis Juni 1884.

			Septemb.	Octob.	November	December	Januar	Februar
Lufttemp.	Mittel *)	a	0.1	—15.1	—27.4	—33.6	—36.9	—42.0
		b	0.4	—14.1	—25.8	—33.4	—37.3[1])	—33.9
		c	0.2	—14.6	—26.8	—33.5	—37.1[1])	—38 0
	Monatl. Minimum	a	—12.7	—29.6	—36.3	—44.2	—47.8	—53.2
		b	— 6.7	—27.9	—38 1	—44.0	—47.1	—45.4
Temperatur an der Oberfläche des Schnees	Mittel	a	—	—	—29.6	—36.3	—38.4	—43.8
		b	—	—	—	—34.8	—37.7[1])	—35.5
		c	—	—	—	—35.6	—38.6[1])	—39.7
	Minimum	a	—	—	—44.8	—54.5	—50.6	—56.3
		b	—	—	—	—46.8	—49.2	—47.6
Bodentemperatur	Oberfläche, Mittel	a	0.1	—15.0	—27.5	—32 8	—35.4	—39.9
		b	0.5	—14.8	—26.1	—35.0	—38.8[1])	—
		c	0.3	—14.9	—26.8	—33.4	—37.1[1])	—
	Oberfläche, Minimum	a	—13.9	—28.7	—35.8	—48.2	—43.5	—49.3
		b	— 6.9	—29.3	—40.8	—46.2	—48.3	—
	In 0·4 *m* Tiefe. Mittel	a	0.9	— 5.1	—14.8	—18.3	—21.7	—24.7
		b	0.5	— 5.7	—14.9[2])	—25.1[3])	—28.3	—27.8
		c	0.7	— 5.4	—14.9	—21.7	—25.0	—26.3
	In 0.8 *m* Tiefe Mittel	a	0.4	— 1.2	— 9.7	—14.1	—17.2	—20.1
		b	0.	— 4.5	—	—20.4	—23.7	—23.9
		c	0.2	— 2.4	—	—17.2	—20.5	—22.0
	In 1.6 *m* Tiefe Mittel	a	— 0.9	— 1.0	— 6.0	—10.7	—13.9	—15.6
		b	— 1.7	— 3.4	—11.4	—15.4	—18.1	—19.5
		c	— 1.3	— 2.2	— 9.2	—13.1	—15.7	—17.5
Bewölkung		a	9.0	7.2	6.0	5.1	4.7	2.6
		b	8.3	7.6	6.7	4.0	4.4	4.6
		c	8.6	7.4	6.3	4.5	4.1	3.6

			März	April	Mai	Juni	Juli	August	Jahr
Lufttemper	Mittel	a	—33.3	—21.0	— 8.8	0.7	4.9	3.5	—17.4
		b	—35.4	—22.3	—10.4	— 0.7	—	—	—
		c	—34.4	—21.6	— 9.6	0	—	—	—17.2
	Monatl. Minimum	a	—41.6	—32.8	—24.2	—12.6	—0.2	—1.2	—
		b	—47.5	—37.4	—27.3	— 7.8	—	—	—
Temperatur	Mittel	a	—34.8	—21.0	— 7.6	—	—	—	—
		b	—37.2	—22.7	—10.4	—	—	—	—
		c	—36.0	—21.9	— 9.0	—	—	—	—
	Minimum	a	—43.1	—35.6	—24.6	—	—	—	—
		b	—49.9	—38.8	—29.0	— 8.1	—	—	—
Bodentemperatur	Oberfläche, Mittel	a	—32.2	—20.4	— 7.7	3.0	7.0	5.5	—16.3
		b	—36.5	—22.2	— 9.7	0.1	—	—	—
		c	—34.3	—21.3	— 8.7	1 5	—	—	—
	Oberfläche, Minimum	a	—39.6	—32.8	—21.8	— 5 5	—0.2	—2.2	—
		b	—48.7	—38.6	—29.1	— 7.7	—	—	—
	In 0·4 *m* Tiefe Mittel	a	—22.6	—18.5	—10.6	— 1.6	2.4	2.0	—11 0
		b	—28.7	—22.2	—13.8	— 2.6	—	—	—
		c	—25.7	—20.3	—12.2	— 2.1	—	—	—12 4
	In 0.8 *m* Tiefe Mittel	a	—19.6	—17.6	—13.9	— 5.8	—0.9	0	—10.0
		b	—25.4	—21.6	—15.8	— 6.2	—	—	—
		c	—22.5	—19.6	—14.8	— 6.0	—	—	—
	In 1.6 *m* Tiefe Mittel	a	—16.9	—16.7	—15.1	— 9.4	—2.0	—1.8	— 9.1
		b	—20.5	—19.9	—17.3	—	—	—	—
		c	—18.7	—18.3	—16.2	—	—	—	10.4
Bewölkung		a	3.3	5.2	8.4	8.6	7.6	8.5	6.5
		b	3.1	5.4	6.8	7.6	—	—	—
		c	3.2	5.3	7.7	8.0	—	—	6.4

*) (*a*) Mittel des ersten Jahres Sept. 1882 bis Aug. 1883. (*b*) Mittel des zweiten Jahres. (*c*) Allg. Mittel.

[1]) Ohne die 5 letzten Tage des Januar 1884, für welche die Beobachtungen an der Oberfläche des Bodens fehlen. Mit diesen Tagen 2jähr. Mittel der Lufttemperatur —36.5 der Temperatur an der Oberfläche des Schnees —38.0.

[2]) Ohne die 2 letzten Tage. — [3]) Ohne die 4 ersten Tage.

An den genannten drei Stationen geht die Zunahme, nach den Beobachtungen, mit einer ganz anderen Schnelligkeit, mit Ausnahme der Stufe 0—0·4 *m* in Pawlowsk, was, wie oben bemerkt, durch den zu hohen Werth des Mittels für die Oberfläche aus den Stunden 7¼ a. m., 1¼ und 9¼ p. m. bewirkt wird.

Temperatur-Unterschied

				Pawlowsk	Sodankyla	Sagastyr
Zwischen	0	und	0.4 *m*	—0.3	1.7	5.3
»	0.4 *m*	»	0.8 *m*	0.6	0.5	1.6
»	0.8 *m*	»	1.6 *m*	0.4	0.5	0.9
»	1.6 *m*	»	3.2 *m*	0.3	—	—
»	0	»	1.6 *m*	0.7	2.7	8.2
»	0.4 *m*	»	1.6 *m*	1.0	1.0	1.9

Dieses Resultat wird folgendermaßen erklärt. Wenn der Schnee weggefegt wird, wird der Boden im Winter und im Jahresmittel kälter, als der Boden unter dem Schutze des Schnees, jedoch je tiefer man herabgeht, desto kleiner wird der Unterschied, desto größer der Einfluss der seitlichen Wärmeleitung, d. h. von denjenigen Theilen des Bodens, welche durch eine Schneeschicht geschützt werden. In einer größeren Tiefe wird der abkühlende Einfluss der Entfernung des Schnees von etlichen Quadratmetern Boden so klein, dass er sich unseren Beobachtungen entziehen wird. Es ist im Kleinen wie bei den Bodentemperaturen in Bergländern. Unter einer convexen Oberfläche (Berg) ist die Temperatur des Bodens in derselben Meereshöhe höher, als unter einer concaven (Thal), jedoch je tiefere Orte ausgewählt werden, desto kleiner ist der Unterschied.

Die Beobachtung der Bodentemperatur mit Entfernung des Schnees gibt also nicht nur eine von der Wirklichkeit abweichende (zu niedrige) Temperatur, sondern entstellt auch das Verhältnis zwischen der Temperatur der verschiedenen Tiefen, und zwar umsomehr, als die Schneedecke länger und die Temperatur während ihrer Dauer niedriger ist.

Dies ist sehr leicht aus der folgenden Tabelle zu sehen, welche die Differenz zwischen den Temperaturen an der Oberfläche des Bodens und in den Tiefen darstellt.

	Pawlowsk		Sodankyla				Sagastyr			
	(d)	(e)	(d)	(e)	(d1)	(e1)	(d)	(e)	(d1)	(e1)
0.4 *m*	—10.2	4.0	—5.9	7.1	11.9	—3.9	—8.4	15.2	18.8	—4.6
0.8 *m*	— 5.7	7.8	—3.0	10.0	10.6	—5.2	—3.8	19.3	16.7	—6.6
1.6 *m*	— 3.6	10.1	—0.2	12.8	9.1	—6.7	—0.6	23.0	15.4	—7.9

(d) Differenz der Temperatur des kältesten Monates in der betreffenden Tiefe mit dem Jahresmittel an der Oberfläche, (e) desgleichen mit der Temperatur des kältesten Monates an der Oberfläche, (d1) der Temperatur des wärmsten Monates in der betreffenden Tiefe mit dem Jahresmittel an der Oberfläche, (e1) desgleichen mit der Temperatur des wärmsten Monates an der Oberfläche.

Die Tabelle zeigt, dass in Sodankyla und Sagastyr der kälteste Monat in 1·6 Tiefe eine weniger als 1° tiefere Temperatur hat, als das Jahresmittel an der Oberfläche des Bodens (d), während der wärmste Monat in derselben Tiefe um 9·1° und 15·4° wärmer ist als das Jahresmittel an der Oberfläche. So groß ist der Einfluss des seitwärts von dem Thermometer liegenden Schnees auf die Erwärmung des Bodens selbst im Jahresmittel.

In Fort Rae, wo der Schnee nicht entfernt wurde, aber nicht hoch lag, ist der Unterschied der Temperaturen zwischen 2′ und 4′ engl. (0·61 und 1·22 *m*) nur 0·1°, weil der volle Einfluss des Schutzes durch Schnee schon der höheren Bodenlage zugute kommt.

Der schützende Einfluss des Schnees erklärt auch, warum beständig gefrorener Boden sich nur bei einer mittleren Jahrestemperatur der Luft bedeutend unter 0^0 findet.

Ich habe vor Kurzem die Frage von Neuem betrachtet und theile einige Resultate mit. In seinem im Jahre 1881 erschienenen Werke »Die Temperatur-Verhältnisse des russischen Reiches« sprach sich Herr Wild über diesen Gegenstand folgendermaßen aus: »Nach den Gesetzen über die Bodentemperaturen lässt sich vermittelst unserer Karte der Jahres-Isothermen diese Grenze (Eisbodengrenze) viel sicherer in folgender Weise bestimmen.« Indem dann erwähnt wird, dass in der Tiefe von $1\,m$ die Temperatur im Mittel (mit einem mittleren Fehler $\pm 0{\cdot}9$) um $0{\cdot}9$ höher, als die mittlere Temperatur der Luft, dass die Zunahme der Temperatur in dem Verhältnisse von $2{\cdot}97^0$ auf $100\,m$ fortschreitet und dass in einer Tiefe von $23\,m$ die Temperatur im Jahre constant ist, bemerkt er weiter: »Nach diesen Daten berechnet sich die constante Jahrestemperatur t der Tiefe $23\,m$ unter der Oberfläche aus dem Jahresmittel T der Lufttemperatur darüber nach der Formel

$$t = T + 0.9 + 0.22 \times 2.97 = T + 1.6$$

Die Lufttemperatur im Jahresmittel, bei welcher sich eben noch im Boden eine Schicht constanter Temperatur von $t = 0$ zeigt, darf also höchstens $-1{\cdot}6$ betragen. Berücksichtigen wir aber, dass der hohe Druck und die capillaren Canäle im Boden das Gefrieren des Wassers verzögern, so werden wir sicherer gehen, wenn wir in runder Zahl die Jahresisotherme der Lufttemperatur von -2 als südliche Grenze des Eisbodens nach obiger Definition ansetzen. Diese Grenze wird aber in unserer Karte bloß für Orte am Meeresniveau bestimmt. Für Landestheile, die beträchtlich über Meeresniveau liegen, wird die fragliche Grenze proportional der Erhebung nach den höheren Isothermen hinrücken.« [1])

Die thatsächlichen Verhältnisse stimmen nicht mit der oben erwähnten Hypothese. In der Nähe der Stadt Turuchansk am Jenissei-Flusse bohrte Middendorff während seiner berühmten Reise drei Bohrlöcher und am Ende März wurde gefrorener Boden gefunden bis zu einer Tiefe von

I. bis 17″ (43 *cm*)
II. bis 38″ (96 *cm*)
III. bis 19″ (48 *cm*)

unter der Oberfläche, unter diesen Schichten war der Boden ungefroren, und da Thonschichten vorkommen, so ist nicht daran zu denken, dass etwa die Schichten zu trocken waren, um durch das Gefrieren des Wassers verkittet zu werden. In $1\,m$ Tiefe muss im März etwa die niedrigste Temperatur erwartet werden. In dieser Tiefe wurden keine Temperatur-Beobachtungen gemacht, wohl aber tiefer, und ergaben: Bohrloch I, Tiefe 10′ ($3\,m$), 23.—25. März $2{\cdot}0^0$; Bohrloch II, Tiefe 10′, 22. März $0{\cdot}5^0$, Tiefe 9′ ($2{\cdot}7\,m$), 18. December $0{\cdot}2^0$; Bohrloch III, Tiefe 10′, 1. April $0{\cdot}1^0$, Tiefe 8′ ($2{\cdot}4\,m$), 24. December $1{\cdot}0^0$, Tiefe 30′ ($9{\cdot}1\,m$), 30. März $0{\cdot}5^0$[2]).

Die Mitteltemperatur der Luft in Turuchansk ist nach neunjährigen Beobachtungen (1878—1886) Jahr $-7{\cdot}2^0$, Winter $-25{\cdot}3^0$.

[1]) l. c. S. 348, 349.
[2]) Middendorff, Sibirische Reise, Bd. I. Th. I.

Nach den Beobachtungen der drei oben erwähnten Orte höherer Breite hätten wir in der Tiefe von 23 *m*, wenn von 1·6 *m* an eine Zunahme von 2·97° per 100 *m* angenommen würde, folgende Verhältnisse im Jahresmittel.

	Sodankyla	Sagastyr	Ft. Rae
1. Lufttemperatur	—0.5	—17.2	—6.0
2. Bodentemperatur in 1.6 *m*. .	2.7	—10.4	—0.8 (in 1.2 *m*)
3. Bodentemp. berechnet in 23 *m*	3.3	— 9.3	—0.1
Differenz 1—3	3.8	7.4	5.9

Die Verhältnisse der beiden letzten Orte stimmen also ziemlich mit dem von Middendorff in Turuchansk gefundenen, sodass dort, wo eine genügende Schneedecke vorhanden ist, wahrscheinlich sich Eisboden bei einer mittleren Jahrestemperatur unter — 5° findet, besondere lokale Verhältnisse ausgenommen. Freilich muss auch auf die Sommertemperatur Rücksicht genommen werden. Im äußersten Nordosten des europäischen Russland, noch mehr aber auf den Inseln des Eismeeres, wird wohl Eisboden bei einer höheren mittleren Jahrestemperatur der Luft gefunden als in Sibirien, weil hier bei gleicher Jahrestemperatur der Sommer wärmer ist.

Wo weniger oder gar kein Schnee liegt im Winter, wie etwa in Hochasien,[1]) dort wird wohl Eisboden sich bei höheren mittleren Temperaturen der Luft finden, dies wird durch die Beobachtung Kupfer's bestätigt, der in Transbaïkalien in der Grube »Trjech Swjatiteleï« Eisboden bis zu einer Tiefe von 175′ (engl. Fuß) fand.

Schon der Akademiker Peters, welcher Middendorff's Bodentemperatur-Beobachtungen berechnete, kam zu dem Schlusse, dass, wenn der Boden im Winter mit einer Schneeschicht bedeckt ist, »ein und derselbe Punkt im Erdreiche im Winter zu einer größeren Tiefe unter der Oberfläche der Erde gehört, als im Sommer.«[2]) Dieser Ausdruck scheint mir sehr glücklich gewählt. Der Boden ist im Winter weiter gerückt von den abkühlenden Einflüssen, im Sommer aber näher den erwärmenden Einflüssen, welche beide an der Oberfläche des Festen, an dessen Berührungspunkten mit der Atmosphäre besonders intensiv auftreten.

Auch des abkühlenden Einflusses der Schneeschmelze und des erwärmenden des Gefrierens des Bodenwassers wird in dieser älteren Arbeit erwähnt.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Beobachtungen über die Temperatur auf der Oberfläche des Schnees in Sagastyr. Einzelne Beobachtungen solcher Art sind auch früher gemacht worden, hier aber haben wir die einzige lange Reihe, und zwar stündlicher Beobachtungen, und dabei in einem Klima mit langer Schneebedeckung und sehr kaltem Winter.

Sie sind umsomehr erwähnenswerth, weil sie nicht zu den obligatorischen Beobachtungen der Polarstationen gehören. Unsere Beobachter, schon mit Arbeiten überhäuft und in den schwierigsten Verhältnissen beobachtend, scheuten die neue Mühe dieser Beobachtungen nicht und haben damit der Wissenschaft wichtiges Material erworben.

Aus der Tabelle auf S. 6 ist zu sehen, dass die Mitteltemperatur auf der Oberfläche des Schnees in allen Monaten, außer Mai 1883,

[1]) Centralasien nach der neueren Terminologie Richthofen's.
[2]) Middendorff l. c. S. 171.

niedriger ist, als an der Oberfläche des von Schnee befreiten Bodens. Noch größer ist der Unterschied der monatlichen Minima. In dem ersten Jahre sind die Unterschiede größer als in dem zweiten.

Da die Oberfläche des Schnees mehr erkaltet, als die Oberfläche des schneefreien Bodens, so muss unter gleichen Umständen auch die Temperatur der Luft über einer Scheefläche niedriger sein.

Es ist jedoch noch eins zu betrachten. Die Bewölkung in den Wintermonaten ist in Sagastyr klein, nicht selten sind Calmen oder schwache Winde, die Sonne erscheint nur in den letzten Tagen des Januar. Es sind also die Verhältnisse der Erkaltung an Ort und Stelle durch Ausstrahlung sehr günstig.

In solchen Verhältnissen erkalten selbst kleine Mulden mehr als horizontale Flächen. Das Thermometer auf der Oberfläche des von Schnee befreiten Bodens befindet sich aber in einer solchen Mulde, während dasjenige auf dem Schnee auf einer horizontalen Oberfläche liegt. Ich zweifle nicht daran, dass, wenn man bei hohem Schnee einen Theil wegnimmt, und ein Thermometer auf der Oberfläche des Schnees in dieser Mulde beobachtet, es niedriger stehen wird als ein auf der horizontalen Fläche des unberührten Schnees beobachtetes Thermometer.

Im April und Mai ist der Unterschied kleiner, im Mai 1883 war die Mitteltemperatur auf der Oberfläche des Schnees sogar um 0·1° höher

Das Interesse dieser Beobachtungen in Sagastyr bewog mich, die Mitteltemperaturen der Luft, der Oberfläche des Bodens und Schnees für verschiedene Grade der Bewölkung in den Wintermonaten zu berechnen. Ich musste mich auf den ersten Winter beschränken, weil in dem zweiten die Temperatur-Beobachtungen an der Oberfläche des Bodens ziemlich lange unterbrochen waren.

Sagastyr, Temperatur der Luft, der Oberfläche des Bodens und Schnees. Winter 1882—1883. Nach Beobachtungen um 6 a. m. und 7 p. m. Z Zahl der Beobachtungen, Schn. Mitteltemperatur an der Oberfläche des Schnees, △B Differenz derselben mit der Temperatur an der Oberfläche des Bodens, △L desgleichen der Luft.

Bewölkung 0 und 1

	Z.	Schn.	△B.	△L.	Z.	Schn.	△B.	△L.	Z.	Schn.	△B.	△L.	Z.	Schn.	△B.	△L.
	Wind 0, 1				Wind 2, 3,				Wind 4 u. mehr				Allg. Mittel			
Dec.	7	—47.8	5.5	4.2	4	—40.4	3.2	3.4	6	—40.6	3.4	1.6	17	—43.5	4.2	3.0
Januar	7	—45.8	5.2	2.9	12	—41.8	3.5	0.9	10	—40.0	3.9	1.5	29	—42.1	4.0	1.5
Febr.	4	—49.8	6.0	2.2	14	—48.8	5.1	1.8	19	—45.5	3.4	1.3	37	—47.2	4.3	1.6
Winter	18	—47.4	5.4	3 2	30	—44.9	4.2	1.6	35	—43.1	3.6	1.4	83	—44.7	4.2	1.9
	Bewölkung 2, 3.				Bewölkung 4, 5, 6				Bewölkung 7, 8				Bewölkung 9, 10.			
Dec.	13	—36.8	3.7	2.7	10	—37.1	3.3	2.5	6	—33.1	2 6	2.0	16	—28.5	2.6	2.1
Januar	12	—38.5	2.9	1.1	6	—35.2	2.4	0.9	5	—35.1	3.0	3.2	10	—31.0	1.0	0.9
Febr.	8	—40.2	3.3	2.0	1	—32.9	2.5	1.5	1	—40.7	3.2	1.3	9	—35.7	2.9	1.8
Winter	33	—38.3	3.3	2.0	17	—36.2	3.0	1.9	12	—34.6	2.9	2.0	35	—31.1	2.3	1.6

Ich komme also zu den folgenden Schlüssen:

1. Die Mitteltemperatur an der Oberfläche des Schnees ist bei allen Graden der Bewölkung niedriger als die Temperatur der Luft und der Oberfläche des Bodens.

2. Die letztere ist höher, als die Temperatur der Luft.

3. Bei kleiner Bewölkung sind die Differenzen der Temperaturen an der Oberfläche des Bodens und des Schnees größer, als bei großer. Der Temperaturunterschied an der Oberfläche des Schnees und in der Luft ändert sich wenig.

4. Bei den am häufigsten vorkommenden Graden der Bewölkung 0 und 1 sind noch verschiedene Windstärken unterschieden. Die niedrigste Temperatur an der Oberfläche des Schnees und der größte Unterschied derselben von der Temperatur der Luft und Oberfläche des Bodens wird bei unbewölktem Himmel und Windstille beobachtet. Der Unterschied ist bei der Bewölkung 0 und 1 und der Windstärke 0 und 1 mehr als doppelt so groß, als bei der Bewölkung 9, 10.

Zum besseren Beweise des Satzes 3 dient folgende kleine Tabelle, wo die Mittel für den ganzen Winter genommen sind.

	Bewölkung				
	0 u. 1	2 u. 3	4, 5 u. 6	7 u. 8	9 u. 10
△B.	4.2	3.3	3.0	2.9	2.3
△L.	1.9	2.0	1.9	2.0	1.7

Die Stetigkeit der mittleren Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche des Schnees und der Luft bei Bewölkung von 0 bis 8 ist bemerkenswerth, während die Differenz der Temperatur an der Oberfläche des Schnees und Bodens ziemlich regelmäßig abnimmt. An der Oberfläche des Schnees haben wir im Mittel des Winters bei einer Bewölkung von 0 und 1 $-44{\cdot}7^0$, bei 9 und 10 $-31{\cdot}1^0$, an der Oberfläche des Bodens aber respective $-40{\cdot}5$ und $-28{\cdot}8$.

Es ist auch zu bemerken, dass bei der Bewölkung 0 und 1 der Unterschied △L abnimmt bei stärkerem Winde, d. h. die niedrige Temperatur an der Oberfläche des Schnees wird dann der Luft schneller mitgetheilt.

Die Akademiker E. und H. Becquerel machten eine Reihe Beobachtungen in dem kalten Winter 1879—1880 in Paris, welche den Einfluss des Schnees auf die Bodentemperatur deutlich zeigt. Die Bodentemperatur wurde elektrisch registriert und der Schnee nicht vom Boden entfernt. Boden nackt (terrain dénudé).

		Luft		Boden					
				0.05 *m*		0.20 *m*		0.60 *m*	
		6 a. m.	3 p. m.	6 a. m.	3 p. m.	6 a. m.	3 p. m.	6 a. m.	3 p. m.
26	November	— 0	0.6	0.7	0.6	2.4	1.8	4.8	4.7
27	»	— 2.5	—1.1	—0.2	—0.4	1.4	1.0	4.2	4.2
28	»	— 5.4	—0.1	—2.2	—1.3	0.6	0.4	3.9	3.9
29	»	— 4.7	—0.8	—2.6	—0.9	0	0.1	3.3	4.5
30	»	0.2	—0.5	0	—0.1	0.1	0.2	3.2	3.1
1	Januar	— 1.5	2.1	—0.7	—0.7	0	0.2	2.9	2.9
2	»	— 3.1	—3	—1.1	—1.6	0.2	0	2.8	2 7
3	»	—10.9	—5.6	—3.2	—3	—0.3	—0.5	2.6	2.6
4	»	— 8.2	—4.9	—2.5	—2	—0.6	—0.7	2.6	2.5
5	»	— 5.7	—1	—1.3	—1.2	—0.6	—0.6	2.2	2.2
6	»	— 0.2	—1.3	—0.9	—1	—0.6	—0.6	2.1	2
7	»	— 7.9	—6.8	—0.9	—0.8	—0.6	—0.5	2	2
8	»	— 9.9	—5	—0.9	—0.8	—0.4	—0.4	2	2.1
9	»	—14.7	—9.7	—0.9	—0.9	—0.4	—0.4	1.8	2
10	»	—20.7	—8.1	—0.9	—1.3	—0.3	—0.6	1.7	1.4
11	»	— 9.6	—5.8	—1	—1.5	—0.6	—0.8	1.6	1.4
12	»	— 8.1	—2.3	—1.3	—0.9	—0.8	—0.4	1.2	1.6
13	»	— 0.7	—1.9	—1	—0.6	—0.5	—0.4	1.5	1.8
14	»	— 6.7	—7.1	—0.8	—0.7	—0.3	—0.5	1.7	1.6

Schnee fiel am 28. November, am 1. bis 4. und 10. December. Am 10. war die mittlere Höhe des Schnees auf dem Boden 0·25 *m*, am 15. 0·19 *m*. In der Tiefe 0·05 *m*, bemerken die Beobachter, wurde das erste

Minimum am 29. November beobachtet, nach dem Schneefalle stieg die Temperatur bis über 0°, fiel dann wieder und erreichte das tiefste Minimum des December am 3., d. h. vor dem ergiebigeren Schneefalle. An dem Tage, wo die Luft am kältesten war (am 10.), zeigte das Thermometer in 0·05 *m* Tiefe eine fast um 2° höhere Temperatur als am 3. Der ziemlich tiefe Schnee leitete die Wärme schlecht in die Tiefe.

Die nächsten Tage wurden Beobachtungen der Temperatur der Luft und über der Oberfläche des Bodens unter Schnee gemacht, außerdem auch in verschiedenen Tiefen im Schnee.

t bedeutet die Lufttemperatur, t B die Temperatur der Oberfläche des Bodens unter Schnee.

December 1879	t	t B.
14. Minimum	— 9.00	—
9 a. m.	— 6.98	—0.70
3 p. m.	— 7.18	—0.60
4 » »	—	—1.10
15. Minimum	— 8.40	—1.00
9½ a. m.	— 3.18	—0.40
16. 12¾ p. m.	—	—1.00
4 p. m.	— 8.88	—1.10
17. Minimum	—14.70	—1.30
11¾ a. m.	—10.50	—1.30
18. Minimum	—13.30	—1.20
4 p. m.	— 3.68	—0.90
19. Minimum	— 9.20	—1.20
1¾ p. m.	—	—0.90
2¼ p. m.	— 2.38	—0.60
20. Minimum	— 8.60	—0.80
12 a. m.	—	—0.90
3 p. m.	— 3.98	—0.90
4½ p. m.	—	—0.70
21. Minimum	—13.80	—1.00
1½ p. m.	—	—1.00
3 p. m.	— 8.38	—
5 p. m.	—	—1.00

December 1879	t	t B.
22. Minimum	—13.90	—1.40
10½ a. m.	—13.08	—1.41
11½ a. m.	—	—1.40
2 p. m.	— 5.28	—1.50
5 p. m.	—	—1.00
5½ p. m.	—	—1.00
23. Minimum	—13.00	—1.30
10 a. m.	— 7.88	—1.30
11½ a. m.	—	—1.40
2 p. m.	— 1.68	—1.10
24. Minimum	—14.00	—1.40
11¼ a. m.	—	—1.50
25. Minimum	—13.00	—1.00
4½ p. m.	— 2.38	—1.00
26. Minimum	— 8.50	—0.90
12 a. m.	—	—0.40
2 p. m.	— 3.08	—0.40
27. Minimum	—12.50	—1.00
2½ p. m.	— 9.18	—1.00
28. Minimum	—14.00	—1.50
1½ p. m.	—	—1.20
2½ » »	—	—1.10
3 » »	0.12	—1.00
4¼ » »	—	—0.95
6 » »	0 50	—0.50

Temperatur in verschiedenen Tiefen im Schnee.

16. December 1879		
Lufttemperatur		—9.0°
»	Schneeoberfläche	—8.5
»	0.05 *m* im Schnee	—7.0
»	0.10 *m* im Schnee	—5.3
»	0.15 *m* im Schnee	—3.9
»	0.18 *m* im Schnee	—2.8
»	0.20 *m* im Schnee	—2.3
»	0.24 *m* im Schnee	—1.0
»	0.25 *m* im Schnee	—0 6

Mittlere Zunahme der Temperatur im Schnee auf 0·01 *m* = 0·31°.

17. December 1879		
Lufttemperatur		—10.5°
Oberfläche		—10.5
0.09	*m* im Schnee	— 7.4
0.15	*m* im Schnee	— 5.2
0.20	*m* im Schnee	— 3.0
0.25	*m* im Schnee	— 1.3

Mittlere Zunahme der Temperatur 0·36° auf 0·01 *m*.

28. December 1879	Lufttemperatur		0.5°
	Oberfläche		—0.6
	0.025		—1.7
	0.05		—1.0
	0 10	*m* i. Schnee	—1.4
	0.17		—1.0
	0.25		—0.5

Auf der Oberfläche des Bodens unter Schnee hielt sich also die Temperatur in der Nähe von — 1° und sank nicht unter — 1·7°, während sie in der Luft und an der Oberfläche des Schnees zwischen 0° und — 15° schwankte.

Am 28., als schon die Lufttemperatur über 0° stieg, war im Schnee eine Schicht, kälter als die Oberfläche und die tieferen Schichten — sozusagen ein Kälterest.

In den letzten Tagen des December traten in Begleitung einer im Norden vorbeigehenden Cyclone starke Südwinde und Regen ein, und der Schnee verschwand. Niedrige Temperaturen traten Ende Januar ein, ohne eine Schneedecke auf dem Boden vorzufinden.

In dem nackten Boden betrugen die tiefsten Temperaturen und die Zeit ihres Vorkommens

Tiefe		Temperatur	Tag
0		—9.9°	28. und 29. Januar
0.05		—6.8°	29. » » »
0.10	*m*	—5.4°	29. » » »
0.20		—3.7°	29. » » »
0.30		—2.0°	30. » » »
0.60		—0.02°	6. Februar.

Am 28. und 29 Januar sank die Lufttemperatur auf —10.

Ende Januar also sank die Bodentemperatur in 0·5 *m* 5·3° tiefer als am 10. December, trotz einer um 10° höheren Temperatur der Luft, in 0·20 *m* war sie — 3·7°, während sie im Anfang December nicht unter — 0·8 gewesen war. Endlich erreichte der Frost die bedeutende Tiefe von 0·60 *m* 8 Tage nach der tiefsten Temperatur an der Oberfläche. Ich bemerke noch zum Vergleiche, dass in dem strengen Winter 1887—1888 an manchen Orten Central-Russlands der Frost nicht tief in den Boden drang, weil tiefer Schnee lag.

Ich machte Anfang 1888 einige Beobachtungen mit Hilfe meiner Zuhörer in dem botanischen Garten der Universität St. Petersburg. Die Resultate sind unten gegeben (Lufttemperatur am Fenster des Kabinetes für phys. Geographie), daneben auch die Beobachtungen der Bodentemperatur an dem Central-Observatorium, welches etwa 2 *km* SW. liegt. An letzterem Orte wurde der Schnee vom Boden entfernt. (S. Tab. S. 14.)

Es ist leicht zu sehen, dass die Temperatur in dem von Schnee befreiten Boden tiefer war als im Schnee, und dass sich die Kälte in ersterem schneller verbreitete.

In 52 *cm* Tiefe lag eine Eisschicht unmittelbar auf dem Rasen. Sie hatte sich wahrscheinlich im December gebildet, als Frost mit Thauwetter wechselte. Vom 7. Januar bis zum 21. März war die Lufttemperatur beständig unter 0°.

Die von den beiden Becquerel in Paris beobachteten »Kältereste« im Schnee fanden sich auch hier. So an dem ziemlich milden, trüben

		Bewölkung	Lufttemp.		Universität: Im Schnee Tiefe cm.	Universität: Im Schnee Temperatur	Physikalisches Observ.: Boden Tiefe cm.	Physikalisches Observ.: Boden Temperatur	Physikalisches Observ.: Minim. der Nacht an d. Oberfl. des Bodens
2. Februar	1 ½ p. m.	2	—11.0	(im Schatten)	0	—14.5		1 p. m.	
					5	—10.8	0	—10.0	
					10	— 9.2	40	— 9.4	
					20	— 6.6	80	— 4.8	—18.5
					30	— 3.5			
1. März	12½ p. m.	10	— 5.0		0	— 3.5	0	— 3.6	
					10	— 5.0	40	— 7.5	
					40	— 2.0	80	— 4.7	—16.0
					50	— 1.0			
8. März	12½ p. m.	10	—13.0		12	— 8.5			
					23	— 6.2	0	— 8.9	
					30	— 4.0	40	— 9.7	
					42	— 1.8	80	— 5.8	—20.2
10. März	1½ p. m.	3	—17.0	(im Schatten)	0	—15.0			
				(in der Sonne)	0	— 8.7	0	—10.8	
					5	—11.3	40	—12.0	
					12	— 9.2	80	— 6.3	—24.7
					23	— 8.4			
					42	— 3.0			
					52	— 1.6			
20. März	11 a. m.	0	— 5.0	(im Schatten)	0	— 7.7	0	— 2.9	
					6	— 6.0	40	— 8.2	—16.4
					18	— 9.0	80	— 6.3	
					35	— 5.0			
					42	— 2.6			
					52	— 2.0			
21. März	12½ p. m.	0	— 2.0	(im Schatten)	0	— 2.5			
					1	— 0.5			
					5	— 3.0			
				Der Schnee	15	— 5.3			
				thaut	22	— 4.7			
				in der Sonne)	30	— 2.6			
					42	— 2.6			
					52	— 2.0			

1. März, als es in 10 *cm* kälter war, als oben und unten, ebenso am 20. und 21.

Die Bodentemperatur an dem physikalischen Observatorium war, außer am 2. Februar, beständig niedriger in 40 *cm* als in 80 *cm* und an der Oberfläche. Letzteres wird in der Mitte des Tages durch die Insolation der Oberfläche bewirkt, das Minimum an der Oberfläche ist beständig niedriger als die Temperatur in 40 *cm*.

Unter dem Schnee in 52 *cm* fand ich eine Temperatur, welche nur am 20. und 21. März auf $-2{\cdot}0^0$ sank, früher noch höher war. Diese hohe Temperatur wird theilweise dadurch erklärt, dass die Structur des Schnees am Ende des Winters ihn zu einem schlechten Wärmeleiter machte, dann auch durch den erwärmenden Einfluss des hier hoch, wenig unter 1 *m*, stehenden Grundwassers, vielleicht auch der umringenden Gebäude.