

Einfluss der Schneedecke auf die Temperatur der Luft und der Erdoberfläche

Autor(en): **Bührer, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland**

Band (Jahr): **1 (1900-1901)**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-676452>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Einfluss der Schneedecke
auf die
Temperatur der Luft und der Erdoberfläche
von
Wilh. Bühler, Pfarrer in Buus.

◊

Neben den allgemeinen Beobachtungen, wie sie mir als Beobachter an der meteorologischen Station zu Buus oblagen, habe ich während einer Anzahl von Jahren besondere Beobachtungen in Bezug auf die Schneedecke vorgenommen. Veranlassung dazu boten verschiedene Erwägungen. Einmal muss es von hohem Interesse sein, den Einfluss der Schneedecke in klimatologischer Hinsicht kennen zu lernen, da der Schnee für unsere Gegenden nicht nur eine nebensächliche Begleiterscheinung des Winters ist, sondern so sehr einen integrierenden Bestandteil desselben ausmacht, dass ein Winter ohne Schnee uns gar nicht als rechter Winter erscheint. Dazu kommt noch, dass genaue spezielle Beobachtungen in Bezug auf die Schneedecke verhältnismässig selten sind und darum auch ihr Einfluss auf das Klima noch nicht allseitig erörtert ist. Beobachtungen dieser Art wurden bisher hauptsächlich im russischen Reiche ausgeführt, da dort das Interesse besonders gross sein musste, die klimatologischen Einflüsse der Schneedecke kennen zu lernen; ferner in Tarnopol (Galizien), in Aachen, auf dem Brocken und in Davos. Diese Beobachtungen wurden auch meistens schon in einzelnen Abhandlungen diskutiert, unter welchen ich diejenigen von Woeikof in Petersburg, Satke in Tarnopol, Polis in Aachen nenne. Die Beobachtungen in Davos hat Herr Professor Brückner in Bern in

einer Schrift: „Einfluss der Schneedecke auf das Klima der Alpen“ verwertet. Angeregt durch Herrn Professor Riggensbach in Basel entschloss ich mich, erstmals im Winter 1892/93 zunächst über Temperaturminima unter der Schneedecke Beobachtungen vorzunehmen. Zu diesem Zwecke wurde ein Six'sches Extremthermometer mit 10 cm langem Weingeistgefäss bis auf den blossen Boden eingegraben und wieder mit Schnee bis zur Höhe der unverletzten Schicht zugedeckt. Schon diese Beobachtungen förderten recht interessante Ergebnisse zu Tage, auf die wir noch im Laufe dieser Abhandlung zu reden kommen werden. Im folgenden Winter 1893/94 erweiterte ich nach vorausgegangener Verständigung mit Herrn Professor Brückner die Beobachtungen in doppelter Weise. Einmal wurden die Temperaturen unter der Schneedecke dreimal täglich zur Zeit der übrigen meteorologischen Beobachtungen (um 7 Uhr morgens, 1 Uhr mittags und 9 Uhr abends mittlerer Berner-Zeit) abgelesen. Hiezu wurde ein Thermometer ähnlicher Art, wie das zur Bestimmung der Lufttemperatur dienliche verwendet, nur war der Hals dieses Thermometers ca. 18 cm lang. Seine Aufstellung fand es etwa 10 m nordwestlich von dem Instrumentengehäuse, in welchem $1\frac{1}{2}$ m über dem Boden die Lufttemperatur abgelesen wurde. Sodann wurde auch, so lange Schneedecke herrschte, die Temperatur auf der Oberfläche derselben mittelst eines gewöhnlichen Stationsthermometers gemessen, das flach auf die Schneedecke gelegt wurde, sodass die Quecksilberkugel die Oberfläche des Schnees berührte. Ausserdem wurde auch ein Minimumthermometer auf die Schneefläche gelegt, dessen Angaben mit den Minimaltemperaturen der Luft nach Beobachtungen am Minimumthermometer im Instrumentengehäuse verglichen werden können.*)

*) Die Angaben desselben wurden jedoch in vorliegender Abhandlung nicht verwertet.

Die betreffenden Thermometer, welche mir von der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt in Zürich freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, wurden sämtlich vor Ingebrauchnahme einer Eispunktsbestimmung unterworfen und die nötige Korrektion bei den Beobachtungen sofort angebracht. Diese Beobachtungen setzte ich während dreier Winter fort bis zum Jahre 1896. Seither mussten sie eingestellt werden, hauptsächlich deshalb, weil seither die Schneeverhältnisse sehr ungünstig waren. Immerhin geben die Beobachtungen Material genug, um mit Sicherheit einzelne Schlüsse in Bezug auf die Bedeutung einer Schneedecke für das Klima eines Landes zu ziehen, um so mehr, als unter diesen Beobachtungen diejenigen des Winters 1894/95 sich befinden, der mit seiner während 83 Tagen ununterbrochen andauernden Schneedecke treffliche Gelegenheit zu den genannten Messungen bot.

Treten wir nun auf die Untersuchungen näher ein. Als erste Frage tritt uns entgegen: Übt die Schneedecke überhaupt einen Einfluss auf die Temperatur der Luft aus? und wenn ja, in welcher Richtung liegt dieser Einfluss? Die Antworten, die man in dieser Hinsicht bekommt, lauten verschieden, ja stehen sich diametral gegenüber. Die einen glauben, es sei wärmer, wenn Schnee liege, die andern wissen, es sei kälter. Erstere Ansicht kann man mehr von den Bewohnern der Stadt zu hören bekommen, letztere Ansicht findet man mehr bei den Landleuten. Die letzteren haben, wie so manches Mal in ähnlichen Fragen, auch hier vollkommen Recht. Sämtliche Untersuchungen, die hierüber angestellt wurden, haben einen abkühlenden Einfluss der Schneedecke nachgewiesen. Einzig Wild glaubt in seiner Abhandlung „Über die Differenzen der Bodentemperaturen mit und ohne Vegetations- resp. Schneedecke“ der Schneedecke einen wesentlichen Einfluss auf die Lufttemperatur abzusprechen zu können und meint, wenn ein solcher bestehe,

so sei er eher ein erwärmender. Seine Ansicht wird jedoch durch die übrigen Beobachtungen nicht bestätigt. Auch die Beobachtungen in Buus lassen deutlich erkennen, dass bei vorhandener Schneelage die Temperatur der Luft erheblich tiefer steht, als wenn die Gegend völlig schneefrei ist. Um dies zu veranschaulichen dient Tabelle I.

Tabelle I.

**Luft-Temperatur in Pentaden-Mitteln in Wintern
mit und ohne Schneedecke.**

(Mittel aus den Jahren 1888—1900.)

Pentade	mit Schneedecke	ohne Schneedecke	Differenz
Dezbr. 1.—5.	—3.2	2.2	5.4
6.—10.	—4.0	2.0	6.0
11.—15.	—2.7	1.9	4.6
16.—20.	—3.0	0.9	3.9
21.—25.	—3.1	—0.2	2.9
26.—30.	—3.3	0.2	3.5
31.—4. Jan.	—7.7	2.3	10.0
Jan. 5.—9.	—7.0	0.8	7.8
10.—14.	—4.7	0.5	5.2
15.—19.	—5.3	4.5	9.8
20.—24.	—1.5	2.2	3.7
25.—29.	—2.2	3.7	5.9
30.—3. Febr.	—2.8	3.7	6.5
Febr. 4.—8.	—4.1	3.5	7.6
9.—13.	—4.4	7.3	11.7
14.—18.	—4.1	5.2	9.3
19.—23.	—3.5	4.0	7.5
24.—28.	—3.4	6.7	10.1

Kleinste Differenz: 2.9. Grösste Differenz: 11.7.

Mittlere Differenz: 5.1.

Es wurden hier aus den Jahrgängen 1888—1900 die Temperaturmittel der Luft für je fünf Tage berechnet und dabei diejenigen Pentaden zu Mittelwerten vereinigt, in welchen die Gegend vollständig schneefrei war, und

wieder diejenigen, bei welchen eine lückenlose Schneedecke vorhanden war. Es zeigt sich ein ganz augenfälliger Unterschied. Die Pentaden ohne Schneedecke weisen mit einer einzigen Ausnahme Temperaturen über 0° auf, die Pentaden mit Schneedecke ausnahmslos Temperaturen unter 0° . Die Differenz einer und derselben Pentade bei schneebedeckter und schneefreier Gegend schwankt zwischen 2.9° und 11.7° , während die mittlere Differenz sämtlicher Pentaden des Winters 5.1° beträgt. Es ergibt sich hieraus der Schluss: Eine Kälteperiode im Winter ist in Buus unter sonst gleichen Bedingungen um etwa 5 Grad kälter wenn Schnee liegt, als bei schneefreier Gegend. Auch eine Gruppierung der Temperaturen mit Rücksicht darauf, ob die Wetterlage vorherrschend cyclonal oder anticyklonal war, lässt diesen Unterschied bei schneefreier und schneebedeckter Gegend recht scharf hervortreten.

Tabelle II.

Luft-Temperatur bei cyclonaler und anticyklonaler Wetterlage in Wintern mit und ohne Schneedecke.*)

	Cyclone		Anticyclone	
	schneebedeckt	schneefrei	schneebedeckt	schneefrei
Dezember	—2.0	2.7	—2.2	1.9
Januar	—4.5	7.5	—3.3	2.1
Februar	—3.1	5.2	—6.3	2.8
Mittel	—3.6	5.2	—4.6	2.3

Bei cyclonaler Witterung beträgt demnach die Differenz 8.8° , bei anticyklonaler 6.9° . Dass die erstere Differenz grösser ist, rührt davon her, dass beim Auftreten einer Cyclone oder barometrischen Depression die Luft im Winter in Folge Zuströmens von ozeanischen Winden erwärmt wird. Bei vorhandener Schneelage wird aber

*) Es sind hier die Jahre 1892—1901 in Berechnung gezogen.

ein Teil der zugeführten Wärme durch die Schneeschmelze gebunden und darum die Luft relativ mehr abgekühlt, als dies beim Vorherrschen eines barometrischen Hochdruckgebietes mit kontinentalen Winden der Fall ist.

Dafür, dass bei Schneelage die Luft kälter ist, als bei schneefreier Gegend, lässt sich auch ein Beispiel aus jüngster Vergangenheit anführen. Der Anfang des Jahres 1901 brachte uns eine dünne Schneelage, die in Buus nicht einmal zu einer vollständigen Schneedecke ausreichte. Nach einer vom 9. bis 13. Jan. andauernden Periode, während welcher das Thermometer täglich über Mittag den Gefrierpunkt überschritt, folgte vom 14. bis 19. Jan. eine zweite Frostperiode, in welcher kein Schnee mehr lag. Das Temperaturmittel der Frostperiode mit Schnee vom 2. bis 8. Jan. betrug -7.1° , das der zweiten ohne Schnee vom 14. bis 19. nur -3.8° . Das niederste Tagesmittel wies in der ersten Periode der 6. mit -11.0° auf, in der zweiten betrug es nur -4.6° am 16. Das Temperaturminimum der ersten Periode wies am 6. -13.2° auf, das der zweiten -9.6° am 18. Die mit dem 29. Januar eingetretene Kälteperiode mit Schneedecke brachte noch weit beträchtlichere Kältegrade, indem das Temperaturminimum am 16. Febr. -18.2° betrug und am 21. nochmals auf -17.8° sank, und der schneereiche Februar in seinem Mittelwert um 5.3° zu kalt war. Überhaupt sehen wir, dass die tiefsten Minimaltemperaturen des Winters in der Regel in Perioden mit Schneebedeckung fallen. Seit 1888 machte einzig der Winter 1895/96 eine Ausnahme. Dieser brachte jedoch erst Ende Februar eine 5 Tage andauernde Schneedecke, während die Minimaltemperatur (-12.8°) schon am 12. Jan. erreicht wurde. Ferner zeigt sich's, dass die tiefsten bisher beobachteten Temperaturminima, nämlich -20.0° und -22.3° , den schneereichen Wintern 1890/91 und 1892/93 angehören, während der ebenfalls schneereiche Winter 1894/95 doch noch -18.6° als Minimum aufwies.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich nun nicht direkt eine quantitative Abkühlung der Luft durch den Schnee ableiten. Es geht eben hier beides Hand in Hand: die Luft ist kälter, wenn Schnee liegt und wenn die Luft kälter ist, fällt der Niederschlag als Schnee. Dass aber die Schneedecke immerhin eine beträchtliche Abkühlung auf die Luft ausübt, weil die erstere an ihrer Oberfläche in der Regel kälter ist, als die letztere, geht mit unverkennbarer Deutlichkeit aus der folgenden Tabelle III hervor, in welcher die Temperaturen der Luft und der Schneeoberfläche, sowie die Differenzen beider, in verschiedenen Perioden zusammengestellt sind.

Tabelle III.

Mittel-Werte für Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche, Differenz beider und Bewölkung.

		7 Uhr morgens				1 Uhr mittags			
		Luft	Schnee	Diffz.	Bew.	Luft	Schnee	Diffz.	Bew.
1893	Dez. 5.—11. = 7 Tage	— 3.5	— 4.3	0.8	7.7	—0.4	—1.8	1.2	7.6
1894	Jan. 2.—8. = 7 «	—10.6	—12.0	1.4	3.4	—6.2	—7.6	1.4	4.9
	« 24.—1. Feb. = 9 «	— 1.4	— 2.3	0.9	8.0	2.4	—0.1	2.5	7.1
	Feb. 15.—25. = 11 «	— 5.3	— 7.2	1.9	3.7	1.2	—2.2	3.4	4.2
	Dez. 28.—31. = 4 «	— 1.7	— 1.9	0.2	10.0	0.3	—1.0	1.3	7.5
1895	Jan. 1.—31. = 31 «	— 5.5	— 6.7	1.2	8.6	—2.4	—4.5	2.1	6.7
	Feb. 1.—28. = 28 »	— 9.0	—11.3	2.3	6.8	—3.4	—5.1	1.7	4.8
	März 1.—19. = 19 «	— 2.5	— 5.0	2.5	5.5	3.3	—0.2	3.5	5.5
1896	Feb. 24.—28. = 5 «	— 5.0	— 6.1	1.1	8.0	—1.6	—2.4	0.8	8.0
Mittel 121 Tage		— 5.5	— 7.2	1.7	6.9	—1.0	—3.3	2.3	4.8
		9 Uhr abends				Mittel			
		Luft	Schnee	Diffz.	Bew.	Luft	Schnee	Diffz.	Bew.
1893	Dez. 5.—11. = 7 Tage	—2.1	— 3.6	1.5	7.1	—2.0	—3.3	1.3	7.5
1894	Jan. 2.— 8. = 7 «	—8.9	— 9.9	1.0	4.9	—8.7	—9.9	1.2	4.4
	« 24.—1. Feb. = 9 «	0.0	— 1.7	1.7	7.0	0.3	—1.5	1.8	7.4
	Feb. 15.—25. = 11 «	3.1	— 0.8	3.9	3.2	0.5	—2.8	3.3	3.7
	Dez. 28.—31. = 4 «	—2.6	— 4.6	2.0	5.0	—1.7	—3.0	1.3	7.5
1895	Jan. 1.—31. = 31 «	—5.0	— 7.3	2.3	7.0	—4.5	—6.5	2.0	7.4
	Feb. 1.—28. = 28 «	—7.7	—10.6	2.9	4.9	—7.0	—9.4	2.4	5.5
	März 1.—19. = 19 «	—1.5	— 4.5	3.0	5.5	—0.7	—3.6	2.9	5.5
1896	Feb. 24.—28. = 5 «	—3.5	— 4.0	0.5	10.0	—3.4	—4.1	0.7	8.7
Mittel 121 Tage		—3.8	— 6.4	2.6	5.9	—3.5	—5.8	2.3	5.9

Es ist hieraus ersichtlich, dass die Temperatur der Schneeoberfläche im Mittel um 2.3° kälter ist, als die der Luft und dass erstere einen Mittelwert von -5.8° aufweist. Dieser Mittelwert ist aber nicht an allen Orten

derselbe und auch an einem und demselben Ort ist er in verschiedenen Wintern verschieden. In Davos z. B. betrug die Temperatur der Schneeoberfläche im Mittel -9.6° und die Differenz gegenüber der Lufttemperatur 3.9° ; beide Werte sind demnach grösser, als die in Buus, während in Tarnopol die mittlere Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche nur etwa $\frac{2}{3}^{\circ}$ beträgt, somit geringer ist, als in Buus. In den einzelnen Jahrgängen schwankt aber diese Differenz in Tarnopol von 0.65° im Winter 1896/97 bis zu -0.14° im Winter 1895/96, in welchem letzterem also die Schneeoberfläche ausnahmsweise wärmer war, als die Luft. Die einzelnen Beobachtungen selbst zeigen nun natürlich sehr abweichende Differenzen zwischen Luft und Schneeoberfläche. In Buus betrug die grösste Differenz 7.6° , in Davos sogar fast bis 14° , während andererseits wiederholt Fälle vorkamen, wo die Temperatur der Schneedecke höher stand, als die der Luft. Das nötigt uns, die Frage zu untersuchen: durch welche Ursachen wird die tiefere Temperatur der Schneedecke gegenüber der Luft bedingt?

Schon Tabelle III zeigt uns, dass ein gewisser Zusammenhang besteht zwischen Bewölkung und der Temperaturdifferenz von Luft und Schneeoberfläche. Diese Differenz ist am grössten bei den Beobachtungen um 1 Uhr mittags. Zugleich sehen wir hier die geringste Bewölkung, nämlich 4.8^*). Der geringsten Differenz bei den Beobachtungen um 7 Uhr morgens steht das grössere Bewölkungsmittel 6.9 gegenüber. Das legt uns den Schluss nahe: Bei zunehmender Bewölkung

*) Immerhin ist zu beachten, dass die Temperaturdifferenz um Mittag auch deshalb grösser sein muss, weil des höheren Sonnenstandes wegen die Einstrahlung am grössten ist. Dadurch wird die Luft am meisten erwärmt, während die Schneedecke davon weniger profitiert, da sie stark reflektiert, was wiederum der Lufttemperatur zu Gute kommt.

nimmt die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schneeoberfläche ab, während sie zunimmt, je geringer die Bewölkung wird. Das finden wir vollauf bestätigt, wenn wir die entsprechenden Mittelwerte nach dem verschiedenen Bewölkungsgrade des Himmels gruppieren.

Tabelle IV.

Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche bei verschiedener Bewölkung (Mittel-Werte).

Bewölkung	7 Uhr morgens				1 Uhr mittags			
	Zahl der Beobachtg.	Temperatur		Diffz.	Zahl der Beobachtg.	Temperatur		Diffz.
	d. Luft	d. Schnees			d. Luft	d. Schnees		
0	15	-8.8	-12.4	3.6	21	-2.2	-6.8	4.6
1—4	21	-7.4	-10.1	2.7	22	-1.6	-5.7	4.1
5—8	7	-5.9	- 8.9	3.0	17	-1.5	-2.7	1.2
9—10	47	-5.3	- 6.1	0.8	30	-1.6	-1.9	0.3
bei Schneefall	19	-5.6	- 6.2	0.6	19	-3.1	-2.6	-0.5
bei Regen	2	2.3	0.1	2.2	3	-4.2	0.4	3.8

Bewölkung	9 Uhr abends				Mittel			
	Zahl der Beobachtg.	Temperatur		Diffz.	Zahl der Beobachtg.	Temperatur		Diffz.
	d. Luft	d. Schnees			d. Luft	d. Schnees		
0	32	-7.0	-11.2	4.2	68	-6.3	-10.4	4.1
1—4	13	-7.7	-10.6	2.9	56	-6.1	- 9.3	3.2
5—8	8	-4.7	- 6.5	1.8	32	-4.2	- 6.2	2.0
9—10	41	-3.6	- 4.9	1.3	118	-3.5	- 4.5	1.0
bei Schneefall	11	-4.3	- 4.7	0.4	49	-4.3	- 4.6	0.3
bei Regen	6	1.9	0.1	1.8	11	2.6	0.2	2.4

Es zeigt sich hier deutlich, dass bei zunehmender Bewölkung zunächst die Lufttemperatur steigt. Sie ist am geringsten bei Bewölkung 0, d. h. bei wolkenlosem Himmel. Bei leicht bewölktem Himmel (1—4) ist sie nur wenig höher, bei bewölktem Himmel (5—8) nimmt sie im Mittel um 2.4° zu, und nochmals um 0.7° bei fast oder völlig bedecktem Himmel (9 und 10). Ähnlich sehen wir auch die Temperatur der Schneeoberfläche anwachsen, aber in ungleich stärkerem Masse, so dass die Differenz bei den verschiedenen Bewölkungsgraden nicht gleich ist, sondern sich verringert mit zunehmender Bewölkung ;

bei Bewölkung 0 beträgt die Differenz 4.1° , bei Bewölkung 9 und 10 weist sie nur noch 1.0° auf, ist also etwa viermal geringer. Bei klarem Himmel ist demnach die Temperatur der Schneeoberfläche bedeutend geringer, als die der Luft. Dies muss uns darauf führen, dass die Temperatur der Schneeoberfläche im Zusammenhang steht mit der Ausstrahlung. Denn auch diese ist um so grösser, je geringer die Bewölkung ist. Und für eine grosse Ausstrahlung bietet nun eine Schneedecke überaus günstige Bedingungen. Die Grösse der Ausstrahlung hängt nämlich einmal ab von der Grösse der ausstrahlenden Oberfläche. Eine schneebedeckte Gegend bietet aber thatsächlich eine grössere Oberfläche dar, als eine schneefreie. Es mag scheinen, als müsste das Gegenteil der Fall sein. Ebnet doch der Schnee so manche Unebenheiten aus und eine Schneelandschaft lässt manche unter dem Schnee verborgen liegende Erhöhung oder Vertiefung nicht mehr erkennen. Betrachten wir hingegen die Schneeoberfläche genauer, so bemerken wir, dass sie keineswegs so glatt ist, wie es auf den ersten Blick scheint, dass sie vielmehr eine grosse Rauheit besitzt; die einzelnen Schneeflocken bilden auf der Oberfläche der Schneedecke eine unendliche Anzahl von Spitzen. Die eigentliche Oberfläche einer Schneedecke ist darum bedeutend grösser, als das von ihr bedeckte Land, und darum auch ihr Ausstrahlungsvermögen schon aus diesem Grunde ein grösseres. Hiebei wirkt noch der Umstand mit, dass die Luft im Winter ärmer an Wasserdampf ist, als im Sommer und somit auch diathermaner, die Ausstrahlung begünstigender ist. Wir müssen aber noch ein zweites in Betracht ziehen, nämlich die weisse Farbe der Schneedecke. Diese bewirkt, dass der Ausstrahlung eine kaum nennenswerte Einstrahlung gegenübersteht. Vielmehr werden die einfallenden Wärmestrahlen grossenteils reflektiert. Brückner glaubt, das Reflexionsvermögen des frisch gefallenen Schnees minde-

stens zehnmal so gross annehmen zu müssen, als dasjenige des Erdbodens. Die Schneedecke wird demnach von den erwärmenden Sonnenstrahlen nur wenig beeinflusst, besitzt aber ein sehr grosses Wärmeausstrahlungsvermögen, d. h. eine Fähigkeit, sich stark abzukühlen.

Wir müssen bei dem Verhältnis zwischen Bewölkung und Temperatur der Schneedecke noch etwas länger verweilen, indem wir die hiebei in Betracht kommenden atmosphärischen Vorgänge einer Prüfung unterziehen. Der wolkenlose oder doch meist heitere Himmel ist eine charakteristische Begleiterscheinung der Witterung, wie sie im Gebiete hohen Luftdrucks oder einer sog. Anticyklone herrscht. Wir dürfen denn auch schliessen, heiterer Himmel weise darauf hin, dass über unsern Gegenden ein barometrisches Maximum, ein Gebiet hohen Luftdruckes herrsche. In den Anticyklonen finden wir nun einen absteigenden Luftstrom, der, wiewohl er aus sehr hohen und empfindlich kalten Regionen kommt, doch mit einer bedeutend höheren Temperatur uns erreicht. Es rührt dies davon her, dass mit dem Herabsinken die Luft allmählich unter grösseren Druck kommt; dadurch wird aber auch die Temperatur erhöht und zwar beträgt diese Temperaturzunahme rund 1° pro 100 m Fall. Diesem absteigenden Luftstrom schreibt Brückner es zu, dass in Davos die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche so gross ist. Sie beträgt im Mittel bei heiterem Himmel 6.9° , also 2.8° mehr, als in Buus. Brückner nimmt an, schon in der geringen Höhe von 3 m (so hoch befindet sich in Davos das Thermometer für Messung der Lufttemperatur über dem Erdboden) mache sich der Einfluss des absteigenden Luftstromes geltend und paralysiere so den abkühlenden Einfluss der Schneedecke. Diese Ansicht wird durch die Beobachtungen in Buus bestätigt. Da hier das Thermometer für Bestimmung der Lufttemperatur nur halb so hoch über dem Erdboden sich befindet, als

in Davos, so muss der Einfluss des absteigenden Luftstromes geringer sein, als der abkühlende Einfluss der Schneedecke und das muss sich notwendigerweise äussern in geringerer Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche.*) Eine weitere Bestätigung für Brückners Ansicht erhalten wir, wenn wir die 68 Beobachtungsfälle mit der Bewölkung 0 darnach unterscheiden, ob sie in das Gebiet einer Cyklone oder Anticyklone fallen. Das erstere ist nur bei 5 Beobachtungen der Fall, 63 gehören der anticyklonalen Wetterlage an. Die ersteren zeigen für die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche einen Mittelwert von 2.8° ; die letzteren einen solchen von 4.3° . Bei anticyklonaler Wetterlage ist also, wie man auf Grund der genannten Ansicht Brückners erwarten muss, die Differenz eine grössere.

In Verbindung hiemit lässt sich auch die in strengen Wintern häufig beobachtete Temperaturumkehr erklären, die sich darin zeigt, dass höhere Lagen eine höhere Temperatur zeigen, als tiefere Lagen. Beispiele hierfür gibt es viele; ich führe nur eines an. Im Winter 1892/93 betrug die kälteste Temperatur (nach Terminbeobachtungen) in Langenbruck (718 m Meereshöhe) -21.0° , in Buus (455 m Meereshöhe) -21.6° , in Basel (278 m Meereshöhe) -23.2° . Die höheren Lagen lassen noch deutlich den erwärmenden Einfluss des absteigenden Luftstromes erkennen, in den tieferen Lagen hingegen verschwindet er ganz. Dort herrscht in Folge der allein zur Geltung kommenden Ausstrahlung der Schneedecke eine eisige Kälte. Immerhin ist zu beachten, dass in der Tiefe die grösste Kälte erst später auftritt, als in den höher gelegenen Orten. So hatten in dem oben angeführten Beispiele Langenbruck und Buus ihre grösste

*) Man ersieht hieraus, dass es durchaus nicht belanglos ist, in welcher Höhe über dem Erdboden die Temperatur der Luft gemessen wird.

Kälte am 16. Januar, am Tag nach einem starken Schneefall, Basel hingegen erst drei Tage später, am 19. Januar, an welchem Tage in Buus das Thermometer um 7 Uhr morgens nur -20.1° zeigte.

Im Zusammenhange mit dem Einfluss der Schneedecke auf die Lufttemperatur bei verschiedener Bewölkung erübrigt es uns noch, die Fälle ins Auge zu fassen, wo Niederschläge stattfanden. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen finden wir ebenfalls in Tabelle IV zusammengestellt und zwar für Regen und Schneefall besonders. Bei Regen zeigt sich, in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Polis in Aachen, die Luft stets wärmer, als der Schnee und die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche ist darum stets positiv. Sie beträgt im Mittel 2.4° . Der Grund dieser Erscheinungen ist unschwer anzugeben. Der Regen ist wärmer als der Schnee und erwärmt demnach die Luft mehr als den Schnee. Dieser letztere kann sich nicht über 0° erwärmen,*) vielmehr wird alle ihm durch den Regen zugeführte Wärme in Folge der Schneeschmelze gebunden. Freilich wird dadurch der Luft selbst auch wiederum Wärme entzogen, weshalb bei vorhandener Schneelage eine Tauperiode nie so intensiv wirkt, als wenn kein Schnee liegt. Bei Schneefall finden wir bei den Morgen- und Abendbeobachtungen die kleinen Differenzen von 0.6 und 0.4° , bei den Mittagbeobachtungen eine negative Differenz von 0.5° , d. h. die Luft ist hier kälter, als der Schnee. Diese Ergebnisse decken sich nicht mit denjenigen in Davos und Aachen. Davos hat im Mittel morgens, mittags und abends negative Differenzen, d. h.

*) Wenn die Tabelle IV hier für den Schnee Temperaturen mit mehr als 0° angibt, so zeigt dies, dass die an der Oberfläche des Schnees gemessenen Temperaturen eher alle etwas zu hoch sind, herrührend davon, dass sich im Allgemeinen ein leichtes Einsinken des Quecksilbergefässes und speziell bei Regen ein Nasswerden des Thermometers nicht vermeiden lässt.

eine höhere Temperatur der Schneedecke, als der Luft, Aachen nur für die Morgenbeobachtungen. Allerdings sind an beiden Orten die Differenzen gering und machen nur einige Zehntelgrade aus. Aber der allgemeine Satz, der für Davos aufgestellt werden konnte, dass der fallende Schnee meist eine höhere Temperatur besitzt, als die Luft in der Tiefe, in die er hineinfällt, trifft in Buus nicht unbedingt zu. Dasselbe gilt von dem Satz, dass nur, wenn es schneit, die Schneeoberfläche wärmer ist, als die Luft. Im Ganzen kam es 48 Mal vor, dass der Schnee wärmer war, als die Luft. Davon gehören 21 Fälle denen an, wo es zur Zeit der Beobachtung selbst schneite, 27 fallen nicht in diese Rubrik. Von diesen 27 Beobachtungen wiederum zeigen nur 13, also nicht ganz die Hälfte, vorausgegangenen Schneefall. Wir müssen also für Buus sagen: Die Schneeoberfläche kann mitunter wärmer sein, als die Luft. Es kann dies eintreten bei Schneefall, aber es muss nicht der Fall sein. Denn von den 49 Beobachtungen mit Schneefall (nach Tabelle IV) sind nur 21, also wiederum weniger als die Hälfte, solche, dass sie für die Oberfläche des Schnees eine höhere Temperatur aufweisen, als für die Luft. Es fragt sich nun: In welchen Fällen ist der Schnee an seiner Oberfläche wärmer, als die Luft? Eine definitive Antwort lässt sich aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial nicht geben. Es trifft meistens bei bedecktem Himmel zu, doch auch mitunter bei hellem; es trifft vor allem bei Windstille zu, aber auch bei Winden mit der Intensität 1 und 2. Wir müssen es darum auch dahingestellt sein lassen, ob für Buus zutrifft, was Brückner als Erklärung der Thatsache aufstellt, dass die Luft, wenn es schneit, in Davos kälter ist, als die Schneedecke an ihrer Oberfläche. Brückner erklärt dies damit, dass die kalte Luft im Davoserthale stagniere, während die wärmeren, schneebringenden Winde darüber hinweg brausen. Polis in Aachen hält es für unmöglich, die höhere Temperatur

der Schneeoberfläche gegenüber der Luft auf ein Stagnieren der kalten Luft zurückführen zu können, da auch in Aachen, wie in Buus, eine negative Differenz zwischen Luft- und Schneetemperatur bei jeder Luftdruckverteilung und bei den verschiedensten Winden vorkommt. Polis glaubt vielmehr den Grund für diese Erscheinung darin finden zu müssen, dass die untersten Luftschichten grosse Luftfeuchtigkeit besitzen, was hemmend auf die Ausstrahlung einwirkt. Dazu kommt noch, dass infolge von Kondensation die frei werdende latente Wärme mit zur Erhöhung der Schneetemperatur beitragen kann. Mir scheint die letztere Ansicht die wahrscheinlichere zu sein, aber an Hand der Beobachtungen in Buus lässt sich eine Entscheidung nicht treffen. Für die Ansicht von Polis spricht jedenfalls der Umstand, dass die beiden Male, wo zur Beobachtungszeit Nebel herrschte, somit auch grosse Luftfeuchtigkeit mit Kondensation vorlag, die Temperatur des Schnees höher war, als die der Luft.

Ob und in wie weit der Einfluss der Schneedecke auf die Lufttemperatur durch die herrschenden Winde modifiziert wird, zeigt uns Tabelle V, in welcher die Differenzen zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche gruppiert sind nach blosser Windrichtung und Windstärke sowohl, als auch für beides miteinander.

Tabelle V.

Differenz der Temperatur der Luft und Schneeoberfläche bei verschiedenen Winden (Mittel-Werte.)

a. Blosser Windrichtung.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Zahl der Beobachtungen:	9	11	100	17	21	22	18	47
Mittel der Differenzen:	2.3	2.3	2.8	3.0	2.2	1.6	1.4	1.2

b. Blosser Windstärke.

	0	1	2
Zahl der Beobachtungen:	116	167	78
Mittel der Differenzen:	2.0	2.1	2.3

c. *Wind-Richtung und -Stärke.*

	N ₁	N ₂	NE ₁	NE ₂	E ₁	E ₂	SE ₁	SE ₂
Zahl der Beobachtungen:	9	—	10	1	61	39	13	4
Mittel der Differenzen:	2.3	—	2.2	1.0	2.9	2.5	2.9	3.7
	S ₁	S ₂	SW ₁	SW ₂	W ₁	W ₂	NW ₁	NW ₂
Zahl der Beobachtungen:	14	7	13	9	9	9	38	9
Mittel der Differenzen:	2.2	2.2	0.9	2.2	1.0	1.8	1.2	1.0

d. *Windrichtung bei Schneefall.*

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Wind- stillen
Zahl d. Beobacht.:	1	—	6	1	2	4	2	11	22
Mittel d. Diff.:	—0.8	—	—0.2	—0.8	1.6	0.5	—0.6	—0.2	0.3

Zunächst tritt uns hier die bekannte Thatsache recht deutlich entgegen, dass die Häufigkeit der Windrichtung im Zusammenhang steht mit der Bodengestaltung der Gegend. In einem Thale sind diejenigen Winde am häufigsten, die thalaufwärts oder thalabwärts streichen. Buus liegt in einem Kessel, rings umgeben von 2—300 m hohen Hügeln. Diese bieten aber einen Durchlass nach NW und einen doppelten nach E. So kommt es, dass die grösste Häufigkeit sich bei den östlichen Winden vorfindet (100 Beobachtungsfälle), die zweitgrösste bei nordwestlichen Winden (47 Fälle). Die grösste Differenz jedoch zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche weisen, falls wir blos die Windrichtung in Betracht ziehen, die südöstlichen Winde auf, während von da nach beiden Seiten der Windrose die Differenz abnimmt und am geringsten bei der entgegengesetzten Windrichtung, bei nordwestlichen Winden ist. Es hängt dies aufs engste mit der Lage der Thermometer zusammen. Diese befinden sich im Pfarrgarten, der, eingekleilt zwischen dem Pfarrhause und einem etwa 10 m entfernten Nachbarhause, am Fusse des nach SE gelegenen Hügels mit der Kirche liegt. Von SE her herrscht demnach immer frische Luftzufuhr und es zeigt sich auch nach Tabelle V c, dass bei stärkeren südöstlichen Winden

sich die Differenz noch mehr steigert. Den nordwestlichen Winden ist der Einfluss weniger ermöglicht, da in dieser Richtung in 25 bis 30 m Entfernung ein Scheune steht. Es zeigt sich denn auch, dass bei nordwestlichen Winden die grössere Stärke keine grössere Differenz zur Folge hat, sondern im Gegenteil eine geringere, was freilich bei dem geringen Verhältnis der Beobachtungsfälle für stärkere nordwestliche Winde gegenüber den für schwächere Winde aus dieser Himmelsgegend (9:38) nicht allzu stark urgiert werden darf. Aber doch können wir den allgemeinen Schluss daraus ziehen: Die Winde, die den besten Zugang finden, vergrössern die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche und diese Differenz nimmt mit zunehmender Windstärke ebenfalls zu. Übrigens sind auch nach den Beobachtungen in Aachen die Differenzen gerade bei südöstlichen und südlichen Winden am grössten. Inwiefern hier lokale Verhältnisse mitwirken, vermag ich nicht zu bestimmen, da mir diese selbst unbekannt sind. Dass südöstliche und südliche Winde eine grössere Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche herbeiführen, als die mehr aus nördlicher Richtung kommenden, liegt übrigens auch darin begründet, dass die ersteren meistens den Anticyklonen angehören, dass sie also auch in Folge Herabsinkens der Luft Erwärmung bringen und diese sich den etwas höher gelegenen Luftschichten besser mitteilen kann, als der Schneedecke, wo die Luftbewegung durch Reibung vermindert wird. Das erklärt denn auch, warum bei stärkeren Winden aus dieser Richtung der Gegensatz sich noch verschärft. Die nördlichen Winde, die ohnehin selbst schon kühler sind, bringen Abkühlung der Luft und vermindern so den Gegensatz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche. Auch kann bei unruhigerer Atmosphäre die Schneedecke weniger abkühlend auf die Luft einwirken, besonders wenn, wie

dies häufig der Fall ist, mit den nördlichen Winden sich trüber Himmel verbindet. Die grössere Windstärke macht im Ganzen ihren Einfluss nur unwesentlich geltend. Die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche ist nach Tabelle V b bei windstiller Witterung (Windstärke 0) nur um weniges geringer, als bei stärkerer Luftströmung. Man sollte freilich das Gegenteil erwarten, dass nämlich bei Windstille die Differenz am grössten sei, bei bewegter Luft hingegen abnehme, da diese, wie die grössere Bewölkung die Abkühlung der Schneeoberfläche hindert. Es haben denn auch thatsächlich die Beobachtungen in Davos, Aachen und Tarnopol zu einem solchen Ergebnis geführt. Aachen hat bei schwachen Winden 1.8° , bei stärkeren 1.5° Differenz. Noch deutlicher ist dies in Tarnopol ausgeprägt, wo die Differenz bei Windstille 5.4° beträgt, bei mittelstarken $2,3^{\circ}$, bei starken Winden nur 1.7° . Es ist auffällig, dass die Beobachtungen in Buus das entgegengesetzte Resultat ergeben und so ein Widerspruch beruht zwischen Theorie und Wirklichkeit. Dass hier andere Gesetze massgebend wären, lässt sich nicht annehmen, und so bleibt nur die Annahme übrig, dass hier irgend welche nicht näher bekannte lokale Einflüsse vorliegen, die bei fortgesetzten Beobachtungen entweder verschwinden, oder sich so deutlich erkennen lassen, dass sie ausgeschieden werden können.

Der Einfluss der Winde auf die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche lässt sich auch noch von anderer Seite her erwägen. Wir können in Tabelle V c die Winde in zwei Gruppen zerlegen, in kalte und warme. Erstere würden die nordwestlichen bis östlichen Winde, letztere die südöstlichen bis westlichen Winde umfassen. Die ersteren zeigen deutlich bei zunehmender Stärke eine geringere Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche, die letzteren eine grössere. Wir gelangen demnach zu dem

Schlusse: Die kalten, mehr continentalen Winde vermindern mit zunehmender Stärke die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schneeoberfläche, die wärmeren, mehr ozeanischen Winde erhöhen dieselbe mit zunehmender Stärke. Erklären lässt sich diese Thatsache so, dass die kalten Winde bei stärkerer Intensität in erhöhtem Masse das Bestreben zeigen, ihre Temperatur der Schneedecke mitzuteilen, was eine Verminderung der Temperaturdifferenz zur Folge haben muss, während die wärmeren Winde wohl die Luft erheblich erwärmen können, die Temperatur der Schneeoberfläche aber nicht über 0° zu bringen vermögen, so dass bei stärkerer Intensität dieser Winde auch der Gegensatz der Temperaturen sich verschärft.

Charakteristisch ist, wie bei Schneefall der Einfluss der Winde zur Geltung kommt. Tabelle V d zeigt, dass im Durchschnitt bei Süd- und Südwestwinden das Gewöhnliche der Fall ist, nämlich, dass die Schneeoberfläche kälter ist, als die Luft, bei allen andern Winden ist hingegen der Schnee wärmer, als die Luft. Eine Erklärung hiefür lässt sich darin finden, dass sowohl die wärmeren (aus Süd und Südwest), als auch die kälteren Winde, vor allem diejenigen aus Norden und Südosten, ihre Temperatur leichter der Luft mitzuteilen vermögen, als dem Schnee und so zur Verschärfung des Gegensatzes zwischen den Temperaturen beider beitragen.

Zu erledigen bleibt nun noch die Frage: Wie gestaltet sich die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche bei den verschiedenen Temperaturverhältnissen. Das wird aus Tabelle VI ersichtlich.

Tabelle VI.

**Differenz zwischen Temperatur der Luft und der
Schneeoberfläche (Mittel-Werte).**

a. Bei verschiedener Lufttemperatur.

Lufttemperatur:	über 5 ⁰	4.9 ⁰ bis 0.1 ⁰	0.0 ⁰ bis —4.9 ⁰	—5.0 ⁰ bis —9.9 ⁰	—10.0 ⁰ bis —14.9 ⁰	—15.0 ⁰ u. weniger
Zahl d. Beobachtg.:	11	66	116	103	32	11
Mittel d. Differenz:	5.6	2.5	1.4	2.1	1.7	1.8

b. Bei verschiedener Temperatur der Schneeoberfläche.

Temperatur der Schneeoberfläche	über 0 ⁰	0 ⁰ bis —4.9 ⁰	—5.0 ⁰ bis —9.9 ⁰	—10.0 ⁰ bis —14.9 ⁰	—15.0 ⁰ bis —19.9 ⁰	—20.0 ⁰ u. weniger
Zahl d. Beobachtg.:	34	125	94	57	26	2
Mittel d. Differenz:	3.0	1.0	2.2	3.0	3.4	3.6

Von je fünf zu fünf Graden sind hier die mittleren Differenzen berechnet, zunächst bei verschiedener Lufttemperatur. Eine bestimmte Regelmässigkeit lässt sich hierbei (Tabelle VIa) nicht erkennen und die Beobachtungen, die Polis in Aachen in dieser Hinsicht zusammengestellt hat, finden in Buus nicht ihre Bestätigung. In Aachen zeigen sich die Differenzen am geringsten zwischen 0 und —10⁰ Lufttemperatur, und nehmen zu bei Temperaturen über 0⁰, sowie bei sehr tiefen Temperaturen. In Bezug auf diese beiden zuletzt angeführten Punkte stimmen die Beobachtungen in Buus überein. Wir finden zwischen 0 und —4.9⁰ eine Differenz von 1.4⁰, zwischen 0.1⁰ und 4.9⁰ über Null eine solche von 2.5⁰ und bei noch höheren Temperaturen 5.6⁰. Ebenso zeigt sich bei Temperaturen unter —10⁰ eine Differenz von 1.7⁰, bei Temperaturen unter —15⁰ die etwas grössere Differenz von 1.8⁰. Der Unterschied ist nur der, dass bei Temperaturen zwischen —5.0 und —9.9⁰ die noch grössere Differenz von 2.1⁰ sich findet, während diese bei übereinstimmenden Beobachtungen in Aachen und Buus zwischen 1.4 und 1.7⁰ liegen sollte. Da die Zahl der Beobachtungsfälle (103) hier ziemlich gross ist, so lässt sich schwerlich annehmen, dass durch vermehrte Beobachtungen dies Ergebnis

wesentlich abgeändert würde. Es bleibt darum nichts anderes übrig, als diesen Unterschied zu konstatieren, der allerdings um so weniger zu bedeuten hat, da doch wenigstens in Bezug auf die extremen Temperaturen Uebereinstimmung herrscht. Dass bei Temperaturen über 0° und bei sehr grossen Kältegraden die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche sich steigern muss, ist übrigens leicht ersichtlich. Die Temperatur der Schneeoberfläche sollte nie mehr als 0° betragen, da dies die Temperatur des schmelzenden Schnees ist. Folglich muss, je höher die Lufttemperatur steigt, desto grösser auch die Differenz werden, ja diese Differenz sollte eigentlich dem Betrag der Lufttemperatur über 0° gleichkommen. Wir ersehen aus Tabelle VIa eine gute Übereinstimmung hiemit. Bei Temperaturen über 5° beträgt auch die Differenz mehr als 5° , bei Temperaturen zwischen 0.1° und 4.9° kommt die mittlere Differenz dem arithmetischen Mittel dieser beiden Temperaturen gleich. Bei extrem tiefen Lufttemperaturen erklärt sich die grössere Differenz leicht daraus, dass die tieferen Temperaturen meistens bei hellem Himmel vorkommen, was, wie wir bereits ausgeführt haben, eine Verschärfung der Differenz zur Folge haben muss.

Eine sehr schöne Gleichmässigkeit zeigt sich aber, wenn wir die Temperaturen der Schneeoberfläche zu Grunde legen und hier Gruppen bilden von je fünf zu fünf Grad, wie dies in Tabelle VI b geschehen ist. Hier zeigt sich mit einer Regelmässigkeit, die nichts zu wünschen übrig lässt, wie mit zunehmender Kälte der Schneeoberfläche auch die Differenz zwischen Temperatur der Luft und der Schneeoberfläche zunimmt. Wir können demnach den Satz aufstellen: Mit zunehmender Kälte der Schneeoberfläche nimmt auch die Kälte der Luft zu. Diese folgt aber nicht in gleichem Masse, sondern in weniger raschem Verhältnisse. Am grössten ist die Zunahme der Differenz

zwischen -5 und -10° ; sie beträgt hier 1.2° , zwischen -10 und -15° noch 0.8° , zwischen -15 und -20° nur noch 0.4° und schliesslich noch 0.2° . Ich erkläre dies mir so, dass je kälter Luft und Schneeoberfläche werden, desto weniger Wasserdampf sich in der Luft vorfindet. Dadurch wird aber einerseits eine grössere Ausstrahlung der Schneedecke ermöglicht, andererseits muss aber auch der Einfluss auf die Lufttemperatur geringer werden, da eine Verminderung der Wärmeleitung bei Abwesenheit von Wasserdampf eintritt. Eine besondere Beachtung verdienen noch die Temperaturen an der Schneeoberfläche über 0° . Es sollte dies, wie schon erwähnt, nicht vorkommen. Dass es aber doch in der verhältnismässig hohen Zahl von 34 Fällen vorgekommen ist, hat in Verschiedenem seinen Grund: Einmal lässt sich nicht jeglicher Einfluss der Lufttemperatur abhalten, da diese durch das Glas der Thermometerkugel geleitet wird. Zum andern fallen manche dieser Beobachtungen in Zeiten, wo es regnete, so dass wegen des vom Regen benetzten Quecksilbergefässes das Thermometer eigentlich nicht sowohl die Temperatur der Schneeoberfläche, als vielmehr die des fallenden Regens angab. Dass immerhin dabei die Differenz gegenüber der Lufttemperatur ziemlich gross sein musste, liegt auf der Hand; denn die genannten Temperaturen setzen Tauwetter voraus, also Temperaturen der Luft über 0° , die sich zu einer beliebigen Anzahl von Graden über den Nullpunkt steigern konnte, ohne dass die Temperatur der Schneeoberfläche zu folgen im Stande gewesen wäre.

* * *

Wir haben im Bisherigen den Einfluss der Schneedecke auf die Lufttemperatur ins Auge gefasst. Der Schnee hat aber auch einen Einfluss auf die Temperatur des Bodens, den er bedeckt. Er schützt denselben vor Eindringen des Frostes. Dem Landmann ist dieser Schnee-

schutz aus Erfahrung gar wohl bekannt. Er fürchtet beim strengsten Frost keinen Nachteil für seine Saaten, wenn diese mit einer Lage Schnee bedeckt sind. Dass der Schnee eine solche Wirkung auszuüben vermag, liegt darin begründet, dass er stark mit Luft vermischt ist und darum ein schlechter Wärmeleiter ist.*) Je leichter der Schnee aufeinanderliegt, desto weniger gut kann die Kälte eindringen. Derselbe frisch gefallene Schnee, der die grösste Fähigkeit besitzt, sich durch Ausstrahlung stark abzukühlen, bietet auch die grösste Möglichkeit eines Schutzes vor Kälte für den darunterliegenden Boden, während dieser Schneeschutz um so geringer wird, je mehr die Schneedecke unter ihrem eigenen Druck zusammensinkt und je mehr sie durch Auftauen und Wiedergefrieren firnartig und somit ihres Luftgehaltes beraubt wird. Wie weit reicht nun aber dieser vor Kälte schützende Einfluss des Schnees? Von welchen Bedingungen ist er abhängig? Ich bin, um diese Fragen beantworten zu können, lediglich auf meine Beobachtungen in Buus angewiesen. In Aachen und Tarnopol wurde zwar auch das Eindringen der Kälte in den Schnee untersucht und zwar wurde sowohl die Schneedichte gemessen, als auch in verschiedener Tiefe der Schneedecke die Temperatur des Schnees. In der Art hingegen, wie ich diese Beobachtungen vornahm, dass die Temperatur an der untern Fläche des Schnees, also unmittelbar an der Erdoberfläche gemessen wurde, habe ich unter dem mir zugänglichen Material nichts gefunden.

Die ersten meiner Beobachtungen in dieser Hinsicht stammen aus dem Winter 1892/93; sie erstreckten sich nur auf die Temperatur minima unter der Schneedecke und in freier Luft.***) Die Ergebnisse lassen sich in folgender Tabelle zusammenstellen:

*) Er leitet nach Wild die Wärme 10 mal weniger gut, als Sandboden.

**) Ausführlicher Bericht hierüber findet sich in den Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. Basel Band X, Heft 2, S. 312 ff.

Tabelle VII.

**Temperaturminima der Luft und unter der Schneedecke
im Winter 1892/93.**

Beobachtungsperiode	unter d. Schnee	in freier Luft	Diffz.	Schneetiefe
1892 Dez. 4.—9.	— 1.0	—10.2 am 9.	9.2	7—10 cm
10.—11.	— 0.9	—10.0 „ 11.	9.1	4 „
1893 Jan. 1.—5.	—11.0	—17.3 „ 2.	6.3	2 „
10.—14.	—10.7	—16.8 „ 13.	6.1	2 ¹ / ₂ „
14.—20.	— 4.0	—22.3 „ 16.	18.3	31 „
20.—28.	— 3.7	—11.0 „ 21.	7.3	50—25 „
28.—2. Febr.	— 2.0	— 4.9 „ 29.	2.9	25 „

Durchweg zeigt sich hier, dass es unter dem Schnee wärmer war, als in der von der Schneedecke abgekühlten Luft. Die Differenzen zwischen den bezüglichen Temperaturminima sind teilweise sogar recht gross. Besonders fällt dies in die Augen in der Periode vom 14.—20. Januar 1893. Die Luft wies hier am 16. die intensive Kälte von -22.3° auf; die Temperatur unter dem Schnee, der damals allerdings eine Tiefe von 31 cm hatte, wurde dadurch gar nicht beeinflusst. Das Thermometer sank weniger tief, als in der vorhergehenden Periode, die nur eine 2¹/₂ cm tiefe Schneedecke aufwies. Allein auch in dieser Periode, sowie in derjenigen vom 1.—5. Januar mit einer nur 2 cm tiefen Schneelage zeigt sich eine Differenz von mehr als 6° gegenüber der Lufttemperatur. Das weist doch schon auf einen weitgehenden Schutz der Schneedecke hin.

Dass dieser Schutz sogar bei noch geringerer Tiefe der Schneelage vorhanden ist, ersehen wir aus Tabelle VIII.

Tabelle VIII.

Temperaturen auf und unter dem Schnee und
Differenzen beider (Mittel-Werte).

		Schnee- tiefe (Mittel) cm	7 Uhr morgens			1 Uhr mittags		
			unter	auf	Diffz.	unter	auf	Diffz.
1893	Dez. 5.—11.	4.7	—1.7	— 4.3	2.6	—0.8	—1.8	1.0
1894	Jan. 2.—8.	0.6	—8.5	—12.0	3.5	—6.0	—7.6	1.6
	„ 24.—1. Feb.	4.7	—0.3	— 2.3	2.0	0.1	—0.1	0.2
	Feb. 15.—25.	8.7	—1.2	— 7.2	6.0	—0.4	—2.2	1.8
	Dez. 28.—31.	11.5	—0.9	— 1.9	1.0	—0.5	—1.0	0.5
1895	Jan. 1.—31.	23.4	—0.2	— 6.7	6.5	—0.2	—4.5	4.3
	Feb. 1.—28.	25.2	—0.8	—11.3	10.5	—0.8	—5.1	4.3
	März 1.—19.	25.9	—0.4	— 5.0	4.6	—0.4	—0.2	0.2
1896	Feb. 24.—28.	5.1	—2.5	— 6.1	3.6	—1.2	—2.4	1.2
	Mittel	18.6	—1.0	— 7.2	6.2	—0.5	—3.3	2.8

		Schnee- tiefe (Mittel) cm	9 Uhr abends			Mittel		
			unter	auf	Diffz.	unter	auf	Diffz
1893	Dez. 5.—11.	4.7	—1.3	— 3.6	2.3	—1.3	—3.3	2.0
1894	Jan. 2.—8.	0.6	—7.7	— 9.9	2.2	—7.5	—9.9	2.4
	„ 24.—1. Feb.	4.7	—0.2	— 1.7	1.5	—0.2	—1.5	1.3
	Feb. 15.—25.	8.7	—0.8	— 0.8	0.0	—0.8	—2.8	2.0
	Dez. 28.—31.	11.5	—0.9	— 4.6	3.7	—0.8	—3.0	2.2
1895	Jan. 1.—31.	23.4	—0.2	— 7.3	7.1	—0.2	—6.5	6.3
	Feb. 1.—28.	25.2	—0.9	—10.6	9.7	—0.9	—9.4	8.5
	März 1.—19.	25.9	—0.4	— 4.5	4.1	—0.4	—3.6	3.2
1896	Feb. 24.—28.	5.1	—1.9	— 4.0	2.1	—1.9	—4.1	2.2
	Mittel	18.6	—1.0	— 6.4	5.4	—0.9	—5.8	4.9

Im Mittel der Beobachtungsperiode vom 2.—8. Januar 1894 zeigt sich bei einer nur $\frac{1}{2}$ cm tiefen Schneedecke doch noch eine Differenz von 2.4° gegenüber der Schneefläche oder von 1.2° gegenüber der freien Luft. Auch eine Schneedecke von geringer Tiefe bildet demnach einen Schutz für den Boden, indem sie in nicht zu unterschätzender Weise einerseits die Erdoberfläche vor Ausstrahlung schützt, andererseits das Eindringen der

Kälte verhindert. Im Mittel aller Beobachtungen bewirkt die Schneedecke, dass es an der Erdoberfläche um rund 5^0 wärmer bleibt, als auf dem Schnee.*)

Wir müssen noch etwas bei dieser Tabelle verweilen. Im Mittel sind sämtliche Temperaturen unter dem Schnee höher, als auf der Oberfläche desselben. Das schliesst nicht aus, dass bei einzelnen Beobachtungen auch der entgegengesetzte Fall eintreten kann, dass es unter dem Schnee kälter ist, als auf demselben. Dieser Fall ist auch thatsächlich mehr als einmal eingetreten, aber nur bei Tauwetter. Der Grund hiefür ist leicht ersichtlich. Das durch wärmere Luftströmung bewirkte Auftauen muss sich selbstverständlich zuerst an der Schneeoberfläche geltend machen, während die Schneedecke als schlechter Wärmeleiter, in gleichem Masse wie die Kälte, auch die Wärme nicht sofort zu Boden dringen lässt.

Im übrigen lässt Tabelle VIII auch erkennen, dass ein Zusammenhang besteht zwischen Schneetiefe und Temperatur unter dem Schnee. Wenn wir bei den Mittelwerten von den beiden ersten Beobachtungsperioden absehen, so zeigt sich ein Anwachsen der Differenz zwischen der Temperatur auf und unter dem Schnee mit zunehmender Schneetiefe, d. h. es wird unter dem Schnee relativ wärmer, je tiefer der Schnee liegt. Nur die Periode vom 1.—19. März 1895 zeigt eine Abweichung, die davon herrührt, dass in dieselbe der durch Tauwetter bedingte Abschluss der schon seit 28. Dezember 1894 vorhanden gewesenen Schneedecke und dadurch eine höhere Temperatur auf der Schneeoberfläche fällt. Ebenso ersehen wir aber auch aus der genannten Tabelle, dass ein Sinken der Temperatur auf der Schneeoberfläche nicht ganz ohne jeden Einfluss bleibt auf die Temperatur unter derselben. Die Temperatur

*) Dies gilt zunächst nur für Buus, wo länger andauernde Perioden mit Schneedecke nicht sehr häufig vorkommen.

unter dem Schnee ist somit, was sich eigentlich von selbst ergibt, abhängig von den beiden Faktoren Temperatur der Schneeoberfläche und Schneetiefe. Es kommen allerdings noch zwei weitere Faktoren in Betracht, nämlich die Schneedichte und die Bodentemperatur. Die erstere müssen wir hier ausser Acht lassen, da ich in dieser Hinsicht keine Messungen vorgenommen habe. Die letztere können wir bei Seite lassen, weil die Bodentemperatur, wenn sie auch schon in den einzelnen Beobachtungsperioden verschieden ist, doch in ein und derselben Periode fast unverändert bleibt, wenn einmal Schnee liegt. Ich führe als Beispiel hiefür an, dass die Erdbodenthermometer in Buus nach dem Schneefall vom 29. Januar 1901 in 5, 30 und 120 cm Tiefe vollständig unverändert blieben bis zum 16. Februar; nur das Thermometer in 60 cm Tiefe ist bis dahin allmählich um 0.6° gestiegen. Es bleibt uns also noch übrig, zu untersuchen, welchen Einfluss Schneetiefe und Temperatur der Schneeoberfläche auf die Temperatur der Erdoberfläche ausüben.

Um den Einfluss der Schneetiefe zu untersuchen, wurden in Tabelle IX sämtliche Beobachtungen nach der verschiedenen Schneetiefe gruppiert. Es wurden dabei von 5 cm an Intervalle zu je 5 cm angenommen bis zu 20 cm. Was darüber hinauslag, wurde in eine Gruppe zusammen genommen, weil bei grösserer Schneetiefe die Temperaturen unter dem Schnee nahezu gleich bleiben und nur sehr langsam sich ändern. Die Schneetiefen unter 5 cm wurden in zwei Gruppen zerlegt, um auch die Einwirkung einer geringen, bis zu 1 cm tiefen Schneedecke zur Geltung kommen zu lassen.

Tabelle IX.

**Temperaturen auf und unter dem Schnee bei
verschiedener Schneetiefe (Mittel-Werte).**

	weniger als 1 cm			1 bis 5 cm			5 bis 10 cm		
	auf	unter	Diffz.	auf	unter	Diffz.	auf	unter	Diffz.
1893 Dez. 5.—11.				—3.5	—1.5	2.0	—2.7	—0.8	1.5
1894 Jan. 2.—8.	—10.6	—8.2	2.4	—4.9	—2.6	2.3			
« 24.—1. Feb.				—1.1	—0.1	1.0	—3.1	—0.3	2.8
Feb. 15.—25.	—1.4	—0.8	0.6	—2.0	—0.6	1.4	—8.3	—1.1	7.2
Dez. 28.—31.				—3.0	—1.4	1.6	—0.4	—0.1	0.3
1895 Jan. 1.—31.									
Feb. 1.—28.									
März 1.—19.									
1896 Feb. 24.—28.				—6.2	—2.6	3.6	—1.0	—0.8	0.2
Mittel	—8.3	—6.4	1.9	—2.9	—1.1	1.8	—4.5	—0.8	3.7
	10 bis 15 cm			15 bis 20 cm			mehr als 20 cm		
	auf	unter	Diffz.	auf	unter	Diffz.	auf	unter	Diffz.
1893 Dez. 5.—11.									
1894 Jan. 2.—8.									
« 24.—1. Feb.									
Feb. 15.—25.	—7.0	—0.4	6.6						
Dez. 28.—31.	—6.4	—0.1	6.3				—1.6	—0.1	1.5
1895 Jan. 1.—31.	0.6	0.0	—0.6	—5.3	—0.1	5.2	—7.1	—0.3	6.8
Feb. 1.—28.							—9.0	—0.8	8.2
März 1.—19.	—0.5	—0.1	0.4	0.0	—0.1	—0.1	—5.0	—0.5	4.5
1896 Feb. 24.—28.									
Mittel	—2.2	—0.2	2.0	—4.2	—0.1	4.1	—7.5	—0.6	6.9

Es zeigt sich hier nun zunächst nicht, wie man erwarten sollte, eine Zunahme der Differenz für die Temperaturen auf und unter dem Schnee mit der Zunahme der Schneetiefe. Die Gruppe 10—15 cm weist einen kleinen Rückgang der Differenz auf, der aber verschwindet, wenn wir die Gruppen 5—10 und 10—15 cm zu einer vereinigen, ebenso die beiden über 15 cm hinaus liegenden. Wir erhalten auf diese Weise für die Differenzen der Temperaturen auf und unter dem Schnee bei verschiedener Schneetiefe folgende Werte:

bei	1 — 5 cm	Schneetiefe	1.8 ⁰
bei	5—15 „	„	2.9 ⁰
bei	mehr als 15 „	„	5.5 ⁰

Eine solche Gruppierung hat den Vorzug, dass sie die in unsern Gegenden häufiger vorkommenden mittleren Schneetiefen zusammennimmt, ebenso die den aussergewöhnlich schneereichen Wintern eignenden grösseren

Schneetiefen, die sich in Ausnahmefällen bis zu $\frac{1}{2}$ m steigern (23. Jan. 1893: 50 cm, 17. Febr. 1901: 42 cm). Von den geringern bis zu den mittleren Schneetiefen beträgt die Zunahme der Temperaturdifferenz 1.1° , von den mittleren bis zu den grösseren 2.6° . Das führt uns zu dem Schlusse: Der Schutz, den eine Schneedecke dem unter ihr befindlichen Boden gewährt, steigert sich mit deren Tiefe und zwar in einem Verhältnisse, dass der Schutz grösserer Schneetiefen ungleich wirksamer ist, als derjenige der mittleren. Dass grössere Schneetiefen ganz ausserordentlichen Schutz gewähren und die Kälte sozusagen fast gar nicht zu Boden dringen lassen, ersehen wir recht deutlich aus der letzten Gruppe von Tabelle IX. Die Temperatur unter dem Schnee betrug nach derselben für den Januar 1895 im Mittel -0.3° , für den Februar -0.8° , war also in dieser langen Zeit unter dem Schnee im Mittel nur um $\frac{1}{2}^{\circ}$ gesunken.

Der Einfluss, den die Temperatur der Schneeoberfläche auf die Temperatur der Erdoberfläche unter dem Schnee ausübt, zeigt uns Tabelle X.

Tabelle X.

Differenz der Temperaturen unter und auf dem Schnee bei verschiedener Temperatur der Schneeoberfläche (Mittel-Werte).

Temp. d. Schneeoberfl. über 0°	0°	-5.0°	-10.0°	-15.0°	-20.0°	
	bis -4.9°	bis -9.9°	bis -14.9°	bis -19.9°	u. darunter	
1893 Dez. 5.—11.	1.1	4.9				
1894 Jan. 2.—8.	0.5	1.8				
„ 24.—1. Feb. —0.4	1.3	6.5	2.9	4.3		
Feb. 15.—25. —1.3	0.3	6.3	11.3	14.7		
Dez. 28.—31. —0.5	1.2	6.2				
1895 Jan. 1.—31. —0.5	1.8	7.2	11.3	16.3	20.1	
Feb. 1.—28. —1.3	1.4	7.0	11.0	16.1	20.9	
März 1.—19. —1.4	1.4	6.9	10.9	15.8		
1896 Feb. 24.—28. —0.9	1.5	3.5	7.9			
Mittel	—0.9	1.4	6.2	10.1	14.4	20.5

Mit zunehmender Kälte der Schneeoberfläche steigert sich hiernach die Differenz. Bei Temperaturen über 0° auf der Schneeoberfläche*), d. h. bei Tauwetter ist es unter dem Schnee kälter und zwar im Mittel um ungefähr 1° . Sobald aber die Temperatur der Schneeoberfläche unter 0° sinkt, bleibt es unter dem Schnee relativ wärmer. Die je von 5 zu 5° der Schneeoberfläche gruppierten Mittelwerte der Temperaturdifferenzen zeigen eine Zunahme, die von Gruppe zu Gruppe keine grossen Verschiedenheiten aufweist. Die Mittelwerte selbst nähern sich jeweilen um einige wenige Zehntelsgrade den untern Schwellenwerten für die Temperatur der Schneeoberfläche. Es bleibt somit die Temperatur unter dem Schnee annähernd dieselbe bei den verschiedenen Kältegraden, da die Differenz mit dieser jeweilen ziemlich Schritt hält. Wir können demnach auch von diesem Gesichtspunkte aus das oben Gesagte bestätigen, nämlich: Bei hinreichender Schneelage ist der Einfluss der Kälte, wie sie auf der Schneeoberfläche herrscht, in der Tiefe kaum bemerkbar. Es braucht geraume Zeit, bis eine intensive Erkaltung der Schneedecke und damit auch der Luft sich auf der Erdoberfläche unter dem Schnee bemerkbar macht. Einzelne Beispiele mögen dies noch erhärten. Im Winter 1894/95 wurde erstmals die grösste Kälte am 8. Januar 1895 mit -16.7° Lufttemperatur erreicht; das Thermometer unter dem Schnee wurde bei einer Schneelage von mehr als 30 cm gar nicht davon beeinflusst; es zeigte nach wie vor -0.5° . Ein noch intensiveres Minimum wurde mit -18.6° am 29. Januar erreicht. Während die Lufttemperatur um 17.7° gesunken war, sank bei einer Schneetiefe von 19 cm die Temperatur der Erdoberfläche nur von -0.1° auf -0.4° . Ein drittes Minimum der Lufttemperatur wurde mit -16.1° am 14. Febr.

*) Vgl. hiezu die Anmerkung auf S. 31.

erreicht. Die Temperatur unter dem Schnee, dessen Tiefe etwa 25 cm mass, war allmählich auf -0.8° gesunken. Aber erst am 22., also volle 8 Tage später, erreichte sie ihr Minimum mit -1.2° . Tiefer sank in jenem Winter die Temperatur unter dem Schnee nicht. Es zeigt sich darin noch ein weiterer Nutzen der Schneedecke: Sie schützt den Erdboden vor starken Temperaturschwankungen. Es geht dies auch aufs deutlichste aus Tabelle XI hervor, welche uns die interdiurne Veränderlichkeit der Temperaturen auf und unter dem Schnee, sowie der Luft vorführt.

Tabelle XI.

**Interdiurne Veränderlichkeit der Temperaturen
auf und unter dem Schnee, sowie der Luft.**

		Schneetiefe (Mittel) cm	7 Uhr morgens				1 Uhr mittags			
			auf	unter	Diffz.	Luft	auf	unter	Diffz.	Luft
1893	Dez. 5.—11.	4.7	2.2	1.2	1.0	1.8	0.6	0.7	-0.1	1.8
1894	Jan. 2.—8.	0.6	3.2	3.0	0.2	4.0	4.3	3.2	1.1	4.0
	„ 24.—1. Febr.	4.7	2.9	0.4	2.5	2.4	1.4	0.3	1.1	2.4
	Febr. 15.—25.	8.7	3.1	0.9	2.2	2.2	1.6	0.2	1.4	1.5
	Dez. 28.—31.	11.5	2.3	1.3	1.0	1.5	2.1	0.5	1.6	1.7
1895	Jan. 1.—31.	23.4	3.0	0.1	2.9	3.0	2.2	0.1	2.1	2.6
	Febr. 1.—28.	25.2	4.6	0.1	4.5	3.5	3.1	0.1	3.0	1.8
	März 1.—19.	25.9	3.7	0.1	3.6	2.5	1.7	0.1	1.6	2.4
1896	Febr. 24.—28.	5.1	2.4	0.7	1.7	1.7	2.6	1.2	1.4	3.6
Mittel		18.6	3.4	0.4	3.0	2.8	2.3	0.3	2.0	2.2
		Schneetiefe (Mittel) cm	9 Uhr abends				Mittel			
			auf	unter	Diffz.	Luft	auf	unter	Diffz.	Luft
1893	Dez. 5.—11.	4.7	0.9	1.1	-0.2	2.4	1.2	1.0	0.2	2.0
1894	Jan. 2.—8.	0.6	4.8	3.6	1.2	4.8	4.3	3.4	0.9	4.3
	„ 24.—1. Febr.	4.7	3.3	0.5	2.8	4.5	2.7	0.4	2.3	3.1
	Febr. 15.—25.	8.7	2.7	0.3	2.4	1.9	2.5	0.4	2.1	1.9
	Dez. 28.—31.	11.5	6.6	1.1	5.5	5.2	4.5	1.0	3.5	2.8
1895	Jan. 1.—31.	23.4	3.7	0.0	3.7	3.4	3.1	0.1	3.0	3.0
	Febr. 1.—28.	25.2	4.4	0.1	4.3	3.3	4.1	0.1	4.0	2.9
	März 1.—19.	25.9	3.0	0.1	2.9	2.5	2.8	0.1	2.7	2.5
1896	Febr. 24.—28.	5.1	2.0	0.8	1.2	2.4	2.3	0.9	1.4	2.6
Mittel		18.6	3.6	0.4	3.2	3.3	3.2	0.4	2.8	2.8

Es wurden für jeden Beobachtungstermin die Veränderung der Temperaturen von einem Tag zum andern und aus der Summe dieser Veränderungen ohne Rücksicht darauf, ob sie positiv oder negativ waren, das arithmetische Mittel berechnet. Es ergibt sich hieraus für die Schneeoberfläche eine mittlere tägliche Veränderlichkeit von 3.2° , für die Luft eine solche von 2.8° , für die Erdoberfläche unter dem Schnee eine solche von nur 0.4° . Auch darin zeigt sich ein Unterschied, dass bei der Schneeoberfläche die Veränderlichkeit mittags um 1.3° geringer ist, als abends; bei der Luft beträgt dieser Unterschied etwas weniger, nämlich 1.1° , beim Schnee hingegen nur 0.1° .

