**Kgl. Bayer. Akademie
der Wissenschaften**

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1861. Band I.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1861.

In Commission bei G. Franz.

38. Seitenwand einer Siebröhre in der Flächenansicht; a, b eine angrenzende schmälere Zelle.

39. Längsschnitt durch die Seitenwand zwischen 2 Siebröhren mit zahlreichen Siebfeldern.

40. Längsschnitt durch die Seitenwand zwischen einer Siebröhre (a) und einer andern Zelle (b).

41. Seitliches Siebfeld von der Fläche.

42. Seitenwand einer Siebröhre von der Fläche, s im Längenprofil; a grosses Siebfeld von der Fläche, b im Profil; c kleine Siebfelder.

43. Seitenwand einer Siebröhre im Längsschnitt, mit 2 kugelligen Siebfeldern.

44. Membran einer Zelle des Rindenparenchyms in Actzkali gekocht, dann durch Jod gefärbt.

b) „Ueber die Verdunstung an der durch Korksubstanzen geschützten Oberfläche von lebenden und todtten Pflanzentheilen.“

Es ist bekannt, dass die gewöhnlichen Zellmembranen das Wasser viel leichter hindurch gehen lassen als die aus Korksubstanzen bestehenden. Daher trocknen die unter Wasser befindlichen Pflanzentheile, wenn sie abgeschnitten und an die Luft gebracht werden, auffallend schneller als die nicht untergetauchten Organe, welche von der Pflanze losgetrennt werden; denn die letztern sind an ihrer Oberfläche mit Korksubstanzen (Cuticula oder Periderm) überzogen, die erstern dagegen nicht. Daher nehmen die Wurzeln der Landpflanzen fast ausschliesslich mit ihren Enden (das Wurzelschwämmchen ausgenommen) Wasser auf, weil sich hier noch keine Korksubstanzen gebildet hat. Daher geht die Verdunstung der Blätter ganz überwiegend durch die Spaltöffnungen vor sich, wo die Cuticula unterbrochen ist, und hört zum grössten Theile auf, wenn die Spaltöffnungen sich schliessen. Ein Apfel und eine Kartoffel werden viel schneller trocken, wenn man sie ihrer aus Korksubstanzen bestehenden Schale beraubt. Einige Pflanzenphysiologen (Treviranus, Schlei-

den etc.) haben mit Unrecht die Verdunstung durch die Cuticula ganz geleugnet. Trauben, Pflaumen und andere Früchte, welche eintrocknen, beweisen das Gegentheil.

Die Verdunstung wurde bisher als ein „rein physikalisches Phänomen“ betrachtet, und in der That gibt es kaum einen Process in der Pflanze, bei dem dieser Ausspruch mehr gerechtfertigt schiene. Die Membran der mit Flüssigkeit gefüllten Zelle ist von Wasser durchdrungen; ein Theil des letztern geht, wenn die Membran an die Luft grenzt, fortwährend durch Verdunstung verloren und wird aus dem Inhalte ersetzt. Indessen hat man in der Pflanzenphysiologie sehr oft zwei verwandte Dinge mit einander verwechselt. Die Gegner der Lebenskraft behaupteten, alle Prozesse seien physikalischer Natur, und folgerten dann weiter, sie geschehen desswegen in der Pflanze nach den bis jetzt bekannten physikalischen Gesetzen. Das Erstere ist richtig, das Letztere scheint in der Regel falsch zu sein.

Seit Entdeckung der Endosmose und Exosmose durch Dutrochet wurde vielfach angenommen, dass die nämlichen Gesetze für die Membranen der lebenden Pflanze gelten wie für die todten Häute, mit denen die Versuche angestellt wurden. Daraus wurde geschlossen, dass die Wurzeln alle ihnen in Lösung gebotenen Stoffe aufnehmen müssen, dass der Stoffwechsel eines Pflanzentheils oder einer Pflanzenzelle so lange dauere bis eine Ausgleichung erfolgt sei, dass das Saftsteigen in den Bäumen Folge von ungleicher Dichtigkeit der Flüssigkeiten sei u. s. w. Ich habe anderweitig gezeigt (Pflanzenphysiologische Untersuchungen I, 21), dass diese Annahme für mehrere Fälle unrichtig ist, und dass lebende Zellen sich anders verhalten als todte: dass lebende Zellen von Spirogyra und andern Wasserpflanzen eine gewisse Resistenz gegen die Ausgleichung ihrer Zellflüssigkeit mit dem umgebenden Wasser zeigen, dass aber in Folge von mechanischem Druck oder von chemischen Mitteln, welche die Zellen krankhaft afficiren und absterben machen, sehr rasch diese Ausgleichung erfolgt; — dass gelöste Farbstoffe nicht durch den Primordialschlauch der lebenden Pflanzen-

zelle, wohl aber mit Leichtigkeit durch den krankhaft veränderten diosmiren; — dass für das Saftsteigen die bekannten physikalischen Gesetze nicht ausreichen, sondern dass in der lebenden Pflanzensubstanz eigenthümliche Verhältnisse und Kräfte hinzukommen müssen. — Die Functionen der lebenden Pflanze sind sicher nichts anderes als physikalische Processe; aber sie werden durch besondere moleculäre Verhältnisse und durch diesen Verhältnissen entsprechende besondere moleculäre Bewegungen und Kräfte eigenthümlich modificirt.

Ein sehr einfaches Beispiel, wo diese Frage von Neuem geprüft und mit Sicherheit entschieden werden konnte, bot die Verdunstung dar. Ich stellte mir die Frage: Verdunstet unter übrigens gleichen Umständen ein lebendes Gewebe gleichviel wie ein todttes, oder findet eine Verschiedenheit statt und welche? Es mussten dazu Pflanzentheile genommen werden, welche mit Korksubstanz überzogen sind, weil diese von der Pflanze getrennt, noch lange lebenskräftig bleiben und weil bei ihnen die Verdunstung langsamer von statten geht, — ferner Pflanzentheile, welche keine Spaltöffnungen besitzen, weil das Geöffnet- oder Geschlossensein der letztern die Erscheinungen compliciren würde und überdem nicht zu controliren wäre. Ich wählte Kartoffeln und Aepfel, erstere mit einer Periderm-, letztere mit einer Cuticulaschale. Um ihr Gewebe zu tödten, liess ich sie gefrieren. Der Erfolg zeigte, dass diese Wirkung nur bei den Kartoffeln eintrat, während die Aepfelsorte, welche ich verwendete, den Frost ohne Nachtheil für das Leben ihrer Zellen ertrug. Um zugleich auch Aufschluss über die Verdunstung durch die Korksubstanz, im Vergleich mit den gewöhnlichen Zellmembranen, zu erhalten, schälte ich einige Kartoffeln und Aepfel. Endlich liess ich gleichzeitig Wasser verdunsten, um die Oberfläche von Geweben mit einer Wasserfläche vergleichen zu können. — Die Versuche waren folgende.

Am 15. Februar 1860 wählte ich 6 Kartoffeln so aus, dass sie, nachdem zwei derselben geschält worden waren, ziemlich gleiche Grösse, Gestalt und Gewicht hatten. Die zwei ge-

schälten (a, b) und zwei ungeschälten (c, d) wurden dem Frost ausgesetzt, die beiden übrigen (e, f) frostfrei aufbewahrt. Am 17. Februar Mittags 11 Uhr nahm ich alle in's geheizte Zimmer und liess sie nun daselbst auf einigen Bogen Fliesspapier liegen. Sie wurden anfänglich alle 4 — 5 Stunden, nachher zweimal, dann einmal jeden Tag und später immer nach Verfluss von mehreren Tagen gewogen. Die Temperatur betrug durchschnittlich 15° bis 16° C. Da ich nur eine Vergleichung der drei auf verschiedene Weise behandelten Kartoffelpaare beabsichtige, so werde ich weder über die Temperatur, noch über die Feuchtigkeit der Luft specielle Angaben beifügen.

Die zwei geschälten gefrorenen Kartoffeln wogen, nachdem sie 5 Stunden im Zimmer gelegen hatten und dabei aufgefroren waren, 78,83 Grm. und 5 Stunden später 74,57 Grm. Diese beiden Wägungen ergeben einen Verlust von 4,26 Grm. für 5 Stunden, oder 5,11 Grm. auf $\frac{1}{4}$ Tag berechnet. Die darauf folgende Gewichtsabnahme ist in nachstehender Tabelle enthalten¹:

	Gesamtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	74,57	48,89	12,07
18. „	62,50	36,82	
19. „	52,73	27,05	9,77
20. „	43,94	18,26	8,79
21. „	37,11	11,43	6,83
22. „	32,23	6,55	4,88
25. „	29,29	3,61	0,98
29. „	27,34	1,66	0,49
5. März	26,36	0,68	0,20
15. „	25,68	0	0,07

(1) Ich theile hier so wie für die übrigen Beispiele aus den zahlreichen Wägungen nur so viele mit, als nothwendig ist, um ein deutliches Bild von dem Wasserverlust zu geben.

Die erste Columne gibt das Gewicht der beiden Kartoffeln in Grammen an, die zweite das Gewicht des darin noch enthaltenen und durch Verdunstung in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur abgebbaren Vegetationswassers, die dritte den Gewichtsverlust in 24 Stunden. Vom 15. März an fand keine Gewichtsabnahme mehr statt, die Kartoffeln waren lufttrocken.

Die zwei ungeschälten gefrorenen Kartoffeln (c, d) wogen, nachdem sie 5 Stunden im Zimmer gelegen hatten, 87,25 Grm. und 5 Stunden später 86,06 Grm. Der Verlust in diesen 5 Stunden war 1,19 Grm., was auf $\frac{1}{4}$ Tag berechnet 1,43 Grm. gibt. Die Gewichtsabnahme verhielt sich darauf wie folgt:

	Gesamtw gewicht	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	86,06	} 1,10 } 0,64 } 0,53
18. „	84,96	
22. „	82,41	
25. „	80,81	

Schon einige Tage vor dem 25. Februar zeigte der eine der beiden Knollen einen kleinen schwarzen mit Pilzen besetzten Fleck und am 26. fing er an, hier ziemlich reichlichen Saft austreten zu lassen. Ohne Zweifel übte die austrocknende Cuticula einen Druck auf das Gewebe und presste die Flüssigkeit durch die verletzte Stelle heraus. Da diese Kartoffel für weitere vergleichende Beobachtungen betreffend die Verdunstung unbrauchbar war, so zerschnitt ich dieselbe. Das Gewebe war gelb wie an frischen Kartoffeln. Auch der Geruch zeigte sich wenig verschieden; nur die austretende Flüssigkeit hatte einen schwachen Fäulnisgeruch. Unter dem Mikroskop waren die Zellen ein wenig zusammengefallen; sie hatten ihre ursprüngliche Turgescenz verloren. Sonst aber liess sich keine Verän-

derung am Inhalte oder an der Membran erkennen; namentlich war nichts von brauner oder schwarzer Färbung wahrzunehmen.

Die andere noch unversehrte Kartoffel zeigte folgende Gewichtsabnahme:

	Gesamtw gewicht	Vegetations- wasser	Verlust in 24 Stunden
26. Februar	40,23	28,72	0,26
5. März	38,17	26,66	0,24
10. „	36,97	25,46	0,70
15. „	33,45	21,94	0,28
26. „	30,37	18,86	0,27
6. April	27,44	15,93	0,26
21. „	23,51	12,00	0,37
30. „	20,14	8,63	0,32
9. Mai	17,22	5,71	0,25
16. „	15,44	3,93	0,18
30. „	12,89	1,38	0,10
13. Juni	11,51	0	

Zwischen dem 10. und 15. März floss durch eine schadhafte Stelle der Oberfläche etwas Flüssigkeit heraus; am 15. März war dieselbe wieder ganz trocken. Auch nach dem 21. April zeigte sich eine Stelle etwas feucht. Daher rührt der zu diesen Zeiten merklich vermehrte Gewichtsverlust.

Die zwei nicht gefrorenen Kartoffeln (e, f) wurden am 17. Februar mit den gefrorenen Kartoffeln in das geheizte Zimmer gebracht. 5 Stunden später wogen sie 89,23 Grm. Die Gewichtsabnahme verhielt sich dann folgendermassen:

	Gesamtt- gewicht	Vegetations- wasser	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	89,23	67,82	
25. „	87,37	65,96	0,23
5. März	85,24	63,83	0,24
15. „	83,01	61,60	0,22
21. „	81,55	60,14	0,24
31. „	78,96	57,55	0,26
14. April	75,49	54,08	0,25
30. „	71,14	49,73	0,27
9. Mai	68,22	46,81	0,32
16. „	65,70	44,29	0,36
22. „	63,41	42,00	0,38
30. „	60,56	39,15	0,36
5. Juni	58,38	36,97	0,36
16. „	54,59	33,18	0,34
2. Juli	48,93	27,52	0,35
16. „	44,32	22,91	0,33
3. August	39,63	18,22	0,26
28. „	33,70	12,29	0,23
18. Oct.	27,24	5,83	0,13
8. Nov.	25,38	3,97	0,09
12. Januar	21,41	0	0,06

Die beiden Kartoffeln waren lufttrocken. Während einigen Tagen bei 100° getrocknet, verminderte sich ihr Gewicht auf 18,67 Grm., indem sie noch 2,74 Grm. Wasser verloren. Diese Kartoffeln enthielten demnach am 17. Februar, als der Versuch begann, 20,92 % Substanz und 79,08 % Wasser, wovon sie 76,01 in gewöhnlicher Luft verdunsteten und die letzten 3,07 bei 100° abgaben.

Für einen zweiten Versuch wählte ich am 25. Februar abermals 6 Kartoffeln von ziemlich gleicher Grösse und Gestalt aus. Sie wurden wie beim ersten Versuch behandelt; zwei geschält (g, h) und zwei ungeschält (i, k) während 13 Stunden

dem Froste ausgesetzt und zwei (l, m) frostfrei aufbewahrt; dann alle am 26. Februar Morgens 10 Uhr ins Zimmer genommen. — Die zwei geschälten Kartoffeln zeigten jetzt ein Gewicht von 120,37 Grm.

Nach 3 Viertelstunden fingen sie, in Folge des Auffrierens an, stellenweise zu schwitzen; nach 1½ Stunden waren sie ziemlich schlaff geworden. Etwas später war die ganze Oberfläche, mit Ausnahme einer grössern Stelle, ziemlich benetzt. Die Gewichtsabnahme zeigte folgende Verhältnisse:

	Gesamtw gewicht	Vegetations wasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust in 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	120,37	89,12		
26. Febr. 2 U. Mitt.	114,48	83,23	5,89	
26. Febr. 6 U. Ab.	105,65	74,40	8,83	
26. Febr. 10 U. Ab.	100,48	69,23	5,17	
27. Febr.	84,86	53,61	2,60	15,62
28. „	72,45	41,20	2,07	12,41
29. „	62,39	31,14	1,68	10,06
1. März	52,92	21,67	1,58	9,47
2. „	46,04	14,79	1,15	6,88
3. „	41,83	10,58	0,70	4,21
4. „	39,16	7,91	0,44	2,67
5. „	37,21	5,96	0,32	1,95
7. „	35,38	4,13	0,15	0,91
15. „	33,27	2,02	0,04	0,26
31. „	31,25	0	0,02	0,13

Vom 31. März an fand keine Gewichtsabnahme mehr statt.

Die zwei ungeschälten gefrorenen Kartoffeln (i, k) wogen 123,83 Grm., als sie in das geheizte Zimmer gebracht wurden. Sie fingen nach 3 Viertelstunden an zu schwitzen und waren nach 1½ Stunden mit Ausnahme einer grössern Stelle ganz nass. Später blieben nur einzelne Punkte, namentlich solche,

wo die Oberfläche etwas schadhafte war, und ebenso die Anheftungsstelle benetzt. Am andern Morgen, nachdem die beiden Knollen 12 Stunden in dem geheizten Zimmer gelegen hatten, zeigte sich die Schale derselben ziemlich trocken. Mit dem Beginne des Schwitzens fingen sie an schlaff zu werden.

Die Gewichtsabnahme verhielt sich folgendermassen:

	Gesamtw gewicht	Vegetations- wasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	123,83	94,66	} 1,04	
26. Febr. 2 U. Mitt.	122,79	93,62		
26. Febr. 6 U. Ab.	120,36	91,19	} 2,43	
26. Febr. 10 U. Ab.	119,16	89,99		
27. Febr.	117,05	87,88	} 0,53	2,11
1. März	112,76	83,59		
5. „	108,84	79,67	} 0,36	1,43
15. „	101,26	72,09		
21. „	96,75	67,58	} 0,24	0,98
26. „	92,96	63,79		
31. „	89,10	59,93	} 0,19	0,76
6. April	84,59	55,42		
14. „	78,42	49,25	} 0,75	0,75
21. „	73,51	44,34		
30. „	66,94	37,77	} 0,76	0,77
9. Mai	60,82	31,65		
16. „	56,23	27,06	} 0,75	0,75
22. „	52,33	23,16		
30. „	47,27	18,10	} 0,70	0,73
10. Juni	41,23	12,06		
16. „	38,46	9,29	} 0,68	0,66
24. „	35,33	6,16		
2. Juli	32,80	3,63	} 0,65	0,63
10. „	31,06	1,89		
26. „	29,59	0	} 0,55	0,46
			} 0,39	0,32
			} 0,32	0,22
			} 0,22	0,09

Die beiden Knollen waren lufttrocken.

Die zwei ungeschälten Kartoffeln, welche nicht dem Froste ausgesetzt wurden (l, m), wogen, als sie am 26. Februar mit den übrigen ins Zimmer gebracht wurden, 123,50 Grm. Sie zeigten folgende Gewichtsabnahme:

	Gesammtgewicht	Abnahme in 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	123,50	
1. März		0,36
10 U. Ab.	121,86	0,17
9. März	120,51	0,15
21. „	118,66	0,15
6. April	116,21	0,16
21. „	113,78	0,18
9. Mai	110,56	0,21
22. „	107,82	0,28
10. Juni	102,53	0,30
2. Juli	96,00	0,40
24. „	87,21	0,39
28. Aug.	73,54	0,33
18. Oct.	56,93	0,31
8. Nov.	50,48	0,25
2. Febr. 1861	28,91	

Der Versuch wurde am 2. Februar 1861 abgebrochen und die beiden Kartoffeln (l, m) während einiger Tage bei 100° getrocknet, bis sie wasserfrei waren. Sie wogen nun 21,13 Grm. und hatten somit noch 7,78 Grm. Wasser verloren. Am 26. Febr. 1860, als der Versuch begann, hatten sie 17,11% Substanz und 82,89% Wasser enthalten. — Die gefroren ungeschälten und geschälten Kartoffeln des zweiten Versuches wurden ebenfalls bei 100° vollständig getrocknet. Die ersteren (i, k) wogen lufttrocken 29,17 Grm., im wasserfreien Zustande 24,40 Grm. Sie hatten demnach am 26. Febr. 1860 19,70 % Substanz und 80,30 % Wasser enthalten; davon verdunsteten sie 76,44 in gewöhnlicher Luft und die letzten 3,85 bei 100°. Die

geschälten gefrorenen Kartoffeln (g, h) wogen lufttrocken 31,25 Grm. und wasserfrei 26,94 Grm. Sie hatten am 26. Februar 1860 22,38 % Substanz und 77,62 % Wasser enthalten; von letzterm verdunsteten sie 74,04 bei gewöhnlicher Luft und die übrigen 3,58 bei 100°. Bei den letztgenannten Kartoffeln ist der Procentgehalt an Wasser etwas geringer als bei den andern, was grösstentheils daher rührt, dass dieselben ohne Schale dem Froste ausgesetzt worden waren und dabei mehr Wasser verloren hatten. Sie wogen desshalb, als sie am 26. Februar mit den übrigen ins Zimmer gebracht wurden, bloss 120,37 Grm., während das Gewicht der beiden andern Paare 123,83 und 123,50 Grm. betrug, obgleich alle 3 Paare ursprünglich gleich viel wogen.

Die beiden nicht gefrorenen Kartoffeln (l, m) waren am 2. Februar, als der Versuch abgebrochen wurde, noch nicht lufttrocken. Da der Wassergehalt der lufttrockenen Substanz ziemlich constant ist, so lässt sich aus den andern Wägungen annähernd bestimmen, wie viel in gewöhnlicher Luft verdunstbares Wasser noch in jenen Kartoffeln enthalten war. Dasselbe kann wenigstens zu 4 Grm. angenommen werden. Nach Analogie der beiden andern ungeschälten nicht gefrorenen Kartoffeln (e, f, pag. 244) hätte es zur Verdunstung dieses Restes noch 65 Tage erfordert.

Die nicht gefrorenen Kartoffeln bieten übrigens noch eine merkwürdige Erscheinung rücksichtlich der Bewegung des Wassers in ihrem Innern dar. Gegen das Frühjahr fingen sie an zu treiben, zeigten aber dabei einen entschiedenen Gegensatz zwischen Scheitel und Basis (Anheftungsstelle). Die 2 oder 3 Knospen in der Scheitelregion entwickelten sich am stärksten, die in der untern Hälfte trieben gar nicht, und überhaupt war der Trieb in den Knospen um so lebhafter, je weiter sie von der Basis entfernt waren. Am 9. Mai hatten die obersten Triebe aller 4 (nicht gefroren) Kartoffeln eine Länge von 8—10 Millim. erreicht. Diejenigen der beiden Knollen des ersten Versuches (e, f) wurden nicht grösser; es mangelte an der nöthi-

gen Feuchtigkeit. An den beiden Knollen des zweiten Versuches (l, m) dagegen entwickelten sich die Triebe noch den ganzen Sommer hindurch bis in den Herbst; Ende October hatte die eine Kartoffel einen Endtrieb von 36 Millim., die andere von 30 Millim. Länge. Diese Endtriebe besaßen zahlreiche und gedrängt-stehende Zweige; der primäre Strahl so wie die untern secundären Strahlen waren knollenförmig angeschwollen; die obern secundären und die tertiären Strahlen entstanden später und blieben ziemlich dünn. Die seitlichen Triebe hatten sich nicht weiter entwickelt.

Die beobachteten Erscheinungen lassen sich folgendermassen formuliren. Von Anfang an beginnen nur die Knospen der obern Hälfte zu treiben; die obersten entwickeln sich in der gleichen Zeit stärker als die mittlern. Von den treibenden Knospen stehen ferner die untern zuerst im Wachsthum still, so dass jede um so länger sich entwickelt, je näher sie der Spitze sich befindet und dass ein Wachsthum zuletzt nur noch an dem Scheiteltrieb bemerkbar ist. — Schon aus dieser Thatsache ergibt sich ein Strömen der Säfte nach der Spitze der Kartoffel; es wird aber besonders durch folgende Beobachtung bestätigt.

Als die Kartoffeln ins Zimmer genommen wurden, so waren sie überall ganz fest und hatten eine glatte Oberfläche. Durch die Verdunstung von Wasser verminderte sich ihr Volumen, und die aus Periderm bestehende Schale wurde runzelig und faltig. Die früher turgescirenden Zellen fielen zusammen und die Substanz fühlte sich weich und schwammig an. Diese Veränderungen begannen am Grunde und schritten allmählich nach oben hin fort; man beobachtete sie in jedem Stadium um so deutlicher, je mehr man sich der Basis eines Knollens näherte. Anfangs Mai waren die Kartoffeln des zweiten Versuches (l, m) in ihrer untern Hälfte runzelig und weich, während die obere Hälfte noch so fest und glatt war wie von Anfang an. An den Kartoffeln des ersten Versuches (e, f) zeigte sich zu gleicher Zeit nur noch eine kleine Stelle am Scheitel glatt und fest; die

ganze übrige Substanz war runzelig und weich, nur um die treibenden seitlichen Knospen herum befanden sich kleine glattere und festere Stellen. Das Einschrumpfen beginnt also am Grunde der Kartoffel und schreitet nach dem Scheitel hin fort. Die Substanz enthält in jedem Augenblick um so mehr Wasser, je mehr die untersuchte Stelle von der Basis entfernt ist. Ueberdem ist die Masse, welche die in Entwicklung begriffenen Knospen zunächst umgibt, wasserreicher als die übrige in gleicher Höhe gelegene Substanz; und zwar um so mehr, je stärker die Knospe treibt. Zuletzt, wenn schon der ganze Knollen runzelig und fast trocken geworden ist, besitzt der Endtrieb noch eine feste mit Wasser durchdrungene Substanz und eine glatte Oberfläche.

Diese Erscheinung kann nicht so gedeutet werden, dass man sagt, die Verdunstung beginne am Grunde der Kartoffel und schreite nach dem Scheitel hin fort. Diess würde wohl hinreichen um zu erklären, warum die Knollen zuerst unten schlaff werden. Aber einerseits ist kein Grund vorhanden, warum die Verdunstung nicht an der ganzen Oberfläche gleichzeitig beginnen und gleich stark sein sollte. Andererseits wachsen die Kartoffeln oben in verhältnissmässig starke Triebe aus, die viel Wasser bedürfen; trotzdem schrumpft die Stelle, auf welcher die Triebe stehen, und welcher das Wasser entzogen wird, nicht ein, sondern sie behält ihren Wasserreichthum. Es folgt daraus, dass in den Kartoffeln, denen alle Zufuhr von Wasser von aussen her abgeschnitten wird und welche ihre Feuchtigkeit durch Verdunstung verlieren, eine sehr beträchtliche Saftströmung stattfindet, deren wesentlichster Character darin besteht, dass sie von unten nach oben geht, und dass sie die Knospen aufsucht und deren Entwicklung ermöglicht.

Diese Saftströmung erklärt vollständig die Erscheinungen, welche die Kartoffeln darbieten, namentlich auch die ungleiche Entwicklung der Keime. Damit eine Knospe sich entwickele, muss sie mit einem turgescirenden Gewebe, (d. h. mit einem

solchen, dessen Zellflüssigkeit eine Spannung zeigt, die den Druck einer Atmosphäre übertrifft) in Verbindung stehen. Nur ein solches Gewebe kann Flüssigkeit für einen wachsenden Pflanzentheil abgeben, und nur wenn es durch Wasser, das von einer andern Seite zuströmt, fortwährend in Turgescenz erhalten wird, kann es das Wachsthum des mit ihm verbundenen Pflanzentheils dauernd unterhalten. Wenn die Kartoffel in der feuchten Erde liegt oder wenn sie überhaupt mit Wasser in Berührung ist und daraus nach Belieben aufnehmen kann, so bleibt ihr ganzes Gewebe im Zustande der Turgescenz und es entwickeln sich alle Knospen. Liegt sie aber trocken, so verliert sie, ehe die Augen zu treiben anfangen, eine ziemliche Menge von Wasser. Wenn die Säfte in ihrem Innern keine bestimmte Bewegung zeigten und somit überall in gleicher Menge vertheilt wären, so würde kein einziges Auge sich entwickeln, weil das benachbarte schlaife Gewebe kein Wasser für dasselbe abgeben könnte. Da aber eine Strömung nach oben statt hat, so befindet sich nur die obere Hälfte in turgescirendem Zustande und nur sie fängt an ihre Knospen zu entwickeln. Von denselben hören je die untersten auf zu wachsen, weil die Verdunstung und die Saftströmung das ihnen nothwendige Wasser entführen.

Der dritte Versuch wurde mit Aepfeln angestellt. Am 23. Februar wählte ich 9 Aepfel der nämlichen Sorte so aus, dass nachdem 3 davon geschält waren, die 3 Gruppen von je 3 Stück (a b c, d e f und g h i) einander in Form, Grösse und Gewicht möglichst gleich waren. Die 3 geschälten (a, b, c) und 3 ungeschälten (d, e, f) wurden dem Froste ausgesetzt, die 3 andern (g, h, i) frostfrei aufgehoben. Am folgenden Tag brachte ich sie alle ins geheizte Zimmer und legte sie neben einander auf einige Bogen Fliesspapier. Nach 4 Stunden hatten sie die Zimmertemperatur angenommen. Die gefrorenen ungeschälten Aepfel blieben nach dem Auffrieren fest; sie fingen auch nicht an zu schwitzen und zeigten überhaupt im Ansehen und in der

Consistenz keine Verschiedenheit von denen, welche nicht dem Frost ausgesetzt worden waren. Dagegen netzte sich das Fliesspapier unter den geschälten Aepfeln am ersten Tag und blieb am folgenden Tag noch feucht.

Die geschälten Aepfel (a, b, c) wogen am 23. Februar, ehe sie gefroren, 141,87 Grm. Nachdem sie 11 Stunden im Frost gelegen hatten, betrug das Gewicht 137,79 Grm; sie hatten somit 4,08 Grm. Wasser verloren. Die fernere Abnahme zeigte in den ersten Tagen folgende Verhältnisse:

	Gesamtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust in 12 Stunden
24. Febr. 10 U. Morg.	137,79	113,74	2,98	
„ 2 U. Mit.	134,81	110,76	4,16	
„ 6 U. Ab.	130,65	106,60	3,12	
„ 10 U. Ab.	127,53	103,48	2,94	8,82
25. Febr. 10 U. Morg.	118,71	94,66		8,56
„ 10 U. Ab.	110,15	86,10		6,98
26. Febr. 10 U. Morg.	103,17	79,12		6,24
„ 10 U. Ab.	96,93	72,88		5,07
27. Febr. 10 U. Morg.	91,86	67,81		4,82
„ 10 U. Ab.	87,04	62,99		4,47
28. Febr. 10 U. Morg.	82,57	58,52		4,56
„ 10 U. Ab.	78,01	53,96		3,87
29. Febr. 10 U. Ab.	70,26	46,21		

Während der ganzen Zeit verhielt sich die Abnahme folgendermassen:

	Gesamtw gewicht	Vegetations wasser	Verlust in 24 Stunden
24. Febr. Ab.	127,53	103,48	
25. "	110,15	86,10	17,38
26. "	96,93	72,88	13,22
27. "	87,04	62,99	9,99
28. "	78,01	53,96	9,03
29. "	70,26	46,21	7,75
1. März	63,28	39,23	6,98
2. "	56,92	32,87	6,36
3. "	51,12	27,07	5,80
4. "	46,05	22,00	5,07
5. "	41,67	17,62	4,38
6. "	38,04	13,99	3,63
7. "	34,95	10,90	3,09
8. "	32,74	8,69	2,21
10. "	29,46	5,41	1,64
12. "	27,68	3,63	0,89
15. "	26,43	2,38	0,42
21. "	25,36	1,31	0,18
31. "	24,65	0,60	0,07
14. April	24,05	0	0,04

Die geschälten Aepfel waren nun lufttrocken. Als Vegetationswasser wurde auch hier diejenige Menge angenommen, welche durch Verdunstung in gewöhnlicher Luft entzogen wird.

Die 3 ungeschälten gefrorenen Aepfel (d, e, f) hatten am 24. Februar Abends, nachdem sie im geheizten Zimmer aufgefroren waren, ein Gewicht von 141,15 Grm. Ihr Verlust bis zum 14. April war folgender:

	Gesamttgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
24. Februar	141,15	116	} 0,40 0,38 0,43 0,45 0,48 0,54 0,60
29. „	139,13	113,98	
6. März	136,83	111,68	
12. „	134,27	109,12	
21. „	130,25	105,10	
31. „	125,48	100,33	
6 April	122,23	97,08	
14. „	117,40	92,25	

Schon am 7. März fing einer der Aepfel (f) an, stellenweise in Fäulniss überzugehen; am 26. März war er ganz faul. Auch die andern beiden zeigten bald die gleichen Erscheinungen. Am 14. April war ein zweiter (d) ebenfalls ganz faul und wurde, indem er in Folge eines Druckes zerplatzte, für weitere Beobachtungen unbrauchbar. An den andern blieb die Epidermis auch während der Fäulniss ganz unversehrt. — Das Vegetationswasser wurde aus dem Ergebniss der geschälten Aepfel interpolirt.

Die beiden am 12. März noch gesunden Aepfel (d, e) zeigten bis zum 14. April folgende Abnahme:

	Gesamttgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
12. März	87,48	71,09	} 0,29
14. April	77,93	61,54	

Der am 7. März zu faulen anfangende Apfel (f) und der eine der beiden andern, der erst etwas später anfalte (e), verhielten sich folgendermassen:

	Gesamtw gewicht	f		e	
		Vegeta- tionswasser	Verlust in 24 Stunden	Gesamtw- gewicht	Verlust in 24 St.
12. März	46,79	38,03	0,22		
14. April	39,47	30,71	0,40		
21. „	36,68	27,92	0,52	37,92	0,18
30. „	31,97	23,21	0,54	36,18	0,21
9. Mai	27,14	18,38	0,65	34,27	0,23
16. „	22,58	13,82	0,61	33,64	0,25
22. „	18,91	10,15	0,51	32,12	0,28
30. „	14,84	6,08	0,43	29,85	0,30
5. Juni	12,27	3,51	0,27	28,03	0,32
16. „	9,32	0,56	0,15	24,48	0,32
24. „	8,13	— 0,63		21,53	0,37

Die Wägungen wurden später nicht genau fortgeführt. Ueber das fernere Verhalten kann ich nur beifügen, dass e noch lange an Gewicht abnahm, dass dabei aber der tägliche Verlust, welcher sich bis dahin gesteigert hatte, allmählich wieder abnahm. f war am 24. Juni beinahe lufttrocken. Das Vegetationswasser desselben, welches aus dem Ergebniss der geschälten Aepfel berechnet worden war, erscheint am 24. Juni als negative Grösse, d. h. der Apfel hatte bis dahin 0,63 Grm. mehr als sein Vegetationswasser verloren. Diess rührt von der Fäulniss her. Da dieselbe einen Theil der organischen Substanz zerstört, so sind die faulen Aepfel, nachdem sie lufttrocken geworden, leichter als die nicht gefaulten.

Die drei ungeschälten nicht gefrorenen Aepfel (g, h, i) wogen am 24. Februar Abends, nachdem sie 12 Stunden vorher in das geheizte Zimmer gebracht worden waren 140,57 Grm. Ihre Gewichtsabnahme war folgende:

	Gesamtt- gewicht	Vegetations- wasser	Verlust in 24 Stunden
24. Februar	140,57	115,50	0,40
29. „	138,55	113,48	0,39
6. März	136,23	111,16	0,36
12. „	134,05	108,98	0,39
21. „	130,52	105,45	0,47
31. „	125,85	100,78	0,53
6. April	122,66	97,59	0,62
14. „	117,67	92,60	0,81
21. „	111,98	86,91	1,31
30. „	100,23	75,16	1,56
9. Mai	86,14	61,07	1,42
16. „	76,23	51,16	

Das Vegetationswasser ist auch hier nach Analogie der geschälten Aepfel berechnet. — Einer der 3 Aepfel (g) fing schon am 8. März zu faulen an und war am 21. März ganz faul. Die andern beiden blieben etwas länger gesund; sie waren indess am 9. Mai ebenfalls gänzlich in Fäulniss übergegangen. Ihre Gewichtsverluste zeigten folgende Verhältnisse:

	g		h, i	
	Gesamtt- gewicht	Verlust in 24 Stunden	Gesamtt- gewicht	Verlust in 24 Stunden
8. März	42,40	0,12	93,07	0,24
12. „	41,93	0,14	92,12	0,25
21. „	40,67	0,19	89,85	0,27
31. „	38,74	0,25	87,11	0,28
6. April	37,22	0,34	85,44	0,28
14. „	34,50	0,51	83,17	0,30
21. „	30,93	0,95	81,05	0,36
30. „	22,41	1,05	77,82	0,52
9. Mai	12,96	0,50	73,18	0,92
16. „	9,48	0,27	66,75	1,15
22. „	7,83	0,04	59,87	1,47
30. „	7,48		48,13	1,18
5. Juni			41,06	0,98
16. „			30,25	0,61
24. „			25,36	

Der Apfel g war am 30. Mai lufttrocken. Das Gewicht der beiden andern (h, i) verminderte sich nach dem 24. Juni noch mehr als einen Monat lang, wobei der tägliche Verlust immer mehr abnahm.

Aus den vorstehenden Beobachtungen ergeben sich folgende Resultate.

1. Ein Gewebe, welches durch den Frost nicht getötet wird, verhält sich, nachdem es gefroren war, mit Rücksicht auf Verdunstung genau wie ein gleiches Gewebe, das nicht dem Froste ausgesetzt war. Gefrorene und nicht gefrorene Aepfel bedurften der nämlichen Zeit zum Austrocknen. Die ungeschälten gefrorenen Aepfel verdunsteten in den ersten 11 Tagen, auf ein Gesamtgewicht von 141,15 Grm., 4,32 Grm. oder 3,06%; die nicht gefrorenen, auf ein Gesamtgewicht von 140,57 Grm., 4,34 Grm. oder 3,09%. Die ungeschälten gefrorenen Aepfel zeigten in den ersten 50 Tagen (24. Februar — 14. April) auf ein Gesamtgewicht von 141,15 Grm. eine Abnahme von 23,75 Grm. oder 16,83%; die nicht gefrorenen auf ein Gesamtgewicht von 140,57 Grm. eine Abnahme von 22,90 Grm. oder von 16,29%. Die fast unmerklichen Verschiedenheiten rühren daher, dass die einzelnen Aepfel nicht zu gleicher Zeit anfangen in Fäulniss überzugehen.

Das durch den Frost getötete Gewebe verdunstet unter übrigens gleichen Umständen rascher als das lebende. Beim ersten Versuch wurden gefrorene Kartoffeln (c, d) in 117 Tagen (17 Febr. — 13. Juni) lufttrocken; nicht gefrorene (e, f) bedurften dazu 330 Tage (17. Februar 1860 — 12 Jan. 1861), also beinahe 3mal so viel Zeit. Beim zweiten Versuch wurden gefrorene Kartoffeln (i, k) in 155 Tagen (26. Febr. — 30. Juli) lufttrocken; die nicht gefrorenen (l, m) befanden sich nach 342 Tagen (26. Februar 1860 — 2. Februar 1861) noch nicht in diesem Zustande. Sie enthielten noch etwa 4 Grm. in gewöhnlicher Luft abgebbares Wasser und hätten um lufttrocken zu werden noch ungefähr 65 Tage bedurft, also im Ganzen 407

Tage, wohl $2\frac{1}{2}$ mal so viel Zeit als die gefrorenen Kartoffeln. — Beim ersten Versuch verloren die gefrorenen Kartoffeln (c, d) auf ein Gesamtgewicht von 86,06 Grm. in den ersten 8 Tagen (vom 17—25 Febr.) 5,25 Grm., also 6,10 %; die nicht gefrorenen (e, f) verdunsteten auf ein Gesamtgewicht von 89,23 Grm. in der nämlichen Zeit 1,86 Grm., also 2,08 %. Beim zweiten Versuch gaben die gefrorenen Kartoffeln (i, k) von der Zeit an, wo kein tropfbar flüssiges Wasser mehr austrat, während 40 Tagen (vom 26. Febr. Abends — 6 April) auf ein Gesamtgewicht von 119,16 Grm. durch Verdunstung 34,57 Grm., also 29,01 % ab; die nicht gefrorenen Kartoffeln (l, m) verloren auf ein Gesamtgewicht von 123,32 Grm., während der nämlichen Zeit 7,11 Grm., also 5,77 %. Die gefrorenen Knollen des ersten Versuchs verdunsteten demnach in der ersten Zeit 3mal mehr, die des zweiten Versuchs 5mal mehr als die ungefrorenen.

Zwischen gefrorenen und ungefrorenen Kartoffeln besteht kein anderer Unterschied, als dass die Zellen der erstern getödtet, die der letztern noch lebenskräftig sind. Eine chemische Veränderung der Membranen, sowohl der bedeckenden Peridermis als der umschlossenen Parenchym-Zellen hat der Frost nicht verursachen können. Ein Zersprengen der Zellen durch das gefrierende Wasser hat ebenfalls nicht stattgefunden, wie ich in dem folgenden Artikel zeigen werde. Ueberhaupt ist ein wahrnehmbarer Unterschied zwischen gefrorenen und nicht gefrorenen Zellen zunächst an ihrer Substanz (des Inhaltes und der Membran) nicht vorhanden. Die durch den Frost eingetretenen Modificationen geben sich nur dadurch zu erkennen, dass die Functionen der Zellen, d. h. die chemischen und physikalischen Prozesse anders werden, dass der Inhalt in Fäulniss übergeht und die Membranen eine grössere Menge von Wasser diosmiren lassen. Offenbar bewirkt das Gefrieren gewisse Umstimmungen in der Molecularbeschaffenheit, über welche vorerst wohl nicht einmal eine Vermuthung geäußert werden kann.

Die Einwirkung des Frostes auf diejenigen Zellen, welche

durch ihn getödtet werden, ist die nämliche, welche überhaupt auf äussere, dem Leben nachtheilige mechanische oder chemische Einflüsse erfolgt. Die Zellen verlieren die dem lebenskräftigen Zustande eigenthümliche Resistenz gegen die Exosmose der Zellflüssigkeit. Schon im Moment des Auffrierens ist die Turgescenz der Zellen verschwunden, und die Verdunstung erfolgt sodann, wie durch eine todte Membran.

2. Das durch Frost getödtete Gewebe, welches mit einer aus Korksubstanz bestehenden Membran umgeben ist, verdunstet langsamer als das nämliche todte Gewebe, welches von dieser Haut entblösst wurde. Beim ersten Versuch wurden die gefrorenen ungeschälten Kartoffeln (c, d) in 117 Tagen (17. Febr. — 13. Juni), die gefrorenen geschälten (a, b) in 27 Tagen (17. Februar — 15. März), also in weniger als dem 4. Theil jener Zeit lufttrocken. Beim zweiten Versuch hatten die gefrorenen ungeschälten Kartoffeln (i, k) 155 Tage (26. Februar — 30 Juli), die gefrorenen geschälten (g, h) 34 Tage (26. Februar — 31 März) also $\frac{2}{9}$ jener Zeit nöthig, um auszutrocknen. — Beim ersten Versuch verloren die geschälten Kartoffeln (a, b) auf ein Gesamtgewicht von 74,57 Grm. in den ersten 8 Tagen (vom 17.—25. Februar) 45,28 Grm., also 60,72 %; die ungeschälten (c, d) verloren auf ein Gesamtgewicht von 86,06 Grm. während der gleichen Zeit 5 25 Grm., somit 6,10 %, d. h. 10mal weniger als jene. Beim zweiten Versuch betrug die Gewichtsabnahme der geschälten Kartoffeln (g, h) auf ein Gesamtgewicht von 100,48 Grm. während 8 Tagen (26. Febr. Abends bis 5. März) 63,27 Grm. oder 62,97 %; die Abnahme der ungeschälten (i, k) war auf ein Gesamtgewicht von 119,16 Grm. in der gleichen Zeit 10,32 Grm. oder 8,66 %, d. h. mehr als 6mal geringer.

Ein lebendes Gewebe, welches durch eine aus Korksubstanz bestehende Haut geschützt ist, verdunstet weniger, als wenn ihm dieselbe mangelt. Die geschälten Aepfel wurden in 50 Tagen (24. Februar — 14 April) lufttrocken, die ungeschälten bedurften dazu im Mittel 121 Tage (24. Febr. — 24.

Juni), also fast $2\frac{1}{2}$ mal so viel Zeit. — Die geschälten Aepfel verloren auf ein Gesamtgewicht von 137,79 Grm. während $11\frac{1}{2}$ Tagen (vom 24. Februar Morgens bis 6. März Abends) 99,75 Grm., also 72,39 %; die ungeschälten gefrorenen und nicht gefrorenen verdunsteten in der gleichen Zeit bloss den 44. Theil, nämlich die erstern auf ein Gesamtgewicht von 141,35 Grm., 4,52 Grm. oder 3,20 % die letztern auf ein Gesamtgewicht von 140,77 Grm. 4,54 Grm. oder 3,22 %.

Das ist weiter nichts als eine Bestätigung des bekannten Satzes, dass die Korksubstanz die Verdunstung verlangsamt. Die gefundenen Verhältnisse dürfen in keiner Weise urgirt werden, da sie nicht bloss durch die Differenz der Cuticula- und Peridermhäute gegenüber den gewöhnlichen Zellmembranen, sondern noch durch andere Ursachen bedingt werden. Aus den geschälten (sowohl durch den Frost getödteten als unversehrten) Pflanzentheilen tritt nämlich, besonders im Anfange, tropfbar flüssiges Wasser aus, was ohne Zweifel eine Folge des Druckes der elastischen Zellmembranen ist. Derselbe kann, auch wenn keine wahrnehmbaren Mengen von Wasser mehr ausfliessen, doch die Verdunstung befördern. Das Entblößen lebender Gewebe von Cuticula oder Periderm beraubt dieselben nämlich nicht bloss des Schutzes, sondern führt ohne allen Zweifel auch sonst noch eine geringe krankhafte Veränderung herbei, so dass sie nicht mehr die gleiche Resistenz gegen die Exosmose von Zellflüssigkeit besitzen wie früher.

3. Bei den lebenden wie bei den toden Geweben nimmt die Menge des verdunsteten Wassers von Tag zu Tag ab, bis sie lufttrocken geworden sind, vorausgesetzt, dass die äussern Verhältnisse, welche auf die Verdunstung Einfluss haben, die nämlichen bleiben. Ein Blick auf die Tabellen zeigt diess deutlich. Die Gewichtsabnahme der gefrorenen geschälten Kartoffeln des ersten Versuchs (a, b pag. 241) beträgt zuerst 12,07 Grm.; zuletzt 0,07 Grm. in 24 Stunden, beim zweiten Versuch (g, h pag. 245) anfangs 15,62 Grm., zuletzt 0,13 Grm. Die 2 gefrorenen ungeschälten Kartoffeln des ersten Versuches (c, d

pag. 242) verloren zuerst 1,10 Grm. dann 0,53 Grm. täglich; eine davon (pag. 243) verdunstete in der Folge zuerst 0,26 Grm. zuletzt 0,10 Grm.; die Ursache einer zeitweise gesteigerten Gewichtsabnahme wurde oben bereits angegeben. Bei den gefrorenen ungeschälten Kartoffeln des zweiten Versuchs (i, k pag. 246) betrug der Verlust anfänglich 2,11 Grm., zuletzt 0,09 Grm. in 24 Stunden. Die 3 geschälten Aepfel (pag. 253) verloren am ersten Tag 17,38 Grm., in den letzten Tagen je 0,04 Grm.

Diese stetige Abnahme des täglichen Verlustes kann durch andere Verhältnisse gestört werden. Bei den ungeschälten Aepfeln steigerte sie sich zuerst, um zuletzt wieder abzunehmen. Die 3 gefrorenen Aepfel (d, e, f, pag. 254) begannen mit einem täglichen Verlust von 0,40 Grm., welcher in 50 Tagen auf 0,60 Grm. stieg. Bei einem derselben (f, pag. 255) nahm der tägliche Verlust bis zum 16. Mai zu, dann wieder ab; bei einem andern (e, pag. 255) vermehrte er sich bis zum 24. Juni fortwährend. Die 3 nicht gefrorenen Aepfel (g, h, i, pag. 256) verloren anfänglich 0,36 — 0,40 Grm. täglich; die Gewichtsabnahme steigerte sich bis zum 9. und 16. Mai, zu welcher Zeit sie 1,56 und 1,42 Grm. betrug. Bei dem einen Apfel (g, pag. 256) vermehrte sich der tägliche Verlust bis zum 9. Mai, bei den beiden andern (h, i, pag. 256) bis zum 30. Mai, um dann ziemlich rasch abzunehmen. Diese ausnahmsweise Erscheinung rührt daher, dass die Aepfel bald zu faulen anfangen. So lange sie frisch sind, nimmt der tägliche Verlust stetig ab. Mit der eintretenden Fäulniss verlieren die krankhaften und absterbenden Zellen ihre Resistenz gegen die Exosmose. Der tägliche Verlust steigert sich deswegen, bis das ganze Gewebe in Fäulniss übergegangen ist; nachher findet eine Verminderung desselben statt.

Auch die Verdunstung der nicht gefrorenen Kartoffeln bot eine ähnliche Ausnahme von der Regel dar, insofern nach einiger Zeit eine Steigerung und zuletzt wieder eine Abnahme derselben eintrat. Bei den beiden Kartoffeln des ersten Versuches

(e, f, pag. 243) schwankte zuerst der tägliche Verlust; dann vermehrte er sich bis Anfang Mai und verminderte sich von da an langsam. Bei den beiden Kartoffeln des zweiten Versuches (l, m, pag. 247) trat zuerst eine Abnahme der Verdunstung ein, dann eine Zunahme bis gegen Ende Juli, und zuletzt wieder eine Abnahme. Die Störung wird durch das Keimen verursacht. Die sich entwickelnden Knospen vermehren nicht bloss überhaupt die Oberfläche der Kartoffeln, sondern ihre Stengel und kleinen Blätter verdunsten auf der Flächeneinheit viel mehr, als die mit dicker Peridermhaut versehenen Knollen.

Um das Verdunsten der Gewebe mit demjenigen einer freien Wasseroberfläche zu vergleichen, wurden während der ganzen Dauer der Versuche zwei neben den Aepfeln und Kartoffeln befindliche Gefässe mit Wasser ebenfalls immer gewogen. Die Schwierigkeit besteht in der Bestimmung der Oberfläche der Pflanzentheile. Für die Kartoffeln wendete ich folgendes Verfahren an. Es wurden die 3 Durchmesser und die denselben entsprechenden Umfänge gemessen, und darauf zwei Rotationsellipsoide berechnet, beide von gleicher Länge wie die Kartoffel, das eine mit gleichem Kubikinhalte wie dieselbe (der durch ihr Gewicht ganz genau gegeben war), das andere mit einem Querdurchmesser, welcher dem grössern Breitendurchmesser der Kartoffel entsprach. Von diesen beiden Rotationsellipsoiden war das erstere ein eingeschriebenes, das zweite ein umschriebenes; jenes hatte offenbar eine kleinere, dieses eine wenig grössere Oberfläche als die Kartoffel, wenn die Unebenheiten der letztern als die Oberfläche vergrössernd in Anschlag gebracht werden.

Die Oberfläche der beiden nicht gefrorenen Kartoffeln des ersten Versuches (e, f) betrug 13,054 — 15,458 □ C. M. Vom 17. Februar bis 15. März (in 27 Tagen) wurden von denselben 6,22 Grm. Wasser verdunstet, was auf 1 □ C. M. 0,476 — 0,402 Grm. ergibt. 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche verdunstete in der gleichen Zeit 17,85 Grm., also 37—44mal mehr. — Die Oberfläche der beiden nicht gefrorenen Kartoffeln des zwei-

ten Versuchs war 15,930 — 18,526 □ C. M. Dieselben verloren vom 26. Febr. — 6 April (in 40 $\frac{1}{2}$ Tagen) 16.12 Grm., was auf 1 □ C. M. 0,458 — 0,393 Grm. beträgt. Während dieser Zeit verdunstete 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche 26,12 Grm., also 57—66 mal mehr. — Es dürfte der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen, wenn man annimmt, die Flächeneinheit der Kartoffeln habe im erstern Falle 42, im zweiten 63mal weniger verdunstet als das freie Wasser.

An den Aepfeln wurden ebenfalls die Durchmesser und die Umfänge gemessen. Es hätten auch hier 2 Rotationsellipsoide von ungleicher Achse berechnet werden können, von denen das eine sicher eine kleinere, das andere eine grössere Oberfläche gehabt hätte. Bei der regelmässigen fast kugeligen Gestalt der Aepfel war diess nicht nöthig; ein Rotationsellipsoid mit dem Umfange des Apfels am Aequator und einer etwas längern Axe (um die Depressionen an den beiden Polen auszugleichen) musste nahezu die gleiche Oberfläche zeigen. Die 3 gefrorenen nicht geschälten Aepfel hatten zusammen eine Oberfläche von ungefähr 21,974 □ C. M., die nicht gefrorenen ungefähr 21,753 □ C. M. Vom 24. Februar bis 12. März (in 17 Tagen) verloren jene 6,88 Grm., diese 6,52 Grm. Wasser; bei jenen betrug die Verdunstung auf 1 □ C. M. 0,313, bei diesen 0,300 Grm. In der gleichen Zeit verdunstete 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche 11,05 Grm., also 35—37 mal mehr.

4. In den austrocknenden Kartoffeln gibt es eine Bewegung des Saftes, welche von keinen äussern Ursachen bedingt wird. Das Wasser strömt in der Richtung von unten nach oben, so dass das Gewebe am Grunde vertrocknet, während es am Scheitel noch frisch und saftig ist. Man hat das Saftsteigen in den Pflanzen durch zwei Kräfte erklären wollen, durch die Verdunstung der Blätter und durch die Anziehung der Wurzeln. Für manche Erscheinungen reichen diese Kräfte nicht aus, oder sind überhaupt nicht vorhanden. In dem vorliegenden Falle mangeln die Wurzeln und die Blätter; und wenn auch die Triebe bald sich zu entwickeln beginnen, und durch dieselben eine ra-

schere Verdunstung eintritt, so kann dieselbe die beobachtete Thatsache nicht im Entferntesten veranlassen. Denn ein grösserer localer Wasserverlust könnte eine Strömung der Wassertheilchen nur bis zu dem Grade hervorrufen, dass eine gleichmässige Vertheilung derselben in der ganzen Masse stattfände; er könnte aber nicht alles Wasser an die Verdunstungsstelle hinziehen und daselbst anhäufen.

Die Bewegung der Flüssigkeit in der austrocknenden Kartoffel wird daher durch innerliche Kräfte bewirkt; wie wir diess auch weitaus zum grössten Theil für das Saftsteigen in den Bäumen annehmen müssen (vgl. Pflanzenphysiologische Untersuchungen I. pag. 26). Welcher Natur diese Kräfte sind, ist noch unbekannt. — Uebrigens ist die beobachtete Erscheinung nicht neu; es ist längst bekannt, dass Sprosse von sogenannten Fettpflanzen, wenn sie trocken sind, an der Spitze fortwachsen und neue Blätter bilden können, indess sie am Grunde vertrocknen und absterben. Allein diese Thatsache, deren Bedeutung für die Lehre von der Säftebewegung unbeachtet blieb, stellt sich bei der Kartoffel viel einfacher und anschaulicher dar, und weist viel deutlicher auf die dabei stattfindenden innerlichen Vorgänge hin.

---

c) „Ueber die Wirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen.“

Die vorstehenden Untersuchungen veranlassen mich zu einer Bemerkung über den Einfluss, den niedere Temperaturgrade auf die Zellen haben. Es sind zwei Fragen, über welche die Botaniker noch ungleicher Meinung sind: 1) Gibt es Zellen, deren Säfte ohne Gefahr für ihre Lebensfähigkeit gefrieren können? 2) Welche Veränderungen bewirkt der Frost in der Membran und im Inhalt?

Die erste Frage kann zwar durch die Erfahrungen und Beobachtungen von Linné, Duhamel, Dupetit-Thouars, Schübler,