© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen.

Mittheilung aus dem pflanzenphysiologischen und agriculturchemischen Laboratorium des Polytechnikums zu Carlsruhe.

Von

Dr. L. Just.

Die Frage, welchen Widerstand die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen, bietet der experimentellen Behandlung vielfache Schwierigkeiten. Es ist nur selten möglich, für die vergleichende Untersuchung Versuchsobjecte zu gewinnen, die für die eine Versuchsreihe von Hautgebilden vollkommen umschlossen, für die andere Versuchsreihe von denselben befreit sein müssen. —

Ziemlich leicht ist diesen Erfordernissen Rechnung zu tragen bei der Anwendung von Samen und Früchten. Demgemäss wurden die nachstehend mitgetheilten Untersuchungen an Aepfeln ausgeführt. — Es kamen Aepfel, die möglichst gleichartig und sämmtlich von einer Sorte waren, zur Verwendung.

Zur Lösung der Vorfrage, ob etwa der Wassergehalt der Aepfel in nennenswerther Weise schwanke, wurde derselbe bei 12 Aepfeln festgestellt. Es ergaben sich nur Schwankungen von 0,3 Procent, so dass also in dieser Hinsicht die Versuchsobjecte sehr wohl miteinander vergleichbar sind.

Die Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt:

Es wurde ein ungeschälter Apfel in ein grosses weithalsiges Glas gehängt, an dessen Boden sich eine angemessene Quantität *Chlorcalcium* befand. Das Glas wurde durch einen gut passenden Kork verschlossen und dann in einen Horstmann'schen Thermostaten gestellt, der mit Hilfe eines Reichert'schen Thermoregulators constant auf einem bestimmten Wärmegrad erhalten wurde. Es gelang,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Temperaturschwankungen auf 0,5 % zu beschränken. Nach je 24 Stunden wurde der Gewichtsverlust festgestellt und das *Chlorcalcium* je nach Bedürfniss erneuert. Jeder einzelne Versuch wurde durch vier Tage fortgesetzt. Zur Vergleichung wurde dann ein geschälter Apfel bei derselben Temperatur in gleicher Weise behandelt. Je zwei solcher zusammengehörender Versuche wurden dann bei verschiedenen Wärmegraden wiederholt.

In Nachstehendem theile ich nun die durch den Versuch gewonnenen Resultate mit. Es ist von jedem Apfel die Oberfläche, das Gesammtgewicht, der Gewichtsverlust nach je 24 Stunden, der gesammte Gewichtsverlust nach 96 Stunden angegeben. Ferner ist der Gewichtsverlust für je ein Quadratdecimeter Oberfläche nach je 24 Stunden, sowie der Gesammtgewichtsverlust nach 96 Stunden mitgetheilt.

Ueber die Art der Oberflächenberechnung sowie über einige unvermeidliche Beobachtungsfehler, folgt später das Nöthige.

I. Apfel ungeschält. Temperatur 21°.

Oberfläche 124,654 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	103,1 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	102,1	= — 1,0 gr.	Differenz.	
= = 48	= 100,95	= — 1,15	=	=
= = 72	= 99,97	= — 0,98	=	=
= = 96	= 98,96	= — 1,01	=	=

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 4,14 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden	0,802 gr.	
nach weiteren 24	= 0,93	=
= = 24	= 0,78	=
= = 24	= 0,81	=

Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 3,322 gr.

Ia. Apfel geschält. Temperatur 21°.

Oberfläche 116,876 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht.	86,5 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	— 67,2 gr.	Differenz	19,3 gr.	
= = 48	= — 55,0	= =	12,2	=
= = 72	= — 44,09	= =	10,91	=
= = 96	= — 35,78	= =	8,31	=

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 50,72 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 16,51 gr.
nach weiteren 24 = 10,44 =
= = 24 = 9,33 =
= = 24 = 7,96 =
Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 44,24 gr.

II. Apfel ungeschält. Temperatur 26°.

Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . . 111,68 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 110,78 = — 0,90 gr. Differenz.
= = 48 = 109,70 = — 1,08 = =
= = 72 = 108,70 = — 1,00 = =
= = 96 = 108,00 = — 0,70 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 3,68 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 0,77 gr.
nach weiteren 24 = 0,92 =
= = 24 = 0,85 =
= = 24 = 0,60 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 3,14 gr.

II[a]. Apfel geschält. Temperatur 26°.

Oberfläche 94,294 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 88,9 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 68,47 = — 20,43 gr. Differenz.
= = 48 = 57,1 = — 11,37 = =
= = 72 = 48,7 = — 8,4 = =
= = 96 = 42,5 = — 6,2 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 46,4 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 21,66 gr.
nach weiteren 24 = 12,06 =
= = 24 = 8,87 =
= = 24 = 6,68 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden: 49,27 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

III. Apfel ungeschält. Temperatur 32°.
Oberfläche 116,895 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . . 98 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 94,18 gr. — 3,82 gr. Differenz.
= = 48 = 92,85 = — 1,33 = =
= = 72 = 91,47 = — 1,78 = =
= = 96 = 90,01 = — 1,46 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 8,39 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 3,26 gr.
nach weiteren 24 = 1,13 =
= = 24 = 1,51 =
= = 24 = 1,26 =

Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 7,16 gr.

IIIa. Apfel geschält. Temperatur 32°.
Oberfläche 102,767 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 91 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 67,5 gr. — 23,5 gr. Differenz.
= = 48 = 51,5 = — 16,0 = =
= = 72 = 40,4 = — 11,1 = =
= = 96 = 32,15 = — 8,25 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 58,85 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 22,86 gr.
nach weiteren 24 = 15,56 =
= = 24 = 10,80 =
= = 24 = 8,02 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 57,26 gr.

IV. Apfel ungeschält. — Temperatur 36°.
Oberfläche 141,841 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 129,7 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 126,20 gr. — 3,5 gr. Differenz.
= = 48 = 123,90 = — 2,3 = =
= = 72 = 121,95 = — 1,95 = =
= = 96 = 119,85 = — 2,10 = =

Der Apfel verlor im Ganzen in der Zeit von 96 Stunden 9,85 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 2,46 gr.
nach weiteren 24 = 1,62 =
= = 24 = 1,37 =
= = 24 = 1,41 =
Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 6,86 gr.

IV[a]. Aepfel geschält. Temperatur 36°.
Oberfläche 93,981 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	88,82 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	54,00 gr.	— 34,82 gr.	Differenz.	
= = 48 =	36,80 =	— 17,20 =	=	
= = 72 =	26,50 =	— 10,30 =	=	
= = 96 =	21,00 =	— 5,50 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 67,82 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 37,06 gr.
nach weiteren 24 = 18,30 =
= = 24 = 10,96 =
= = 24 = 5,85 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 72,17 gr.

V. Apfel ungeschält. Temperatur 42°.
Oberfläche 132,728 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	118,11 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	111,83 =	— 6,28 gr.	Differenz.	
= = 48 =	107,50 =	— 4,33 =	=	
= = 72 =	104,35 =	— 3,15 =	=	
= = 96 =	101,32 =	— 3,02 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 16,78 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 4,73 gr.
nach weiteren 24 = 3,26 =
= = 24 = 2,37 =
= = 24 = 2,27 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 12,63 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

V[a]. Apfel geschält. — Temperatur 42°.
Oberfläche 102,767 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 100,90 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 59,50 = — 41,40 gr. Differenz.
= = 48 = 36,50 = — 23,00 = =
= = 72 = 24,00 = — 12,50 = =
= = 96 = 18,85 = — 5,15 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 82,05 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 40,28 gr.
nach weiteren 24 = 22,38 =
= = 24 = 12,36 =
= = 24 = 5,01 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 80,03 gr.

VI. Apfel ungeschält. Temperatur 46°.
Oberfläche 134,366 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht. . . . 123,62 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 118,78 gr. — 4,84 gr. Differenz.
= = 48 = 113,30 = — 5,48 = =
= = 72 = 108,07 = — 5,23 = =
= = 96 = 103,72 = — 4,35 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 19,90 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 3,24 gr.
nach weiteren 24 = 4,08 =
= = 24 = 3,89 =
= = 24 = 3,24 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 14,45 gr.

VI[a]. Apfel geschält. Temperatur 46°.
Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 126,6 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 79,0 = — 47,6 gr. Differenz.
= = 48 = 51,3 = — 27,7 = =
= = 72 = 34,2 = — 17,1 = =
= = 96 = 26,2 = — 8,0 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 100,4 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 40,74 gr.
nach weiteren 24 = 23,64 =
= = 24 = 14,64 =
= = 24 = 6,84 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 85,86 gr.

VII. Apfel ungeschält. — Temperatur 56 %.
Oberfläche 113,076 Quadratcentimeter.
Anfangsgewicht . . . 93,4 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 85,00 = — 8,0 gr. Differenz.
= = 48 = 77,65 = — 7,35 = =
= = 72 = 68,78 = — 8,87 = =
= = 96 = 60,50 = — 8,28 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 32,50 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 7,07 gr.
nach weiteren 24 = 6,50 =
= = 24 = 7,84 =
= = 24 = 7,33 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 28,74 gr.

VII[a]. Apfel geschält. — Temperatur 56 %.
Oberfläche 94,293 Quadratcentimeter.
Anfangsgewicht . . . 88 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 41,30 gr. — 46,70 gr. Differenz.
= = 48 = 20,30 = — 21,00 = =
= = 72 = 14,35 = — 5,95 = =
= = 96 = 12,95 = — 2,40 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 76,05 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 49,52 gr.
nach weiteren 24 = 22,27 =
= = 24 = 6,31 =
= = 24 = 2,55 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 80,65 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

VIII. Apfel ungeschält. Temperatur 62°.
Oberfläche 128,655 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 107,72 gr.

Gewicht nach 24 Stunden	76,20	=	— 31,52 gr.	Differenz.	
= = 48	=	53,25	=	— 22,95	= =
= = 72	=	42,50	=	— 10,75	= =
= = 96	=	31,70	=	— 10,80	= =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 76,02 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden	24,57	gr.
nach weiteren 24	= 17,83	=
= = 24	= 8,55	=
= = 24	= 8,39	=

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 59,34 gr.

VIII[a]. Apfel geschält. Temperatur 62°.
Oberfläche 116,632 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 104,30 gr.

Gewicht nach 24 Stunden	51,12 gr.	—	53,18 gr.	Differenz.	
= = 48	=	30,00	=	— 21,12	= =
= = 72	=	17,90	=	— 12,10	= =
= = 96	=	15,55	=	— 2,35	= =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 88,75 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden	45,60	gr.
nach weiteren 24	= 18,11	=
= = 24	= 10,37	=
= = 24	= 2,01	=

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 76,09 gr.

IX. Apfel ungeschält. — Temperatur 74°.
Oberfläche 124,666 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 112,2 gr.

Gewicht nach 24 Stunden	73,70 gr.	—	38,50 gr.	Differenz.	
= = 48	=	48,40	=	— 25,30	= =
= = 72	=	35,45	=	— 12,95	= =
= = 96	=	27,47	=	— 7,98	= =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 84,73 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 30,96 gr.
nach weiteren 24 = 20,29 =
= = 24 = 10,38 =
= = 24 = 6,40 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 68,03 gr.

IX[a]. Apfel geschält. Temperatur 74°.
Oberfläche 109,229 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	99,63 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	43,70 =	— 56,93 gr.	Differenz.	
= = 48 =	28,52 =	— 15,18 =	=	
= = 72 =	21,3 =	— 7,22 =	=	
= = 96 =	14,9 =	— 6,40 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 85,73 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 51,64 gr.
nach weiteren 24 = 13,77 =
= = 24 = 6,55 =
= = 24 = 5,89 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 77,85 gr.

X. Apfel ungeschält. Temperatur 83°.
Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	113,30 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	79,75 gr.	— 33,55 gr.	Differenz.	
= = 48 =	48,92 =	— 30,83 =	=	
= = 72 =	29,35 =	— 19,67 =	=	
= = 96 =	22,10 =	— 7,25 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 91,30 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 28,70 gr.
nach weiteren 24 = 26,38 =
= = 24 = 16,83 =
= = 24 = 6,20 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 78,11 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

X[a]. Apfel geschält. — Temperatur 83°.

Oberfläche 102,018 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 84,75 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 40,50 = — 44,25 gr. Differenz.

= = 48 = 15,70 = — 24,80 = =

= = 72 = 14,00 = — 1,70 = =

= = 96 = 13,60 = — 0,40 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 71,15 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 53,37 gr.

nach weiteren 24 = 14,31 =

= = 24 = 1,66 =

= = 24 = 0,39 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 69,73 gr.

XI. Apfel ungeschält. Temperatur 97°.

Oberfläche 138,527 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 119,4 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 63,225 gr. — 56,175 gr. Differenz.

= = 48 = 30,520 = — 32,705 = =

= = 72 = 18,230 = — 12,290 = =

= = 96 = 17,040 = — 1,190 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 102,360 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 40,56 gr.

nach weiteren 24 = 23,61 =

= = 24 = 8,87 =

= = 24 = 0,85 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 73,89 gr.

XI[a]. Apfel geschält. — Temperatur 97°.

Oberfläche 132,665 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 112,57 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 37,10 = — 75,47 gr. Differenz.

= = 48 = 17,58 = — 19,52 = =

= = 72 = 15,80 = — 1,78 = =

= = 96 = 14,82 = — 0,98 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 97,75 gr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach	24	Stunden	56,88 gr.
nach weiteren	24	=	14,71 =
=	24	=	1,34 =
=	24	=	0,74 =

Der Apfel hatte verloren pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 73,67 gr.

Die vorstehend mitgetheilten Untersuchungsresultate, soweit sie die Verdunstung für je ein Quadratdecimeter Oberfläche betreffen, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die Oberfläche der Aepfel wurde in der Weise bestimmt, dass ich an je sechs verschiedenen Stellen den Durchmesser mass, aus den gewonnenen Zahlen den mittleren Durchmesser berechnete. Dann wurde die, diesem mittlern Durchmesser entsprechende Kugeloberfläche berechnet und als Oberfläche des betreffenden Apfels angenommen. Dass dieses Verfahren zulässig ist, ergiebt sich aus folgendem Versuch:

Ich bestimmte das Volumen eines Apfels und berechnete die einer Kugel von dem gefundenen Volumen entsprechende Oberfläche. Die auf solche Weise gefundene Oberflächengrösse stimmte mit der aus dem mittlern Durchmesser gefundenen so gut überein, dass sich nur Differenzen von 0,3 Quadratcentimetern ergaben.

Um zur Aufklärung der vorliegenden Frage aus den angestellten Untersuchungen einen Schluss zu ziehen, darf man jedenfalls nur die Verdunstung von einer bestimmten Oberfläche, hier also die Zahlen, welche die Verdunstung von ein Quadratdecimeter Oberfläche angeben, berücksichtigen. — Die Angabe der Verdunstung in Gewichtsprocenten ist für den vorliegenden Fall nicht brauchbar. Es ist dies eigentlich selbstverständlich, denn die Intensität jeder Verdunstung ist ja, abgesehen von andern Bedingungen, immer abhängig von der Grösse der verdunstenden Fläche, und unter sonst gleichen Verhältnissen muss eine kleinere verdunstende Masse, bei grösserer verdunstender Oberfläche, durch Verdunstung mehr an Gewicht verlieren, als eine grössere Masse, bei kleinerer Oberfläche. Bei den zum Versuch verwendeten Aepfeln entsprechen die Massen durchaus nicht den Oberflächen. Bei dem Apfel II. z. B. kommen auf je ein Quadratdecimeter Oberfläche 95,5 gr. Substanz, bei dem Apfel III. hingegen nur 83,8 gr. Dennoch ergiebt sich als Verdunstung von einem Quadratdecimeter Oberfläche, bei Apfel II., innerhalb 96 Stunden, und bei einer Temperatur von 26°, nur 3,140 gr. Von Apfel III. hingegen werden von der gleichen Fläche, in gleicher Zeit bei einer

Verdunstung pro Quadratdecimeter Oberfläche.

№	Temperatur.	Ungeschält. Nach je 24 Stunden. I. Gr.	II. Gr.	III. Gr.	IV. Gr.	Im Ganzen nach 96 Stunden.	Geschält. Nach je 24 Stunden. I. Gr.	II. Gr.	III. Gr.	IV. Gr.	Im Ganzen nach 96 Stunden.	№
I.	21°.	0,802.	0,93.	0,78.	0,81.	3,322.	16,51.	10,44.	9,33.	7,96.	44,24.	I a.
II.	26°.	0,77.	0,92.	0,85.	0,60.	3,140.	21,66.	12,06.	8,87.	6,68.	49,27.	II a.
III.	32°.	3,26.	1,13.	1,51.	1,26.	7,160.	22,86.	15,56.	10,80.	8,02.	57,26.	III a.
IV.	36°.	2,46.	1,62.	1,37.	1,41.	6,860.	37,06.	18,30.	10,96.	5,85.	72,17.	IV a.
V.	42°.	4,73.	3,26.	2,37.	2,27.	12,63.	40,28.	22,38.	12,36.	5,01.	80,03.	V a.
VI.	46°.	3,24.	4,08.	3,89.	3,24.	14,45.	40,74.	23,64.	14,64.	6,84.	85,86.	VI a.
VII.	56°.	7,07.	6,50.	7,84.	7,33.	28,74.	49,52.	22,27.	6,31.	2,55.	80,65.	VII a.
VIII.	62°.	24,57.	17,83.	8,55.	8,39.	59,34.	45,60.	18,11.	10,37.	2,01.	76,09.	VIII a.
IX.	74°.	30,96.	20,29.	10,38.	6,40.	68,03.	51,64.	13,77.	6,55.	5,89.	77,85.	IX a.
X.	83°.	28,70.	26,38.	16,83.	6,20.	78,11.	53,37.	14,31.	1,66.	0,39.	69,73.	X a.
XI.	97°.	40,56.	23,61.	8,87.	0,85.	73,89.	56,88.	14,71.	1,34.	0,74.	73,67.	XI a.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Temperatur von 32° verdunstet 7,160 gr. Trotz der geringeren Masse ist also die Verdunstung, im zweiten Fall, entsprechend der höhern Temperatur, bei gleicher Oberfläche eine grössere als im ersten Fall.

Würde man hier die Verdunstung einfach als Gewichtsverlust in Procenten angegeben haben, so fände man auch hier bei Apfel III. eine Steigerung der Verdunstung gegen Apfel II.; denn während dieselbe bei II. 3,29% beträgt, steigt sie bei III. auf 8,56%. —

Wie wenig brauchbar jedoch die Angabe nach Gewichtsprocenten ist, wird sehr deutlich aus den bei I^a und II^a gewonnenen Resultaten. Bei I^a beträgt die Verdunstung für ein Quadratdecimeter Oberfläche 44,24 gr., bei II^a 49,27 gr., es ist also gemäss der Temperatursteigerung eine deutliche Steigerung der Verdunstung bemerkbar. Würde man jedoch in diesen beiden Fällen die Verdunstung in Gewichtsprocenten angegeben haben, so erhielte man für I^a eine Verdunstung von 57,48%; für II^a eine solche von 52,27%; es würde also scheinen, als ob die Verdunstung bei der höhern Temperatur eine geringere sei als bei der niedern. Ich bin auf diese eigentlich selbstverständlichen Dinge etwas ausführlicher eingegangen, weil sonst bei Arbeiten über Verdunstung hierauf nicht immer genügend Rücksicht genommen wurde.

Auf der nachstehenden Curventafel sind die gewonnenen Resultate, soweit sie die Verdunstung bei den verschiedenen Aepfeln in je 96 Stunden betreffen, graphisch dargestellt. Auf der Abscissenaxe sind die Temperaturwerthe, auf der Ordinatenaxe die Verdunstungswerthe aufgetragen. —

Es ergiebt sich aus dem Verlauf dieser Curven Folgendes:

Bei den ungeschälten Aepfeln ist die Verdunstung bei den Temperaturen von 21—46° eine relativ geringe und langsam steigende. Von 46° an jedoch wird die Verdunstung eine sehr energische, von 63° an steigt zwar die Verdunstung bei höheren Temperaturen noch, jedoch mit verminderter Energie. Bei 83° ist das Maximum der Verdunstung erreicht, denn von 83° bis 97° tritt wieder eine Verminderung derselben ein. —

Bei den geschälten Aepfeln ist die Verdunstung schon bei der Temperatur von 21° eine sehr energische und behält diese Energie mit ziemlich gleichmässiger Steigerung bei bis zur Temperatur von 46°, um bei diesem Punkt ein Maximum zu erreichen. —

Während bei 21° die Verdunstung des geschälten Apfels noch 13,2 mal so gross ist, als bei dem ungeschälten, ist sie bei 46° nur noch 5,9 mal so gross.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

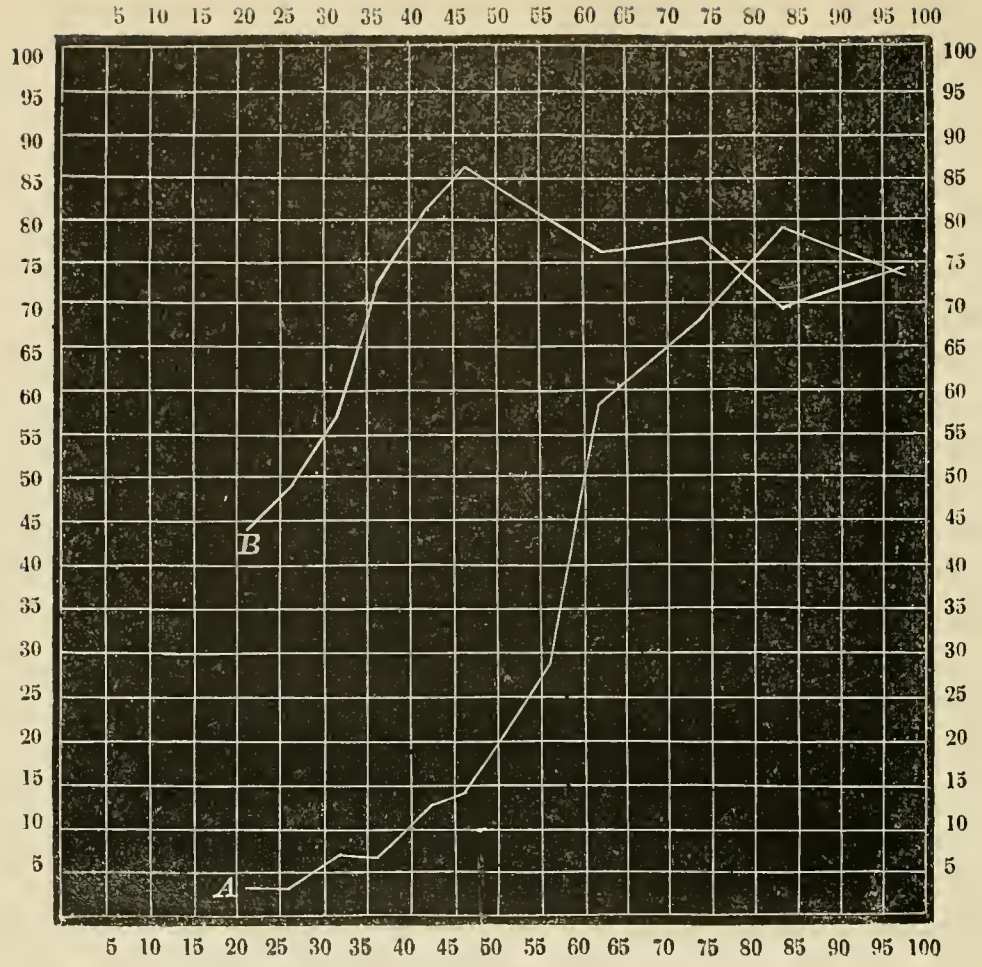

Fig. 1.

Von 46° an fällt die Verdunstung des geschälten Apfels mit geringen Schwankungen, um bei 78° nur noch denselben Werth zu haben wie diejenige des nicht geschälten Apfels. Von 78 Grad an wird die Verdunstung beim geschälten Apfel sogar geringer als beim ungeschälten, bei 97° sind die Verdunstungsgrössen bei beiden Aepfeln wieder gleich. —

Wenn man den Verlauf der Curven von einer Temperaturstufe zur andern verfolgt, so zeigen sich gewisse Abweichungen von dem allgemeinen Gesetz, nach welchem die Verdunstung stattfindet. Besonders auffallend ist dies bei den ungeschälten Aepfeln. So ist z. B. die Verdunstung von ein Quadratdecimeter Oberfläche bei 26° geringer als bei 21°, ebenso bei 36° geringer als bei 32°. — Dieser Umstand erklärt sich keineswegs dadurch, dass bei den Aepfeln, welche bei 26° (II.) resp. 36° (IV.) verdunsten, auf ein Quadratdecimeter Oberfläche weniger verdunstende Masse komme, als bei denjenigen Aepfeln, die bei 21° (I.) resp. 32° (III.) verdunsten. Während bei diesen die einem Quadratdecimeter Oberfläche entsprechenden Massen 82,7 und 83,8 gr. betragen, betragen sie bei

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

jenen 95,5 und 91,8 gr. Die erwähnte Erscheinung kann somit wohl nur dadurch bedingt sein, dass bei den Aepfeln II. und IV. die Hautgebilde durch ihre anatomischen Eigenschaften der Verdunstung einen grössern Widerstand entgegensetzen konnten, als die Hautgebilde bei den Aepfeln I. und III.

Man könnte meinen, dass solche Unterschiede in den Hautbildungen die Deutlichkeit der Beobachtungen sehr stören müssten. Indessen kann dieses Moment, wenn es auch die Deutlichkeit der einzelnen Beobachtung trübt, doch nicht die Erkenntniss des allgemeinen Verlaufs der Verdunstung stören. Es ist Letzteres um so weniger der Fall, wenn man Folgendes berücksichtigt:

Es ergab sich, dass bei den ungeschälten Aepfeln die Verdunstung von 21° bis 46° verhältnissmässig langsam zunahm, dass sie von 46° an immer energischer wurde. Diese plötzliche, vermehrte Steigerung der Verdunstung kann jedenfalls nur daran liegen, dass bis 46° der Widerstand, den die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzt, nachlässt, ein Moment, welches allmählich bewirkt, dass bei 78° die Verdunstung bei den ungeschälten Aepfeln ebenso gross wird als bei den geschälten. Es ist sehr bemerkenswerth, dass bei derselben Temperatur, bei welcher die Verdunstung bei den ungeschälten Aepfeln plötzlich sehr steigt, diese bei den geschälten Aepfeln ihr Maximum erreicht. Es scheint also, als ob bei der Temperatur von 46° sehr wesentliche Aenderungen im molecularen Aufbau der Zellen, welche an der verdunstenden Oberfläche liegen, eintreten. Welcher Art diese Aenderungen sein mögen, weiss ich zunächst nicht zu entscheiden. Bei dem sehr verschiedenen Aufbau dieser Zellen, die bei den ungeschälten Aepfeln Epidermiszellen, bei den geschälten Parenchymzellen des Grundgewebes sind, ist die Wirkung jener Aenderungen eine ganz entgegengesetzte.

Bei den geschälten Aepfeln wird die leichte Verdunstung der Parenchymzellen vermindert, so dass die Verdunstung minder ergiebig wird. Bei den ungeschälten Aepfeln hingegen wird der Widerstand, den die Oberhautzellen der Verdunstung entgegensetzen, vermindert, so dass die Verdunstung eine ausgiebigere wird.

Besonders bei den geschälten Aepfeln ist es bemerkbar, dass die Verdunstung in sehr viel höherm Grade von den der Oberfläche nächstliegenden Zellen ausgeht, als von den tieferliegenden. Schon bei einer Temperatur von ungefähr 40° sind die Aussenzellen nahezu trocken, während die Innenzellen noch ganz mit Saft gefüllt sind. Diese saftarmen Aussenzellen bilden einen Ersatz für die abgeschälte Oberhaut, der eben bei 46° die Verdunstung schon in so hohem

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Grade beeinträchtigt, dass dieselbe bei dieser Temperatur ihr Maximum erreicht und von da an bei höhern Temperaturen immer geringer wird.

Wie aus den mitgetheilten Beobachtungsresultaten und auch aus dem Verlauf der Curve B. ersichtlich ist, zeigen sich in der Abnahme der Verdunstung bei den geschälten Aepfeln einige Schwankungen. So ist z. B. die Verdunstung bei 74° etwas grösser als bei 62° und 83°; bei 97° etwas höher als bei 83°. Diese Abweichungen müssen wohl ebenfalls durch abweichende Organisation der betreffenden Parenchymzellen ihre Erklärung finden, denn im Allgemeinen ist sicher von 46° an eine Abnahme der Verdunstung bemerkbar.

Aus dem Umstand, dass bei 78° die Verdunstung bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln gleich gross ist, darf man noch nicht schliessen, dass bei dieser Temperatur der Widerstand, welchen die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzt, ganz geschwunden sei. Dass er nicht schon bei niederer Temperatur auf Null reducirt sein kann, ist selbstverständlich, denn sonst müssten die beiden Curven schon bei niederer Temperatur zusammentreffen. Dieser Widerstand besteht aber auch noch über 78° hinaus in sehr deutlicher Weise. Wenn auch der in vier Tagen erreichte Gesammteffekt bei 78° bei beiden Aepfeln ein gleicher ist, so ist derselbe doch in sehr verschiedener Weise gewonnen. Wenn man die durch Verdunstung nach je 24 Stunden (cf. pag. 22) abgegebenen Wassermengen vergleicht, so findet man mit wenig Ausnahmen, dass bei den geschälten Aepfeln die ausgiebigste Verdunstung auf die ersten 24 Stunden fällt, dass sie ferner in dieser Zeit stets bedeutend grösser als bei den ungeschälten Aepfeln ist. Es ist somit auch bei einer Temperatur von 97° der Widerstand der Oberhaut gegen Verdunstung noch deutlich bemerkbar. Das gleichmässige Verlaufen der beiden Curven von 78° an ist dadurch erklärlich, dass ja die verdunstende Masse eine beschränkte Grösse ist. Bei den geschälten Aepfeln wird, zumal bei etwas höhern Temperaturen, die Hauptmasse des verdunstenden Wassers am ersten und zweiten Tage abgegeben, so dass für die beiden nächsten Tage nur noch wenig verdunstendes Material übrig bleibt. Bei den ungeschälten Aepfeln hingegen nimmt die Verdunstung vom ersten bis vierten Tage allmählich ab. Der Gesammteffekt kann dann sehr wohl in beiden Fällen derselbe sein.

Die Thatsache, dass der Verdunstungswiderstand der Oberhaut von 46° an sehr deutlich schwindet, ergiebt sich aus den für den ersten Beobachtungstag gewonnenen Zahlen ebenso, wie aus den Summen, welche die Verdunstung durch vier Tage zusammen angeben. Aus der beigegebenen Tabelle ist dies ersichtlich. —

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei den ungeschälten Aepfeln erreicht die Verdunstung bei 83° ein Maximum, denn bei 97° ist sie wieder geringer, jedoch nur dann, wenn man die Gesammtverdunstung von vier Tagen berücksichtigt. Diese Thatsache wird dadurch erklärlich, dass sich auch bei dem ungeschälten Apfel unter der eigentlichen Oberhaut durch Austrocknen der äussern Parenchymzellen eine Haut bildet, welche zwischen 83° und 97° genügenden Schutz gegen die weitere Zunahme der Verdunstung bietet. Es ist bemerkbar, dass dieser Umstand nur sehr allmählich wirksam wird. Wenn man nämlich bei 83° und 97° die Verdunstung am ersten Tage berücksichtigt, so findet man, dass dieselbe von der niedern zur höhern Temperaturstufe noch entschieden steigt, nämlich von 28,70 gr. zu 40,56 gr. Während dann aber bei 83° die Verdunstung in den folgenden Tagen sehr allmählich abnimmt, fällt sie bei 97° sehr schnell, weil sich eben hier nach dem ersten Tage eine Schutz gewährende Haut aus den äussern Lagen der Parenchymzellen gebildet hat. —

Wie erwähnt bildet sich bei den geschälten Aepfeln schon von 46° an aus den austrocknenden äussern Parenchymzellen eine Hülle, welche bewirkt, dass bei höhern Temperaturen die Verdunstung eine geringere wird. Diese Hülle wird erst besonders wirksam, nachdem die betreffende Temperatur länger als 24 Stunden einwirkte. Wenn man nämlich die Verdunstungsgrössen für den ersten Tag vergleicht, (s. pag. 22.) so sieht man, dass dieselben von 46° bis 97° ziemlich gleichmässig zunehmen, während dieselben an den nächsten Tagen ziemlich gleichmässig abnehmen. In dem Grade als sich die erwähnte Hülle bei den geschälten Aepfeln bildet, schrumpfen diese zusammen, behalten dabei jedoch stets eine vollkommen glatte Oberfläche.

Etwas anders verläuft dieser Prozess bei den ungeschälten Aepfeln. Diese behalten nämlich, selbst bei ganz hohen Temperaturen, in den ersten Stunden (bei 97° noch durch 20 Stunden) das ursprüngliche Volumen bei. Die Oberhautzellen haben nicht die Fähigkeit, bei der Einwirkung höherer Temperatur, sich nach allen Richtungen des Raumes in gleichem Grade zusammenzuziehen, wie dies bei den Parenchymzellen des Grundgewebes der Fall ist. Die Oberhaut behält also die ursprüngliche Ausdehnung nahezu bei, während die unter ihr liegenden Parenchymzellen in Folge von Wasserabgabe danach streben, sich zusammenzuziehen. Hieran werden sie jedoch gehindert, da sie sich mit der Oberhaut in organischem Zusammenhang befinden. Es muss somit zwischen der Oberhaut und den äussern Parenchymzellen eine gewisse Spannung entstehen. So lange diese Spannung besteht, kommt es bei den ungeschälten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Aepfeln nicht zur Bildung jener Hülle aus Parenchymzellen und in Folge dessen ist die Wasserabgabe bei den ungeschälten Aepfeln mehr auf die ganze verdunstende Masse vertheilt, wenn auch selbstverständlich in der Art, dass die äussern Partieen mehr Wasser abgeben als die innern. Bei den geschälten Aepfeln hingegen liefern vorwiegend die äussern Zellen, und nach Bildung der mehrfach erwähnten Hülle, die unmittelbar unter derselben liegenden Parenchymzellen, das Verdunstungsmaterial. Die Hülle setzt selbst bei höherer Temperatur ganz scharf gegen safterfülltes Gewebe ab.

Sobald jene Spannung zwischen Parenchymzellen und Oberhaut eine solche Grösse erreicht hat, dass die Oberhaut dem Zug der Parenchymzellen nicht mehr Widerstand leisten kann, verlieren auch die ungeschälten Aepfel schnell an Volumen; sie behalten jedoch keine glatte Oberfläche, sondern sind von der vielfach gefalteten Oberhaut bedeckt. Sobald dieses Zusammenschrumpfen der ungeschälten Aepfel beginnt, bildet sich auch bei diesen eine Hülle aus eingetrockneten Parenchymzellen, welche den noch bestehenden Verdunstungswiderstand der Oberhaut verstärkt. Diese Hülle muss sich jedoch, bei gleichen Temperaturen, bei den ungeschälten Apfeln viel weniger vollkommen ausbilden als bei den geschälten, da der starken Austrocknung der betreffenden Parenchymzellen durch die über ihnen liegende Oberhaut entgegengewirkt wird. Erst von 83° an bewirken Oberhaut und Hülle, dass die Verdunstung ein Maximum erreicht und nach 97° hin wieder fällt; während die bei den geschälten Aepfeln entstehende Hülle schon bei 46° ein Verdunstungsmaximum bewirkt. — Bei Berechnung der in der Tabelle mitgetheilten Zahlen wurde angenommen, dass die zu Anfang des Versuchs gefundene Oberfläche der einzelnen Aepfel constant bleibe. Nun ist dies jedoch nicht der Fall, denn das Volumen der Aepfel, somit auch die Oberfläche, wird bei der Verdunstung kleiner. Störend wirkt dieses Moment zumal bei niedern und mittlern Temperaturen etwa bis 70° hin, denn innerhalb dieser Temperaturen ist die Volumenabnahme, somit auch die Abnahme der Oberfläche, bei den ungeschälten Aepfeln in nennenswerther Weise geringer als bei den geschälten. Will man diesen Umstand mit berücksichtigen, so müsste sich die Verdunstungsdifferenz bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln noch höher herausstellen. — Bei Temperaturen über 70° hinaus jedoch kann man den Umstand der Oberflächenänderung vernachlässigen, da derselbe dann bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln immer gleichartiger wird, in beiden Fällen also in gleicher Weise wirkt, so dass das Verhältniss zwischen der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Verdunstung der ungeschälten und derjenigen der geschälten Aepfel nicht gestört wird.

In kurzer Zusammenfassung ergiebt sich also Folgendes:

1) Der Widerstand, den die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzte, ist bei niedern Temperaturen ein sehr energischer.

2) Dieser Widerstand wird von 46° an deutlich vermindert, ist jedoch auch bei 97° noch bemerkbar.

3) Bei geschälten Aepfeln bildet sich aus eintrocknenden Parenchymzellen des Grundgewebes eine Hülle, welche der schnellen Verdunstung entgegenwirkt und Veranlassung dazu ist, dass das Maximum der Verdunstung schon bei 46° erreicht wird.

4) Diese Hülle bildet sich nur allmählich, so dass sie in den ersten 24 Stunden noch nicht genügend wirksam wird. Somit nimmt die Verdunstung in den ersten 24 Stunden, auch bei den geschälten Aepfeln, bis 97° hin andauernd zu. Erst wenn man die Gesammtverdunstung durch 96 Stunden berücksichtigt, findet sich von 46° an bis zu 97° eine Abnahme. —

5) Solche Hülle bildet sich auch bei den ungeschälten Aepfeln, aber erst wenn die im Anfang der Verdunstung bestehende Spannung zwischen Oberhaut und Parenchymzellen geschwunden ist. Bei den ungeschälten Aepfeln bildet sich diese Hülle weniger deutlich aus als bei den geschälten Aepfeln; erst bei 83° erreicht dieselbe einen solchen Einfluss, dass sie von dieser Temperatur an, unterstützt durch den noch bestehenden Verdunstungswiderstand der Oberhaut, eine Abnahme der Verdunstung bewirkt.

6) Die hier mitgetheilten Resultate können bei der zweifellosen Verschiedenheit der unzähligen, überhaupt möglichen Fälle, keine allgemeinere Anwendung finden. Immerhin mag durch diese Untersuchungen zur Klärung der in Rede stehenden Frage ein geringer Beitrag geliefert sein; wie es mir vielleicht auch gelungen ist, auf einzelne Gesichtspunkte, die bei ähnlichen Untersuchungen besonders zu berücksichtigen sind, aufmerksam gemacht zu haben.

Carlsruhe im Januar 1874.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Biologie der Pflanzen

Jahr/Year: 1875

Band/Volume: 1_3

Autor(en)/Author(s): Just J.

Artikel/Article: Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen 11-29