Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 53 (1963)

Artikel: Beeinflussung der Absorption durch Temperatur und einige chemische Körper : Kupfersulfat, Pikrinsäure, Methylsäure, Äthylalkohol und Gesafid

Autor: Wicki, Joseph

Kapitel: V: Der Einfluss von Methyl- und Äthylalkohol auf die lebende pflanzliche Zelle

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308412

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

V. Der Einfluß von Methyl- und Äthylalkohol auf die lebende pflanzliche Zelle

A. Frühere Untersuchungen

Nachdem *Pfeffer* (1886, S. 179) für einige Anilinfarben, *Klebs* (1887, S. 187 und 1888, S. 565) für Glycerin und *de Vries* (Opera collata, Vol. II, S. 553) für Harnstoff nachgewiesen hatten, daß diese Stoffe durch das lebende Protoplasma in die Zelle einzutreten vermögen, untersuchte *Overton* (1895, S. 159 ; 1896, S. 383 ; 1899, S. 88) die Durchlässigkeitsverhältnisse von ca. 500 Verbindungen meist organischer Natur. Darauf stellte er die Hypothese auf (1902, S. 118), « daß die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der pflanzlichen und thierischen Zellen auf einem auswählenden Lösungsvermögen der Grenzschichten des Protoplasmas für verschiedene Verbindungen beruhen, und zwar so, daß diese Grenzschichten von einer Substanz oder von einem Gemisch von Substanzen imprägniert sind, deren Lösungsvermögen für die verschiedensten Verbindungen im Großen und Ganzen mit dem Lösungsvermögen eines fetten Öls nahe übereinstimmt. Es wurde als wahrscheinlich erachtet, daß die imprägnirende Substanz eine cholesterinartige Verbindung oder ein Gemisch von Lecithin und Cholesterin sei ».

Overton (1895, S. 179 ff.) fand, daß u. a. Methyl- und Äthylalkohol die lebenden Protoplasten sofort durchdringen. Nach seiner Berechnung sollte eine 1,1 $^0/_0$-ige Äthylalkohollösung genügen, um an **Spirogyra**-Zellen eine gleichstarke Plasmolyse hervorzurufen wie eine 8 $^0/_0$-ige Rohrzuckerlösung. Der besagte Autor schreibt dazu (S. 180) : « Ein 1 $^1/_2$ p. c. Alkohol mußte also eine ziemlich starke Plasmolyse verursachen. Meine Vermutung ging dahin, daß zunächst Plasmolyse eintreten würde, um bald wieder zu verschwinden. Es trat aber überhaupt keine Plasmolyse ein ; ebensowenig in einer 2 und 3 p. c. Lösung, obgleich letztere nach der Rechnung mit einer zirka 22 p. c. Rohrzuckerlösung isosmotisch ist. Dabei blieb die Alge völlig gesund. – Ich bin nun so verfahren, daß ich eine 3 p. c. Lösung des Alkohols in 8 p. c. Rohrzucker bereitete und brachte darauf die betreffende Alge in diese Lösung. Es trat eine genau ebenso große Plasmolyse ein, wie in der 8 p. c. Rohrzuckerlösung allein. Es war also nur eine Erklärung möglich : Die gelösten Alkoholmoleküle dringen durch die Grenzschichten

des Protoplasmas ebenso schnell ein wie durch die Cellulosemembran. »

Später studierten *Stiles* und *Jørgensen* (1917, S. 47) den Einfluß verschiedener organischer Substanzen auf die Permeabilität der pflanzlichen Zelle. Sie arbeiteten mit einer Leitfähigkeitsmethode (vgl. S. 50) : « This method consists essentially of measuring the rate of exosmosis of electrolytes from plant tissue by means of measurements of the electrical conductivity of the solution in which the tissue is placed. » Mit steigendem Molekulargewicht der verwendeten Alkohole stellte sich auch stärkere Exosmose ein. Dazu bemerkten die Autoren folgendes (S. 75) : « Equimolecular solutions of different substances do not bring about the same exosmosis. Thus, in the homologous series of the monohydric alcohols, the more complex the molecule the greater the exosmosis produced by solutions of equimolecular strength. » So bewirkten z. B. eine 3,2-molige Methyl- und eine 1,6-molige Äthylalkohollösung gleichstarke Exosmose (vgl. S. 69). Mit dieser Methode wurde allerdings nur der Austritt der Elektrolyten erfaßt, wie die Verfasser selber bemerkten. Weiter untersuchten *Stiles* und *Jørgensen* (1917a, S. 426) mit der Wägemethode die Gewichtsänderung von Kartoffelstückchen in Äthyl- und sekundärem Oktylalkohol. Ersterer bewirkte eine Gewichtszunahme auch in Konzentrationen, die sie für hypertonisch hielten. Abschließend schreiben die Autoren (S. 433) : « In the case of certain substances which enter the cell, such as the primary alcohols, preliminary swelling takes place in solutions of much higher concentration than isotonic solutions as determined by experiments with sodium chloride and sucrose. Subsequently shrinkage or depressed swelling occurs in all concentrations, which is correlated with the alteration of the permeability of the protoplasm and the death of the tissue. This shrinkage is due to toxic action and not plasmolysis. » Aus ihren Versuchen mit der Wägemethode geht auch hervor, daß der niedrigere Alkohol (Äthylalkohol) gegenüber dem höhern (sekundärer Oktylalkohol) weniger giftig ist ; denn eine 0,003-molige Lösung von sekundärem Oktylalkohol bewirkte an Kartoffelgewebe nach 16 $^1/_2$-stündiger Einlage eine starke Gewichtsabnahme (vgl. S. 428), während nach derselben Zeit unter Einfluß einer 0,5-moligen Äthylalkohollösung die Absorption immer noch im Steigen war (vgl. S. 426). Ihre Ergebnisse mit der Wäge- und der Leitfähigkeitsmethode decken sich darin, daß niedrigere Alkohole eine geringere Exosmose bewirken als gleichmolare höhere.

Bärlund (1929, S. 1) machte seine Permeabilitätsstudien mit Hilfe einer Partialdruckmethode. Er schreibt (S. 28) : « Bei ausschließlicher Anwendung des eben dargelegten gewöhnlichen Reihenverfahrens wäre es unmöglich gewesen, vergleichsweise die plasmolysierende Wirkung aller jener Verbindungen auf die **Rhoeo**-Zellen zu prüfen, mit denen ich, wie oben erwähnt, in dieser Hinsicht positive Resultate erzielt habe. Denn erstens lösen sich manche derselben in Wasser nicht in solcher Konzentration, daß sie die Zellen plasmolysieren würden ; andere (z. B. Monochlorhydrin, Glycerinmonoäthyläther, Antipyrin) beschädigen sie in stärkerer Konzentration, während schließlich wieder andere (z. B. die Urethane, Methyl- und Äthylalkohol) so schnell permeieren, daß sie auch in großer Konzentration angewandt keine Plasmolyse verursachen. » Über die Untersuchungsmethode schreibt der Autor (S. 28) : « Der Grundgedanke der Methode der Partialdrucke ist der, daß man durch Zusatz eines nicht eindringenden Stoffes, z. B. Zucker, zu einer Lösung, die an und für sich zu schwach ist, um Plasmolyse herbeizuführen, den osmotischen Wert dieser Lösung um einen bestimmten Betrag erhöht, so daß sie plasmolysierend wirkt. » Auf diese Weise konnte eine gewisse Saugwirkung von Methyl- und Äthylalkohol auf **Rhoeo**-Zellen nachgewiesen werden (vgl. S. 36). Zudem permeiert nach den Ausführungen von *Bärlund* (S. 87) Methylalkohol etwas leichter als Äthylalkohol, während *Overton* (1895, S. 181) für diese Alkohole noch keine unterschiedlichen Permeationsgeschwindigkeiten festgestellt hatte.

Holdheide (1932, S. 244) fand, daß Zellen von **Hydrodictyon** und andern Algen in Methyl- und Äthylalkohol bestimmter Konzentrationen platzen. Die Plasmoptysezahl – das sind die geplatzten Zellen in Prozenten aller untersuchten Zellen – nahm mit steigender Konzentration bis zu einem gewissen Grad zu, dann wieder ab. Hierüber schreibt der Autor (S. 296) : « Letzteres ist auf die Giftwirkung der angewandten Stoffe zurückzuführen, die u. a. auch in einer Erhöhung der Wasserpermeabilität zum Ausdruck kommt. Nur die Differenz zwischen eindringendem Stoff und austretendem Wasser ist plasmoptytisch wirksam. » Für das Zustandekommen der Plasmoptyse muß somit der Eintritt des Alkohols rascher erfolgen als der Austritt des Zellsaftes ; denn nach den Befunden von *Holdheide* (1932, S. 246 ff.) konnte diese Erscheinung nicht auf einer entsprechenden Veränderung der Zellwände beruhen.

Aus der Arbeit von *Collander* und *Bärlund* (1933, S. 1) seien noch Beobachtungen an **Chara**-Zellen in Methyl- und Äthylalkohol angeführt (S. 109 und 110) : « Mit mäßigen Alkoholkonzentrationen übergossen, ziehen sich die Zellen zuerst etwas zusammen und nehmen nach ein paar Minuten ihre ursprüngliche Länge wieder an. Aus der Alkohollösung in Wasser zurückversetzt, nehmen sie zuerst an Länge zu und ziehen sich dann auf ihre ursprüngliche Länge zusammen. Hieraus wird geschlossen, daß das Wasser noch leichter als die Alkohole permeiert. Bei der Verwendung extrem großer Alkoholkonzentrationen scheint allerdings eine Permeabilitätsänderung einzutreten, so daß die Zellen nunmehr permeabler für Alkohol als für Wasser sind. »

Zehetner (1934, S. 505) fand mit einem Partialdruckverfahren, daß bei den von ihm untersuchten pflanzlichen Objekten zwei prinzipiell verschiedene Reaktionsweisen auftreten können. Bei den einen (**Cladophora, Spirogyra,** etc.) ist das Plasma von Anfang an durchlässiger für Alkohol als für Wasser ; die Zellen dehnen sich anfänglich. Nach der ersten Phase wird dieser Typus « Ausdehnungstypus » genannt. Andere Objekte zeigen gerade gegenteiliges Verhalten : Das Plasma ist zuerst durchlässiger für Wasser ; in der ersten Phase erfolgt somit in Alkohol eine Kontraktion. Darnach wurde für diesen Typus der Begriff « Kontraktionstypus » geprägt (z. B. **Chara, Rhoeo**-Epidermis, etc.).

B. Eigene Untersuchungen

In erster Linie führte ich Versuche mit Äthylalkohol aus. In einem Falle verwendete ich vergleichsweise auch Methylalkohol. Beide wurden von der Firma A. G. vorm. *B. Siegfried* in Zofingen bezogen. Im folgenden ist unter 100 % Äthylalkohol absoluter Alkohol zu verstehen, der nach den Anforderungen der *Ph. H. V.* (1933, S. 877) mindestens 99,1 Gewichtsprozent Äthylalkohol enthält. Als 100 % Methylalkohol verwendete ich Methanolum purum, der nach Angaben der Firma entsprechend der purum-Qualität 99,5-100 % titriert. Spuren von Aldehyd sind feststellbar.

1. *Versuche mit der Hebelmethode*

Meistens untersuchte ich die Objekte eines bestimmten Gewebes in fünf verschiedenen Konzentrationen, nämlich in 20-, 40-, 60-, 80- und 100-gewichtsprozentigem Alkohol.

a) Das Verhalten pflanzlicher Gewebe in Äthylalkohol

Wie die folgenden Ausführungen zeigen, konnten zwei prinzipiell verschiedene Reaktionsarten in Äthylalkohol festgestellt werden: Eine Gruppe von Untersuchungsobjekten dehnte sich in allen verwendeten Konzentrationen für kürzere oder längere Zeit aus. In einer zweiten Gruppe begannen sich die Gewebestückchen sofort nach Kontakt mit Äthylalkohol zu kontrahieren. Es ließen sich somit bei dieser Versuchsanordnung deutlich die zwei Reaktionstypen, der Ausdehnungs- und der Kontraktionstypus, unterscheiden, wie sie schon *Zehetner* (1934, S. 505) mit der mühsameren plasmometrischen Methode festgestellt hatte. Darnach habe ich auch diese zwei Reaktionsgruppen auseinandergehalten.

α) Expansionstypus

αα) Solanum tuberosum L.

Die Objektgröße war dieselbe wie in früheren Versuchen mit Kartoffelstückchen. Für jede Äthylalkoholkonzentration wurde die dazugehörige Wasserabsorption ermittelt.

Je höher die Konzentration, umso früher tritt eine Dickenabnahme ein: In 4,6 % (1 Mol) Äthylalkohol nach der 15. Minute, in 20 % nach der 10., in 40 % nach der 6., in 60 % nach der 4., in 80 % nach der 1. und in 100 % ist das Maximum nach 1 Minute bereits überschritten.

Schon die geringe Dickenabnahme in 1 Mol Äthylalkohol läßt schließen, daß im Zellsaft gelöste Stoffe austreten. Tatsächlich haben auch *Stiles* und *Stirk* (1931, S. 12) in 1 Mol Äthylalkohol nach 29 Minuten (für diese Zeit ist die erste Messung angegeben) eine stärkere Exosmose von Elektrolyten als in destilliertem Wasser gefunden. Dabei wurde eine mögliche Exosmose der Nichtelektrolyten gar nicht erfaßt, weil die Autoren mit einer Leitfähigkeitsmethode arbeiteten. Durch Abgabe osmotisch wirksamer Substanz wird die Saugkraft der Zelle herabgesetzt, was zudem eine nachträgliche Abgabe von Wasser aus dem Zellsaft zur Folge haben kann. Wenigstens eine Abnahme des Grenzplasmolysewertes unter Einfluß von Äthylalkohol wurde von *Seifriz* (1923, S. 489) an **Elodea** auch direkt festgestellt. Er schreibt (S. 508): « Short treatment of the **Elodea** leaf cell in ethyl alcohol results in a reduction of osmotic pressure within the cell due, apparently, to an increase in permeability and consequent exosmosis of the cell contents. With longer treatment the osmotic value of the cell rises until it far surpasses the value of the untreated cell. »

Tabelle 36

Solanum tuberosum

Absorption in Äthylalkohol. Mittel von je 10 Versuchen.

Versuchs-flussigkeit	Dickenänderung nach Minuten							
	I. Reihe							
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 26	+ 46	+ 63	+ 77	+ 89	+ 98	+ 105	+ 111
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 116	+ 119	+ 133	+ 145	+ 156	+ 165	+ 172	+ 178
	9	10	15	20	25	30	35	40
4,6 % (1 Mol) Äthylalkohol	+ 35	+ 70	+ 99	+ 120	+ 136	+ 148	+ 156	+ 162
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 167	+ 170	+ 173	+ 170	+ 167	+ 164	+ 161	+ 160
	9	10	15	20	25	30	35	40
	II. Reihe							
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 34	+ 48	+ 58	+ 66	+ 72	+ 78	+ 82	+ 86
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 90	+ 93	+ 103	+ 110	+ 114	+ 117	+ 120	+ 123
	9	10	15	20	25	30	35	40
20 % Äthylalkohol	+ 41	+ 79	+ 109	+ 132	+ 150	+ 162	+ 171	+ 176
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 179	+ 180	+ 172	+ 156	+ 142	+ 130	+ 118	+ 108
	9	10	15	20	25	30	35	40
	III. Reihe							
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 34	+ 61	+ 83	+ 98	+ 109	+ 118	+ 124	
	1	2	3	4	5	6	7	
	+ 130	+ 135	+ 139	+ 153	+ 161	+ 166	+ 170	
	8	9	10	15	20	25	30	
40 % Äthylalkohol	+ 72	+ 108	+ 132	+ 147	+ 155	+ 160	+ 157	
	1	2	3	4	5	6	7	
	+ 153	+ 146	+ 139	+ 93	+ 49	+ 12	− 11	
	8	9	10	15	20	25	30	
	IV. Reihe							
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 32	+ 52	+ 65	+ 76	+ 84	+ 91		
	1	2	3	4	5	6		
	+ 97	+ 103	+ 108	+ 113	+ 136	+ 158		
	7	8	9	10	15	20		

Versuchs-flüssigkeit	Dickenänderung nach Minuten					
60 % Äthylalkohol	+ 65	+ 94	+ 109	+ 117	+ 116	+ 110
	1	2	3	4	5	6
	+ 99	+ 87	+ 73	+ 59	− 3	− 39
	7	8	9	10	15	20
	V. Reihe					
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 40	+ 66	+ 85	+ 100	+ 111	+ 119
	1	2	3	4	5	6
	+ 127	+ 133	+ 139	+ 144	+ 168	
	7	8	9	10	15	
80 % Äthylalkohol	+ 38	+ 36	+ 25	+ 13	− 4	− 19
	1	2	3	4	5	6
	− 34	− 49	− 62	− 77	− 132	
	7	8	9	10	15	
	VI. Reihe					
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 52	+ 84	+ 106	+ 122	+ 135	+ 145
	1	2	3	4	5	6
	+ 153	+ 160	+ 167	+ 173	+ 198	
	7	8	9	10	15	
100 % Äthylalkohol (Absoluter Alkohol)	+ 28	+ 23	+ 2	− 21	− 41	− 56
	0,5	1	2	3	4	5
	− 73	− 92	− 108	− 123	− 142	− 218
	6	7	8	9	10	15

Abgesehen von einer Exosmose dürfte die 1-molige Äthylalkohollösung nur eine geringe Schädigung bewirken ; doch mag die Dickenabnahme bereits in dieser wie in den höhern Konzentrationen den Beginn einer Letalreaktion anzeigen.

Um die Einwirkungen verschiedener Aethylalkoholkonzentrationen unter sich vergleichen zu können, brachte ich die Werte auf eine vergleichbare Basis. Für jede Alkoholkonzentration wurde die Dickenänderung nach 2, 5, 10 und 15 Minuten auf die entsprechende Wasserabsorption = 100 bezogen. So ergibt sich beispielsweise der Wert 152 für die Dickenänderung in Äthylalkohol nach der zweiten Minute aus der Beziehung $\frac{70 \cdot 100}{46}$.

Aus Tabelle 37 und der dazugehörigen Kurve ist zu ersehen, daß z. B. während der ersten zwei Minuten in Äthylalkohol bis zu 60 % die Geschwindigkeit der Gewebedehnung größer ist als in Wasser und mit steigender Konzentration bis zu 60 % ständig zunimmt. 80 und 100 % Äthylalkohol dagegen scheinen eine so starke Exosmose zu

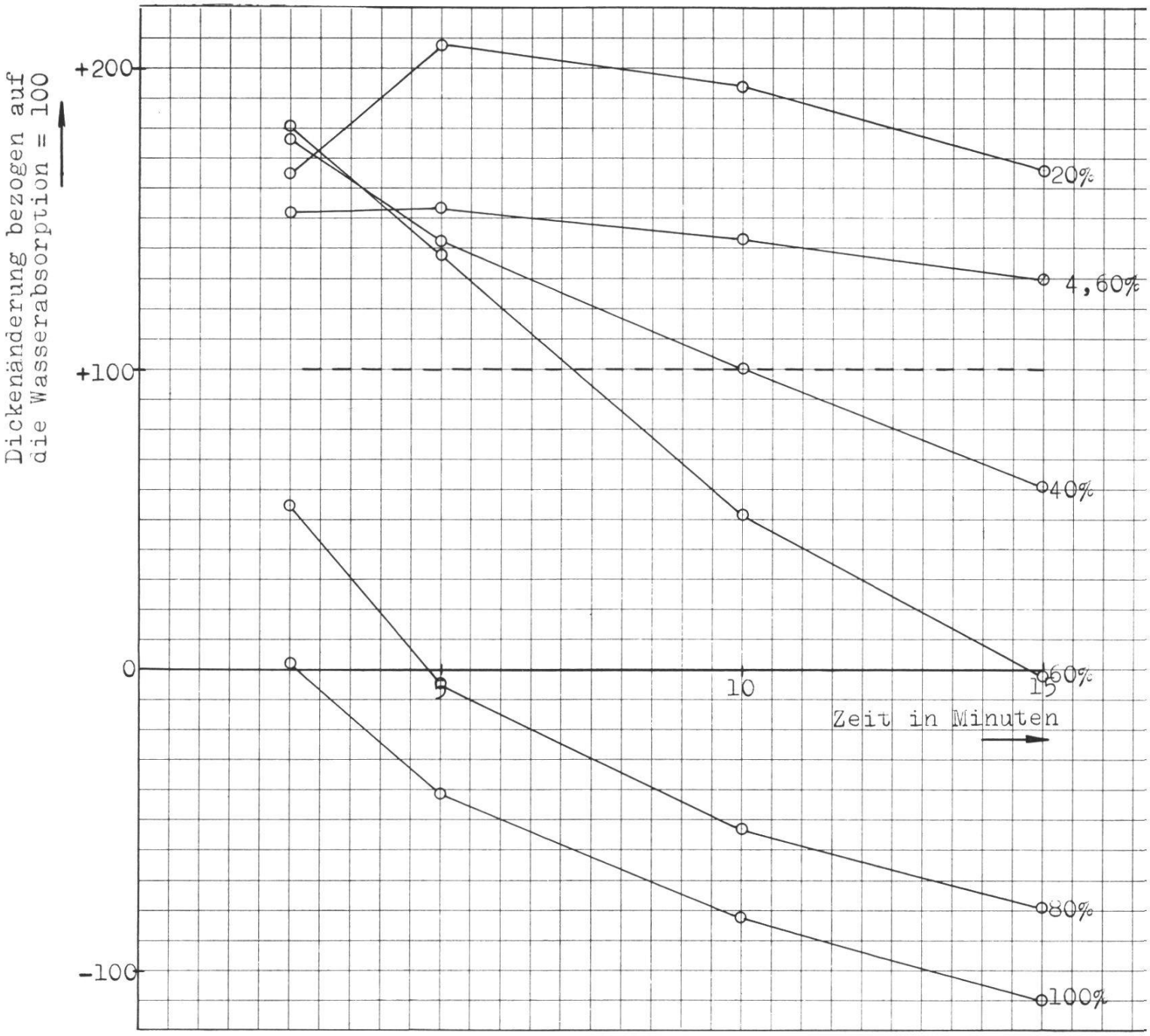
Tabelle 37

Solanum tuberosum

Absorption in Äthylalkohol bezogen auf die Wasserabsorption = 100.

Dickenänderung bezogen auf die Wasserabsorption = 100.
(Die eingeklammerten Werte bedeuten die abgelesene Dickenänderung in Teilstrichen des Okularmikrometers)

in Wasser	in Äthylalkohol	von der Konzentration (in Gew.-%)	nach Minuten
100 (46)	+ 152 (70)		2
100 (89)	+ 153 (136)	4,60	5
100 (119)	+ 143 (170)	(1 Mol)	10
100 (133)	+ 130 (173)		15
100 (48)	+ 165 (79)		2
100 (72)	+ 208 (150)	20 %	5
100 (93)	+ 194 (180)		10
100 (103)	+ 167 (172)		15
100 (61)	+ 177 (108)		2
100 (109)	+ 142 (155)	40 %	5
100 (139)	+ 100 (139)		10
100 (153)	+ 61 (93)		15
100 (52)	+ 181 (94)		2
100 (84)	+ 138 (116)	60 %	5
100 (113)	+ 52 (59)		10
100 (136)	− 2 (− 3)		15
100 (66)	+ 55 (+ 36)		2
100 (111)	− 4 (− 4)	80 %	5
100 (144)	− 53 (− 77)		10
100 (168)	− 79 (−132)		15
100 (84)	+ 2 (+ 2)		2
100 (135)	− 41 (− 56)	100 %	5
100 (173)	− 82 (−142)		10
100 (198)	−110 (−218)		15



Kurve zu Tab. 37

Solanum tuberosum

Absorption in Äthylalkohol, bezogen auf die Wasserabsorption = 100

– – – – Wasserabsorption

——— Alkoholabsorption

bewirken, daß ein Steigen der Absorptionsgeschwindigkeit nicht mehr zu beobachten ist. Je höher die Alkoholkonzentration, umso steiler fällt im allgemeinen die Absorptionskurve gegenüber der Wasseraufnahme, wenigstens unmittelbar nach Erreichen des Maximums.

Es erfolgt somit eine Dickenzunahme in Konzentrationen, die theoretisch die Saugkraft des Untersuchungsgewebes bedeutend übertreffen würden. Daher muß mindestens zu Versuchsbeginn weniger Wasser oder überhaupt Zellsaft austreten, als Alkohol eindringt.

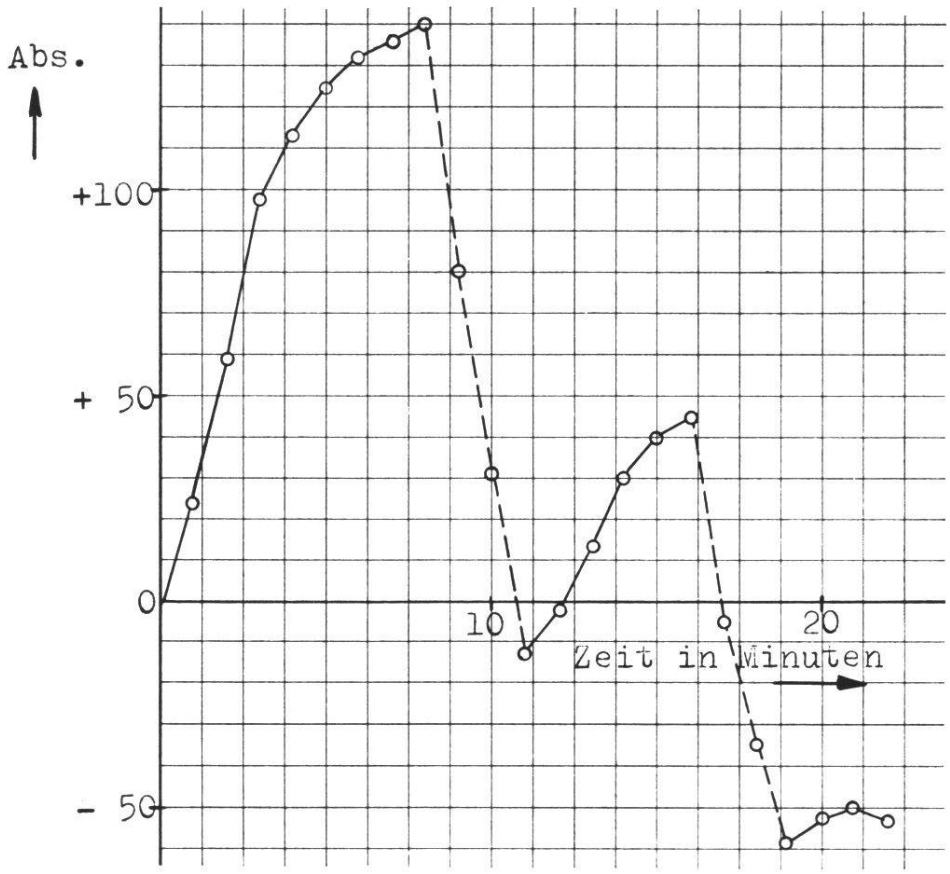
Um zu zeigen, daß pro Zeiteinheit tatsächlich dem Volumen nach mehr Alkohol als Wasser das Plasma passieren kann, brachte ich Kartoffelstückchen abwechslungsweise in Alkohol und Wasser.

Tabelle 38

Solanum tuberosum

Dasselbe Objekt abwechslungsweise in Wasser und 20 % Äthylalkohol.

Zeit in Minuten	Dickenänderung	Versuchsflüssigkeit
1	+ 24	20 % Alkohol
2	+ 59	
3	+ 98	
4	+ 113	
5	+ 125	
6	+ 132	
7	+ 137	
8	+ 140	
9	+ 80	Wasser
10	+ 31	
11	− 13	
12	− 2	20 % Alkohol
13	+ 14	
14	+ 30	
15	+ 40	
16	+ 45	
17	− 6	Wasser
18	− 35	
19	− 59	
20	− 52	20 % Alkohol
21	− 50	
22	− 53	



Kurve zu Tab. 38

Solanum tuberosum

Objekt abwechslungsweise in 20 % Äthylalkohol und Wasser
———— Absorption in 20 % Äthylalkohol
– – – – Absorption in Wasser

In Alkohol dehnt sich das Objekt und zieht sich zusammen in Wasser, wenigstens während der Beobachtungszeit. Die Dickenabnahme in Wasser zeigt, daß mehr Zellinhalt, jedenfalls zur Hauptsache der vorher eingedrungene Alkohol, austritt, als Wasser einzutreten vermag. Dieser Wechsel der Außenlösung kann natürlich nicht beliebig oft wiederholt werden ; denn solche Verhältnisse treten nur in Erscheinung, solange die lebenden Zellen nicht allzu starke Permeabilitätsänderungen erfahren haben. Nachdem das Objekt zum dritten Mal in Alkohol gebracht worden war, dauerte eine positive Absorption nur noch zwei Minuten. Darauf erfolgte Dickenabnahme, vermutlich deshalb, weil inzwischen das Plasma seiner Semipermeabilität verlustig gegangen ist.

Ihren absoluten Werten nach sind die Dickenzunahmen in Alkohol und die Dickenabnahmen in Wasser nicht unbedingt vergleichbar, da

ich für die Untersuchungen in Wasser und Alkohol nicht dieselben Apparate benutzte.

ββ) *Sempervivum spec.*

Die Objektgröße ist dieselbe wie bei den frühern Untersuchungen mit **Sempervivum** (vgl. Tab. 24).

Tabelle 39

Sempervivum spec.

Absorption in Äthylalkohol. Mittel von je 3 Versuchen.

Dickenänderung in Wasser	Äthylalkohol von der Konzentration (in Gew. %)					nach Minuten
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %	
+ 14	+ 12	+ 40	+ 22	− 2	− 67	1
+ 25	+ 42	+ 70	+ 39	− 10	− 106	2
+ 33	+ 68	+ 95	+ 44	− 10	− 122	3
+ 49	+ 94	+ 102	+ 44	− 5	− 141	4
+ 70	+ 114	+ 105	+ 39	− 4	− 155	5
+ 91	+ 129	+ 108	+ 38	− 8	− 166	6
+ 110	+ 141	+ 108	+ 38	− 15	− 178	7
+ 129	+ 151	+ 106	+ 37	− 21	− 188	8
+ 150	+ 158	+ 104	+ 32	− 24	− 195	9
+ 168	+ 164	+ 101	+ 24	− 32	− 201	10
+ 237	+ 187	+ 69	− 36	− 70	− 227	15
+ 272	+ 190	+ 22	− 90	− 106	− 243	20
+ 299	+ 186					25
+ 316	+ 175					30
+ 332						35
+ 346						40

Es wurde nicht für jede Konzentration die dazu gehörige Wasserabsorption ermittelt, sodaß die Werte auch nicht mehr auf eine wirklich vergleichbare Basis gebracht werden können. Ich achtete zwar darauf, daß die Untersuchungsobjekte möglichst gleichartig beschaffen waren und vor allem dieselbe Dicke aufwiesen. Die Ähnlichkeit mit dem Verhalten von Kartoffelstückchen in verschiedenen Alkoholkonzentrationen läßt sich nicht verkennen. Anfänglich wächst die Absorptionsgeschwindigkeit bis zu einer gewissen Konzentration an,

um in der Folge wieder abzunehmen. Je höher die Konzentration ist, umso früher und stärker erfolgt im allgemeinen die Dickenabnahme. In 80- und 100 %-igem Alkohol war die anfänglich positive Absorption von so kurzer Dauer, daß sie nicht genau erfaßt werden konnte. Nach einer Minute war sie bereits wieder mehr als kompensiert, sodaß negative Werte zu verzeichnen waren. Der scheinbar unregelmäßige Verlauf der Dickenänderung in 60- und 80 %-igem Alkohol, der sich nicht leicht erklären läßt, rührt nicht etwa von großen Unregelmäßigkeiten einer einzelnen Messung her, sondern für jeden Versuch wurde ähnliches Verhalten beobachtet.

γγ) *Echeveria metallica Hort.*

Die Objektgröße ist dieselbe wie bei frühern Untersuchungen mit **Echeveria** (vgl. Tab. 23).

Tabelle 40

Echeveria metallica

Absorption in Äthylalkohol. Die Werte für die Absorption in Wasser und in 40 % Äthylalkohol sind das Mittel von 3 Einzelversuchen, für 20 % wurde das Mittel aus 5, für 60 % aus 2 und für 80 % aus 4 Einzelversuchen berechnet. Für 100 % Alkohol nahm ich das Mittel von 7 Versuchen.

Dickenänderung in						
Wasser	Äthylalkohol von der Konzentration (in Gew. %)					nach Minuten
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %	
+ 8	+ 22	+ 16	+ 8	+ 10	+ 1	1
+ 21	+ 35	+ 25	+ 6	+ 6	− 4	2
+ 38	+ 44	+ 29	+ 3	0	− 9	3
+ 54	+ 49	+ 30	− 1	− 8	− 14	4
+ 68	+ 53	+ 29	− 4	− 16	− 19	5
+ 78	+ 57	+ 27	− 8	− 23	− 24	6
+ 88	+ 60	+ 24	− 12	− 30	− 32	7
+ 96	+ 62	+ 20	− 18	− 39	− 43	8
+ 102	+ 64	+ 16	− 26	− 47	− 57	9
+ 107	+ 65	+ 13	− 35	− 61	− 70	10
+ 122	+ 65	− 14	− 108	− 156	− 96	15
+ 132	+ 53	− 107	− 188	− 217	− 101	20

Mit zunehmender Konzentration läßt sich eine früher eintretende und raschere Dickenabnahme feststellen. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß nicht für jede Alkoholkonzentration die entsprechende Wasseraufnahme ermittelt wurde.

100 $^0/_0$-iger Alkohol löst während der ersten 10 Minuten die erwartete Reaktion aus. Darauf geht die Geschwindigkeit der Gewebekontraktion relativ stark zurück, sodaß die Dickenabnahme nach 20 Minuten ungefähr derjenigen entspricht, die eine 40 $^0/_0$-ige Äthylalkohollösung bewirkt. Zur Nachprüfung untersuchte ich noch zweimal von je zwei vergleichbaren Objekten das eine in 80 $^0/_0$, das andere in 100 $^0/_0$ Äthylalkohol. In beiden Fällen war nach 20 Minuten die Dickenabnahme in der höhern Konzentration geringer.

Eine Erklärung muß in einem entsprechenden Verhalten von Zellwand und Plasma gesucht werden. Denkbar wäre eine Elastizitätsverminderung der Zellmembran infolge einer raschen Entquellung durch den absoluten Alkohol. Für **Hydrodictyon** konnte *Holdheide* (1932, S. 247) unter Einfluß von konzentriertem Methylalkohol eine Veränderung der Zellmembran, « die etwa in einer raschen Entquellung und Schrumpfung der äußersten Schichten bestehen konnte », nicht bestätigen. Dazu schreibt derselbe Autor (S. 247) weiter : « *Lepeschkin* (1918), der Plasmoptyse an **Spirogyra** beobachtete, stellte fest, daß die Festigkeit der Membran durch Alkohol nicht verändert wird. » Diese Befunde schließen nun allerdings nicht eine Veränderung der Elastizitätsverhältnisse aus.

Anderseits könnte diese relativ schwache Dickenabnahme in 100 $^0/_0$ Äthylalkohol auch in einer entsprechenden Herabsetzung der Permeabilität des Plasmas auf Grund einer starken Entwässerung durch diese Alkoholkonzentration gesucht werden.

Im übrigen braucht das Verhalten von **Echeveria**-Blattstückchen in absolutem Alkohol nicht unbedingt eine Besonderheit darzustellen. Vielleicht wären bei **Sempervivum** und sogar auch bei Kartoffelstückchen ähnliche Verhältnisse zu beobachten gewesen, wenn die Reaktion längere Zeit verfolgt worden wäre.

β) Kontraktionstypus

αα) *Rhoeo discolor Hance*

Daß **Rhoeo discolor** bezüglich seinem Verhalten gegenüber Alkohol zum Kontraktionstyp gehört, geht schon aus Untersuchungen von

Bärlund (1929, S. 1) hervor und wurde auch von *Zehetner* (1934, S. 505) bestätigt. Gleichsam zur Kontrolle meiner Untersuchungsmethode experimentierte ich zunächst mit **Rhoeo.**

Die verwendeten Blattstückchen waren 2 mm breit und 3 mm lang. Die Objektdicke betrug ca. 1,2 mm.

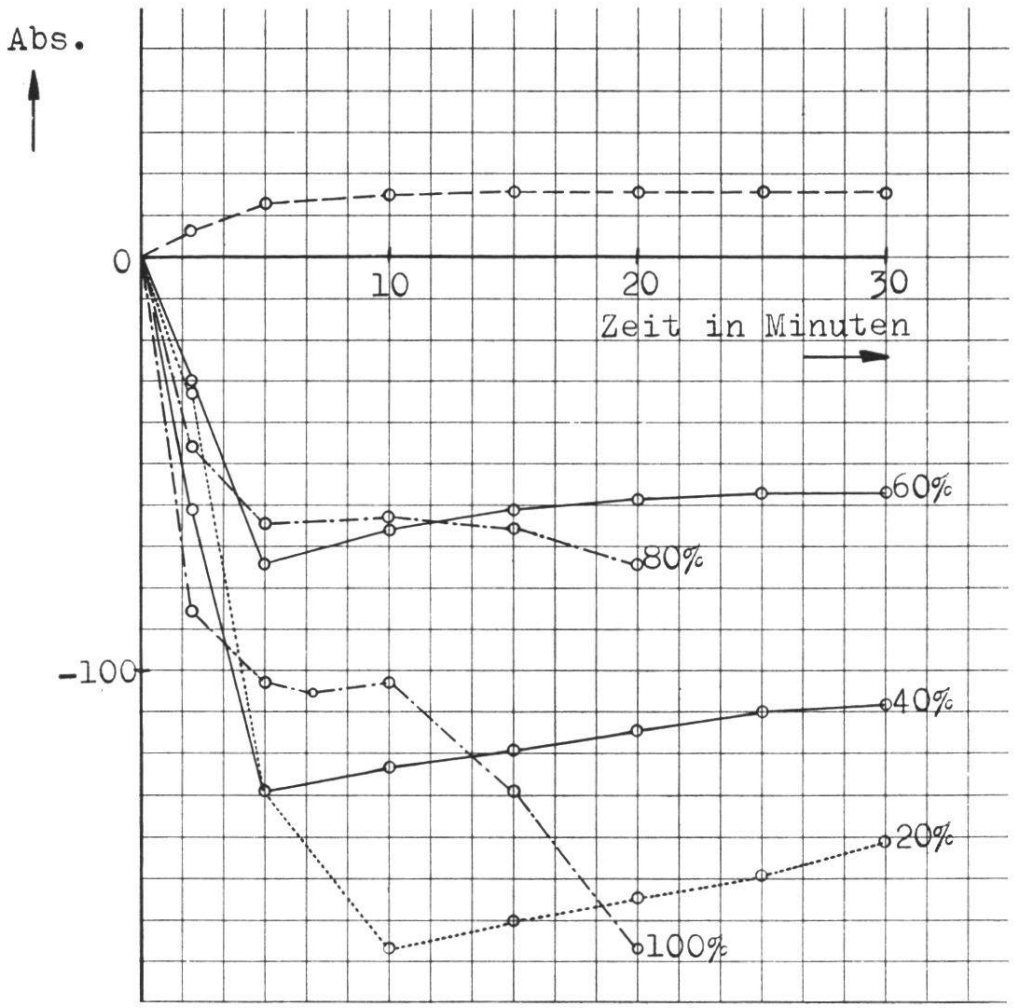
Tabelle 41

Rhoeo discolor

Absorption in Äthylalkohol. Die Werte für 20 und 100 % Alkohol sind das Mittel von drei, die für 60 und 80 % von vier, für 40 % von fünf und für Wasser von zwei Einzelversuchen.

Wasser	Dickenänderung in Äthylalkohol von der Konzentration (in Gew. %)					nach Minuten
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %	
+ 4	− 4	− 19	− 6	−25	− 65	1
+ 7	− 32	− 61	−30	−46	− 86	2
+11	− 74	− 91	−55	−56	− 94	3
+12	−105	−124	−69	−62	−100	4
+13	−129	−129	−74	−64	−103	5
+14	−147	−128	−76	−66	−105	6
+15	−159	−128	−74	−67	−105	7
+15	−164	−126	−71	−66	−104	8
+15	−167	−125	−68	−64	−104	9
+15	−167	−123	−66	−63	−103	10
+16	−160	−119	−61	−65	−129	15
+16	−154	−114	−58	−74	−167	20
+16	−149	−110	−57			25
+16	−141	−108	−57			30

In Wasser war nur eine äußerst geringe Dickenzunahme zu beobachten. Die zu jeder Äthylalkoholkonzentration gehörige Vergleichskurve in Wasser wurde nicht ermittelt. Als sicher vergleichbar dürfen die Kurven für 20- und 100 %-igen Alkohol gelten ; denn ich schnitt jeweils zwei symmetrisch zum Mittelnerv gelegene Blattstückchen heraus, von denen das eine in 20 % und das andere in 100 % Alkohol untersucht wurde. In allen Konzentrationen erfolgt sofort eine Dickenabnahme. Nach 5-10 Minuten ließ sich wieder positive Absorption



Kurve zu Tab. 41

Rhoeo discolor

– – – – Absorption in Wasser
Absorption in Äthylalkohol

feststellen. Je niedriger die Konzentration, umso länger und steiler ist dieser Anstieg. In 20 und 40 % Alkohol ist so bis zum Schlusse des Versuches eine schwache Dickenzunahme zu beobachten, während in der 60 %-igen Lösung nach der 25. Minute das Maximum erreicht ist und die Objektdicke bis zum Schluß des Versuches darauf konstant bleibt. In 80 und 100 % Alkohol schlägt die Absorptionskurve nach der 10. Minute bereits wieder in die negative Richtung um (vgl. Kurve zu Tab. 41). In einer ersten Phase, d. h. im anfänglichen Kurvenabfall, kommt jedenfalls eine gewisse Saugwirkung des Alkohols zum Ausdruck. Der leichte Anstieg, der für eine zweite Phase charakteristisch ist, zeigt, daß Außenlösung in die Zelle permeiert. Zu diesem Zeitpunkt dürfte das Protoplasma bereits eine Schädigung oder doch eine

Veränderung erfahren haben, die es für die Außenlösung permeabel macht. Eine dritte Phase ist während der Versuchsdauer von 30 Minuten nur in 80- und 100 %-igem Alkohol zu beobachten (vgl. Kurve zu Tab. 41). Erst hier dürfte es sich um eine eigentliche letale Dickenabnahme handeln.

ββ) *Peperomia cordifolia A. Dietr.*

Die Objektdicke betrug der Blattdicke entsprechend ca. 1,5 mm, die Breite 2 und die Länge 3 mm.

Tabelle 42

Peperomia cordifolia

Absorption in Äthylalkohol. Die Werte für 20, 80 und 100 % Äthylalkohol sind das Mittel von drei, die für 40 und 60 % von zwei Versuchen; für die Wasserabsorption wurde das Ergebnis eines Einzelexperimentes genommen.

Wasser	Dickenänderung in Äthylalkohol von der Konzentration (in Gew. %)					nach Minuten
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %	
+ 2	− 1	− 2	− 3	− 16	− 20	1
+ 3	− 4	− 6	− 11	− 38	− 41	2
+ 4	− 8	− 15	− 25	− 61	− 74	3
+ 5	− 18	− 31	− 38	− 93	−124	4
+ 6	− 31	− 54	− 79	−130	−194	5
+ 7	− 48	− 87	−113	−176	−286	6
+ 8	− 70	−124	−152	−229	−377	7
+ 9	− 96	−162	−198	−292	−440	8
+10	−124	−198	−249	−340	−478	9
+11	−158	−238	−308	−384	−492	10
+12	−281	−317	−509	−552	−585	15
+12	−314	−331	−516	−636	−745	20

Die Reaktion in Wasser ist sehr schwach, ähnlich wie bei **Rhoeo.** Dies dürfte u. a. mit der geringen Saugkraft des mächtigen Wassergewebes in Zusammenhang gebracht werden. Später ausgeführte Messungen an einer Pflanze, die unter gleichen Bedingungen gehalten war wie die, mit welcher ich die Alkoholversuche ausführte, ergaben für das Blatt eine mittlere Saugkraft von nur 2,9 Atm. – Wenn für die 5 verschiedenen Alkoholkonzentrationen auch nicht genau vergleich-

bare Objekte verwendet wurden, so hatte ich doch auf gleichartig beschaffenes Versuchsmaterial geachtet.

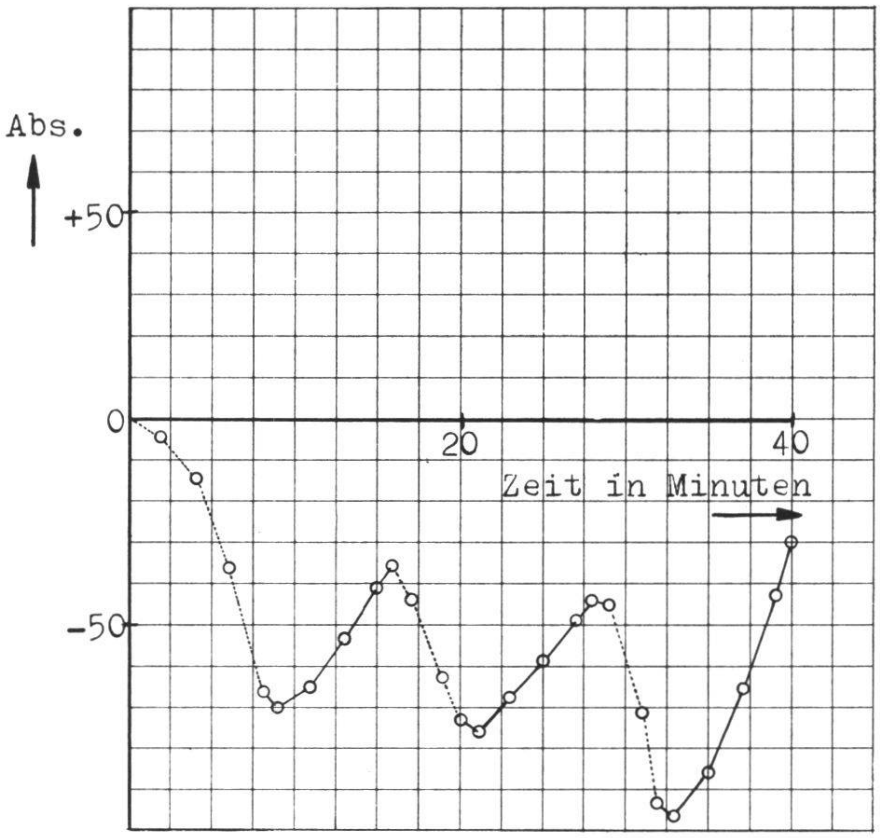
Mit steigender Konzentration nimmt die Geschwindigkeit der Dikkenabnahme zu. Die drei Phasen (Dickenabnahme, -zunahme und -abnahme), die für **Rhoeo** gefunden wurden, lassen sich während der Beobachtungszeit von 20 Minuten nicht eindeutig feststellen. Der Alkohol schien rasch in die Interzellularen einzudringen, was auch aus dem Entweichen von Luftblasen zu schließen war. Daß das Plasma der **Peperomia**-Blattzellen Wasser tatsächlich rascher passieren läßt als Alkohol, mag folgender Versuch zeigen.

Tabelle 43

Peperomia cordifolia

Dasselbe Objekt abwechslungsweise in Wasser und 25 % Äthylalkohol untersucht.

Dickenänderung	– 1	– 4	– 8	– 14	– 25	– 37	– 50	– 67
nach Minuten	1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchslösung				25 % Alkohol				
Dickenänderung	– 70	– 68	– 65	– 59	– 53	– 47	– 41	– 37
nach Minuten	9	10	11	12	13	14	15	16
Versuchslösung				Wasser				
Dickenänderung	– 44	– 52	– 62	– 73				
nach Minuten	17	18	19	20				
Versuchslösung				25 % Alkohol				
Dickenänderung	– 76	– 73	– 68	– 63	– 59	– 54	– 49	– 44
nach Minuten	21	22	23	24	25	26	27	28
Versuchslösung				Wasser				
Dickenänderung	– 45	– 51	– 71	– 93				
nach Minuten	29	30	31	32				
Versuchslösung				25 % Alkohol				
Dickenänderung	– 96	– 94	– 86	– 76	– 65	– 53	– 42	– 30
nach Minuten	33	34	35	36	37	38	39	40
Versuchslösung				Wasser				



Kurve zu Tab. 43

Peperomia cordifolia

Dasselbe Objekt abwechslungsweise in
———— Wasser und
..... 25 % Äthylalkohol

In Alkohol ist die bekannte, starke Dickenabnahme zu beobachten, wogegen in Wasser eine positive Absorption erfolgt. Während der Versuchsdauer schienen sich die Permeabilitätsverhältnisse nicht grundlegend geändert zu haben, etwa in dem Sinne, daß das Plasma für Alkohol ebenso permeabel geworden wäre wie für Wasser. Auf eine gesteigerte Permeabilität des Plasmas für den Zellinhalt könnte allerdings die Tatsache hinweisen, daß bei jeder Alkoholbehandlung die Geschwindigkeit der Dickenabnahme größer ist. Das erste Mal beträgt diese 8,4, bei der zweiten Behandlung 9 und bei der dritten 12,2 Teilstriche pro Minute (vgl. Tab. 43). Die Vermutung, daß die Wasser-

permeabilität durch Alkoholbehandlung erhöht werde, wurde auch von *Zehetner* (1934, S. 519) für **Cladophora** ausgesprochen. Er schreibt : « Das Plasma wird durch die Wirkung der konzentrierteren Alkohollösung wohl schon in gewisser Hinsicht geschädigt ; vielleicht wird dabei auch die Wasserpermeabilität erhöht. »

Wenigstens teilweise dürfte das Gewebe bei Abbruch des Versuches noch lebend gewesen sein. Nach 18-minütiger Einlage solcher **Peperomia**-Blattstückchen in 25 $^0/_0$ Äthylalkohol ließen sich die Epidermiszellen noch plasmolysieren und deplasmolysieren. Einzig schmale Streifen am Schnittrande zeigten diese Reaktion nicht mehr. Sicher noch lebend waren die Epidermiszellen, die sich unter dem Taster befanden, wahrscheinlich aber auch das darunter liegende übrige Blattgewebe.

Nach Überführung des Objektes in Wasser zeigte es jedesmal während der ersten Minute eine negative Absorption. Dies dürfte auf eine Wirkung des Alkohols zurückgeführt werden, der noch am Blattstückchen haftete oder in Interzellularen eingedrungen war. – Weder für Objekte, die sich unmittelbar nach Berührung mit Alkohol dehnten, noch für solche, die sich kontrahierten, kann mit Sicherheit geschlossen werden, daß alle darin vorhandenen Gewebearten zum Expansions- bzw. zum Kontraktionstypus gehören. Gemessen wird ja nur die Summe von Dickenabnahme und -zunahme. Somit ist auch nur der Schluß zulässig, daß bei den untersuchten Objekten entweder die eine oder die andere Reaktion überwiegt. Eine Ausnahme machen praktisch homogene Gewebe, wie sie beispielsweise aus der Kartoffel erhalten werden können ; die untersuchten Kartoffelstückchen gehören sicher dem Expansionstypus an.

Nach *Zehetner* (1934, S. 523) sind die Epidermiszellen von **Peperomia** sp. und **Rhoeo** zum Kontraktionstyp zu zählen. Aus meinen Versuchen geht hervor, daß bei diesen Pflanzen daneben noch weitere, wenn nicht alle übrigen Blattgewebe dasselbe Verhalten zeigen. Sonst wären so starke Reaktionen ja kaum erklärlich.

b) Vergleichende Untersuchungen des Verhaltens von Kartoffelstückchen in Methyl- und Äthylalkohol.

Von drei vergleichbaren Objekten untersuchte ich das eine in Wasser, ein zweites in Methyl- und ein drittes in derselben Äthylalkoholkonzentration.

Tabelle 44

Solanum tuberosum

Alle Werte sind das Mittel von je 10 Versuchen. Alkoholkonzentration in Gew. %.

Versuchsflüssigkeit	Dickenänderung nach Minuten							
	I. Reihe							
Wasser (Vergleichsflüssigkeit)	+ 34	+ 48	+ 58	+ 66	+ 72	+ 78	+ 82	+ 86
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 90	+ 93	+ 103	+ 110	+ 114	+ 117	+ 120	+ 123
	9	10	15	20	25	30	35	40
20 % Methylalkohol	+ 55	+ 101	+ 134	+ 157	+ 174	+ 186	+ 194	+ 199
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 201	+ 200	+ 185	+ 165	+ 149	+ 137	+ 126	+ 118
	9	10	15	20	25	30	35	40
20 % Äthylalkohol	+ 41	+ 79	+ 109	+ 132	+ 150	+ 162	+ 171	+ 176
	1	2	3	4	5	6	7	8
	+ 179	+ 180	+ 172	+ 156	+ 142	+ 130	+ 118	+ 108
	9	10	15	20	25	30	35	40
	II. Reihe							
Wasser (Vergleichsflüssigkeit)	+ 34	+ 61	+ 83	+ 98	+ 109	+ 118	+ 124	
	1	2	3	4	5	6	7	
	+ 130	+ 135	+ 139	+ 153	+ 161	+ 166	+ 170	
	8	9	10	15	20	25	30	
40 % Methylalkohol	+ 108	+ 150	+ 173	+ 187	+ 195	+ 198	+ 199	
	1	2	3	4	5	6	7	
	+ 197	+ 194	+ 189	+ 157	+ 124	+ 97	+ 63	
	8	9	10	15	20	25	30	
40 % Äthylalkohol	+ 72	+ 108	+ 132	+ 147	+ 155	+ 160	+ 157	
	1	2	3	4	5	6	7	
	+ 153	+ 146	+ 139	+ 93	+ 49	+ 12	− 11	
	8	9	10	15	20	25	30	
	III. Reihe							
Wasser (Vergleichsflüssigkeit)	+ 32	+ 52	+ 65	+ 76	+ 84	+ 91		
	1	2	3	4	5	6		
	+ 97	+ 103	+ 108	+ 113	+ 136	+ 158		
	7	8	9	10	15	20		

Versuchsflüssigkeit	Dickenänderung nach Minuten					
60 % Methylalkohol	+ 125	+ 184	+ 209	+ 215	+ 209	+ 195
	1	2	3	4	5	6
	+ 180	+ 168	+ 157	+ 147	+ 111	+ 82
	7	8	9	10	15	20
60 % Äthylalkohol	+ 65	+ 94	+ 109	+ 117	+ 116	+ 110
	1	2	3	4	5	6
	+ 99	+ 87	+ 73	+ 59	− 3	− 39
	7	8	9	10	15	20
	IV. Reihe					
Wasser (Vergleichsflüssigkeit)	+ 40	+ 66	+ 85	+ 100	+ 111	+ 119
	1	2	3	4	5	6
	+ 127	+ 133	+ 139	+ 144	+ 168	
	7	8	9	10	15	
80 % Methylalkohol	+ 108	+ 124	+ 122	+ 114	+ 110	+ 100
	1	2	3	4	5	6
	+ 90	+ 81	+ 73	+ 63	+ 32	
	7	8	9	10	15	
80 % Äthylalkohol	+ 38	+ 36	+ 25	+ 13	− 4	− 19
	1	2	3	4	5	6
	− 34	− 49	− 62	− 77	− 132	
	7	8	9	10	15	
	V. Reihe					
Wasser (Vergleichsflüssigkeit)	+ 52	+ 84	+ 106	+ 122	+ 135	+ 145
	1	2	3	4	5	6
	+ 153	+ 160	+ 167	+ 173	+ 198	
	7	8	9	10	15	
100 % Methylalkohol	+ 55	+ 74	+ 84	+ 82	+ 76	+ 70
	1	2	3	4	5	6
	+ 65	+ 62	+ 59	+ 56	+ 54	
	7	8	9	10	15	
100 % Äthylalkohol	+ 23	+ 2	− 21	− 41	− 56	− 73
	1	2	3	4	5	6
	− 92	− 108	− 123	− 142	− 218	
	7	8	9	10	15	

In allen Konzentrationen läßt sich eine raschere Dickenzunahme in Methyl- als in Äthylalkohol beobachten. Je höher die Konzentration, umso früher tritt auch negative Absorption ein. In 40, 80 und 100 % erfolgt diese früher in Äthyl- als in Methylalkohol, in 60 % gleichzeitig in beiden Alkoholen, und in 20 %-igem Methylalkohol kam es sogar früher zur Gewebekontraktion als im höhern Alkohol von der gleichen Konzentration. Das zeigt, daß in diesem Falle aus der früher oder später eintretenden Dickenabnahme nur mit Vorsicht auf eine stärkere oder geringere Giftwirkung geschlossen werden darf. Je länger die Kohlenstoffkette, umso giftiger soll auch der Alkohol sein. *Stiles* und *Stirk* (1931, S. 19) kamen auf Grund ihrer Versuche mit einer Leitfähigkeitsmethode zu folgendem Resultat : « With each increase of one carbon atom in the carbon chain the toxicity of the alcohol is increased from 2,25 to about 4,7 times. » So ist nach diesen Autoren bereits Äthylalkohol rund doppelt so giftig wie Methylalkohol. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß sie gleichmolare Lösungen verglichen. In meinem Falle ist dann bei gleichen gewichtsprozentigen Lösungen der Methylalkohol bezüglich der Molzahl konzentrierter.

Die in Methylalkohol (vgl. besonders Tab. 44, I. Reihe) relativ früh eintretende Dickenabnahme kann vielleicht auch mit dem Wanddruck in Zusammenhang gebracht werden. Durch die rasche Absorption in diesem Alkohol ist der Wanddruck in allen Konzentrationen unmittelbar vor der Dickenabnahme bedeutender als bei Zellen in Äthylalkohol, und damit ist auch das Bestreben größer, Zellinhalt abzugeben. Eine stärkere Giftwirkung mag besonders die größere Geschwindigkeit der Gewebekontraktion in Äthylalkohol anzeigen, wie das in allen Konzentrationen mit einer Ausnahme (20 %) der Fall ist.

Interessant ist das Verhalten in 100 % Methylalkohol. Erst nach 3 Minuten geht die anfänglich positive Absorption in eine relativ schwach negative über. Ob diese Feststellung auf ein entsprechendes Verhalten von Zellwand oder Plasma zurückzuführen ist, dürfte aus diesen Versuchen allein schwerlich hervorgehen.

Man könnte geneigt sein, dieses Verhalten in 100 % Methylalkohol auf Versuchsfehler zurückzuführen. Tatsächlich bereitete das Experimentieren mit diesen hohen Konzentrationen einige Schwierigkeiten ; denn die Gewebestückchen gaben oft zwischen Objekt und Objekttischen Luftblasen ab, sodaß die Versuche mehrmals nach ein paar Minuten abgebrochen und wiederholt werden mußten.

Wenn auch besonders die Einzelversuche mit Methylalkohol stark unterschiedliche Dickenänderungen aufwiesen, so blieb doch der Verlauf der Absorption jeweils mehr oder weniger gleich. In folgender Tabelle und der dazugehörigen Kurve sind die Mittelwerte von je fünf Versuchen der zehn Einzelversuche wiedergegeben. Es dürfte daraus hervorgehen, daß die Absorptionskurven beider Mittel einen recht ähnlichen Verlauf nahmen, wenn auch relativ starke Streuungen nicht vermieden werden konnten.

Tabelle 45

Solanum tuberosum

Mittel von je fünf Versuchen der zehn Einzelversuche mit 100 % Methyl- und Äthylalkohol. (Mittel aller zehn Versuche siehe Tab. 44, V. Reihe.)

Versuchs-flüssigkeit	Dickenänderung nach Minuten					
	Mittel der ersten 5 Versuche					
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 59	+ 89	+ 109	+ 123	+ 135	+ 144
	1	2	3	4	5	6
	+ 152	+ 159	+ 166	+ 171	+ 196	
	7	8	9	10	15	
100 % Methylalkohol	+ 38	+ 61	+ 71	+ 74	+ 66	+ 62
	1	2	3	4	5	6
	+ 57	+ 53	+ 50	+ 47	+ 44	
	7	8	9	10	15	
100 % Äthylalkohol	+ 21	− 1	− 23	− 43	− 60	− 78
	1	2	3	4	5	6
	− 97	−116	−131	−147	−233	
	7	8	9	10	15	
	Mittel der zweiten 5 Versuche					
Wasser (Vergleichs-flüssigkeit)	+ 44	+ 78	+ 103	+ 121	+ 135	+ 145
	1	2	3	4	5	6
	+ 154	+ 161	+ 168	+ 174	+ 200	
	7	8	9	10	15	
100 % Methylalkohol	+ 71	+ 86	+ 96	+ 90	+ 85	+ 79
	1	2	3	4	5	6
	+ 74	+ 71	+ 68	+ 66	+ 65	
	7	8	9	10	15	

Versuchs-flüssigkeit	Dickenänderung nach Minuten					
	+ 25	+ 5	− 19	− 39	− 53	− 69
100 %	1	2	3	4	5	6
Äthylalkohol	− 86	−100	−116	−137	−204	
	7	8	9	10	15	

Die Wasserkurven decken sich fast völlig, d. h. von der 4. Minute an beträgt der Unterschied im Maximum noch ca. 2 %. Die Alkoholkurven weisen dagegen verhältnismäßig starke Streuungen auf, was ich mit dem Austritt von Interzellularluft in Zusammenhang bringen möchte.

Immerhin mag diese Darstellung zeigen, daß die merkwürdige Dickenänderung in Methylalkohol nicht auf grobe Versuchsfehler zurückzuführen ist ; denn die Kurven für die Mittelwerte der ersten und der zweiten fünf Versuche verlaufen trotz starker Streuung mehr oder weniger gleichsinnig. Somit muß tatsächlich die in 100 % Methylalkohol beobachtete Absorption auf einem entsprechenden Verhalten von Zellwand und Plasma beruhen.

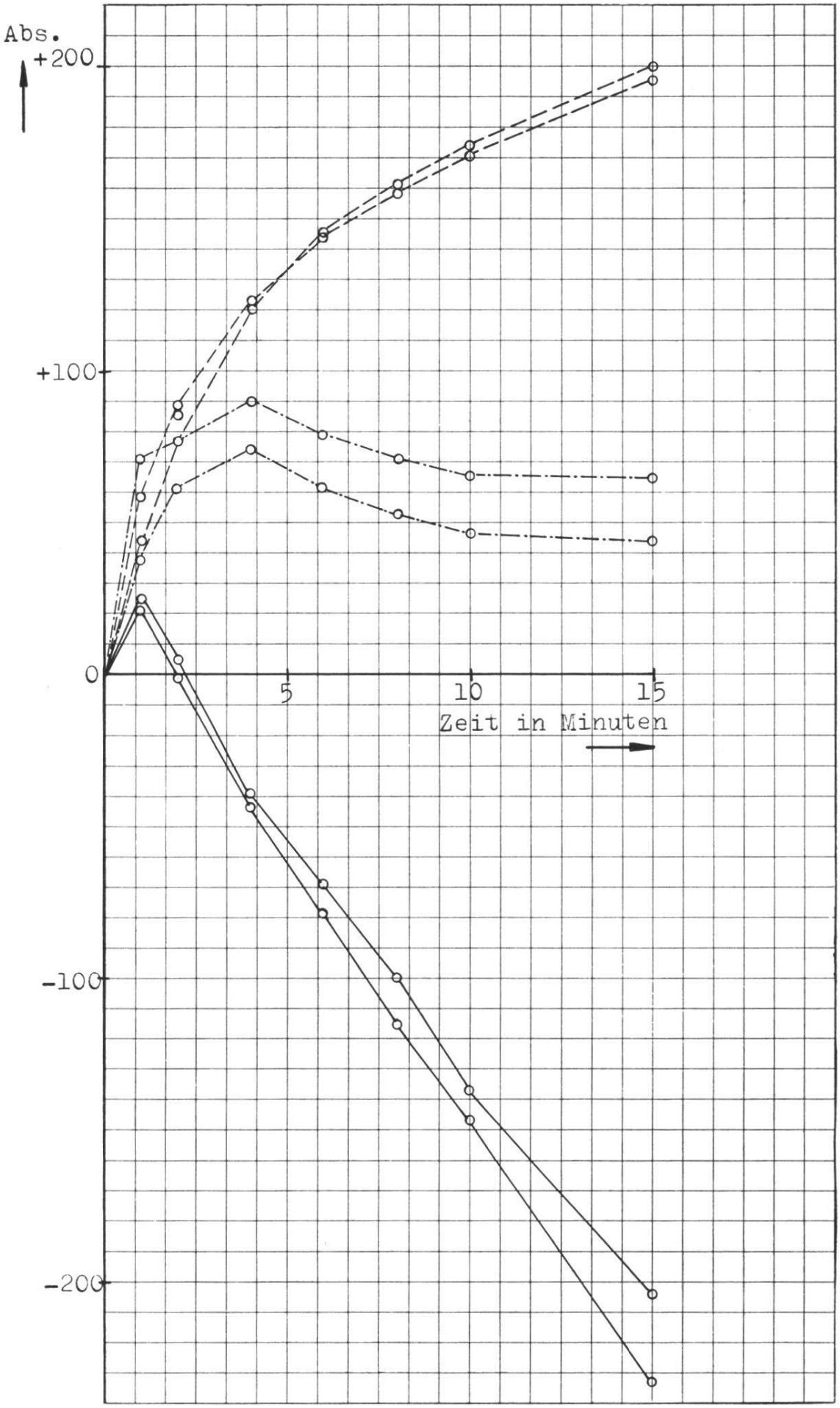
In meinen Versuchen verglich ich gewichtsprozentige Alkohollösungen. Die entsprechenden Methyl- und Äthylalkohollösungen zeigen aber auch in Volumprozenten nur geringe Unterschiede, wie folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 46

Vergleich von gewichtsprozentigen mit volumprozentigen Methyl- und Äthylalkohollösungen (vgl. *Hodgman*, 1935, S. 1124 ff.).

Gew.-%	Vol.-%	
	CH_3OH	C_2H_5OH [1]
20	24,33	24,5
40	47,11	47,4
60	67,69	67,5
80	85,50	85,3
100	100	100

[1] Die Werte für vol. %-ige Äthylalkohollösungen wurden z. T. durch Umrechnen erhalten.



Kurve zu Tab. 45

Solanum tuberosum

– – – – Absorption in Wasser
–·–·–·– Absorption in Methylalkohol
———— Absorption in Äthylalkohol

Wenn ich also praktisch mit gleichen volumprozentigen Methyl- und Äthylalkohollösungen experimentierte, zeigte es sich, daß dem Volumen nach pro Zeiteinheit mehr Methyl- als Äthylalkohol in das Gewebe eindrang.

Ein direkter Vergleich von Absorptionskurven gleichmolarer Methyl- und Äthylalkohollösungen dürfte jedenfalls kaum das richtige Verhältnis der Permeiergeschwindigkeiten wiedergeben. So könnte in Äthylalkohol unter Umständen eine stärkere Dickenzunahme beobachtet werden, auch wenn sich in Wirklichkeit das einzelne Methylal-

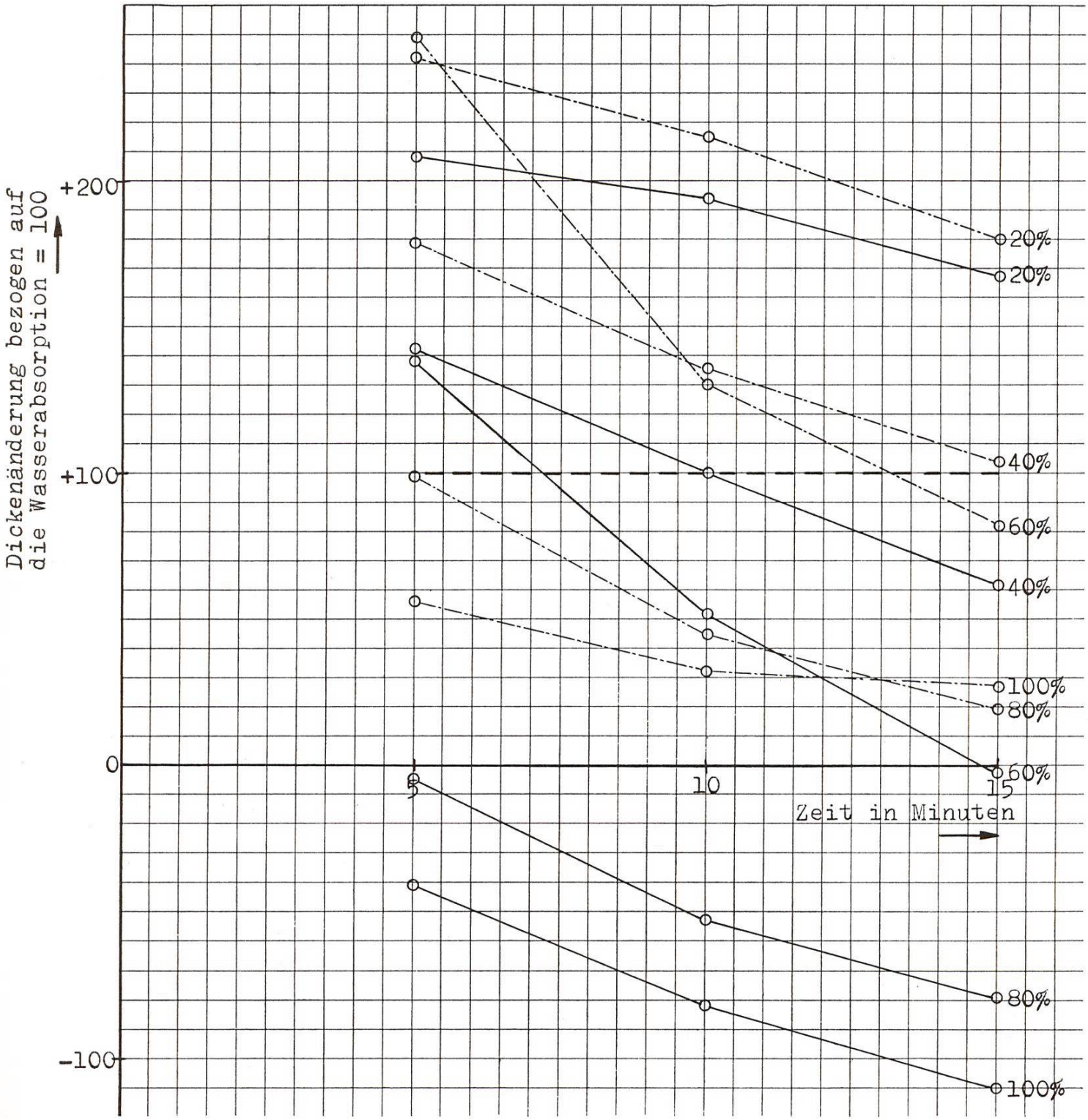
Tabelle 47

Solanum tuberosum

Absorption in Methyl- und Äthylalkohol bezogen auf die Wasserabsorption.

Dickenänderung bezogen auf die Wasserabsorption = 100. (Die eingeklammerten Werte bedeuten die abgelesene Dickenänderung.)

in Wasser	in Methyl-alkohol	in Äthyl-alkohol	von der Konzentration (in Gew.-%)	nach Minuten
100 (48)	+ 210 (101)	+ 165 (79)		2
100 (72)	+ 242 (174)	+ 208 (150)		5
100 (93)	+ 215 (200)	+ 194 (180)	20 %	10
100 (103)	+ 180 (185)	+ 167 (172)		15
100 (61)	+ 246 (150)	+ 177 (108)		2
100 (109)	+ 179 (195)	+ 142 (155)	40 %	5
100 (139)	+ 136 (189)	+ 100 (139)		10
100 (153)	+ 103 (157)	+ 61 (93)		15
100 (52)	+ 354 (184)	+ 181 (94)		2
100 (84)	+ 249 (209)	+ 138 (116)	60 %	5
100 (113)	+ 130 (147)	+ 52 (59)		10
100 (136)	+ 82 (111)	− 2 (− 3)		15
100 (66)	+ 188 (124)	+ 55 (+ 36)		2
100 (111)	+ 99 (110)	− 4 (− 4)		5
100 (144)	+ 44 (63)	− 53 (− 77)	80 %	10
100 (168)	+ 19 (32)	− 79 (−132)		15
100 (84)	+ 88 (74)	+ 2 (+ 2)		2
100 (135)	+ 56 (76)	− 41 (− 56)	100 %	5
100 (173)	+ 32 (56)	− 82 (−142)		10
100 (198)	+ 27 (54)	−110 (−218)		15

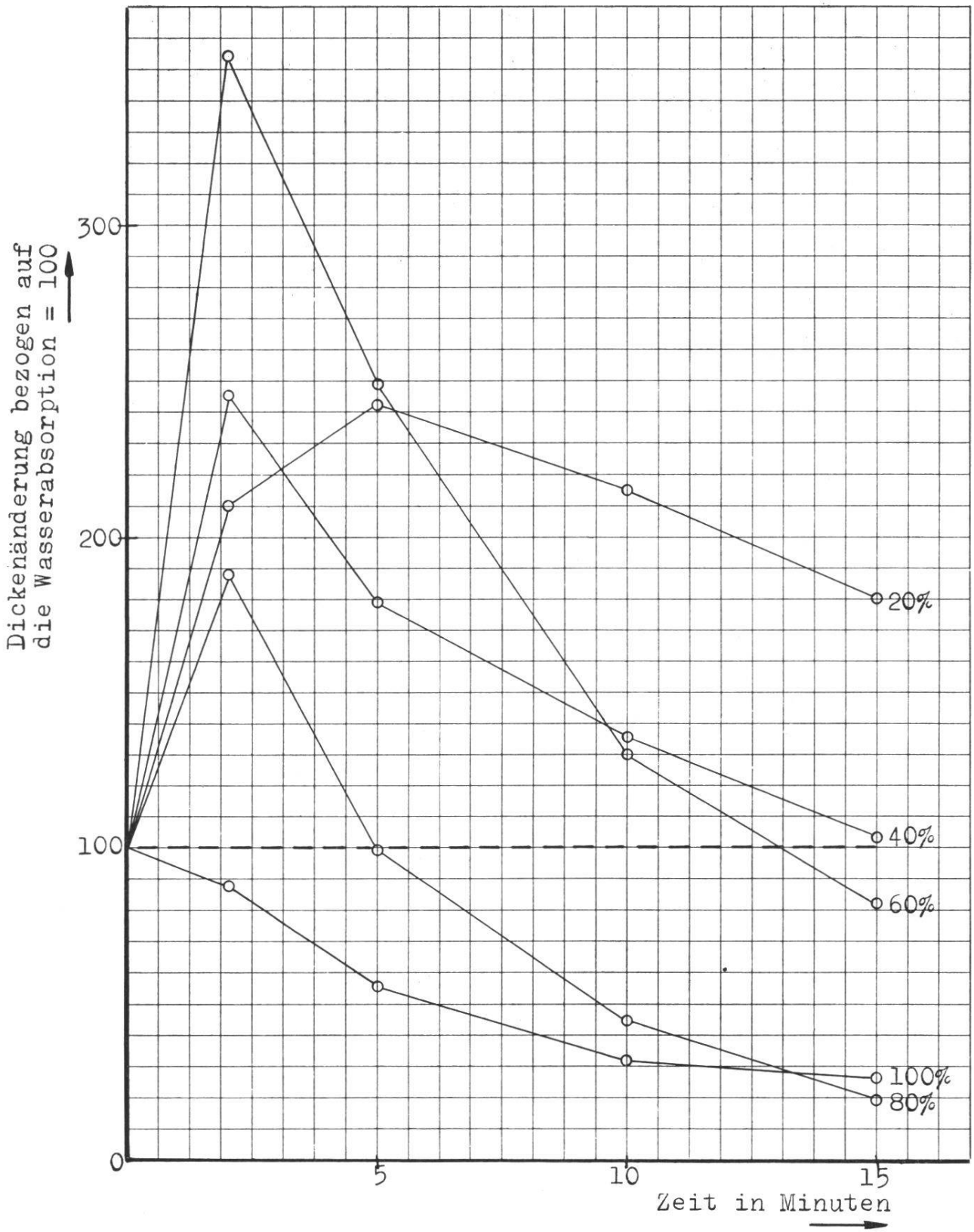


Kurve a) zu Tab. 47

Solanum tuberosum

Alkoholabsorption, bezogen auf die Wasserabsorption = 100

– – – – Wasser –·–·–·– Methylalkohol ———— Äthylalkohol



Kurve b) zu Tab. 47

Solanum tuberosum

Absorption in Methylalkohol, bezogen auf die Wasserabsorption = 100
– – – – Wasser ———— Methylalkohol

koholmolekül rascher durch das Plasma bewegen würde; denn das Molvolumen des letztgenannten Alkohols ist bedeutend kleiner.

Um die verschiedenen Alkohole und Konzentrationen in ihrer Wirkung auf die Kartoffelstückchen unter sich vergleichen zu können, wurde gemäß Tabelle 47 die Alkoholabsorption für einige Zeitpunkte auf die Wasserabsorption = 100 bezogen werden. (Dickenänderung des in Wasser untersuchten Vergleichsobjektes in jedem Zeitpunkt = 100. Vgl. auch Tab. 37.)

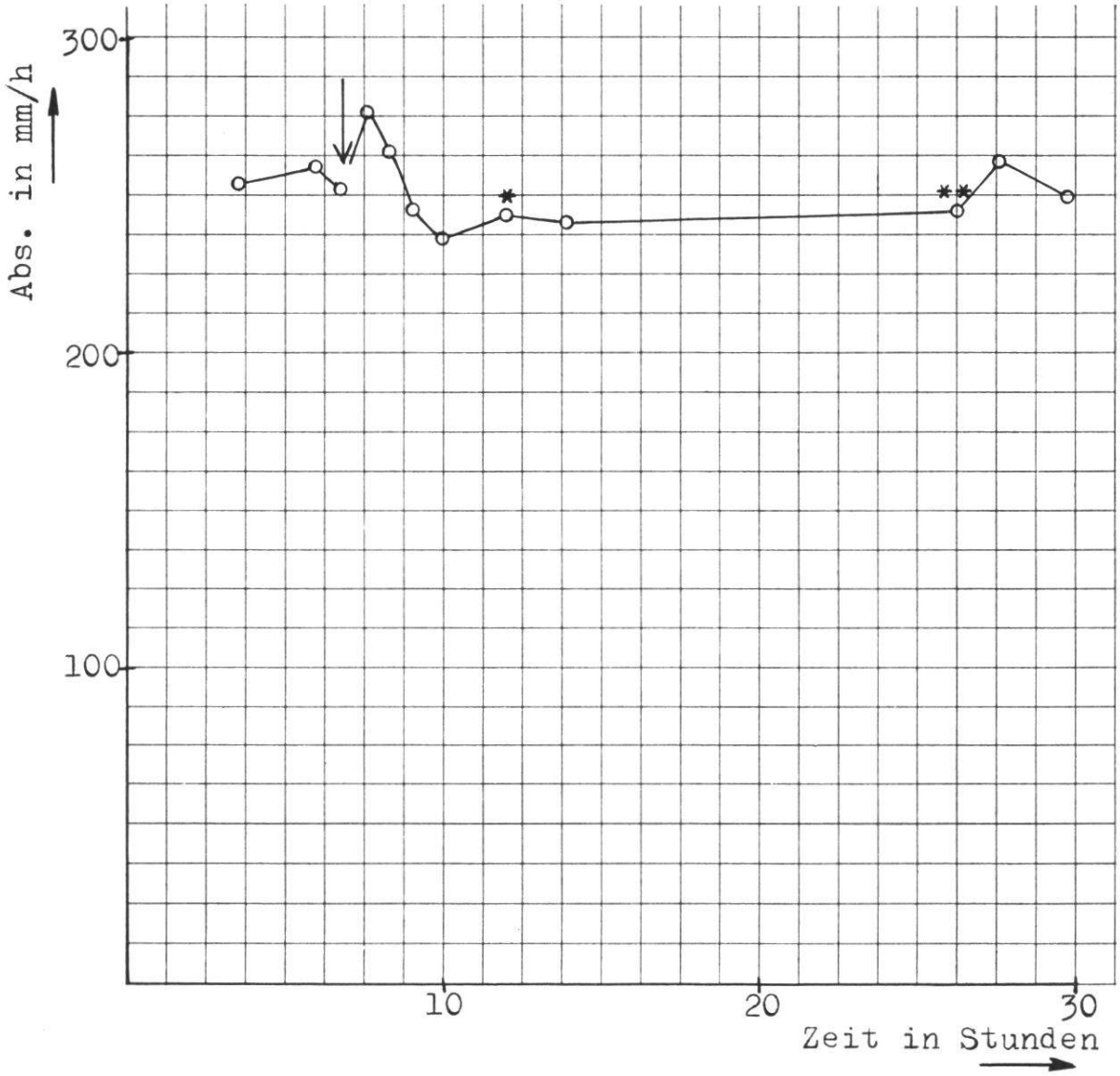
Tabelle und Kurve zeigen nun nochmals zusammenfassend, daß beim Vergleich von gewichtsprozentigen Methyl- und Äthylalkohollösungen in ersterem bedeutend raschere und stärkere Absorption erfolgt. Um die Dickenänderungen in den verschiedenen Methylalkoholkonzentrationen unter sich besser vergleichen zu können, sei in Kurve b) zu Tab. 47 der Absorptionsverlauf nur für diesen Alkohol wiedergegeben.

Aus dieser Darstellung erhellt, daß die Absorptionsgeschwindigkeit innerhalb der ersten 2 Minuten mit zunehmender Konzentration steigt. In 80 und 100 % Methylalkohol nimmt sie wieder ab. Die Verhältnisse liegen somit ähnlich wie bei Äthylalkohol; die Dickenzunahme in entsprechenden Methylalkohollösungen ist aber bedeutend höher.

2. *Versuche mit der Potometermethode*

Unter ähnlichen Bedingungen wie bei den früheren Potometerversuchen beobachtete ich im folgenden die Absorption unter Einfluß von Äthylalkohol. Ich experimentierte mit Tomatenpflanzen, deren Wurzelwerk weggeschnitten wurde.

Erst ungefähr 5 Stunden nach Alkoholzusatz (in der Kurve mit * bezeichnet), konnten an den untersten Blättern bräunliche Flecken festgestellt werden. Nach 20-stündiger Alkoholabsorption waren diese Blätter ganz gelb, und die zwei folgenden wiesen vergilbte Spitzen auf (in der Kurve mit ** bezeichnet). Im übrigen schienen sie turgeszent. Drei Tage nach Versuchsbeginn hatte sich die Lösung gelbgrün verfärbt. Es mußte Chlorophyll aus der Pflanze in die Lösung gegangen sein. Am vierten Tage zeigten die obersten Blätter immer noch Turgeszenz und ihre grüne Farbe, obwohl die obere Sproßhälfte zufolge Knickung herunterhing. Dagegen welkten die untersten Blätter deutlich. Die Seitensprosse waren ebenfalls welk, hatten aber ihre grüne Farbe nicht verloren.



Kurve zu Tab. 48

Solanum Lycopersicum

Absorption in 10 % Äthylalkohol
↑Beginn der Alkoholabsorption

Tabelle 48

Solanum Lycopersicum

Absorption in 10 % Äthylalkohol. 40 cm langer Sproß mit 9 Blättern und einem Blütenstand mit 6 Blüten.

Absorption in mm/h	nach Stunden	Rel. L. F. in % im Versuchsraum	T in °C
253	3,50	64	16
259	6,00	64	16
252	6,75	64	16

Absorption in mm/h	nach Stunden	Rel. L. F. in % im Versuchsraum	T in °C
	10 % Aethylalkohol		
276	7,67	64	16
264	8,25	65	16
245	9,00	66	16
236	10,00	67	16
244	12,00	66	16
241	13,92	66	16
245	26,25	66	16
261	27,58	66	16
249	29,67	66	16

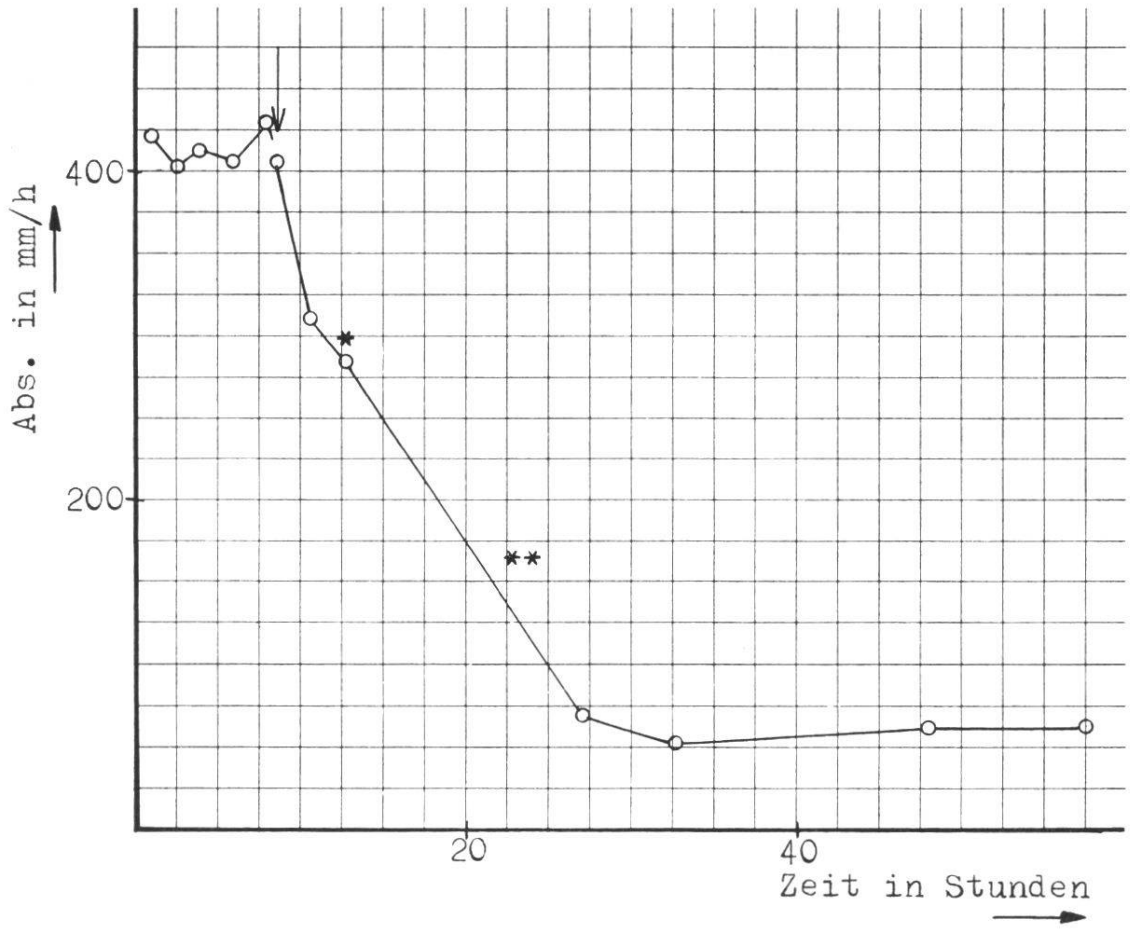
Obwohl während der Messung deutliche Veränderungen am Versuchssproß wahrgenommen wurden, ließ sich kaum eine Beeinflussung der Flüssigkeitsaufnahme feststellen. Höchstens könnte der Kurvenverlauf auf eine Steigerung der Absorption hindeuten, wenn man bedenkt, daß die Absorptionsgeschwindigkeit in Wasser gewöhnlich die Tendenz hat, ständig etwas zu fallen.

Tabelle 49

Solanum Lycopersicum

Absorption in 50 % Äthylalkohol. Ca. 45 cm langer Sproß mit 12 Blättern und einem Blütenstand mit 5 offenen Blüten.

Absorption in mm/h	nach Stunden	Rel. L. F. in % im Versuchsraum	T in °C
422	1,00	71	17
403	2,67	71	17
412	3,83	71	17
405	6,00	71	17
429	8,00	71	17
	50 % Alkohol		
406	8,67	71	17
310	10,67	71	17
284	12,83	71	17
69	27,17	71	17
53	32,67	71	17
62	48,00	71	17
62	57,45	71	17



Kurve zu Tab. 49

Solanum Lycopersicum

Absorption in 50 % Äthylalkohol
↑ Beginn der Alkoholabsorption

Bereits 5 Stunden nach Alkoholzusatz waren die zwei untersten Blätter gelb (in der Kurve mit * bezeichnet). Im übrigen zeigte die Pflanze ein gesundes Aussehen, obwohl die Absorptionsgeschwindigkeit bereits nur noch ca. 70 % betrug. Die Alkohollösung hatte sich gleichzeitig gelb-grün verfärbt. Nach weiteren 10 Stunden (in der Kurve mit ** bezeichnet) war auch das drittunterste Blatt vergilbt ; alle übrigen, mit Ausnahme der obersten, zeigten Welkeerscheinungen.

Während bei den untersten Blättern dem Welkeprozeß eine Gelbfärbung vorausging, war das für die weiter oben gelegenen nicht der Fall.

Jedenfalls lassen sich unter Alkoholeinfluß die drei bekannten Absorptionsphasen nicht mehr auseinanderhalten, wie bei Versuchen mit Kupfersulfat und Pikrinsäure. 10 %-ige Alkohollösung bewirkte während der Beobachtungszeit kaum eine merkliche Änderung der Ab-

sorptionsgeschwindigkeit ; auf Zufuhr von 50 $^0/_0$-igem Alkohol erfolgte dagegen sofort ein relativ rascher Geschwindigkeitsabfall ; rund 20 Stunden nach Alkoholzusatz erreichte die Absorption ein Minimum, auf dem sie bis zum Schluß der Beobachtung mehr oder weniger konstant blieb.

Zusammenfassung

1. Auch mit der Hebelmethode konnten für das Verhalten in Äthylalkohol zwei typische Reaktionsarten festgestellt werden : Die einen Objekte dehnten sich unmittelbar nach Kontakt mit Alkohol aus ; sie nahmen also pro Zeiteinheit dem Volumen nach mehr Alkohol auf, als Wasser abgegeben wurde. Darnach nannte ich diesen Typus in Anlehnung an *Zehetner* (1934, S. 505) Ausdehnungs- oder Expansionstypus. (Kartoffelknolle, Blattgewebe von **Echeveria metallica** und **Sempervivum spec.**) Eine andere Gruppe von Objekten zeigte in Alkohol unverzüglich Dickenabnahme, wonach dieser Typus ebenfalls nach *Zehetner* (1934, S. 505) als Kontraktionstypus bezeichnet wurde. (Blattgewebe von **Rhoeo discolor** und **Peperomia cordifolia**.)
2. Beim Expansionstypus ergab sich im allgemeinen, daß die Geschwindigkeit der Dickenzunahme mit steigender Alkoholkonzentration zunimmt, bis ein Maximum erreicht ist, dann aber wieder abfällt. Diese Geschwindigkeitsabnahme bei weiterer Steigerung der Konzentration ist wohl in der ebenfalls anwachsenden Giftigkeit des Alkohols begründet. Je höher die Konzentration, umso raschere Dickenabnahme trat gewöhnlich bei Objekten des Kontraktionstypus ein. Der Absorptionsverlauf von **Rhoeo** ließ drei Phasen erkennen. In einer ersten Phase kontrahierten sich die Objekte. Dieses Verhalten mag auf einer Saugwirkung des Alkohols beruhen. Die zweite Phase war durch eine mehr oder weniger starke Dickenzunahme gekennzeichnet : die Permeabilität scheint soweit verändert, daß nunmehr Alkohol ebenso leicht in die Zellen permeiert, wie Zellinhalt auszutreten vermag. Eine dritte Phase ist durch eine nochmalige Kontraktion gekennzeichnet, die auf einer weiteren Permeabilitätssteigerung und schließlich auf einem Verlust der Semipermeabilität beruhen mag. Bei **Peperomia** konnte die ganze Beobachtungszeit über nie eine zweite Phase, eine Dickenzunahme, beobachtet werden.

3. Kartoffelstückchen zeigten auch gegenüber Methylalkohol bis zu einer Konzentration von 60 % steigende Absorptionsgeschwindigkeit ; von da ab ging letztere zurück, was in ähnlicher Weise wie bei Äthylalkohol auf zunehmender Erhöhung der Permeabilität für den Zellinhalt beruhen mag. Die Giftwirkung von Methylalkohol scheint übereinstimmend mit früheren Untersuchungen (vgl. u. a. *Stile* sund *Stirk*, 1931, z. B. S. 17) geringer zu sein als die von Äthylalkohol ; denn einmal trat in Äthylalkohol meist raschere Dickenabnahme ein als im gleichprozentigen Methylalkohol. Zudem erfolgt Dickenabnahme in letzterem erst nach einer bedeutend stärkeren Absorption als im höhern Alkohol. Beim Vergleich von gewichtsprozentigen Lösungen, die übrigens auch in Volumprozenten kaum unterschiedlich sind, zeigten die Objekte in Methylalkohol bedeutend raschere Dickenzunahmen.
4. Versuche mit der Potometermethode ergaben, daß 10 %-iger Äthylalkohol die Absorption während rund 24 Stunden nicht wesentlich beeinflußt. 50 %-iger Äthylalkohol ließ dagegen die Absorptionsgeschwindigkeit relativ rasch auf ein Minimum fallen. In keinem Falle wurden die unter Einfluß von Kupfersulfat und Pikrinsäure gefundenen charakteristischen Phasen beobachtet.

VI. Einfluß von Insektiziden auf die lebende pflanzliche Zelle

A. Einleitung

Gerade im Zusammenhang mit den Untersuchungen über das Verhalten der Pflanze gegenüber einigen Giftstoffen schien es interessant, die Versuche auch auf Insektizide auszudehnen. Da besonders über Einwirkungen von DDT (Dichlor-diphenyl-trichlormethyl-methan) auf die Pflanze relativ wenig Arbeiten vorliegen, experimentierte ich zur Hauptsache mit Gesafid, einem DDT-Produkt der Firma *Geigy* (zum Chemismus von DDT vgl. z. B. *Läuger, Martin* und *Müller*, 1944, S. 892). Die genannte Firma stellte mir neben Gesafid auch Gesafid ohne DDT zur Verfügung, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte.