

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft

**Band:** 58 (1948)

**Artikel:** Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme durch Pflanzenwurzeln. II. Die Temperaturkoeffizienten von Kationen- und Anionenaufnahme in Abhängigkeit von der Salzkonzentration

**Autor:** Wanner, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-41317>

#### 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:** 12.01.2026

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

## Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme durch Pflanzenwurzeln<sup>1</sup>

### II. Die Temperaturkoeffizienten von Kationen- und Anionenaufnahme in Abhängigkeit von der Salzkonzentration

Von H. Wanner

(Aus dem Institut für allgemeine Botanik der Universität Zürich)

Mit 3 Tabellen

With an English Summary

Eingegangen am 17. August 1948

In einer früheren Arbeit (Wanner 1948) konnte ich zeigen, daß zwischen den Temperaturkoeffizienten der Kationen- und Anionenabsorption durch Weizenwurzeln ein konstanter Größenunterschied besteht: Die Anionenabsorption ist durchwegs stärker temperaturabhängig als die Kationenaufnahme. Während diese Beobachtung eine neue Stütze der Ansicht von einem verschiedenen Aufnahmemechanismus für Kationen und Anionen darstellt, kann sie über die Art dieses Mechanismus selbst nichts Sichereres aussagen. Der naheliegende Schluß, daß die Anionenaufnahme allein oder jedenfalls stärker mit der Atmungstätigkeit der Wurzel verbunden sei als die Kationenaufnahme, ist ohne weitere Beweise noch unzulässig. Die Höhe des Temperaturkoeffizienten eines Vorganges wird bestimmt durch dessen Aktivierungsenergie. Diese kann auch bei Diffusionsvorgängen so hoch sein, daß Temperaturkoeffizienten von 2 und noch mehr resultieren. Während z. B. für ideale Gase zwischen 20° und 30° theoretisch ein Q<sub>10</sub> von 1,02 erwartet wird, beobachtet man je nach der Diffusionsgeschwindigkeit schon in verdünnten wässrigen Lösungen Temperaturkoeffizienten von 1,2—1,5. Noch höhere Koeffizienten werden bei Medien erhalten, die eine festere Struktur besitzen und deshalb der Diffusion mehr Widerstand entgegensetzen. Inbezug auf unsere Beobachtungen ergeben sich daraus folgende Fragen, deren Beantwortung zur weiteren kausalen Analyse des Aufnahmemechanismus von Kationen und Anionen führt: Wie verändern sich die Temperaturkoeffizienten der Salzabsorption, wenn einzelne Faktoren, die die

<sup>1</sup> Die Durchführung dieser Arbeiten wurde wesentlich unterstützt durch einen Beitrag «Jubiläumsspende für die Universität Zürich» an die Anschaffungskosten eines Hilger-Spekker-Kolorimeters.

Aufnahmgeschwindigkeit beeinflussen, verändert werden? Von solchen Faktoren wurde vorerst die Außenkonzentration des Salzes untersucht.

Der Einfluß der Salzkonzentration auf die Intensität der Aufnahme ist schon seit den Untersuchungen von Nathanson (1903, 1904) und Stiles und Kidd (1919) bekannt: Mit zunehmender Konzentration steigt die absolute aufgenommene Salzmenge. Bezieht man die absorbierte auf die anfänglich vorhandene Salzmenge, so ergibt sich jedoch eine Abnahme dieser relativen Absorptionsintensität. Während diese Autoren für ihre Versuche Scheiben aus pflanzlichen Speichergeweben benutztten, sind später von Lundegårdh (1932) Untersuchungen an jungen Weizenpflanzen durchgeführt worden. Hier zeigte sich ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit der Ionenabsorption von der den Pflanzen dargebotenen Salzkonzentration. Lundegårdhs Kurven für die Kaliumaufnahme aus vollständigen Nährösungen mit verschiedenem  $\text{KNO}_3$ -Gehalt weisen allerdings keine stetige Zunahme der Absorptionsintensität mit der Konzentration auf. Er bemerkt dazu, daß offenbar « die totale Kalium-Aufnahme in keinem einfachen Verhältnis zu dem Kalium-Gehalt der Lösung stehe ». Im allgemeinen wird man aber doch annehmen dürfen, daß die Absorptionsgeschwindigkeit sich gleichsinnig verändert wie die Zahl der Ionenstöße auf die absorbierende Oberfläche, d. h. wie die Konzentration. Eine obere Grenze ist natürlich durch die osmotischen Verhältnisse gegeben.

Auch in unseren hier mitgeteilten Versuchen zeigte es sich, daß die Salzabsorption mit zunehmender Außenkonzentration steigt, und zwar wie von früheren Untersuchern festgestellt, in geringerem Maße als die Konzentration, was offenbar auf Sättigungsscheinungen beruht.

Die Untersuchungen der Temperaturabhängigkeit der Aufnahmehintensität bei verschiedenen Salzkonzentrationen ergab bei allen vier untersuchten Salzen ein eindeutiges übereinstimmendes Resultat, das einerseits eine Bestätigung unserer bisherigen Befunde darstellt, anderseits einen bedeutsamen Schluß inbezug auf den Energiebedarf des Absorptionsvorganges zu ziehen gestattete.

### Untersuchungsmethodik

Die Anzucht der Versuchspflanzen geschah gleich wie in der ersten Mitteilung beschrieben. Für jeden Versuch wurden 240 unter gleichen Bedingungen aufgezogene 10—12 Tage alte Weizenpflanzen benutzt, die auf 4 Pyrexbechergläser verteilt wurden. Zwei Gläser erhielten bei Versuchsbeginn 0,01 n Lösung des zu untersuchenden Salzes, die zwei andern 0,002 n Lösung. Je ein Glas beider Konzentrationsstufen kam in einen Wasserthermostaten von 15,0° bzw. 25° C, bei diffuser Beleuchtung der Blätter. Nach 8 Stunden wurde die Salzaufnahme durch Analyse der Lösung bestimmt: Kalium flammenphotometrisch, Calcium

und Magnesium durch direkte Titration mit einer Komplexon-Methode (Biedermann und Schwarzenbach 1948), Nitrat und Phosphat kolorimetrisch. Als Bezugsgröße für die Ionenabsorption diente das Wurzeltrockengewicht.

### Experimentelle Ergebnisse

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, schwanken die absoluten aufgenommenen Ionenmengen auch zwischen den wiederholten Versuchen mit dem gleichen Salz z. T. beträchtlich. Dies beruht auf den nicht ganz

Tabelle 1

Ver- such	Salz	Alter	Aufnahme in mäq/g Wurzel-Trockengewicht							
			Kation				Anion			
			15°		25°		15°		25°	
			0,01 n	0,002 n	0,01 n	0,002 n	0,01 n	0,002 n	0,01 n	0,002 n
1	KNO <sub>3</sub>	11 Tage	0,730	0,204	0,684	0,370	1,142	0,068	1,230	0,120
2	KNO <sub>3</sub>	10 Tage	1,880	0,641	2,440	1,030	0,184	0,228	0,870	0,596
3	KNO <sub>3</sub>	12 Tage	1,220	0,511	1,320	0,853	1,670	0,318	2,358	0,627
4	KNO <sub>3</sub>	11 Tage	0,657	0,433	0,918	0,770	0,250	0,136	0,500	0,395
5	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	11 Tage	0,400	0,057	0,346	0,084	0,560	0,290	0,750	0,520
6	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	10 Tage	0,286	0,073	0,400	0,167	0,369	0,168	1,010	0,600
7	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	12 Tage	0,202	0,079	—	0,114	2,620	0,379	1,76	0,540
8	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	12 Tage	0,539	0,098	0,406	0,116	0,421	0,113	0,430	0,167
9	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	11 Tage	0,312	0,220	0,615	0,342	1,090	0,190	1,420	0,335
10	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	12 Tage	0,922	0,095	1,105	0,179	1,394	0,164	0,961	0,271
11	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	12 Tage	1,000	0,068	0,992	0,139	2,180	0,302	2,03	0,449
12	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11 Tage	0,866	0,213	0,508	0,304	0,605	0,027	0,713	0,068
13	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10 Tage	0,830	0,186	0,581	0,214	0,342	0,025	0,367	0,046

konstanten Aufzuchtbedingungen für die Pflanzen verschiedener Versuchsreihen im Gewächshaus, ferner auf der verschiedenen zeitlichen Distanz zwischen der letzten Erneuerung der Nährlösung während der Anzuchtsperiode und dem Beginn des Versuchs mit einer bestimmten Aufzuchtreihe. Letzteres erweist sich besonders wichtig für die Nitrataufnahme: je nachdem ob in der Nährlösung der für den Versuch verwendeten Pflanzen noch viel oder nur noch wenig Nitrat vorhanden war, zeigen die betreffenden Pflanzen während der Absorptionsperiode eine höhere oder niedrigere Aufnahmehintensität. Als Regelmäßigkeit ist aber schon aus der ersten Tabelle die erwartungsgemäß stärkere Salzaufnahme aus der 0,01 n Lösung zu ersehen. In Tabelle 2 sind die Quotienten

Ionenabsorption aus 0,01 n Lösung

Ionenabsorption aus 0,002 n Lösung

zusammengestellt, die das Ausmaß der Steigerung der Aufnahmehintensität durch eine fünffache Konzentrationserhöhung zeigen. Auch diese Relativzahlen sind leider bei der angewandten Technik mit einer unvermeidlichen beträchtlichen Variabilität behaftet. Trotzdem lassen sich aus dieser Tabelle folgende Regelmäßigkeiten zwanglos ablesen. Die absorbierte Ionenmenge steigt nicht in gleichem, sondern meist in viel geringerem Maße wie die Salzkonzentration an. Weiterhin fällt auf, daß *bei der höheren Temperatur 25° eine Konzentrationssteigerung von 0,002 n auf 0,01 n bei allen untersuchten Salzen eine geringere Zunahme der Absorptionsintensität bewirkt, als bei der niedrigeren Temperatur 15°.*

Tabelle 2

Verhältnis der Ionenabsorption in 0,01 n Lösung zu der in 0,002 n Lösung

Versuch	Salz	Kation		Anion	
		15°	25°	15°	25°
1	KNO <sub>3</sub>	3,58	1,85	16,89	10,25
2	KNO <sub>3</sub>	2,93	2,37	(0,81)*	(1,46)*
3	KNO <sub>3</sub>	2,39	1,55	5,25	3,76
4	KNO <sub>3</sub>	1,52	1,19	1,84	1,26
Mittel 1—4	KNO <sub>3</sub>	2,60	1,74	7,99	5,09
5	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7,07	4,12	1,93	1,44
6	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,92	2,40	2,19	1,68
Mittel 5—6	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,50	3,26	2,06	1,56
7	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,56	—	6,91	3,26
8	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,49	3,54	3,72	2,56
9	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,42	1,80	5,75	4,24
10	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9,74	6,17	8,50	3,55
11	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	14,79	7,14	7,21	4,53
Mittel 7—11	Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6,80	4,66	6,42	3,63
12	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4,06	1,67	22,2	10,48
13	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4,46	2,72	13,8	8,04
Mittel 12—13	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4,26	2,19	18,0	9,26

( )\* Werte für die Mittelberechnung weggelassen

Anschaulicher wird dieses Ergebnis, wenn es umgekehrt dargestellt wird, als Abhängigkeit der Salzabsorption von der Temperatur bei den zwei Konzentrationsstufen 0,01 n und 0,002 n (Tabelle 3). Mit einer Ausnahme, die offenbar vernachlässigt werden kann, zeigt es sich hier, daß

die Temperaturkoeffizienten ( $25^\circ/15^\circ$ ) im Konzentrationsbereich  $0,01\text{ n}$ — $0,002\text{ n}$  mit zunehmender Konzentration abnehmen. Kontrollversuche mit dazwischenliegenden Konzentrationen machen eine Unstetigkeit im Gang des Temperaturkoeffizienten im untersuchten Bereich unwahrscheinlich.

Tabelle 3  
Temperaturkoeffizient  $Q_{10}$  ( $15$ — $25^\circ$ ) der Ionenabsorption  
in  $0,01\text{ n}$  und  $0,002\text{ n}$  Lösung

Versuch	Salz	Kation		Anion	
		0,01 n	0,002 n	0,01 n	0,002 n
1	KNO <sub>3</sub>	0,94	1,82	1,08	1,77
2	KNO <sub>3</sub>	1,30	1,60	(4,72)*	2,49
3	KNO <sub>3</sub>	1,08	1,67	1,41	1,97
4	KNO <sub>3</sub>	1,39	1,78	2,00	2,90
Mittel 1—4	KNO <sub>3</sub>	1,18	1,72	1,50	2,28
5	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,87	1,48	1,34	1,79
6	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,40	2,28	2,74	3,57
Mittel 5—6	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,13	1,88	2,04	2,68
7	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	—	1,44	0,67	1,43
8	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,76	1,18	1,02	1,48
9	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,97	1,55	1,30	1,77
10	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,20	1,89	0,69	1,65
11	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,99	2,05	0,93	1,49
Mittel 7—11	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,23	1,62	0,92	1,56
12	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,87	1,43	1,18	2,50
13	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,70	1,15	1,07	1,85
Mittel 12—13	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,79	1,29	1,13	2,18

( )\* Wert für die Mittelberechnung weggelassen

Inbezug auf den Unterschied zwischen den Temperaturkoeffizienten für die Kationen- und denjenigen für die Anionenabsorption läßt sich die in der ersten Mitteilung gemachte Feststellung bestätigen: Die Anionenaufnahme ist stärker temperaturabhängig als die Kationenaufnahme, und zwar gilt dies für beide untersuchten Konzentrationsstufen. Einige Ausnahmen von dieser Regel bei den Versuchen mit Magnesiumnitrat treten gegenüber der Mehrzahl der Ergebnisse zurück. Wenn von diesen Magnesiumnitratversuchen abgesehen wird, zeigt es sich, daß die Größe des Unterschiedes  $Q_{10}$  (Anion)— $Q_{10}$  (Kation) mit zunehmender Konzentration der Salzlösung eine Tendenz zur Abnahme zeigt. Besonders auffällig ist das bei den zwei Versuchen 12 und 13 mit Monokaliumphosphat.

### Diskussion

Eine Temperaturerhöhung bedingt im Wurzelsystem eine Zunahme der Stoffwechselintensität. Die parallel dazu auftretende Erhöhung der Salzaufnahme deutet auf den Zusammenhang des Absorptionsvorganges mit den energieliefernden Dissimilationsprozessen in der Wurzel. In ähnlicher Weise geht diese Abhängigkeit auch daraus hervor, daß Wurzelatmung und Salzakkumulation gleichzeitig durch Sauerstoffentzug oder Vergiftung mit Atemgiften gehemmt werden. H o a g l a n d und B r o y e r (1936) und andere haben darauf hingewiesen, daß dementsprechend wie bei der Atmung für die Salzaufnahme ebenfalls hohe Temperaturkoeffizienten zu erwarten seien und unter speziellen Bedingungen solche nachgewiesen. Auch in unseren Versuchen ergaben sich zum Teil recht hohe Temperaturkoeffizienten. Der einfache Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Atmung und Salzaufnahme genügt aber nicht zur Erklärung der eindeutigen und in allen Versuchen gleichsinnigen Unterschiede in der Höhe der Temperaturkoeffizienten bei verschiedener Konzentration der Außenlösung. Es muß daraus vielmehr angenommen werden, daß dieser *Zusammenhang mit der Atmungsintensität nicht konstant ist, sondern mit zunehmender Konzentration der Salzlösung abnimmt*. Worauf ist nun aber die bei stärkerer Außenkonzentration trotzdem z. T. bedeutend erhöhte Menge absorbierten Salzes zurückzuführen? Eine höhere Konzentration der Ionen in der umgebenden Lösung bedingt an der Oberfläche des absorbierenden Wurzelsystems eine stärkere Austauschadsorption. Der Nachschub der Ionen in die Vakuolen der Wurzelrindenzellen wird dadurch ebenfalls vermehrt, wobei diese zweite Phase der Salzabsorption mit zunehmender Außenkonzentration mehr und mehr aus passiven Diffusionsvorgängen bestehen wird, entsprechend dem abnehmenden Konzentrationsgefälle. Die von den salzakkumulierenden Wurzelzellen zu leistende Konzentrationsarbeit wird bestimmt durch die Größe und das Vorzeichen der freien Energie  $\Delta F$  des Überführungsvorganges der Ionen von der Außenlösung der Aktivität  $A_1, B_1 \dots$  zu der Innenlösung mit den entsprechenden Ionenaktivitäten  $A_2, B_2 \dots$

$$\Delta F = n_1 \cdot RT \ln \frac{A_2}{A_1} + n_2 \cdot RT \ln \frac{B_2}{B_1} + \dots \quad (\text{Bull 1934})$$

wobei  $n_1, n_2 \dots$  die Anzahl Mole transportierter Ionen A, B, C, ... sind. Ist die Außenlösung weniger konzentriert als die Innenlösung, wie das sowohl bei der niedrigeren Konzentration in unseren Versuchen als auch für die wirksamen Salzkonzentrationen im Boden und im Wurzelsystem sein dürfte, ist  $\Delta F$  positiv; die salzakkumulierenden Zellen müssen für die Aufnahme einen Teil der aus der Atmung anfallenden Energie aufwenden. In diesem Falle ist die Atmungsintensität als begrenzender Faktor der Salzaufnahme wirksam, ihre Erhöhung (hier durch die Temperatursteigerung) bewirkt eine parallel gehende Zunahme der Absorp-

tionsintensität. Nähert sich die Außenkonzentration  $A_1$  des Ions A der Innenkonzentration  $A_2$ , so nimmt  $\Delta F$  ab, pro Mol absorbiert Ionen muß seitens der Zellen weniger Arbeit geleistet werden. Ist  $\Delta F$  null oder negativ, bei Gleichheit von Innen- und Außenkonzentration, bzw. wenn letztere größer ist als die Innenkonzentration, dann muß die Zelle theoretisch überhaupt keine Absorptionsarbeit leisten. Der Eintritt von Ionen erfolgt dann entsprechend dem Konzentrationsgefälle durch Diffusion und dürfte dem Bild entsprechen wie es Danielli (Davison and Danielli (1943) für die Ionenpermeabilität entworfen hat. Es ist zu erwarten, daß die Temperaturabhängigkeit der Ionenaufnahme in diesem Bereich geringer sein wird, wie ja die meisten Diffusionsprozesse niedrigere Temperaturkoeffizienten haben als Stoffwechselvorgänge. Die oberen Grenzen der Außenkonzentrationen für die verschiedenen Ionen, wo  $A_2 = A_1$ ,  $B_2 = B_1$ , ... werden sich experimentell kaum ermitteln lassen, da eine Bestimmung der wirksamen Innenkonzentrationen praktisch unmöglich ist. An der Höhe des Temperaturkoeffizienten wären diese wahrscheinlich für jedes Ion verschiedenen Grenzen erkennbar, falls die Ionenabsorption aus verdünnten Lösungen ( $A_1 < A_2$ ) ausschließlich durch Atmungstätigkeit erfolgen würde. In diesem Falle müßte jeder Übergang von z. B.  $A_1 < A_2$  zu  $A_1 > A_2$  durch eine plötzliche Abnahme des Temperaturkoeffizienten gekennzeichnet sein. Eine Temperaturerhöhung im physiologischen Bereich bedingt immer einen Anstieg der Atmungstätigkeit und sollte demnach eine entsprechende Steigerung der Absorptionsintensität bewirken, solange die Außenkonzentration kleiner ist als die Innenkonzentration, im entgegengesetzten Falle jedoch nur noch in dem Masse, als die Molekularbewegung durch die Wärmezufuhr erhöht wird. Einen plötzlichen Abfall des  $Q_{10}$  der Ionenabsorption bei zunehmender Außenkonzentration konnten wir nun schon deshalb nicht wahrnehmen, weil immer nur zwei Konzentrationen gleichzeitig geprüft werden konnten. Es scheint aber auch von vornherein unwahrscheinlich, daß die Aufnahme sämtlicher Ionen direkt an Atmungsprozesse gebunden ist. Vielmehr ist zu erwarten, daß ein mit zunehmender Außenkonzentration wachsender Anteil der aufgenommenen Gesamtionenmenge im Plasma « frei » wandert. Sollte dies zutreffen, so wäre für den Gang des Temperaturkoeffizienten keine Unstetigkeit zu erwarten. Versuche, diese Verhältnisse zu klären, sind im Gange.

Auf Grund der oben erwähnten einfachen thermodynamischen Überlegungen läßt sich die Beobachtung über die abnehmende Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme mit steigender Konzentration damit erklären, daß der Absorptionsvorgang bei höherer Konzentration mehr physikalischer Art, « reine » Diffusion mit niedriger Aktivierungsenergie ist. Damit wäre auch die Tendenz zur Abnahme des Unterschiedes zwischen den Temperaturkoeffizienten für die Kationen- und Anionenaufnahme mit steigender Außenkonzentration zu verstehen. Das Ansteigen

der Temperaturkoeffizienten mit abnehmender Salzkonzentration läßt dagegen mit großer Sicherheit darauf schließen, daß die Salzabsorption dabei auf einer erst durch die Atmung ermöglichten Akkumulierungsarbeit beruht.

### Zusammenfassung

Bei der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Salzaufnahme wurde festgestellt, daß der Temperaturkoeffizient der Ionenabsorption mit zunehmender Konzentration der Salzlösung deutlich abnimmt. Dieses Resultat wird dahin gedeutet, daß bei niedrigen Außenkonzentrationen die Wurzelzellen aktive Akkumulierungsarbeit leisten müssen (« Salzatmung » Lundegårdhs), um Salzionen von außen nach innen zu transportieren. Mit zunehmender Außenkonzentration wandert eine zunehmende Zahl von Ionen « frei », durch Diffusion, in die absorptionsfähigen Zellen ein, so daß der Temperaturkoeffizient der Ionenaufnahme sinken muß.

### Summary

The purpose of the experiments reported was to determine the temperature coefficients ( $Q_{10}$ ) of ion absorption in relation to the concentration of the salt solution. The roots of corresponding batches of wheat plants about 12 days old were immersed simultaneously for 8 hours in 0.01 n and 0,002 n solutions of various salts at 15° and 25° C. respectively. Salt absorption was determined by analysis of the solutions (Tab. 1). All temperature coefficients of ion absorption measured at the two concentration levels showed that at the higher concentration, salt absorption is less dependent on temperature than at the lower concentration. This fact is explained on the basis of simple thermodynamic considerations. At low outside concentrations salt accumulation requires work by the absorbing root cells. The only possible source for this accumulation work is respiratory metabolism and as this has a high temperature coefficient, salt absorption will also be strongly influenced by temperature changes. At higher outside concentrations however salt absorption may be partially or wholly a simple diffusion process with corresponding lower activation energy and temperature coefficient.

### Literaturverzeichnis

- Biedermann, W., und Schwarzenbach, G., Chimia 2/3, 1948.  
Bull, H., Physical Biochemistry, New York, 1943.  
Davson, H., and Danielli, J. F., The Permeability of Natural Membranes. Cambridge, 1943.  
Hoagland, D. R., and Brooker, T. C., Plant Physiol. 11, 471, 1936.  
Lundegårdh, H., Die Nährsalzaufnahme der Pflanze. Jena, 1932.  
Nathansohn, A., Jb. wiss. Bot. 38, 241—290, 1903.  
— ebenda 39, 607—644, 1904.  
Stiles, W., and Kidd, F., Proc. Roy. Soc. B, 90, 448—470, 1919.  
Wanner, H., Ber. Schweiz. Bot. Ges. 58, 123—130, 1948.