

Kobalts¹. Diamagnetisch wie Vitamin B₁₂ sind dagegen, mit Ausnahme von K₃CoF₆, die vielen Komplexsalze des dreiwertigen Kobalts (insonderheit die Kobaltlake²). Ebenfalls sind diamagnetisch hier nicht zu betrachtende mehrkernige Kobaltkomplexe sowie vereinzelte Nitroso- bzw. Kohlenoxyd-Verbindungen des Kobalts.

Theoretisch läßt sich andererseits voraussagen³, daß in Verbindungen des dreiwertigen Kobalts mit 6 oktaedrisch angeordneten und kovalent gebundenen Liganden (in «Durchdringungskomplexen») das Kobaltion die Magnetonezahl Null besitzen muß und diese Verbindungen infolgedessen (in Übereinstimmung mit der Erfahrung) diamagnetisch sein müssen. Dagegen sind für in anderer Weise gebundene dreiwertige oder zweiwertige Kobaltionen (wieder in Übereinstimmung mit der Erfahrung) Magnetonezahlen von 1,73, 2,83, unter Umständen auch höhere zu erwarten.

Auf Grund der erwähnten experimentellen Erfahrungen an anderen Kobaltverbindungen sowie auf Grund der Aussagen der Theorie dürfen wir somit allein schon aus der Tatsache, daß Vitamin B₁₂ diamagnetisch ist, den Schluß ziehen, daß das Kobaltion im B₁₂-Molekül dreiwertig ist, daß es 6 oktaedrisch angeordnete Liganden besitzt und daß es in einem Durchdringungskomplex fest gebunden ist⁴. (Letztere Feststellung wird durch die bisherigen chemischen Befunde völlig bestätigt.)

Der für die Molsuszeptibilität gefundene Zahlenwert von $(-750 \pm 100) \cdot 10^{-6}$ gibt – da das Kobaltion mit der Magnetonezahl Null keinen nennenswerten Beitrag dazu liefert – im wesentlichen die Suszeptibilität des organischen Teils des B₁₂-Moleküls wieder. Theoretisch läßt sich auf Grund der Bruttoformel der Verbindung (durch Addition der Pascalschen Atominkremente) die Größenordnung dieses Wertes in befriedigender Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund zu ca. $-750 \cdot 10^{-6}$ angeben⁵. Eine genauere Diskussion dieser Zahlen, aus der man über das eingangs gegebene Programm hinausgehend, weitere Schlüsse auf die Konstitution der Verbindung ziehen könnte, ist vor allem schon wegen der großen Fehlergrenzen des experimentellen Werts vorderhand nicht möglich.

Wir danken Herrn Prof. Dr. T. REICHSTEIN für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Zurverfügungstellung der Substanzproben; Herrn Prof. Dr. W. KUHN danken wir für die Erlaubnis zur Benützung der Institutsmittel.

F. GRÜN und R. MENASSÉ

Physikalisch-chemische Anstalt der Universität Basel,
17. Mai 1950.

Summary

The magnetic susceptibility of vitamin B₁₂ has been measured, and the substance is found to be diamagnetic. This fact has been used to draw some conclusions about its structure.

¹ Siehe P.W. SELWOOD, l. c. – Eine (theoretisch bis jetzt nicht verständliche) Ausnahme bildet K₃Co(CN)₆, das (vgl. D.M. BOSE Z. Phys. 65, 677 [1930], sowie L. SZEGÖ und P. OSTINELLI, Gazz. 60, 946 [1930] diamagnetisch ist.

² Siehe insbesondere R.W. ASMUSSEN, Diss. Kopenhagen (1944).

³ Siehe insbesondere L. PAULING, zitiert z. B. bei W. KLEMM, *Magnetochemie* (Leipzig 1936), p. 190.

⁴ Diese Aussage bezieht sich natürlich zunächst auf Vitamin B₁₂ in Lösung.

⁵ Für die Berechnung eines genaueren Wertes müßte man noch die vorderhand unbekannten Konstitutionsinkremente sowie den Suszeptibilitätsbeitrag des Kobalts berücksichtigen. Der oben angegebene Wert könnte sich dadurch u. U. auf ca. $-650 \cdot 10^{-6}$ vergrößern (vor allem, wenn das B₁₂-Molekül stark ungesättigt sein sollte) oder auf ca. $-800 \cdot 10^{-6}$ verkleinern (wenn es aromatische Ringe enthält).

Über die Wirkung des Kohlenoxyds auf Atmung und Ionenaufnahme von Weizenwurzeln

Die Untersuchungen von LUNDEGÄRDH über die Atmung von Weizenwurzeln und deren Zusammenhang mit der Ionenaufnahme machten es wahrscheinlich, daß es sich bei dem für die Ionenaufnahme verantwortlichen Anteil der Wurzelatmung (Anionenatmung) um ein Oxydationssystem vom Typus der Zytochrom/Zytochrom-Oxydase handeln muß¹. Die eisenhaltigen Oxydationsfermente werden durch HCN, NaN₃ und CO gehemmt, wobei die CO-Hemmung photoreversibel ist. Die kupferhaltigen Phenoloxidasen reagieren auch auf die genannten Atmungsgifte, jedoch ist die CO-Hemmung nicht lichtempfindlich. Die Blockierung der Anionenatmung und Ionenaufnahme durch Cyanid und Azid wurde vielfach untersucht², hingegen liegen über die entsprechende Wirkung von CO bis jetzt noch keine Untersuchungen vor. Die hier angeführten Versuche sollen dazu beitragen, die Natur der Anionenatmung zu klären.

Die Versuche wurden entsprechend der von LUNDEGÄRDH angegebenen Methode ausgeführt³. Es wurden die abgetrennten, 6–8 cm langen Wurzeln von ca. 10 Tage alten, in Nährlösung aufgezogenen Weizenpflanzen verwendet. In der Regel betrug das Trockengewicht 10–15 mg pro Versuchskolben von 50 ml Inhalt. Für die CO-Versuche wurde eine mit CO gesättigte Lösung im gewünschten Verhältnis mit O₂ gesättigte Lösung gemischt und in den Kontrollversuchen die CO-Lösung durch N₂ gesättigte ersetzt. Um eine ständige Durchmischung der Lösung während der Versuche zu gewährleisten und eine Temperaturerhöhung durch die Belichtung zu verhindern, ließen wir die Kolben in einem temperaturkonstanten Wasserbad (20° C) unter einem Winkel von 45° rotieren. Als Lichtquelle wurde eine 1000-Watt-Lampe benutzt, die Lichtstärke betrug in der Höhe der Versuchskolben ca. 14000 Lux. Versuche zeigten, daß mindestens 4000 Lux notwendig sind, um die CO-Wirkung aufzuheben. Die Atmung wurde durch Bestimmung des O₂-Verbrauches aus der Lösung nach der Methode von WINKLER bestimmt, die Cl-Aufnahme durch elektrometrische Titration der Versuchslösung.

Es wurde jeweils in Parallelversuchen die normale Atmung und Cl-Aufnahme in 0,0005 mol KCl-Lösung, die Grundatmung in derselben Salzlösung mit Zusatz von 0,001 mol KCN und die Wirkung von CO in belichteten und verdunkelten Versuchen, ebenfalls in 0,0005 mol KCl-Lösung, bestimmt. Bei der verwendeten KCN-Konzentration wird sicher die gesamte Anionenatmung gehemmt, so daß sich aus der Differenz der Totalatmung (reines KCl) und der Grundatmung (0,001 mol KCN) die Anionenatmung ergibt. Vorversuche zeigten auch, daß das Licht Atmung und Ionenaufnahme weder in reiner KCl-Lösung noch in KCN beeinflusst.

In der Tabelle sind die Versuchsergebnisse über die CO-Wirkung bei variierendem CO-Gehalt der Lösung zusammengestellt. Obwohl das CO in Wasser sehr schwer löslich ist und die Konzentration nicht über 0,95 mmol/l betrug, wurde die Atmung bei den höheren CO-Konzentrationen im Dunkeln eindeutig gehemmt, während sie im Licht ungefähr denselben Wert erreichte wie die Kontrolle ohne CO. Da die Atmungswerte oft stark

¹ H. LUNDEGÄRDH, Ark. Bot. K. Svenska Vet. Akad. 32 A, No. 12 (1945).

² L. MACHLIS, Amer. J. Bot. 31, 183 (1944). – H. LUNDEGÄRDH, Ann. Agric. Coll. Sweden 16, 339 (1949).

³ H. LUNDEGÄRDH, Ann. Agric. Coll. Sweden 16, 372 (1949).

streuen, läßt sich an dem bis jetzt vorhandenen Versuchsmaterial nicht entscheiden, ob die unvollständige Lichtreversibilität bei den höchsten CO-Konzentrationen zufallsbedingt ist oder auf der Anwesenheit eines durch CO hemmbaren, aber nicht lichtempfindlichen Oxydationssystems, z. B. Phenoloxydase, beruht. Ferner geht aus der Tabelle hervor, daß mit sinkendem CO-Gehalt die Hemmwirkung abnimmt, bei 0,5 mmol/l ist keine Wirkung mehr nachweisbar.

Photoreversible Hemmung von Atmung und Ionenaufnahme bei variierendem CO-Gehalt der Versuchslösung. Die Werte sind in $\mu\text{mol/Stunde/10 mg Trockengewicht}$ angegeben.

	Salz allein	Salz + CO hell	Salz + CO dunkel	Salz + 0,001 mol KCN
A. CO 0,93 mmol/l O ₂ 0,19 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	1,55	1,35	0,76	0,71
Cl-Aufnahme	0,23	0,24	0,10	—
Anionenatmung	0,84	0,64	0,05	—
B. CO 0,87 mmol/l O ₂ 0,25 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	1,77	1,64	1,10	0,80
Cl-Aufnahme	0,52	0,35	0,10	—
Anionenatmung	0,97	0,84	0,30	—
C. CO 0,52 mmol/l O ₂ 0,20 mmol/l				
O ₂ -Verbrauch	2,11	1,56	1,65	0,71
Cl-Aufnahme	0,51	0,45	0,32	—
Anionenatmung	1,40	0,85	0,94	—

Die Hemmung der Cl-Aufnahme geht mit der Atmungshemmung parallel. Ebenso wie die Anionenatmung nicht vollständig aufgehoben wird, findet auch bei den höchsten CO-Gehalten noch eine geringe Ionenaufnahme statt, die mit steigender Anionenatmung ebenfalls zunimmt. Die Versuche stellen also einen weiteren Hinweis auf die Koppelung von Atmung und Ionenaufnahme dar und vervollständigen den Beweis für die Auffassung, daß es sich bei der Anionenatmung um ein eisenhaltiges Oxydationssystem handeln muß.

ERIKA SUTTER

Pflanzenphysiologisches Institut der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule, Uppsala, den 8. März 1950.

Summary

The effect of carbon monoxide upon oxygen consumption and ion absorption in wheat roots has been studied. In the dark, inhibition of respiration by CO (in sufficiently high concentrations) is nearly as great as the maximum inhibition in cyanide. Similarly, the chloride absorption is strongly inhibited. Inhibition of respiration and ion absorption by CO is light-reversible.

Direkte Messung der großen Periode des Wachstums an aufeinanderfolgenden Zellen im Wurzelvegetationspunkt

Daß die Wurzel nur in einer wenige Millimeter großen Zone hinter der äußersten Spitze wächst, wurde bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts gefunden. Ein gutes Jahrhundert später ergab die genauere Untersuchung

dieser Zone durch FRANK¹, HOFMEISTER², MÜLLER³ und CIESIELSKI⁴, daß die Wachstumsintensität in den einzelnen aufeinanderfolgenden Teilen dieser Zone sehr verschieden ist, und zwar in gesetzmäßiger Weise: Von der Spitze ab nach rückwärts nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit der Teilzonen zuerst zu, erreicht ein Maximum und sinkt dann auf 0. Anschließend an diese Autoren hat SACHS⁵ einige Jahre später die Ergebnisse bestätigt und für den Zuwachs der einzelnen Zonen den Fachaussdruck Partialzuwachs, für die erwähnte gesetzmäßige Verschiedenheit des Zuwachses der einzelnen Zonen den Begriff der großen Periode des Wachstums eingeführt. Er benützte dieselbe Methodik wie FRANK, HOFMEISTER usw.: äußere Markierung der Wurzel mit feinen Strichen. SACHS wies ferner nach, daß die direkt hinter dem Vegetationspunkt gelegene Zone von 0,5–1 mm Länge innerhalb von 6–8 Tagen selbst eine derartige große Periode durchläuft.

Man hat nie den Versuch gemacht, an den einzelnen Zellen der in Betracht kommenden Zone selbst die große Periode nachzuweisen. In neueren Lehrbüchern⁶ findet man lediglich den Hinweis, daß dieselbe natürlich auf eine solche der einzelnen Zellen zurückzuführen sei. Die von den oben genannten Autoren und SACHS angewandte Meßmethode ist so einfach, daß sich der Versuch auch als Schulversuch seit langem eingebürgert hat. Voraussetzung ist nur, daß möglichst dicke, zu einer Markierung geeignete Wurzeln benutzt werden. Sehr dünne Wurzeln, welche für Markierungen unbrauchbar sind, lassen es dagegen möglich erscheinen, anstatt an künstlichen Zonen die hintereinanderliegenden Zellen selbst zu messen. Daß man an dünnen, lebenden Wurzeln die Teilungs- und Wachstumszone gut feststellen und die einzelnen Zellen beobachten kann, wurde an anderer Stelle⁷ für *Crepis capillaris* gezeigt. SINNOTT und BLOCH⁸ hatten bereits vor einer Reihe von Jahren derartige Beobachtungen an den Wurzelvegetationspunkten verschiedener Arten von *Gramineen* gemacht. Sie benutzten ihre Befunde dazu, um nachzuweisen, daß die relative Lage der sich streckenden Zellwände im wesentlichen unverändert bleibt, also entgegen früheren Vorstellungen kein gleitendes Wachstum stattfindet. Messungen mit dem Ziel, die große Periode des Wachstums der Streckungszone bzw. der einzelnen Zellen zu ermitteln, wurden von SINNOTT und BLOCH nicht vorgenommen.

Noch geeigneter als *Crepis capillaris* zur Beobachtung der einzelnen Zellen in dem Vegetationspunkt intakter Wurzeln erwiesen sich in meinen Untersuchungen *Crepis setosa* und vor allen Dingen *Melandrium album*. Benutzt werden tadelloso gerade auf Filtrierpapier herangezogene Keimlingswurzeln von 1–2 cm Länge. Die Keimlinge setzt man während der Aufzucht etwa alle 12 Stunden auf dem Filtrierpapier um, da infolge der sehr langen Wurzelhaare sonst eine zu feste Verwachsung mit dem Papier eintritt. Vor Beginn der Messung kommen die ausgelesenen Keimpflanzen auf gut angefeuchtete, tadelloso saubere Objektträger ohne Filtrier-

¹ A. B. FRANK, *Beiträge zur Pflanzenphysiologie*, Engelmann, S. 35 (Leipzig 1868).

² W. HOFMEISTER, *Bot. Z.* 27, 33 (1869).

³ N. S. C. MÜLLER, *Bot. Z.* 27, 387 (1869); 29, 727 (1871).

⁴ Th. CIESIELSKI, *Untersuchung über die Abwärtskrümmung der Wurzel* (Dissertation, Breslau 1871).

⁵ J. SACHS, *Arbeiten des Botanischen Instituts Würzburg*, Bd. I, S. 385 (1873).

⁶ H. FITTING, W. SCHUMACHER, R. HARDER und F. FIRBAS, *Lehrbuch der Botanik* (23. und 24. Auflage, Gustav Fischer, Jena 1947).

⁷ E. HEITZ, *Elemente der Botanik* (Springer-Verlag, Wien 1950).

⁸ E. W. SINNOTT and R. BLOCH, *Amer. J. Botany* 26, 625 (1939).