

9. W. Palladin und S. Kostytschew: Über anaeröbe Atmung der Samenpflanzen ohne Alkoholbildung.

Eingegangen am 25. Januar 1907.

In unseren früheren Abhandlungen¹⁾ haben wir nachgewiesen, dass die durch Erfrierung getöteten Lupinensamen, Lupinenkeimlinge und etiolierte Stengelgipfel von *Vicia Faba* eine ausgiebige CO₂-Produktion, doch geringe oder eventuell gar keine Alkoholbildung bei Sauerstoffabschluss bewirken. Zur Illustrierung dieser Schlussfolgerung möge folgende Tabelle dienen:²⁾

| Nummer des Versuchs | Versuchsmaterial | CO ₂ auf 100 g des Versuchsmaterials | CO ₂ : C ₂ H ₅ OH |
|---------------------|--|---|--|
| 4 | Etiolierte Blätter von <i>Vicia Faba</i> | 151,3 | 100: 17,1 |
| 4 | „ Gipfel „ „ „ | 156,2 | 100: 18,5 |
| 5 | „ „ „ „ „ | 185,6 | 100: 0 |
| 6 | „ „ „ „ „ | 150,0 | 100: 8,4 |
| 9 | Lupinensamen | 80,7 | 100: 0 |
| 10 | „ | 116,9 | 100: 0 |

Daraus haben wir geschlossen, dass die anaeröbe Atmung der genannten erfrorenen Pflanzen mit der Alkoholgärung nichts zu tun hat.

In der vorliegenden Abhandlung beabsichtigen wir festzustellen, dass eine derartige anaeröbe Atmung unter Umständen auch bei lebenden Pflanzen stattfindet. Unsere Versuche wurden mit etiolierten Blättern von *Vicia Faba* ausgeführt. Schon früher hat einer von uns diese Blätter für eine ganze Reihe seiner Untersuchungen benutzt. Es ergab sich dabei, dass etiolierte junge Bohnenblätter, wie Embryonalorgane überhaupt, äusserst eiweissreich sind;³⁾ ihr Eiweissgehalt beträgt etwa 42,5 bis 48 pCt. des Trockengewichtes. Auch der Phosphorgehalt⁴⁾ dieser Blätter ist ein sehr bedeutender, da die

1) PALLADIN und KOSTYTSCHEW. Diese Berichte Bd. 24, 1906, S. 273. — Dieselben „Zeitschrift für physiol. Chemie“, Bd. 48, 1906, S. 214.

2) Diese Tabelle ist unserer in der „Zeitschrift für physiol. Chemie“ publizierten Abhandlung entnommen.

3) PALLADIN. Diese Berichte, Bd. 9, 1891, S. 194.

4) PALLADIN. Diese Berichte, Bd. 10, 1892, S. 179.

darin befindlichen Eiweissstoffe zum grössten Teil Nucleoproteide sind.¹⁾ Doch enthalten die genannten Blätter nur minimale Mengen der Kohlenhydrate.²⁾ Diesen Umstand hat einer von uns benutzt, um die Bedeutung der Kohlenhydrate für die anaërobe Atmung ins klare Licht zu bringen.³⁾ Derselbe hat gefunden, dass die anaërobe Atmung etiolierter Bohnen- und Lupinenblätter durch künstliche Zuckerzufuhr in hohem Grade gesteigert wird. Auch blieben die durch Zucker ernährten Blätter längere Zeit bei Sauerstoffabschluss lebendig als die nicht ernährten Blätter. Diese Resultate sind neuerdings durch GODLEWSKI⁴⁾ bestätigt worden.

In unseren weiter folgenden Versuchen wurden etiolierte Bohnenblätter (bezw. Stengelgipfel) in geräumige U-Röhren gebracht, durch welche alsdann Wasserstoff geleitet wurde. Nach Beendigung je eines Versuches wurden CO₂- und Alkoholbestimmungen ausgeführt; betreffs der Methodik sei auf unsere oben zitierten Abhandlungen hingewiesen.

Versuch 1.

71 g etiolierter Stengelgipfel von *Vicia Faba* wurden im Verlauf von vier Tagen auf 10 pCt. Saccharoselösung in Dunkelheit kultiviert und alsdann in den PETTENKOFER'schen Apparat gebracht. Wasserstoffstrom, Temperatur 20°.

| Zeitdauer | CO ₂ mg | CO ₂ pro Stunde mg |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 4 Stunden 20 Minuten. | 178,0 | 41,0 |
| 16 „ | 458,4 | 28,2 |
| 5 „ | 146,0 | 29,6 |
| 25 Stunden 20 Minuten. | 782,4 | — |

Alkoholbestimmungen.⁵⁾

Das erhaltene Destillat gab folgende Reaktionen:

1. Reaktion mit fuchsinschwefliger Säure (Aldehydreaktion) negativ.
2. Jodoformprobe positiv.
3. Benzoylchloridreaktion positiv.

1) PALLADIN. Revue générale de botanique, t. 8, 1896, p. 205.

2) PALLADIN. Diese Berichte, Bd. 9, 1891, S. 229.

3) PALLADIN. Revue générale de botanique, t. 6, 1894, p. 201.

4) GODLEWSKI. Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie, 1904, p. 115.

5) In unserer letzten Arbeit haben wir zufällig die Arbeit von T. TAKAHASHI (Bulletin of the College of Agriculture, Tokyo, V) unberücksichtigt gelassen. Dieser Forscher hat GODLEWSKI's Untersuchungen über Alkoholbildung der Erbsensamen bestätigt.

Die quantitative Bestimmung ergab:

$$C_2H_5OH = 724,6 \text{ mg}$$

$$CO_2 : C_2H_5OH = 782,4 : 724,6 = 100 : 92,6.$$

Es ergab sich also, dass die mit Rohrzucker ernährten etiolierten Stengelgipfel von *Vicia Faba* bei Sauerstoffabschluss eine echte Alkoholgärung erzeugen.

Versuch 2.

230 g frischer etiolierter Blätter von *Vicia Faba*. Wasserstoffstrom, Temperatur 20°, Versuchsdauer 22 Stunden.

$$CO_2 = 446,4 \text{ mg} : C_2H_5OH = 177,4 \text{ mg}.$$

Das erhaltene Destillat gab dieselben Reaktionen wie im vorhergehenden Versuche:

$$CO_2 : C_2H_5OH = 100 : 39,7.$$

Der grösste Teil der CO_2 ist also nicht auf Alkoholgärung zurückzuführen. Da die zu diesem Versuche benutzten Blätter nicht ganz zuckerfrei waren, so lag die Annahme nahe, dass die Alkoholbildung nur im Verlauf der anfänglichen Stunden der Anaerobiose auf Kosten der vorhandenen Kohlenhydrate stattgefunden hat. Zur Lösung dieser Frage haben wir eine Methode angewandt, die wir als „Methode der konsequenten Abziehungen“ bezeichnen. Dieselbe besteht darin, dass ein jeder Versuch mit zwei oder mehreren Blätterportionen angestellt wird, die im Verlauf ungleicher Zeit der Sauerstoffentziehung unterworfen werden. Die bei kurzer Dauer des Versuches erhaltenen Daten werden von denen des länger dauernden Versuches abgezogen. Auf diese Weise dient jeder Versuch von kurzer Dauer als Kontrolle für den länger dauernden.

Versuch 3.

Junge etiolierte Blätter von *Vicia Faba* wurden in zwei Portionen zu je 56 g geteilt. Beide Portionen wurden in den PETTENKOFER'schen Apparat gebracht. Wasserstoffstrom. Temperatur 18°.

| Zeitdauer | CO ₂ | | CO ₂ pro Stunde von 2 Portionen mg |
|----------------------|------------------|------------------|--|
| | 1. Portion mg | 2. Portion mg | |
| 5 Stunden | 94,4 | 76,4 | 15,3 |
| 15 „ | — | 81,6 | 5,4 |
| 6 „ | — | 24,4 | 4,1 |
| 26 Stunden | 94,4 | 182,4 | — |

Alkoholbestimmungen.

Die beiden Destillate gaben dieselben Reaktionen wie in vorhergehenden Versuchen. Die quantitativen Bestimmungen ergaben:

1. Portion: $C_2H_5OH = 48,1 \text{ mg}$
 $CO_2 : C_2H_5OH = 94,4 : 48,1 = 100 : 50,9$
2. Portion: $C_2H_5OH = 74,6 \text{ mg}$
 $CO_2 : C_2H_5OH = 182,4 : 74,6 = 100 : 40,9$

Es ist aber ersichtlich, dass im Verlauf der anfänglichen Stunden der Anaërobie die Alkoholbildung grösser ist als im Verlauf der darauffolgenden Stunden, und zwar sinkt die Energie der Alkoholbildung schneller als die Energie der CO_2 -Bildung. Werden die Daten der ersten Portion von denen der zweiten abgezogen, so ergeben sich folgende Zahlen:

$$CO_2 = 182,4 - 94,4 = 88,0 \text{ mg}$$

$$C_2H_5OH = 74,6 - 48,1 = 26,5 \text{ „}$$

$$CO_2 : C_2H_5OH = 100 : 30,0$$

Folglich sind die Verhältnisse von $CO_2 : C_2H_5OH$:

1. Portion 100 : 50,9
 2. „ 100 : 30,0

Dieser Versuch wurde mit jungen Blättern ausgeführt; zum folgenden Versuch wurden ältere Blätter benutzt, die eine so geringe Menge der Kohlenhydrate enthielten, dass letztere im Verlauf der anfänglichen fünf Stunden total vergärt wurden.

Versuch 4.

Alte etiolierte Blätter von *Vicia Faba* wurden in zwei Portionen zu je 63 g geteilt. Beide Portionen wurden in den PETTENKOFER'schen Apparat gebracht. Wasserstoffstrom, Temperatur 18,5°.

1. Portion: Versuchsdauer 5 Stunden.
 $CO_2 = 114,8 \text{ mg}$, $C_2H_5OH = 62,2 \text{ mg}$
 $CO_2 : C_2H_5OH = 100 : 54,1$
2. Portion: Versuchsdauer 30 Stunden.
 $CO_2 = 256,8 \text{ mg}$, $C_2H_5OH = 68,3 \text{ mg}$
 $CO_2 : C_2H_5OH = 100 : 26,5$

Reaktionen der Destillate wie in vorhergehenden Versuchen. Werden die Daten der ersten Portion von denen der zweiten abgezogen, so ergeben sich folgende Zahlen:

$$CO_2 = 256,8 - 114,8 = 142,0 \text{ mg}$$

$$C_2H_5OH = 68,3 - 62,2 = 6,1 \text{ „ } ^1) \text{ (Spur)}$$

$$CO_2 : C_2H_5OH = 100 : \text{Spur.}$$

1) Diese Zahl liegt innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler.

Auf diese Weise ist ersichtlich, dass im Verlaufe der zweiten Periode der Anaerobiose eine CO_2 -Produktion ohne gleichzeitige Alkoholbildung erfolgte. Da nach den neueren Untersuchungen von STOKLASA, BUCHNER und MEISENHEIMER¹⁾ und von SCHADE²⁾ in den Zwischenstadien der Alkoholgärung eine Bildung organischer Säuren stattfindet, so war es geboten zu prüfen, ob nicht ein Teil der Barytlösung durch flüchtige Säuren gebunden war. Zu diesem Zwecke wurde eine gewichtsanalytische Bestimmung des Bariumkarbonats vorgenommen. Der in den Absorptionsgefäßen angehäuften Niederschlag wurde abgehoben, mit Hilfe einer speziell angepassten Vorrichtung in einer kohlenstofffreien Atmosphäre abfiltriert und ausgewaschen, dann getrocknet und gewogen.

- | | | | | |
|------------|-----|--------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1. Portion | . . | $\text{BaCO}_3 = 0,4496 \text{ g}$, | entsprechend | $100,4 \text{ mg CO}_2$ |
| 2. „ | . . | $\text{BaCO}_3 = 1,0516 \text{ „}$, | „ | $234,8 \text{ „ CO}_2$ |

Es ergab sich also, dass die auf gewichtsanalytischem Wege erhaltenen Zahlen mit denen der volumetrischen Bestimmung in befriedigender Weise übereinstimmen.³⁾ Die Barytlösung enthielt also keine flüchtige organische Säure. Daraus darf selbstverständlich nicht geschlossen werden, dass sich keine flüchtige Säure im Innern der Zellen gebildet hat.

Aus obigen Versuchen ist der Schluss zu ziehen, dass Samenpflanzen nur bei Vorhandensein der Kohlenhydrate Alkoholbildung bewirken; bei Abwesenheit der Kohlenhydrate ist dagegen die anaerobe Atmung dieser Pflanzen eine CO_2 -Produktion ohne Alkoholbildung. Die Frage des Chemismus dieser Art der anaeroben Atmung und ihrer Beziehung zur Alkoholgärung bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten. Es scheint nicht ganz unwahrscheinlich zu sein, dass die genannte CO_2 -Bildung eine Folge der Eiweisszersetzung ist. Schon längst hat einer von uns darauf hingewiesen, dass bei Sauerstoffabschluss ein Abbau der Eiweissstoffe stattfindet, und zwar ohne Bildung der Säureamide, ebenso wie bei der enzymatischen Eiweisspaltung.⁴⁾ Diese den damals vorherrschenden Anschauungen widersprechenden Resultate sind durch neuere exakte Untersuchungen GODLEWSKI's⁵⁾ bestätigt und erweitert worden. Die umfangreichen Untersuchungen SCHULZE's und seiner Schüler haben ebenfalls den

1) BUCHNER und MEISENHEIMER. Chemische Berichte, Bd. 37, 1904, S. 417 und Bd. 38, 1905, S. 620.

2) SCHADE. Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. 57, 1906, S. 1.

3) Dass die gewichtsanalytische Bestimmung etwas geringere Zahlen ergab, ist dadurch erklärlich, dass ein den Wänden der Absorptionsgefäße fest anklebender Teil des BaCO_3 nicht zur Wägung gelangte.

4) PALLADIN. Diese Berichte, Bd. 6, 1888, S. 205 und 296.

5) GODLEWSKI l. c. S. 141.

Nachweis dafür geliefert, dass Asparagin und Glutaminbildung sekundäre Prozesse sind, die nur bei Sauerstoffzutritt eingeleitet werden.

Andrerseits ist die Annahme nicht ausgeschlossen, dass eine echte Alkoholgärung auch bei Vorhandensein der Kohlenhydrate nur im Anfang der Anaërobie zustande kommt (darüber könnte die Methode der konsequenten Abziehungen Aufschluss geben). Zugunsten dieser Annahme spricht der Umstand, dass $\text{CO}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ der Samenpflanzen immer niedriger ist als bei der Alkoholgärung der Hefe. Dass die anaërobe Atmung mit der Alkoholgärung der Hefe nicht ungewungen identifiziert werden darf, hat einer von uns bereits vor fünf Jahren betont.¹⁾ Es ist wohl möglich, dass bei den durch die Produkte des anaëroben Stoffwechsels vergifteten Pflanzen die Zuckerspaltung sich nur auf intermediäre Stadien der Alkoholbildung beschränkt. Ist dies wirklich der Fall, so gewinnt die Erforschung der ohne Alkoholbildung stattfindenden anaëroben Atmung eine grosse Bedeutung für die Kenntnis des Chemismus der Alkoholgärung.

St. Petersburg, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

10. Fr. Bubák: Über *Puccinia Carlinae* E. Jacky in bisheriger Begrenzung.

Eingegangen am 30. Januar 1907.

Beim vergleichenden Studium einiger Puccinien stiess ich auch auf *Puccinia Carlinae*, die bei den Uredinologen von *Carlina acaulis* und *Carlina vulgaris* angegeben wird. Zufälligerweise bekam ich zu gleicher Zeit denselben Pilz von Herrn Prof. K. MALKOFF aus Bulgarien, und zwar auf *Carlina longifolia* Rehb.

Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser *Puccinia* — von allen drei genannten Nährpflanzen — fand ich, dass die Telentsporen von *Carlina vulgaris* und *Carlina longifolia* eine ganz andere Form und Grösse haben als diejenigen von *Carlina acaulis*. Auch die Bewarzung des Epispors und die Lage der Keimporen der Wintersporen sind bei beiden Formen verschieden.

1) KOSTYTSCHEW. Diese Berichte, Bd. 20, 1902, S. 327.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Palladin Wladimir Iwanowitsch, Kostytschew S.

Artikel/Article: [Über anaerobe Atmung der Samenpflanzen ohne Alkoholbildung. 51-56](#)