# Der Einfluß der Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. I.

Von

**Alexander Artari.**

Mit 2 Textfiguren.

---

In einer Reihe von Mitteilungen, die ich in den „Bull. de la Soc. Imp. des Natural. de Moscou“ und in den „Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch.“ veröffentlicht habe, berichtete ich über die Resultate meiner Versuche: Über den Nährwert verschiedener organischer Stoffe für grüne Algen. In der Arbeit, die im Dezember 1902 in russischer Sprache unter dem Titel: „Zur Frage über die Wirkung des Mediums auf die Form und Entwicklung der Algen“ erschien, stellte ich alle von mir gemachten Versuche mit den daraus gezogenen Schlüssen zusammen.

In vorliegender Abhandlung beabsichtige ich einige neue, nach ähnlicher Richtung unternommene Versuche mitzuteilen. Dieselben berühren die Frage, welchen Einfluß verschiedene Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung der Algen haben. Ich wollte etwas näher das verschiedene Verhalten von mir untersuchter Algen zu dem gegebenen Faktor bestimmen und Konzentrationsgrenzen für die Entwicklung für jede derselben feststellen.

Es ist allgemein bekannt, daß die verschiedenen Organismen sich außerordentlich verschieden zu den Konzentrationen der Nährsubstrate verhalten. „Die Pflanzen sind aber in sehr ungleichem Maße befähigt, auf osmotisch wirksamen Lösungen zu gedeihen“ (Pfeffer). Dank zahlreicher Untersuchungen sind in dieser Beziehung besonders interessante Tatsachen in bezug auf die Pilze festgestellt worden. So zeichnen sich viele Schimmelpilze durch ihre Fähigkeit aus, sowohl in ganz schwachen als auch in sehr starken Konzentrationen sich zu entwickeln.

Auf die Grenzen der Konzentrationen wurde besonders von Eschenhagen und neuerdings auch von Klebs die Aufmerksamkeit gelenkt. Was die Süßwasseralgen anbetrifft, so ist zuerst von Famintzin gezeigt worden, daß gewisse Algen imstande sind, sich in viel höheren Konzentrationen von Salzlösungen als die phanerogamen Pflanzen zu entwickeln. Flüchtig berührte ich auch diese Frage in meiner Arbeit über Protococcoideen, und es beschäftigte sich mit derselben besonders noch Richter. Krüger untersuchte den Einfluß der Konzentrationen der organischen Lösungen und einiger anorganischer Salze auf das Wachstum von *Chlorella protothecoides* und *Chlorothecium saccharophilum*, Bokorny studierte die unteren Konzentrationsgrenzen für das Wachstum von *Mesocarpus* und *Spirogyra*, und Matruchot und Molliard haben einige Tatsachen speziell in bezug auf *Stichococcus bacillaris* in dieser Beziehung festgestellt.

Die folgenden Untersuchungen sind teils im vorigen, teils in diesem Jahre angestellt worden[1]).

## I. Versuche mit *Stichococcus bacillaris*.

### A. Schwache Konzentrationen.

#### 1. Versuchsreihe.

Für diese Versuchsreihe wurde eine Nährlösung von folgender Zusammensetzung verwertet:

| | |
|---|---|
| $NH_4NO_3$ . . . . | 10 g, |
| Glukose . . . . | 20 g, |
| $KH_2PO_4$ . . . . | 3 g, |
| $MgSO_4$ . . . . . | 1 g, |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,5 g, |
| $FeCl_3$ . . . . . | Spur, |
| $H_2O$ . . . . . | 1000 ccm. |

Reaktion der Nährlösung schwach sauer.

Diese Nährlösung soll weiterhin die Bezeichnung 1 führen. Die Konzentrationen werden dann so gewählt, daß a) auf 50 Teile der Nährlösung 50 Teile destill. Wassers kamen (Bezeichnung $^1/_2$),

1) Der Inhalt dieser Arbeit wurde teilweise mit Demonstrationen in der botan. Abteilung der Kaiserl. Ges. von Freunden der Naturkunde in Moskau im Frühling 1903 mitgeteilt.

ferner b) auf 25 Teile Nährlösung 75 Teile Wasser ($^1/_4$), c) auf 12,5 Teile Nährlösung 87,5 Teile Wasser ($^1/_8$) und weiter d) auf 6,25 Teile Nährlösung 93,75 Teile Wasser ($^1/_{16}$).

Die Algen wurden in niedrigen Erlenmeyerschen Kölbchen von 200 ccm Inhalt kultiviert. Für jede Konzentration und für jede Lichtbedingung dienten je 5 Kolben. Die Nährflüssigkeit wurde in der Quantität von etwa 50 ccm eingegossen. Nach der Sterilisation wurde dieselbe durch eine Pipette mit einem Tropfen der entsprechenden Algenkultur infiziert, sodaß das verimpfte Material nicht oder kaum wahrnehmbar war. Vorher wurde die Algenkultur, die als Ausgangsmaterial diente, sorgfältig zum Zweck gleichmäßiger Verteilung geschüttelt.

Die Kulturen wurden im Dunkeln und am Lichte unter $CO_2$-Zutritt gehalten.

Das Impfmaterial stammte aus einer 28 Tage alten Kultur. Zimmertemperatur (15—19° C.). Versuchsdauer: 30 Tage.

Nach dem Schlusse dieser Versuchsreihe ergaben sich folgende Resultate in bezug auf die entwickelte Algenmasse:

1. (Unverdünnte Nährlösung.)

a) Im Lichte. Eine große Menge. Jeder Kolbenboden war mit einer ziemlich dicken Algenschicht bedeckt.

b) Im Dunkeln. Eine ziemlich große bis große Menge. Algenmasse hellgrün bis lebhaft grün.

$^1/_2$.

a) Im Lichte. Eine ziemlich große bis große Menge (fast ebenso viel wie in 1).

b) Im Dunkeln. Eine ziemlich große bis große Menge. Algenmasse hellgrün bis lebhaft grün.

$^1/_4$.

a) Im Lichte. Eine ziemlich große Menge (weniger als in 1 und $^1/_2$).

b) Im Dunkeln. Eine mäßige Menge. Algenmasse hell- bis lebhaft grün.

$^1/_8$.

a) Im Lichte. Eine kleine bis mäßige Menge.

b) Im Dunkeln. Eine sehr kleine Menge. Algenmasse hellgrün.

$^1/_{16}$.

a) Im Lichte. Eine sehr kleine Menge.

b) Im Dunkeln. Kaum merkliche Entwicklung.

2. Versuchsreihe.

Das Impfmaterial wurde einer 35 Tage alten Kultur entnommen.

Die Kulturkölbchen standen im Lichte. Zimmertemperatur. Anfang der Versuche: 19. IV. 03. Schluß: 2. VI. 03.

Die Versuchsresultate waren die folgenden:

1.

26. IV. (7 Tage nach der Impfung.) Kaum merkliche Entwicklung.

3. V. (14 Tage n. d. Impf.) Eine mäßige Menge. Der Boden in jedem Kölbchen war von einer ganz dünnen Algenschicht bedeckt.

10. V. (21 Tage n. d. Impf.) Eine ziemlich große Menge.

17. V. (28 Tage n. d. Impf.) Eine große Menge. Der Boden in jedem Kulturkölbchen war von einer ziemlich dicken Algenschicht bedeckt.

2. VI. (44 Tage n. d. Impf.) Eine große Menge. Algenmasse gelbgrün.

$^1/_2$.

26. IV. Kaum merkliche Entwicklung.

3. V. Eine mäßige Menge (ungefähr soviel wie in 1 vom 3. V.).

10. V. Eine ziemlich große Menge.

17. V. Eine große Menge.

2. VI. Eine große Menge (etwas weniger als in 1).

$^1/_4$.

26. IV. Keine merkliche Entwlcklung.

3. V. Eine geringe Menge (der Boden in jedem Kölbchen erschien ganz schwach grün).

10. V. Eine mäßige Menge. Bedeutend weniger als in $^1/_2$ vom 10. V.

17. V. Eine ziemlich große oder große Menge.

2. VI. Eine ziemlich große oder große Menge (doch weniger als in 1 und $^1/_2$).

$^1/_8$.

26. IV. Keine merkliche Entwicklung.

3. V. Kaum merkliche Entwicklung.

10. V. Eine sehr kleine Menge.
17. V. Eine kleine Menge und in einigen Kölbchen eine mäßige Menge.
2. VI. Eine mäßige Menge.

$^1/_{16}$.

26. IV. Keine merkliche Entwicklung.
3. V. Dasselbe Resultat.
10. V. Kaum merkliche Entwicklung.
17. V. Eine sehr kleine Menge.
2. VI. Eine mäßige Menge.

$^1/_{32}$.

26. VI. Keine merkliche Entwicklung.
3. V. Dasselbe Resultat.
10. V. Dasselbe Resultat.
17. V. Kaum merkliche Entwicklung.
2. VI. Eine sehr kleine Menge.

### 3. Versuchsreihe.

Die Nährlösung und Verdünnung wie früher. Das Material wurde einer 28 Tage alten Kultur entnommen. Zimmertemperatur. Die Kulturkölbchen standen am Lichte. Versuchsdauer: 24 Tage.

Da ich etwas genauer den Grad der Entwicklung bestimmen wollte, so habe ich den Versuch gemacht, nach Schluß der Experimente die Zahl der entwickelten Zellen mit Hilfe der sog. Zählkammer, wie es bei Hefestudien Gebrauch ist, zu berechnen. Die mehrfachen Proben, entnommen nach sorgfältigem Schütteln, um für gleichmäßige Verteilung zu sorgen, können Resultate bis zu einem gewissen Grade der Genauigkeit geben. Die Zellenverbände, die sich manchmal in den Quadraten vorfinden, wurden nach der Zahl der Zellen in Rechnung genommen.

Nach dem Schlusse dieser Versuchsreihe ergaben sich folgende Resultate:

1.

28 800 000—29 200 000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_2$.

24 600 000—26 000 000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_4$.

18 000 000—19 400 000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_8$.

9 200 000—10 400 000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_{16}$.

3 600 000—6 400 000 Zellen in 1 ccm.

## B. Starke Konzentrationen.

Ich gehe jetzt zu den Versuchen über, die zum Ziele hatten, die oberen Konzentrationsgrenzen für die Entwicklung festzustellen. In diesen Versuchen wurde eine Grundnährlösung von konstanter Zusammenstellung (mit einer Stickstoffquelle und den nötigen anorganischen Salzen) verwendet. Diese Nährflüssigkeit versetzte ich mit verschiedenen Quantitäten von Zucker; in einigen Versuchen mit Glukose, in anderen mit Rohrzucker. Da beide Stoffe von hohem Nährwert sind, so ließ sich hieraus, und auch aus den Ergebnissen früherer Untersuchungen mit anderen Organismen, schon eine Vermutung über die Wachstumsfähigkeit von *Stichococcus bacillaris* in starken Zuckerkonzentrationen ableiten. Jedenfalls schien es interessant, zu prüfen, welche Wirkung verschiedene Zuckerkonzentrationen auf das Wachstum der genannten Alge ausüben.

### I.

Einfluß verschiedener Konzentrationen der Glukose auf die Entwicklung.

Die Grundnährlösung hatte folgende Zusammenstellung:

| | |
|---|---|
| $NH_4NO_3$ . . . . . | 1 g, |
| $KH_2PO_4$ . . . . . | 0,2 g, |
| $MgSO_4$ . . . . . | 0,1 g, |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,025 g, |
| $FeSO_4$ . . . . . | Spur, |
| $H_2O$ . . . . . | 100 ccm. |

Auf je 100 Teile dieser Grundnährlösung wurden an Glukose nachstehende Quantitäten zugesetzt:

0, 2, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 g.

#### 1. Versuchsreihe.

Das Impfmaterial entnahm ich in diesem Falle einer 29 Tage alten Lichtkultur. Die Kulturkölbchen standen am Lichte. Zimmertemperatur. Versuchsdauer: 34 Tage.

Am Schlusse dieser Versuchsreihe war bezüglich der Mengen der entwickelten Algen folgendes festzustellen:

0 g Glukose: Eine kleine Menge.

2 g Glukose: Eine große Menge.

5 g Glukose: Eine große Menge.

10 g Glukose: Eine ziemlich große und in einigen Kölbchen eine große Menge.

15 g Glukose: Eine mäßige bis ziemlich große Menge.

20 g Glukose: Anfangs ganz langsame Entwicklung. Schließlich eine kleine bis mäßige Menge. Algenmasse lebhaft grün. Die Algenzellen hell- bis lebhaft grün, lang (5—8—10mal so lang wie dick), in Ketten verbunden. Meistens normale, scharf von dem Protoplasma abgegrenzte, manchmal körnige und schwach hervortretende Chromatophoren.

25 g Glukose: Eine sehr kleine Menge. Algenmasse hellgrün.

30 g Glukose: Keine merkliche Entwicklung.

## 2. Versuchsreihe.

Das Algenmaterial wurde 30 Tage alten Lichtkulturen entnommen, und zwar für schwache Konzentrationen (bis 10%) aus einer 2% Glukosekultur, für starke (von 10% ab) aus einer 10% Glukosekultur. Die Kulturkölbchen standen am Lichte. Zimmertemperatur. Versuchsdauer: 50 Tage.

Es ergaben sich folgende Entwicklungsresultate:

### 0%.

Eine kleine Menge. Der Boden der Kulturkölbchen schwach grün, in der Mitte ein dunkler Fleck.

### 0,5%.

Eine große Menge. Der Boden dicht grün, mit zentralem dunklem Fleck. Die Zellen kurz, einzeln oder paarweise miteinander verbunden.

### 1%.

Eine große Menge. Etwas mehr als in 0,5% Lösung.

### 2%.

Eine große Menge. Beinahe ebensoviel wie in 1% Lösung.

### 4%.

Eine große Menge.

5 %.

Eine große Menge. Beinahe ebensoviel wie in 2 % und 4 % Lösungen. Zellen länger, einzeln oder zu 2—4 miteinander verbunden. Algenmasse lebhaft grün.

10 %.

Anfangs ist das Wachstum langsamer als in schwächeren Lösungen; schließlich eine große Menge, doch etwas weniger als in 5 % Lösung.

15 %.

Anfangs langsame Entwicklung; schließlich eine ziemlich große Menge. Algenmasse lebhaft grün.

20 %.

Anfangs sehr langsame Entwicklung; schließlich eine kleine bis eine mäßige Menge. Bedeutend weniger als in 15 % Lösung, aber mehr als in zuckerfreier Lösung. Algenmasse lebhaft grün, Klumpen bildend.

25 %.

Kaum merkliche Entwicklung.

II.

Einfluß verschiedener Konzentrationen des Rohrzuckers auf die Entwicklung.

Die Grundnährlösung war von folgender Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $NaNO_3$ . . . . | 1 %, |
| $K_2HPO_4$ . . . . | 0,2 %, |
| $MgSO_4$ . . . . | 0,05 %, |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,025 %, |
| $FeSO_4$ . . . . . | Spur, |
| $H_2O$ . . . . . | 100 ccm. |

Der Niederschlag wurde abfiltriert. Die Reaktion der Nährlösung sehr schwach alkalisch. Auf je 100 Teile dieser Grundnährlösung wurde der Rohrzucker in folgenden Quantitäten hinzugefügt:

2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 und 48 g.

Das Impfmaterial stammte aus 30 Tage alten Kulturen. Es wurde für schwache Lösungen (bis 15 %) aus einer 1 % Glukosekultur, für starke Lösungen (von 15 % ab) aus einer 10 % Glukosekultur entnommen.

Die Kulturkölbchen standen am Lichte. Zimmertemperatur. Anfang des Versuches: 19. III. 04. Schluß: 4. V. 04. Die Versuchsresultate waren die folgenden[1]):

2 %.

Eine große Menge schon nach 21 Tagen nach der Impfung.

5 %.

Dasselbe Resultat.

10 %.

Eine große Menge. Die Entwicklung geht etwas langsamer vor sich.

15 %.

Eine ziemlich große Menge. Entwicklung noch langsamer.

20 %.

Eine ziemlich große Menge. Anfangs ziemlich langsame Entwicklung.

25 %.

Anfangs sehr schwache Entwicklung. Endlich eine mäßige bis ziemlich große Menge.

30 %.

1. IV. (13 Tage n. d. Impf.). Sehr schwache, aber merkliche Entwicklung.

8. IV. (20 Tage n. d. Impf.). Eine geringe Menge.

22. IV. (34 Tage n. d. Impf.). Eine mäßige Menge.

4. V. (46 Tage n. d. Impf.). Eine mäßige und in einigen Kulturkölbchen ziemlich große Entwicklung. Der Boden der Kölbchen ist mit lebhaft grünen Algenklumpen bedeckt. Weniger als in 25 % Lösung.

35 %.

1. IV. Kaum merkliche Entwicklung.

8. IV. Eine geringe Menge. Der Boden ist hie und da mit einer ganz dünnen Algenschicht bedeckt.

22. IV. Eine geringe und in einigen Kölbchen eine mäßige Menge.

4. V. Eine mäßige Entwicklung. Etwas weniger als in 30 % Lösung.

---

1) Bei der Prüfung einiger Kölbchen mit Nährlösungen nach vorsichtiger Sterilisation wurde keine Invertierung konstatiert. In zwei bis drei Kölbchen aber, wo keine Algen sich entwickelt hatten, wurde Invertzucker gefunden.

40 %.

1. IV. Keine merkliche Entwicklung.

8. IV. Schwache, aber merkliche Entwicklung.

15. IV. Eine sehr geringe Menge. Der Boden in den Kulturkölbchen ist hie und da mit lebhaft grünen Algenklumpen bedeckt.

22. IV. Eine geringe Menge.

4. V. Eine geringe bis mäßige Menge. Zellen lang, manchmal sehr lang (bis 10—12 mal so lang als dick), gerade oder gebogen, einzeln oder zu 2—4—6 und mehr miteinander verbunden, Ketten bildend. Die Chromatophoren schwach grün, normal, zuweilen körnig, sehr oft schwach von dem Protoplasma abgegrenzt. Das Pigment tritt oft nur an einem Ende der Zelle auf, während der übrige Teil farblos bleibt. Algenmasse hellgrün, Klumpen bildend.

45 %.

1. IV. Keine merkliche Entwicklung.

8. IV. Kaum merkliche Entwicklung.

15. IV. Eine sehr geringe Menge.

22. IV. Eine sehr geringe Menge.

4. V. Eine geringe Menge. Die Zellen sehen aus, wie in 40 % Lösung. Öfter anormale Gestalt. Im allgemeinen sind sie schwächer gefärbt.

48 %.

15. IV. Keine merkliche Entwicklung.

22. IV. Kaum merkliche Entwicklung.

4. V. Eine sehr geringe Menge.

## II. Versuche mit Gonidien von *Xanthoria parietina.*

### A. Schwache Konzentrationen.

#### 1. Versuchsreihe.

Versuchsanordnung siehe *Stich. bacill.* Die Nährlösung war wie folgt zusammengesetzt:

| | |
|---|---|
| Pepton „Witte“ . . | 10 g, |
| Glukose . . . . | 20 g, |
| $KH_2PO_4$ . . . . | 3 g, |
| $MgSO_4$ . . . . | 1 g, |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,5 g, |
| $FeCl_3$ . . . . . | Spur, |
| $H_2O$ . . . . . | 1000 ccm. |

Diese Nährlösung wurde in denselben Verdünnungen angewendet, wie in den Versuchen mit *Stich. bacillaris*. Die Kulturen standen bei Zimmertemperatur im Lichte und im Dunkeln. Übergeimpft wurde aus einer etwa $1^1/_2$ Monate alten Lichtkultur.

Anfang der Versuche: 22. II. 03. Schluß: 2. IV. 03. Am Schlusse dieser Versuchsreihe waren die folgenden Resultate zu konstatieren:

1. (Unverdünnte Nährlösung).

*α*. Am Licht. Eine große Menge. Der Kolbenboden war mit einer ziemlich dicken Algenschicht bedeckt.

*β*. Im Dunkeln. Dasselbe Resultat.

$^1/_2$.

*α*. Am Licht. Eine große Menge (etwas weniger als in 1).

*β*. Im Dunkeln. Eine ziemlich große Menge (bedeutend weniger als in 1).

$^1/_4$.

*α*. Am Licht. Eine mäßige Menge.

*β*. Im Dunkeln. Eine mäßige Menge.

$^1/_8$.

*α*. Am Licht. Eine kleine bis mäßige Menge.

*β*. Im Dunkeln. Eine kleine Menge.

$^1/_{16}$.

*α*. Am Licht. Eine sehr kleine Menge.

*β*. Im Dunkeln. Kaum merkliche Entwicklung[1]).

2. Versuchsreihe.

Diese Versuchsreihe, die unter fast gleichen Bedingungen, wie die erste angestellt wurde, ergab ähnliche Resultate.

3. Versuchsreihe.

Das Impfmaterial lieferte eine etwa $1^1/_2$ Monate alte Kultur. Licht. Zimmertemperatur. Zusammenstellung der Nährlösung wie früher (1. Versuchsreihe).

Anfang der Versuche: 1. XII. 03.

1) Nach 9 Monaten (die Kulturen waren gelb und sahen anormal aus) waren die Quantitätsverhältnisse bei verschiedenen Konzentrationen fast nicht geändert.

Resultate:

1.

15. XII. (14 Tage n. d. Impf.). Eine kleine Menge. Der Kolbenboden schwach grünlich. Hie und da dunklere Klümpchen.

22. XII. (21 Tage n. d. Impf.). Eine mäßige Menge. Der Boden der Kulturkölbchen ist mit einer dünnen Algenschicht bedeckt. In der Mitte ist die Schicht dicker.

29. XII. (28 Tage n. d. Impf.). Eine große Menge. Der Boden der Kulturkölbchen ist mit einer ziemlich dicken Algenschicht bedeckt. 4600000 bis 4800000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_2$.

15. XII. Eine kleine Menge. Etwas weniger als in 1. Keine Klümpchen.

22. XII. Eine mäßige Menge. Weniger als in 1 von 22. XII.

29. XII. Weniger als in 1. Der Boden ist mit einer dünnen Algenschicht ganz bedeckt. Hie und da Klümpchen. 3400000 bis 3800000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_4$.

15. XII. Eine sehr kleine Menge. Der Boden der Kulturkölbchen nur hie und da schwach grünlich.

22. XII. Eine kleine Menge. Der Boden ist teilweise mit einer dünnen Algenschicht bedeckt.

29. XII. Eine mäßige Menge. Dünne Algenschicht, in der Mitte etwas dicker. 2350000 bis 2800000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_8$.

15. XII. Kaum merkliche Entwicklung.

22. XII. Eine sehr kleine Menge.

29. XII. Eine kleine und in einigen Kölbchen eine mäßige Menge (weniger als in $^1/_4$). 1680000 bis 1760000 Zellen in 1 ccm.

$^1/_{16}$.

15. XII. Keine merkliche Entwicklung.

22. XII. Kaum merkliche Entwicklung.

29. XII. Eine sehr kleine bis kleine Menge. 1120000 bis 1280000 Zellen in 1 ccm.

## B. Starke Konzentrationen.

Die Kulturversuche mit starken Zuckerkonzentrationen zeigten, daß die Flechtengonidien unter diesen Bedingungen in ihrem Verhalten dem *Stichococcus bacillaris* ziemlich nahe standen. Die

Gonidien sind befähigt, auch in starken Glukose- und Rohrzuckerlösungen zu wachsen. Die obere Konzentrationsgrenze von Glukoselösungen für das Wachstum liegt bei etwa 18—20%, diejenige von Rohrzuckerlösungen bei 38—40%. Mit der Erhöhung der Konzentration, von 4—5% Glukose oder 8—10% Rohrzucker an, wird das Wachstum allmählich langsamer und schwächer.

## III. Versuche mit *Scenedesmus caudatus.*

### 1. Versuchsreihe.

Versuchsanordnung wie bei *Stichococcus bacillaris.* Die Nährlösung war von folgender Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $NH_4NO_3$ . . . . | 5 g, |
| Glukose . . . . | 10 g, |
| $K_2HPO_4$ . . . . | 2 g, |
| $MgSO_4$ . . . . . | 1 g, |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,5 g, |
| $FeSO_4$ . . . . . | Spur, |
| $H_2O$ . . . . . | 1000. |

Durch Zusatz von kohlensaurem Natron wurde die Lösung deutlich schwach alkalisch gemacht. Der Verdünnungsmodus wie bei *Stichococcus* und den Gonidien von *Xanthoria.* Die Kulturkölbchen standen am Lichte. Zimmertemperatur. Das Impfmaterial entnahm ich einer 28 Tage alten Kultur. Versuchsdauer: 32 Tage.

Die Versuche ergaben als Resultate:

1.

Eine kleine Menge. Algenmasse blaßgrün.

1/2.

Eine kleine Menge. Algenmasse blaßgrün.

1/4.

Eine kleine bis mäßige Menge. Algenmasse blaß- oder hellgrün.

1/8.

Eine mäßige Menge. Algenmasse hellgrün bis lebhaft grün.

1/16.

Eine ziemlich große bis große Menge. Algenmasse lebhaft grün bis dunkelgrün.

Diese Versuche wurden in gleicher Weise nochmals wiederholt, und der Erfolg waren ähnliche Resultate.

## Resultate.

Zum Schluß möchte ich in folgendem die wichtigsten Versuchsresultate zusammenfassen.

### 1. *Stichococcus bacillaris.*

In bezug auf *Stichococcus bacillaris* wurde festgestellt, daß diese Alge sowohl in ganz schwachen, als auch in sehr starken Konzentrationen der Nährlösungen sich zu entwickeln vermag. Die schnellste und üppigste Entwicklung findet in relativ starken Lösungen statt, die 0,5—1% der Stickstoffquelle (Ammoniumnitrat) und 1—2% der Glukose oder des Rohrzuckers enthalten; in schwächeren Lösungen (0,25—0,125% der Stickstoffquelle und 0,5—0,25% des Zuckers) geht die Entwicklung etwas langsamer vor sich, doch kann die Algenquantität in diesem Falle mit der Zeit mit derjenigen auf höheren Konzentrationen ein gleiches Niveau erreichen. In sehr schwachen Lösungen ($^1/_{16}$ und $^1/_{32}$) endlich wächst die Alge sehr langsam und sehr schwach.

Daraus folgen einige praktische Winke für die Kultur dieser Alge. Wenn man schnell massenhafte Kulturen von *Stichococcus bacillaris* nötig hat, so wähle man stärkere Konzentrationen, am besten Nährlösungen, die 0,5—1% der N-Verbindung und 1—2% an Glukose enthalten; sofern aber *Stich. bacill.* in lebens- und entwicklungsfähigem Zustande nur weiter kultiviert werden soll, so sind schwächere Lösungen (am besten $^1/_8$) vorzuziehen. In schwächeren Lösungen tritt bei dieser Alge nicht so schnell ein Wachstumsrückgang ein, und es ist unnötig, öfters überzuimpfen.

In sehr starken Zuckerlösungen, die über 5% Glukose oder 10% Rohrzucker enthalten, wird die Entwicklung allmählich langsamer, in Lösungen, die 15% Glukose und 25% Rohrzucker und höheren Zuckergehalt aufweisen, geht die Entwicklung sehr langsam vor sich; sie hört am Lichte etwa bei 25% Glukosegehalt und 48% Rohrzuckergehalt auf. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß eine 25%-Glukoselösung mit einer 47,5%-Rohrzuckerlösung isosmotisch ist.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei weiteren Versuchen sich eine noch höhere Akkommodationsfähigkeit herausstellt.

Aus den oben beschriebenen Versuchen geht hervor, daß die Konzentration des Außenmediums einen bedeutenden Einfluß nicht nur auf die Wachstumsschnelligkeit ausübt, sondern ein solcher Einfluß zeigt sich auch, wenn man die Zahl der entwickelten Zellen, die Algenmasse, näher in das Auge faßt.

Wenn wir die obere Konzentrationsgrenze für die Entwicklung des *Stichococcus bacillaris* mit derjenigen anderer Organismen vergleichen, so erhalten wir folgende Übersicht:

| | Glukose | Rohrzucker |
|---|---|---|
| *Stichococcus bacillaris* . . . . . | 25 % | 48 % |
| Gonidien aus *Xanth. pariet.* . . . . . | 20 „ | 40 „ |
| *Chlorothecium saccharophilum* (nach Krüger) | 30 „ | 30 „ |
| *Chlorella protothecoides* (n. Krüger) . . . | 20 „ | 20 „ |
| *Prototheca Zopfii* (n. Krüger) . . . . . | 30 „ | 30 „ |
| *Hormodendron Hordei* (n. Bruhne) . . . | 85 „ | 110 „ |
| *Aspergillus niger* (nach Eschenhagen) . . | 53 „ | — |
| *Botrytis cinerea* (n. Eschenhagen) . . . . | 51 „ | — |
| *Penicillium glaucum* (n. Eschenhagen) . . | 55 „ | — |
| *Eurotium repens* (n. Klebs) . . . . . | 95 „ | 100 „ |

Merkwürdig ist die Fähigkeit dieser Alge, sich starken Konzentrationen von Zuckerlösungen anzupassen. Die Alge ist imstande, sich weiter zu entwickeln, wenn sie aus einer 2 %-Glukosekultur plötzlich in 10, 15 und sogar 20 %-Lösung übertragen wird. Je stärker die Konzentration ist, desto langsamer wird allerdings die Entwicklung. Manchmal entwickelt sich die Alge bei solchen plötzlichen Übertragungen nicht weiter. Es ist sehr wahrscheinlich, daß *Stichococcus bacillaris*, ähnlich einigen anderen Organismen, schon in der Natur an solche extremen Wachstumsbedingungen angepaßt wurde. *Stichococcus* kommt in der Natur unter ziemlich verschiedenen Lebensbedingungen vor. In starken Lösungen anorganischer Salze findet im Gegenteil die Anpassung schwer und allmählich statt. Es wurde schon von Richter auf die Notwendigkeit einer allmählichen Anpassung dieser Alge an starke Konzentrationen des Kochsalzes hingewiesen. In meinen Versuchen entwickelte die Alge sich nicht, sobald sie aus starken Zuckerlösungen in osmotisch gleich wirkende Lösungen von $NaCl$ und $NaNO_3$ übertragen wurde. Wahrscheinlich muß man von ganz schwachen Lösungen dieser Salze ausgehen, um in stärkeren Konzentrationen derselben ein Wachstum der Alge zu erzielen.

Ich gehe jetzt zur Frage nach dem Einfluß des Zuckers auf die Entwicklung der genannten Alge über. Wie aus den oben beschriebenen Versuchen (siehe die Versuche mit starken Glukoselösungen) ersichtlich ist, geht die Entwicklung von *Stichococcus bacillaris* ohne Zucker bedeutend schwächer vor sich. Mit Hilfe der Zählkammer gelang es mir, den Einfluß der Glukose auf das

Wachstum noch in zwei speziellen Versuchen genau zu bestimmen. Es entwickelten sich, 31 Tage nach der Impfung, unter sonst gleichen Bedingungen (in runden Zahlen)

a) mit 2 % Glukose: 21000000—24000000 Zellen,
b) ohne Glukose: 9000000—10000000 Zellen in 1 ccm.

In einem anderen Versuche im Laufe von 21 Tagen:

a) mit 0,5 % Glukose: 18000000—19000000 Zellen,
b) ohne Glukose: 7200000—8000000 Zellen in 1 ccm[1]).

Die Versuchsresultate am Lichte und im Dunkeln sind, nach der Untersuchung mit bloßem Auge, ziemlich gleiche. Von einigen Versuchen, die speziell angestellt wurden, um den Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung genauer zu bestimmen, sei nur einer als Beispiel angeführt.

Die Nährlösung war von folgender Zusammensetzung: $NH_4NO_3$ (1 %) + Glukose (2 %) + nötige anorg. Salze. Versuchsdauer: 31 Tage. Es entwickelten sich im Mittel:

a) im Dunkeln: 17000000—19000000 Zellen,
b) am Lichte: 21000000—24000000 Zellen in 1 ccm.

Verhältnis: 4 : 5.

Bei Verwendung schwacher Lösungen ($^1/_8$ und $^1/_{16}$) übertreffen an Wachstumsintensität die Lichtkulturen die Dunkelkulturen bedeutend (siehe 1. Versuchsreihe mit verdünnten Lösungen). Für Dunkelkulturen liegt auch die obere Konzentrationsgrenze für das Wachstum, sowohl bei Glukosen als bei Rohrzucker, einige Prozente tiefer.

---

Höchst interessant ist die Wirkung starker Zuckerlösungen auf die Gestalt der Zelle. In sehr starken Lösungen (mit einem Gehalt von 10 % Glukose oder 20 % Rohrzucker beginnend) sind die Zellen besonders lang gestreckt, dabei werden dieselben 5—8—10 und sogar 12mal so lang wie dick (2,5—3 $\mu$ dick, 7—36 $\mu$ lang). Die Zellen sind öfter gekrümmt und bilden mehr oder weniger lange Ketten, indem sie sich zu 2—3—4 und mehr miteinander verbinden (Fig. 1). Die Zellen, welche in schwachen Lösungen wachsen, sind kurz und relativ dick; entweder ebenso lang wie dick oder 2—4-mal so lang wie dick (3—3,5 $\mu$ dick, 5—12,5 $\mu$ lang; Fig. 2), einzeln oder meistens zu 2 miteinander verbunden.

Zellen, die aus starken Lösungen in schwache übertragen werden, sterben teilweise ab; die übrigen werden gewöhnlich dicker

1) Nach Matruchot und Molliard begünstigt 0,03 % Glukose die Entwicklung dieser Alge. Es zeigte sich bei meinen Versuchen, daß schon 0,005 % Glukose das Wachstum bedeutend fördert.

und teilen sich sehr bald in kurze Glieder. So wurde zB. aus einer 40proz. Rohrzuckerkultur je ein paar Tropfen in 2proz. Glukoselösung übergetragen. Nach 20 Tagen wurde der Boden der Kulturkölbchen ganz grün. Die Zellen waren kurz (2—4mal so lang als dick), einzeln oder zu zweien verbunden. In starken Lösungen wird also die Zellteilung verlangsamt, und die Folge ist ein Längerwerden der Zellen. Die Zellkrümmungen und ähnliche kettenförmige Bildungen, aber mit viel kürzeren Gliedern, hat Richter ebenfalls in starken Kochsalzlösungen beobachtet. Die Wirkung des Zuckers steht demnach im Gegensatz zur Wirkung starker Kochsalzlösungen. Kochsalz beschleunigt nach Richter die Teilung, es entstehen hierdurch kurze Zellen . . . „daß durch Chlornatrium die Teilungs-

Figur 1. Figur 2.

vorgänge beschleunigt werden, das Wachstum aber sich verlangsamt" (Richter, 48). Inwieweit in diesem Falle eine spezifische Wirkung des Stoffes eine Rolle spielt, muß späteren Untersuchungen überlassen bleiben.

Jedenfalls ist die Plastitität in der Gestaltung der Zelle bei *Stichococcus* ziemlich bedeutend. Bemerkenswert erscheint, daß die kurzen Zellen, welche bei der Kultur der Alge gewöhnlich in schwachen Lösungen auftreten, diagnostisch dem *Stichococcus bacillaris* Näg. ähnlich sind, während die langen Zellen in ihrem Aussehen sich jener Art nähern, die unter dem Namen *Stichococcus fragilis* beschrieben wurde. In der Tat sind die Zellen von *Stichococcus bacillaris* aus starken Zuckerlösungen dünner und bedeutend länger. Man könnte nach diesem Resultat Zweifel hegen, ob die verschiedenen Formen von *Stichococcus*, die unter verschiedenen

Namen beschrieben wurden, tatsächlich auch verschiedenen Arten entsprechen. In unserem Falle beweist allerdings die Rückverwandlung der langen Zellen von *Stich. bacill.* in kurze Glieder nach dem Übertragen aus starken in schwache Lösungen, daß wir es mit der Gestaltsänderung der Art zu tun haben.

Die Entwicklung von *Stich. bacill.* in starken Zuckerlösungen ist zugleich mit Chlorophyllbildung, am Lichte sowohl wie auch im Dunkeln, verbunden. In dieser Beziehung sprechen meine Versuche gegen Palladins Experimente mit etiolierten Blättern. Palladin hatte etiolierte Blätter auf starke Rohrzuckerlösungen (50 %) gelegt, eine Ergrünung derselben am Lichte blieb jedoch aus. Daraus zog der genannte Forscher den Schluß, daß konzentrierte Zuckerlösungen, die schwer oxydierbar sind, die Chlorophyllbildung stören. Wie meine Versuche zeigen, kann dieser Schluß nicht verallgemeinert werden, jedenfalls aber ist er nicht auf die Algen übertragbar.

## 2. Flechtengonidien.

Ähnlich dem *Stichococcus bacillaris* zeigen auch die Gonidien aus *Xanthoria parietina* auf relativ starken Konzentrationen von Nährlösungen ein gesteigertes Wachstum. Die schnellste Entwicklung geht auch bei dieser Alge in Nährlösungen vor sich, die 0,5—1 % Pepton und 1—2 % Glukose enthalten. In schwächeren und in stärkeren Lösungen entwickelt sich die Alge langsamer. Die oberen Konzentrationsgrenzen für die Entwicklung wurden bereits angegeben.

Es zeigte sich weiter, daß Glukose und Rohrzucker in hohem Grade die Schnelligkeit und die Üppigkeit des Wachstums begünstigen. Mit Hilfe des oben erwähnten Zählapparates habe ich die Versuchsresultate in bezug auf die Glukose etwas genauer bestimmt. Die Zellkomplexe, die sich in den Quadraten fanden, wurden nach der Zahl der Zellen in Rechnung gestellt.

Es entwickelten sich im Laufe eines Monates unter sonst gleichen Bedingungen (in runden Zahlen):

a) mit 2 % Glukose: 7200000 Zellen,
b) ohne Glukose: 3000000—3500000 Zellen in 1 ccm.

In einem anderen Versuche im Laufe von 45 Tagen:

a) mit 2 % Glukose: 9800000 Zellen,
b) ohne Glukose: 4800000 Zellen in 1 ccm.

---

Ich schließe noch eine Mitteilung über einige Versuche an, welche die Konzentrationsfrage nicht berühren. Sie betreffen den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum bei organischer Ernährung. In bezug auf diese Frage liegen in der Literatur nicht ganz übereinstimmende Resultate vor.

Wie man aus der 1. Versuchsreihe ersieht, ist das Wachstum der Alge in schwachen Konzentrationen im Dunkeln ein bedeutend geringeres als im Lichte. Die Versuche in dieser Richtung mit stärkerer Konzentration, wie ich sie gewöhnlich benutzte (1% Pepton + 2% Glukose + nötige anorg. Salze) haben folgendes Resultat ergeben:

Es entwickelten sich im Laufe von 35 Tagen:

a) im Lichte: 7800000—8600000 Zellen,
b) im Dunkeln: 5700000—6400000 Zellen in 1 ccm.

---

Weitere Versuche beziehen sich noch auf den Nährwert verschiedener Stickstoffquellen. Es wurde eine Grundnährlösung von folgender Zusammensetzung verwendet:

| | |
|---|---|
| $KH_2PO_4$ . . . . | 0,3 %, |
| $MgSO_4$ . . . . . | 0,1 „ |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,05 „ |
| $FeSO_4$ . . . . . | Spur. |

Dieser Lösung wurde also kein Zucker zugefügt. Zu der Grundlösung gab ich die zu prüfenden Stickstoffverbindungen hinzu, nämlich je:

| | | |
|---|---|---|
| a) | Pepton „Witte“ . . . . . | 1% |
| b) | Glykokoll $[CH_2(NH_2) — CO . OH]$ . . . | 1 „ |
| c) | Asparagin $[C_2H_3(NH_2)(CO . NH_2)(CO_2H)$ | 1 „ |
| d) | $(NH_4)_2SO_4$ . . . . . | 1 „ |
| e) | $NH_4NO_3$ . . . . . | 1 „ |
| f) | $NaNO_3$ . . . . . | 1 „ |

Die Kulturkölbchen standen am Lichte bei $CO_2$-Zutritt. Zimmertemperatur. Versuchsdauer 45 Tage.

Am Schlusse dieser Versuchsreihe ließen sich folgende Resultate feststellen:

a) Pepton: 3500000—4200000 Zellen.
Zellen groß (bis 18 $\mu$ im Durchschn.).
b) Glykokoll: 3200000—3800000 Zellen.
Zellen kleiner (bis 15 $\mu$ im Durchschn.).

c) Asparagin: 2400000—2800000 Zellen,
d) $(NH_4)_2SO_4$: 1500000—1800000 „
e) $NH_4NO_3$: 1600000—1800000 „ und
f) $NaNO_3$: 1200000—1240000 „ in 1 ccm.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Flechtengonidien sich ohne Zucker relativ gut zu entwickeln vermögen, indem sie unter dieser Bedingung ihren Kohlenstoffbedarf ausschließlich aus der $CO_2$ der Luft decken. Was die Versuche mit verschiedenen Stickstoffquellen anbetrifft, so fällt in die Augen, daß die betreffende Alge am besten bei Peptonernährung gedeiht und wahrscheinlich dieser angepaßt ist[1]). Diese deutlich hervortretende physiologische Eigenschaft beruht, wie man annehmen muß, auf dem Zusammenleben der Alge mit dem Pilze im Flechtenthallus. Ich möchte hier noch an meine Versuche (Artari, l. c.) und die neuesten Untersuchungen von Charpentier erinnern, welche gezeigt haben, daß freilebende Formen von *Chlorococcum* besser wachsen bei Gegenwart von Nitraten als bei der von Pepton. Diese letztere Tatsache bestätigt also ebenfalls die oben ausgesprochene Vermutung.

Ich will nicht behaupten, daß mit diesen Erörterungen die Frage über die Flechtensymbiose erledigt wäre. Vor allem sind noch weitere Studien in dieser Richtung und auch Beobachtungen in der Natur nötig und wünschenswert. Jedenfalls sind aber die von mir in bezug auf die Flechtentheorie konstatierten Tatsachen, die sich auf experimentelle Grundlage stützen, von großer Bedeutung.

### 3. *Scenedesmus.*

Ganz entgegengesetzt den oben angeführten typischen Luftalgen verhält sich *Scenedesmus caudatus*. Die Versuche mit dieser Alge zeigen, daß sie schwächere Nährlösungen ($^1/_8$ und sogar $^1/_{16}$), d. h. solche, die nur 0,125 % und 0,0625 % an Glukose und 0,0625 % und 0,03125 % der Stickstoffquelle enthalten, vorzieht. In starken Konzentrationen, die über 10 % Glukose enthalten, entwickelt sich die Alge nicht. Leider habe ich mit noch schwächeren Lösungen ($^1/_{32}$) keine Versuche angestellt. Jedoch habe ich beobachtet, daß diese Alge in gewöhnlichem destilliertem Wasser sich ganz schwach entwickelt. Die Versuchsresultate mit

1) In genannter Beziehung unterscheidet sich *Stichococcus bacillaris* von den Flechtengonidien. Die Form der Stickstoffquelle spielt bei dem *Stichococcus* keine so große Rolle, wie es bei den Flechtengonidien der Fall ist.

*Scenedesmus caudatus* sind den von Bokorny mit anderen Algen gewonnenen ähnlich. Derselbe fand, daß *Mesocarpus* und *Spirogyra* auch in ganz schwachen Nährlösungen sich zu entwickeln imstande sind.

Über weitere Details gedenke ich nächstens in einer ausführlicheren Mitteilung zu berichten.

Moskau, Botan. Laboratorium der Kaiserl. Techn. Hochschule.

---

## Literatur-Verzeichnis.

Artari, A., Zur Frage der physiologischen Rassen einiger grüner Algen. Berichte d. Deutsch. botan. Ges., Bd. XX, Heft 3, 1902.

Bokorny, Th., Grenze der wirksamen Verdünnung von Nährstoffen bei Algen und Pilzen. Biol. Zentralbl., Bd. XVII, No. 12, 1897.

Bruhne, K., *Hormodendron Hordei.* Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen. Herausgeg. von W. Zopf, 4. Heft, 1894.

Charpentier, P. G., Alimentation azotée d'une algue, le Cystococcus humicola. Annales de l'Institut Pasteur, Tome XVII, N. 5, 1903.

Eschenhagen, F., Über den Einfluß von Lösungen verschiedener Konzentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen.

Famintzin, A., Die anorgan. Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwicklungsgeschichte der niederen Pflanzenformen. Melanges biol. de l'Acad. Imper. des sc. de St. Petersbourg, T. XIII, 1871.

Klebs, G., Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen u. Pilzen. Jena 1896.

Krüger, W., Beitr. zur Kenntnis der Organismen des Saftflusses (sog. Schleimflusses) der Laubbäume. Beitr. z. Physiol. u. Morphol. nied. Organ. Herausgeg. von W. Zopf, 4. Heft, 1894.

Matruchot, L., et Molliard, M., Variations de structure d'une algue verte sous l'influence du milieu nutritif. Revue génér. de Botanique, Tome XIV, 1902.

Palladin, W., Einfluß der Konzentration der Lösungen auf die Chlorophyllbildung in etiolierten Blättern. Ber. d. Deutsch. botan. Ges., Bd. XX, Heft 5, 1902.

Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, 2. Auflage, Leipzig 1897.

Richter, A., Über die Anpassung d. Süßwasseralgen an Kochsalzlösungen. München 1892.

---

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 40

Autor(en)/Author(s): Artari Alexander

Artikel/Article: Der Einfluß der Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. I. 593-613