

hygroskopischen Mechanismus stehe, d. h. wenn wir die erwähnte Struktur als eine biologische Anpassung betrachten, die der Pflanze von Wert, nämlich der Sporenaussaat förderlich sein soll, so neigt sich die Wagschale sehr zu gunsten des Kohäsionsmechanismus. Denn er ist der Faktor, der das Sporangium aufreißt und die Sporen weit hinausschleudert. Hat er sich abgespielt, so ist das, was die Schrumpfung der Membran nachher noch zustande bringt, nämlich die Herstellung der schliesslichen Trockenform, nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Ähnliches gilt von den *Selaginella*-Sporangien, bezüglich deren ich bereits früher auf einen denkbaren Zusammenhang ihrer Wandstruktur mit dem Kohäsionsmechanismus hingewiesen habe (diese Berichte 1902, S. 118, Anmerk. 2). Namentlich für die Makrosporangien ist die endgültige Trockenform nach dem Wegsprengen der Sporen und somit die Tätigkeit des Schrumpfungsmechanismus anscheinend ganz ohne Belang. Es ist also sehr wohl zu verteidigen, wenn man die Auffassung für zulässig hält, dass die hygroskopischen Vorgänge an diesen Organen nur untergeordnete Folgeerscheinungen der Einrichtungen des Kohäsionsmechanismus seien. Doch gebe ich gern zu, dass diese Fragen weiterer Prüfung noch dringend bedürfen¹⁾.

30. F. Czapek: Antifermente im Pflanzenorganismus.

Eingegangen am 17. April 1903.

In einer Mitteilung über Stoffwechselprozesse in geotropisch gereizten Wurzelspitzen und heliotropisch gereizten Keimlingen, welche vor nicht langer Zeit in diesen Berichten erschien²⁾, habe ich auf die Wahrscheinlichkeit aufmerksam gemacht, dass die Hemmung der Weiteroxydation der aus dem Tyrosin (vielleicht auch aus Phenylalanin) stammenden Homogentisinsäure in den genannten gereizten Organen durch bestimmte Substanzen bedingt ist, welche in ihrem Verhalten Ähnlichkeit mit Enzymen besitzen und deshalb als „Antioxydase“ schon vorweg bezeichnet wurden.

Im weiteren Verlaufe der Untersuchungen hat sich nun die Richtigkeit dieser Auffassung durchaus bestätigen lassen, und es er-

1) Dem Manuskript waren *Equisetum*-Präparate beigegeben, welche die unter 1) S. 221 und 222 skizzierten Versuche illustrierten.

2) F. CZAPEK, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. **20**, S. 464 (1902).

scheint mir an der Zeit, einmal die ein allgemeines Interesse beanspruchenden chemischen Tatsachen dieses Spezialfalles, zum anderen die allgemeine Wichtigkeit von Katalysenhemmungen im pflanzlichen Stoffwechsel einer Diskussion zu unterziehen.

Es darf wohl als eine in physiologischen Kreisen ziemlich allgemein und aus guten Gründen anerkannte Meinung hingestellt werden, dass die Enzyme so viele Analogien mit anorganischen Katalysatoren aufweisen und die Differenzen zwischen Enzymen und anderen Katalysatoren so wenig entscheidende Merkmale darbieten, dass wir kaum umhin können, die Enzyme als eine besondere Klasse oder eine den lebenden Organismen eigentümliche Gruppe von Katalysatoren aufzufassen. Enzyme ändern so wie alle anderen Katalysatoren den Ablauf der von ihnen beeinflussten Reaktion qualitativ gar nicht; sie ändern nur die Reaktionsgeschwindigkeit, und zwar im Sinne der Beschleunigung.

Obwohl es a priori eine nahe liegende Sache war, sich zu fragen, ob es nicht nur Reaktion beschleunigende Katalysatoren („positive Katalysatoren“), sondern auch „negative“ oder Reaktion verzögernde Katalysatoren gibt, konnten erst chemische Arbeiten der letzten Zeit die Existenz solcher negativer Katalysatoren tatsächlich bestätigen.

BIGELOW¹⁾ gelang es im Leipziger physikalisch-chemischen Institute eine Reihe von höchst merkwürdigen Fällen der Herabsetzung der Oxydationsgeschwindigkeit von Natriumsulfit durch Spuren von Mannit, Glycerin, Benzolderivaten und anderen Stoffen aufzufinden. YOUNG²⁾ stellte fest, dass kleine Mengen von Alkaloiden im stande sind, die Oxydation von Zinnchlorür bedeutend zu verlangsamen. Diese und andere Fälle von „negativer Katalyse“ sind scharf zu unterscheiden von anderen verzögernden Faktoren, welche die Eigentümlichkeit haben, auf die Tätigkeit positiver Katalysatoren hemmend zu wirken, so dass die Reaktionsbeschleunigung nahezu oder ganz auf Null herabsinkt. BREDIG hat uns in seinen interessanten Studien über „anorganische Fermente“ mit zahlreichen Stoffen bekannt gemacht, welche die Wasserstoffperoxydkatalyse durch kolloidales Platin ausserordentlich stark hemmen: es sind dies z. B. Schwefelwasserstoff, Blausäure. Man kann solche Hemmungsstoffe, wie BREDIG in seiner allen Biologen nicht genug zu empfehlenden lehrreichen Zusammenstellung über Katalyse und Enzymwirkungen vorschlug, als „Antikatalysatoren“, „Paralysatoren“ oder Enzymgifte zusammenfassen.

Stoffe, welche sich den Enzymen gegenüber ganz ähnlich ver-

1) S. L. BIGELOW, Zeitschr. physikal. Chem. **26**, 493 (1898).

2) S. W. YOUNG, Journ. Americ. Soc. **23**, S. 119 (1901); **24**, S. 297 (1902). Andere Fälle sind citiert in der trefflichen Arbeit BREDIG's „Ergebnisse der Physiologie“, 1902, Bd. 1, S. 142.

halten wie die Antikatalysatoren gegenüber den Katalysatoren und dabei die interessante Eigentümlichkeit besitzen, in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften den Enzymen ganz zu entsprechen (Zerstörbarkeit durch Kochen, Eiweisscharakter etc.), hat man nun im Laufe des intensiven Studiums der Immunitätserscheinungen und der Wechselwirkungen zwischen Krankheit erregenden Bakterien und Tierorganismus vielfach nachweisen können. Zunächst waren es die Antitoxine und andere spezifisch auf einverleibte Giftstoffe wirkende Antikörper, sodann aber auch wirkliche Antienzyme, welche man im Tierleibe speziell auf Einverleibung bestimmter pflanzlicher und tierischer Enzyme in die Blutbahn entstehen sah.

1893 konstatierte HILDEBRANDT¹⁾, dass nach der Injektion von Mandelemulsinlösung in den Tierkörper in der Leber ein Stoff auftritt, welcher die Amygdalinspaltung durch Emulsin verhindert. Schon früher hatte HAMMARSTEN und RÖDÉN²⁾ auf die Verhinderung der Wirkung von Labenzym durch Pferdeblutserum hingewiesen, und BRIOT³⁾ betrachtete diese labhemmende Substanz als Enzym. Nach den Untersuchungen von MORGENROTH⁴⁾ über das Antilab von gegen Lab immunisierten Ziegen schützt das Immuserum Kuhmilch gegen Lab noch im Verhältnisse von 1 : 20 000. Dieses Antilab ist ein sehr unbeständiger Stoff. In weiteren Arbeiten lieferte MORGENROTH⁵⁾ den wichtigen Nachweis, dass das Antilab die Labwirkung der Cynarase, des labenden Enzyms der Artischocke, auf Milch nicht aufhebt, und umgekehrt die Anticynarase die Wirkung von Magenlabferment ungestört lässt. Beide Labenzyme müssen daher ebenso verschieden sein wie ihre Antifermente. Ich will nur noch kurz erwähnen, dass auf Injektion verschiedener anderer Enzyme in den Blutkreislauf ebenfalls Antienzyme im Blutserum gefunden worden sind. MOLL⁶⁾ beschrieb eine noch in weiterer Untersuchung befindliche Antiurease; Antitrypsine wurden angegeben von FERMI und PERNONI⁷⁾, von V. DUNGERN und von ACHALME⁸⁾; eine Antityrosinase konstatierte nach Injektion von Tyrosinase GESSARD⁹⁾ u. s. w. Dies sind eigentlich nur pathologische Befunde, welche die Folge eines experimentellen Eingriffes in den Organismus darstellen. Einen sicher normales Vorkommen von Antienzymen betreffenden Fall hat aber jüngst

1) H. HILDEBRANDT, VIRCHOW'S Archiv **131**, S. 5 (1893).

2) RÖDÉN, MALA'S Jahresber. der Tierchemie **17**, S. 160 (1887).

3) A. BRIOT, Compt. rend. **128**, S. 1359 (1899).

4) S. MORGENROTH, Centralbl. für Bakter., 1. Abt., **26**, S. 349 (1899).

5) MORGENROTH, Ibid. **27**, S. 721 (1900).

6) L. MOLL, Beiträge zur chem. Physiologie und Pathologie **2**, S. 344 (1902).

7) CL. FERMI und L. PERNONI, Centralbl. für Bakter., I. Abt., **22**, S. 1 (1897).

8) P. ACHALME, Annal. Inst. PASTEUR **15**, p. 737 (1901).

9) C. GESSARD, Compt. rend. soc. biol. **54**, p. 551 (1902).

WEINLAND¹⁾ bekannt gegeben, indem er feststellen konnte, dass der mit Quarzsand verriebene Brei aus darmparasitischen *Ascaris*- und *Taenia*-Arten Fibrin gegen die verdauende Wirkung von Trypsin schützt, und er meint, dass die Widerstandsfähigkeit dieser Tiere gegen die Magen-Darmsekrete auf diesem Antitrypsin beruht. WEINLAND hält überhaupt dafür, dass Antifermente bei allen Tieren verbreitet seien; er wies ein Antitrypsin in der Magenschleimhaut nach und erklärt die bisher rätselhafte Unangreifbarkeit der Magenwand gegen die Verdauungsfermente durch die Gegenwart eines solchen Antienzyms.

Bei weiterer Ausschau in dem Heere der chemischen Erscheinungen, die wir in den organischen Wesen beobachten, wird es in der Tat sehr wahrscheinlich, dass nicht nur den Katalysatoren der Zelle: den Enzymen, eine wichtige Rolle zukommt, sondern dass eine wichtige Gruppe von Vorgängen im Stoffwechsel unserer Entdeckung harret, welche in Verzögerungen von Reaktionen, in Herabsetzung der Geschwindigkeit verschiedener chemischer Reaktionen im Organismus besteht. Der Begriff des Organismus als selbstregulierender Mechanismus, wie die Physiologie der neueren Zeit ihn allmählich herangebildet hat, würde uns die Annahme von Reaktionsverzögerungen theoretisch nahe legen, selbst wenn wir noch ohne jede empirische Kenntnis von einschlägigen Erscheinungen wären.

Nicht nur in der Mannigfaltigkeit der einzelnen möglichen Reaktionen bestehen die ungemein vielseitigen chemischen Mittel der Zelle, sondern auch in der Befähigung durch gesetzmässige Beschleunigung und Verzögerung der gleichzeitig nebeneinander laufenden Reaktionen verschiedene Konstellationen zu erzeugen. Ja, vielleicht ist gerade diese Befähigung wichtiger für den Ablauf der Lebenserscheinungen, als wir heute ahnen, und, wenn das oberflächliche und nicht neue Bild gestattet ist, so kommt es wie beim Spielen eines Saiteninstruments nicht allein auf die Zahl und Verschiedenheit der vorhandenen Saiten und der erzielbaren Töne, sondern ebenso sehr auf die Zeitfolge des Erklingsens derselben und auf die Harmonie der gleichzeitig ablaufenden Tonfolgen an.

Es ist daher jeder hierher gehörige Fall beachtenswert, und von diesen allgemeineren Gesichtspunkten aus sei auch die von mir aufgefundene antikatalytische Hemmung der Homogentisinsäureoxydation einer Besprechung unterzogen. Die Erscheinung ist, wie ich bemerken und in späteren Mitteilungen ausführen will, allgemein verbreitet bei verschiedenen Pflanzen und Organen und bei verschiedenartigen Bewegungsreizprozessen, und nicht etwa für den Geotropismus allein charakteristisch. Da sich die Vorgänge jedoch sehr bequem

1) E. WEINLAND, Zeitschrift für Biologie **44**, S. 1 und 45 (1903).

an geotropisch gereizten Wurzelspitzen näher studieren lassen und diese Objekte auch die ersten waren, welche ich genauer kennen lernte, will ich mich im Nachfolgenden ausschliesslich auf dieses engere Gebiet von Untersuchungsobjekten beschränken.

Es interessiert uns zunächst die Frage, welche Quantitäten des Hemmungstoffes noch eine deutliche Wirkung zu entfalten im stande sind. Da man den Hemmungstoff nicht rein darstellen kann, so muss man die Dosierung durch Zusatz einer verschiedenen grossen Zahl geotropisch gereizter und sodann verriebener Wurzelspitzen zum Chloroformwasserbrei aus ungereizten Spitzen vornehmen. Über die Methodik solcher Autolysenversuche habe ich schon in meiner ersten Mitteilung Angaben gemacht¹⁾. 100 Stück 2 mm lang abgeschnittene Wurzelspitzen wurden mit einer Messerspitze Glasstaub und 10 ccm destilliertem Wasser andauernd fein verrieben; der Brei quantitativ in ein 250 ccm-Erlenmeyer-Kölbchen gespült und sodann 50 ccm einer titrierten wässerigen Homogentisinsäurelösung und 5 ccm Chloroform zugesetzt. Man lässt nun behufs Absetzens 10—15 Minuten ruhig stehen und bestimmt nach dem BAUMANN'schen²⁾ Verfahren mit $\frac{1}{10}$ Normal-AgNO₃ den Titer der Probe auf Homogentisinsäuregehalt. Hatte man mehrere zu vergleichende Proben aufgestellt, so wurde eventuell nach Titrierung durch Homogentisinsäurezusatz der Titer ausgeglichen und nochmals kontrolliert. Die Proben blieben nun im Brutschranke bei konstant 28° C. stehen, wurden täglich mehrmals umgeschüttelt und in regelmässigen, meist fünftägigen Zwischenräumen untersucht. Anwendung höherer Temperaturen, bis 40°, beschleunigt die Enzymwirkungen in so geringem Masse, dass man bei Brutkasten-temperatur ganz wohl sein Auslangen findet.

Die Untersuchung geschah durch Abpipettieren von 5 ccm des Digestionsgemisches und Bestimmung der Menge $\frac{1}{10}$ Normal-AgNO₃, welche durch die in diesem Flüssigkeitsquantum noch vorhandene Homogentisinsäuremenge reduziert wurde. Alle in den nachfolgenden Versuchsdaten angeführten Zahlen beziehen sich auf diese Silbernitratmengen, ausgedrückt in Kubikcentimetern. Man kann durch Multiplikation mit dem Faktor 1,23 daraus eventuell die vorhandene Menge Homogentisinsäure in Milligramm ausgedrückt berechnen.

Die geotropische Reizung der Wurzeln geschah, wo nicht anders bemerkt, durch Horizontallagern derselben zwischen zwei Lagen nassen Filtrierpapiers durch 30 Minuten bei etwa 20° C. Eine Krümmung ist unter solchen Umständen nach Abschluss der Reizung noch niemals aufgetreten.

Die folgende Versuchsreihe zeigt, wie viele geotropisch gereizte

1) l. c. S. 469.

2) BAUMANN, Zeitschr. für physiol. Chemie 16, S. 268 (1891).

Wurzelspitzen nötig sind, um bei Zusatz zu ungeritztem Material noch vollen oder teilweisen Hemmungseffekt beim Verschwinden der Homogentisinsäure zu erreichen.

Die Zahlen bedeuten, wie schon erwähnt, die bei der Titrierung von je 5 *ccm* verbrauchte Menge $\frac{1}{10}$ Normal- AgNO_3 in Kubikcentimetern.

Wurzelspitzen von *Lupinus albus*.

	100 ungeritzte	50 ungeritzte 50 geritzte	100 geritzte
17. Oktober	2,3	2,3	2,3
22. „	2,0	2,2	2,2
27. „	1,7	2,1	2,1
1. November	1,3	1,9	1,9
6. „	1,0	1,8	1,8
11. „	0,6	1,6	1,6

	100 ungeritzte	80 ungeritzte 20 geritzte	100 geritzte
13. Oktober	2,4	2,4	2,4
18. „	2,1	2,3	2,3
23. „	1,8	2,1	2,2
28. „	1,5	2,0	2,1
2. November	1,2	1,8	1,8
7. „	0,8	1,6	1,6

	100 ungeritzte	90 ungeritzte 10 geritzte	100 geritzte
12. Oktober	2,1	2,4	2,4
17. „	2,1	2,2	2,3
22. „	1,8	2,1	2,2
27. „	1,5	2,0	2,1
1. November	1,1	1,8	1,9
6. „	0,8	1,6	1,7

	100 ungeritzte	95 ungeritzte 5 geritzte	100 geritzte
14. Oktober	2,4	2,4	2,4
19. „	2,1	2,1	2,3
24. „	1,8	1,8	2,2
29. „	1,5	1,6	2,0
3. November	1,2	1,4	1,9
8. „	0,8	1,1	1,7

	100 ungeritzte	97 ungeritzte 3 geritzte	100 geritzte
15. Oktober	2,3	2,3	2,3
20. „	2,0	2,0	2,2
25. „	1,8	1,8	2,1
30. „	1,5	1,5	1,9
4. November	1,2	1,2	1,7
9. „	0,8	0,8	1,6

	100 ungereizte	90 ungereizte 1 gereizte	100 gereizte
16. Oktober	2,4	2,4	2,4
21. „	2,1	2,1	2,3
26. „	1,7	1,7	2,1
31. „	1,4	1,4	2,0
5. November	1,1	1,1	1,8
10. „	0,7	0,7	1,6

Man erzielt also mit der in 50, und auch noch mit der in 20 Wurzelspitzen enthaltenen Menge des Hemmungstoffes dieselbe Wirkung, als ob man mit 100 lauter gereizten Spitzen gearbeitet hätte; noch Zusatz von 5 pCt. gereizten Spitzen wirkt sehr deutlich hemmend auf die Homogentisinsäureoxydation, nicht mehr aber 3 pCt. und 1 pCt. Die Grenze dürfte 4 pCt. bilden.

Die folgenden Versuche zeigen, dass sich der Hemmungskörper aus dem Brei zerriebener gereizter Wurzelspitzen mit Wasser auswaschen lässt und dass das Filtrat an seiner hemmenden Wirkung durch Kochen einbüsst.

	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Filtrat aus dem Brei von 50 ungereizten Spitzen. Zusatz von Homo- gentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Filtrat aus dem Brei von 50 gereizten Spitzen. Zusatz von Homo- gentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm
18. Oktober	2,0	2,0
23. „	1,8	1,8
28. „	1,4	1,7
2. November	1,1	1,5
7. „	0,8	1,3
12. „	0,4	1,1
	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Gekochtes Filtrat aus dem Brei von 50 un- gereizten Spitzen. Zusatz von Homogentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Gekochtes Filtrat aus dem Brei von 50 ge- reizten Spitzen. Zusatz von Homogentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm
19. Oktober	2,0	2,0
24. „	1,8	1,8
29. „	1,5	1,6
3. November	1,2	1,3
8. „	0,8	0,9
13. „	0,5	0,5
	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Ausgewaschener Brei von 50 ungereizten Spitzen. Zusatz von Homo- gentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Ausgewaschener Brei von 50 gereizten Spitzen. Zusatz von Homo- gentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm
20. Oktober	1,6	1,6
25. „	1,3	1,3
30. „	1,0	1,1
4. November	0,6	0,8
9. „	0,3	0,4

	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Ausgewaschener und gekochter Brei von 50 ungereizten Spitzen. Zusatz von Homogentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Ausgewaschener und gekochter Brei von 50 gereizten Spitzen. Zusatz von Homogentisinsäure. Gesamtvolum 80 ccm
21. Oktober	1,6	1,6
26. „	1,3	1,3
31. „	1,0	1,0
5. November	0,7	0,6
10. „	0,4	0,3

Der Hemmungskörper lässt sich aber noch besser als durch blosses Auswaschen des Wurzelbreies auf dem Papierfilter in dem zellfreien Filtrate von Chamberlandfiltern erhalten. Zu diesem Zwecke wurden 200 Wurzelspitzen mit 5 ccm Wasser und Glaspulver möglichst fein verrieben und der dicke Brei bei 2 Atmosphären Druck durch eine Chamberlandkerze gepresst. Man erhält so ein ungefärbtes klares Filtrat. Mischt man gleiche Teile Filtrat aus ungereizten und gereizten Spitzen, so bleibt die Mischung auch nach längerem Stehen klar. Ein Präzipitin gereizter Wurzelspitzen lässt sich also auf diesem Wege nicht nachweisen; möglich, dass der Versuch mit ganz reinem Presssaft nach dem BUCHNER'schen Verfahren ein anderes Resultat ergeben wird.

Die Wirkung des Hemmungskörpers im Chamberlandfiltrate illustriert folgender Versuch:

	2 ccm Filtrat aus 100 ungereizten Spitzen.	2 ccm Filtrat aus 100 gereizten Spitzen.	2 ccm Filtrat aus 100 ungereizten Spitzen. 2 ccm Filtrat aus 100 gereizten Spitzen. Homogentisinsäure-zusatz
25. Februar	4,2	4,2	4,2
12. März	2,6	3,1	3,1

Dass der Alkoholniederschlag aus dem Filtrate des gereizten Wurzelspitzenbreies den Hemmungskörper enthält, kann ebenfalls gezeigt werden. Es wurden zur Herstellung des Präparates 200 geotropisch gereizte Spitzen zerrieben, mit wenig Wasser extrahiert, das Extrakt mit dem 20fachen Volum absoluten Alkohols versetzt; der entstandene Niederschlag, sobald er grossflockig geworden war, abfiltriert, rasch mit Alkohol gewaschen und vorsichtig auf dem Filter getrocknet. Im Kontrollversuche muss natürlich dieselbe Manipulation mit Brei aus ungereizten Spitzen vorgenommen werden.

	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Alkohol-fällung aus 200 ungereizten Spitzen. Homogentisinsäure-zusatz	Brei aus 100 ungereizten Spitzen. Alkohol-fällung aus 200 gereizten Spitzen. Homogentisinsäure-zusatz
16. November	2,3	2,3
20. „	2,0	2,1
26. „	1,6	1,9
1. Dezember	1,1	1,7
6. „	0,6	1,6

Die Untersuchungen von BUCHNER, CALMETTE, WASSERMANN und anderen Forschern haben erwiesen, dass die Wirkung der Antitoxine der Immunsere nicht auf einer Zerstörung des Toxins durch das Antitoxin beruhen kann, sondern auf eine Bindung beider Stoffe zurückgeführt werden muss. Man kann nämlich das Toxin durch Zerstörung des minder widerstandsfähigen Antitoxins beim Erwärmen wieder wirksam machen. Ein ähnlicher Gedankengang ist auch bei der Antioxydase gereizter Wurzelspitzen gegeben, und die folgende Versuchsreihe hatte den Zweck, auch in dieser Richtung die Analogie der Antioxydase mit anderen Antistoffen festzustellen.

Die Technik ist eine sehr einfache. Eine Digestionsprobe, hergestellt aus 100 ungereizten Spitzen und Homogentisinsäurezusatz, und eine andere Probe, aus 100 gereizten Spitzen und Homogentisinsäurezusatz bereitet, werden auf genau gleichen Titer gegen $\frac{1}{10}$ Normal-AgNO₃ gebracht und fünf Tage im Thermostaten stehen gelassen. Sobald sich bei der nachherigen Titrierung der Reizerfolg sicher herausgestellt hat; werden beide Proben im OSTWALD'schen Wasserthermostaten eine bestimmte Zeit auf bestimmte Temperatur gebracht, sodann in den Brutschrank zurückgestellt und von fünf zu fünf Tagen hinsichtlich des Effektes der Vorwärmung geprüft.

I. Vorwärmung auf 70° C. durch 1 Stunde.

	Ungereizte Spitzen	Gereizte Spitzen
3. März	2,0	2,0
8. „	1,6	1,8 Vorwärmung ausgeführt!
13. „	1,5	1,7
18. „	1,5	1,7

II. Vorwärmung auf 65° C. durch 1 Stunde.

15. März	2,1	2,1
18. „	1,6	1,8 Vorwärmung ausgeführt!
23. „	1,6	1,8
28. „	1,5	1,7

III. Vorwärmung auf 63° C. durch 1 Stunde.

23. März	2,0	2,0
28. „	1,6	1,7 Vorwärmung ausgeführt!
2. April	1,5	1,6
7. „	1,5	1,6

Man sieht, dass bei allen diesen Temperaturen sowohl Oxydase als Antioxydase binnen einer Stunde gänzlich unwirksam gemacht werden. Wir kommen aber bei 62° zur Grenze.

IV. Vorwärmung auf 62° C. durch 1 Stunde.

18. März	2,0	2,0
23. „	1,6	1,7 Vorwärmung ausgeführt!
28. „	1,3	1,5
2. April	1,0	1,2
7. „	0,7	0,8
18. „	keine Reduktion	keine Reduktion

V. Vorwärmung auf 61° C. durch 1 Stunde.

	Ungereizte Spitzen	Gereizte Spitzen
28. März	2,0	2,0
2. April	1,6	1,8 Vorwärmung ausgeführt!
7. „	1,2	1,6

VI. Vorwärmung auf 60° C. durch 2 Stunden.

8. März	2,0	2,0
13. „	1,5	1,8 Vorwärmung ausgeführt!
18. „	1,1	1,6
23. „	0,7	1,3
28. „	0,3	1,0

VII. Vorwärmung auf 60° C. durch 1 Stunde.

26. Februar	2,1	2,1
3. März	1,6	1,8
8. „	1,1	1,5
13. „	0,7	1,3

Während also bei 60° auch bei zweistündigem Erwärmen, sowie bei einstündigem Erwärmen auf 61° die Spitzenoxydase sowohl wie ihr Antiferment keinen Schaden leidet, sehen wir nach einer Vorwärmung auf 62° in der „ungereizten Probe“ normalen Verlauf, d. h. normales Verschwinden der Homogentisinsäure. Die Oxydase scheint also unberührt. Die „gereizte Probe“ demonstriert uns hingegen nicht den langsamen Abfall des Titors, wie sonst, sondern einen Abfall, welcher den Verhältnissen ungereizter Proben etwa entspricht. Dies lässt aber auf einen Wegfall der Hemmung und auf ein Unwirksamsein der Antioxydase schliessen. Wir können also sagen, dass die Antioxydase der gereizten Wurzelspitzen gegen Erhitzen deutlich empfindlicher ist als die Oxydase, und dass 62° binnen einer Stunde wohl das Antiferment, nicht aber die Oxydase unwirksam macht. Der Ausfall dieser Versuche lässt ferner darauf schliessen, dass die Wirkung der Antioxydase nicht etwa in einer Zerstörung der Oxydase besteht, sondern in einer Bindung zwischen Ferment und Antiferment, analog den Antitoxinwirkungen zu suchen sein dürfte. Spezielle Versuche lehrten auch, dass die Antioxydase auf die Tyrosinase und ihre Wirkung keinerlei Einfluss hat, so dass also die Homogentisinsäureansammlung in gereizten Wurzelspitzen nicht etwa in derartigen Vorgängen ihre Ursache haben kann.

Eine sehr wichtige Angelegenheit unserer Untersuchung ist die Frage nach der spezifischen Wirkung des gefundenen Antifermentes. Wie eingangs hervorgehoben, ist die gegenseitige Beeinflussung der Lab- und Antilabenzyme eine streng spezifische, und wir werden derartige Verhältnisse, wenn es sich tatsächlich um ein Gegenspiel zwischen Enzym und Antienzym handelt, wohl nirgends vermissen.

Die Spezifität der Antienzymbwirkung tritt nun in der Tat auch in unserem Falle sehr schön zu Tage. Die Antioxydase aus geotropisch gereizten Wurzeln einer Pflanzenart wirkt wohl sehr gut hemmend auf die fermentative Homogentisinsäureoxydation im Hypokotyl oder Epikotyl derselben Pflanze, ferner auch auf die Homogentisinsäureoxydation in Wurzeln oder Sprosstteilen systematisch nahe stehender Pflanzen, und zwar auf Gattungsgenossen stärker als auf Familien-genossen; sie wirkt aber nicht auf die Oxydation der Homogentisinsäure in systematisch ferner stehenden Pflanzen, wie aus den nachfolgenden Beispielen zur Genüge hervorgeht. In den Mischversuchen wurden in der Regel je 50 Exemplare der einen und der anderen Pflanze angewendet. Nähere Details sind wohl aus den Versuchsdaten selbst zu ersehen. Bemerket sei nur, dass man bei der Untersuchung von Hypokotylen etc. auf die Gegenwart von Zucker Rücksicht nehmen muss, und nur den absoluten Alkoholextrakt oder Alkoholätherextrakt aus dem abpipettierten Flüssigkeitsquantum nach Aufnahme desselben mit Wasser aus dem Trockenrückstande mit Silberlösung titrieren darf.

I. *Lupinus albus* und *Lupinus hirsutus*, Keimwurzeln.

	50 unger. <i>albus</i>	50 ger. <i>albus</i>	50 ger. <i>albus</i>	50 ger. <i>hirsutus</i>	50 unger. <i>albus</i>
	50 ger. <i>hirsutus</i>	50 unger. <i>hirsutus</i>	50 unger. <i>albus</i>	50 unger. <i>hirsutus</i>	50 unger. <i>hirsutus</i>
12. Februar	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
17. „	1,7	1,7	1,7	1,8	1,5
22. „	1,5	1,4	1,5	1,5	1,1
27. „	1,3	1,2	1,3	1,2	0,6

II. *Lupinus albus*, Wurzel und Hypokotyl.

	50 heliotr. Hypokotyle	50 geotrop. Hypokotyle	50 heliotr. Wurzeln	50 geotrop. Wurzeln
	50 unger reizte Wurzeln	50 unger reizte Wurzeln	50 unger reizte Hypokotyle	50 unger reizte Hypokotyle
11. März	2,3	2,3	2,3	2,3
16. „	2,1	2,2	2,1	2,1
21. „	1,9	2,0	1,9	1,9
26. „	1,7	1,8	1,7	1,7

Der zweite Fall illustriert ausserdem das gleiche Verhalten des bei heliotropischer Reizung produzierten Antienzymb.

III. Vicia Faba und Lupinus albus, Keimwurzeln.

	100 unger. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 ger. <i>Faba</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 unger. <i>Faba</i>	50 unger. <i>Faba</i> 50 ger. <i>Lupinus</i>
23. Dezember . . .	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
28. "	1,6	1,8	1,6	1,6	1,8
3. Januar	1,1	1,6	1,2	1,1	1,5
8. "	0,6	1,3	0,8	0,7	1,2
13. "	0,2	1,0	0,6	0,3	1,0

IV. Lupinus albus und Zea Mays, Keimwurzeln.

	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Zea</i>	50 unger. <i>Zea</i> 50 geotr. <i>Zea</i>	100 unger. <i>Zea</i>	50 unger. <i>Zea</i> 50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 gestr. <i>Zea</i> 50 geotr. <i>Lupinus</i>
31. Dezember . . .	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
4. Januar	1,7	1,5	1,7	1,5	1,5	1,6
9. "	1,5	1,2	1,5	1,2	1,2	1,4
14. "	1,3	0,9	1,2	0,8	0,9	1,2
19. "	1,0	0,6	1,0	0,5	0,6	1,0

V. Lupinus albus, Wurzel, und Avena, Keimscheide.

	100 unger. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 unger. <i>Avena</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Avena</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 heliotr. <i>Avena</i>
11. Januar	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
16. "	1,6	1,8	1,5	1,6	1,6
21. "	1,1	1,6	1,0	1,1	1,1
26. "	0,6	1,3	0,5	0,6	0,5

VI. Lupinus albus, Wurzel; Sinapis alba, Hypokotyl.

	100 unger. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 unger. <i>Sinapis</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 geotr. <i>Sinapis</i>	50 unger. <i>Lupinus</i> 50 heliotr. <i>Sinapis</i>	50 geotr. <i>Sinapis</i> 50 heliotr. <i>Sinapis</i>
21. Januar	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
26. "	1,6	1,5	1,6	1,6	1,8
31. "	1,1	1,0	1,1	1,1	1,5
5. Februar	0,6	0,5	0,6	0,6	1,1
10. "	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7

VII. Lupinus albus und Cucurbita Pepo: Wurzeln.

	50 unger. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Cucurbita</i>	50 unger. <i>Lupinus</i>
	50 geotr. <i>Cucurbita</i>	50 unger. <i>Cucurbita</i>	50 unger. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Cucurbita</i>	50 unger. <i>Cucurbita</i>
10. Februar	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
15. „	1,6	1,6	1,8	1,7	1,5
20. „	1,1	1,1	1,6	1,5	1,0
25. „	0,7	0,7	1,3	1,3	0,6

VIII. Cucurbita Pepo: Wurzel und Hypokotyl.

	50 heliotr. Hypokotyle	50 geotr. Hypokotyle	50 heliotr. Wurzeln	50 geotr. Wurzeln
	50 unger. Wurzeln	50 unger. Wurzeln	50 unger. Hypokotyle	50 unger. Hypokotyle
1. März	2,0	2,0	2,0	2,0
6. „	1,7	1,7	1,6	1,7
11. „	1,5	1,5	1,4	1,5
20. „	1,1	1,2	1,0	1,1

IX. Cucurbita Pepo und Cucumis Melo: Wurzeln.

	50 unger. <i>Pepo</i>	50 geotr. <i>Pepo</i>	50 geotr. <i>Pepo</i>	50 geotr. <i>Melo</i>	50 unger. <i>Pepo</i>
	50 geotr. <i>Melo</i>	50 unger. <i>Melo</i>	50 unger. <i>Pepo</i>	50 unger. <i>Melo</i>	50 unger. <i>Melo</i>
30. März	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
4. April	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6
17. „	1,1	1,1	1,2	1,1	0,5

X. Lupinus albus und Phaseolus multiflorus: Wurzeln.

	50 unger. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Lupinus</i>	50 geotr. <i>Phaseolus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i>
	50 geotr. <i>Phaseolus</i>	50 unger. <i>Phaseolus</i>	50 unger. <i>Lupinus</i>	50 unger. <i>Phaseolus</i>	50 unger. <i>Phaseolus</i>
14. Februar	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
19. „	1,8	1,8	1,9	1,8	1,6
24. „	1,5	1,5	1,6	1,5	1,1
1. März	1,2	1,2	1,3	1,3	0,6

Diese Beispiele dürften zur Genüge die streng spezifische Wirkung der Antioxydasen bei verschiedenen Pflanzen bezeugen. Da es bisher im Pflanzenreiche keinen ähnlichen Beweis für die Eigenart von Enzymen bestimmter Wirkungsweise bei bestimmten Pflanzen gab, so ist diese Versuchsreihe auch aus anderen Gründen von allgemeinerem Interesse, indem sie zeigt, dass weder die Homogentisinsäure oxydierenden Fermente, noch deren Antifermente bei Pflanzen, die einander nicht nahe verwandt sind, identisch sind. Es ist nicht ausgeschlossen, dass auch die Systematik unter Umständen von diesen Verhältnissen Nutzen ziehen kann, so wie es in jüngster Zeit durch die Präzipitinreaktion des Blutserums gelungen ist zu zeigen, dass die Anthropoiden den Menschen näher verwandt sein müssen als die katarrhinen Affensippen. Diesbezügliche Versuche bei Pflanzen sind ja an Keimwurzeln oder Keimstengeln sehr leicht anzustellen. Chemisches Interesse kommt unseren Versuchen auch deshalb zu, weil gezeigt wird, dass die Wirkung des Antienzyms nicht etwa darin bestehen kann, dass es der Oxydase den Sauerstoff wegnimmt und so die Oxydation hintanhält. Es ist vielmehr allem Anscheine nach wirklich eine direkte Beschlagnahme der Oxydase durch das Antienzym, also eine direkte gegenseitige Wirkung der Enzyme aufeinander gegeben.

Herrn RUDOLF BERTEL, Assistenten meines Laboratoriums, sage ich für seine sorgfältige Hilfe bei der Ausführung zahlreicher Versuche meinen besten Dank.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: [Antifermente im Pflanzenorganismus 229-242](#)