

## Literatur.

1. BLEDSOE, R. P.: Multiple kernels in wheat-rye hybrids. *J. Hered.* **20**, 137—142 (1929). — 2. FREISLEBEN, R. u. A. LEIN: Röntgeninduzierte Mutationen bei Gerste. *Züchter* **16**, 49—64 (1944). — 3. ISENBECK, K. u. K. v. ROSENSTIEL: Weizen in: R. JEMER-RUDOLF, Handb. d. Pflanzenzüchtung, Bd. II. (Manuskript) — 4. LEIGHTY, C. E. u. W. J. SANDO: Pistillody in wheat flowers. *J. Hered.* **15**, 263—268 (1924). — 5. LEIN, A.: Die genetische Grundlage der Kreuzbarkeit zwischen Weizen und Roggen *Z. f. ind. A. u. V.* **81**, 28—61 (1943). — 6. LEIN, A.: Die Wirksamkeit von Kreuzbarkeitsgenen des Weizens in Kreuzungen von Roggen mit Weizen. *Züchter* **15**, 1—2 (1943). — 7. LEIN, A.: Über Rückkreuzungsversuche eines amphidiploiden Weizen  $\times$  Roggen-Bastards mit Roggen.

Kühn-Archiv **60**, 226—237 (1943). — 8. LEWITZKI, G. A. u. G. K. BENETZKAJA: Cytology of the wheat-rye amphidiploids. *Bull. appl. Bot.* **27**, 241—264 (1932). — 9. MEISTER, G. K.: Das Problem der Speziesbastardierung im Lichte der experimentellen Methode. *Z. f. ind. A. u. V. Suppl. Bd. II*, S. 1094—1117 (1928). — 10. MEISTER, N. u. N. A. TJUMJAKOFF: Rye-wheat hybrids from reciprocal crosses. *J. Genét.* **20**, 233—244 (1928). — 11. NILSSON, H.: Eine Prüfung der Wege und Theorien der Inzucht. *Hereditas* **23**, 236—256 (1937). — 12. ROSENSTIEL, K. v. u. L. MITTELSTENSCHIED: Über die Erzeugung amphidiploider Roggen-Weizen-Bastarde (*Secalotrica*). *Züchter* **15**, 173—183 (1943). — 13. TSCHERMACK, E. v.: Beiträge zur züchterischen und zytologischen Beurteilung der Weizenroggen- und Weizen-Quecken-Bastarde. *Z. f. Züchtg. A.* **22**, 397—416 (1938).

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung, Heidelberg.)

## Bestimmung des Wuchsstoff- und Hemmstoffgehaltes von Pflanzenextrakten.

Von FRANZ MOEWUS.

Mit 1 Textabbildung.

### I. Probleme der Wuchsstoffforschung.

Folgende Wuchsstoffe sind bisher aus Pflanzenmaterialien isoliert worden: 1. die Auxine a und b von KÖGL, ERXLEBEN und HAAGEN-SMIT (1934) aus Malz und Maisöl, 2.  $\beta$ -Indolyllessigsäure (Heteroauxin) von HAAGEN-SMIT, LEECH und BERGRÉN (1941), BERGER und AVERY (1944) und DANDLIKER (1945, zitiert bei BONNER und WILDMAN 1947) aus Maiskörnern. Neuerdings ist Heteroauxin in Spinatblättern (BONNER und WILDMAN 1947, WILDMAN und BONNER 1947) und in *Avena*-Koleoptilen (BONNER, nach brieflicher Mitteilung) nachgewiesen worden. Über die chemische Natur der Wuchsstoffe in anderen Pflanzen ist mit Sicherheit nichts bekannt.

Um Wuchsstoff-Wirkungen nachzuweisen, gibt es verschiedene biologische Testverfahren (z. B. *Avena*-Koleoptil-Teste mit Agarwürfeln oder Lanolinpasten, *Avena*-Koleoptilzylinder-Test, Erbsen-Test). Soll die Wirksamkeit einer Lösung, deren Wuchsstoffgehalt unbekannt ist, festgestellt werden, dann ist es notwendig, deren Wirkung mit einer Standard-Wirkungskurve eines bekannten Wuchsstoffes (z. B. Heteroauxin) zu vergleichen. Die bisher üblichen Testverfahren erlauben es jedoch nicht, eine für längere Zeit gültige Standard-Kurve zu erhalten, weil die Schwankungen an verschiedenen Versuchstagen außerordentlich groß sind (vgl. KÖGL, HAAGEN-SMIT und VAN HULSEN 1936, LINSER 1938, SÖDING und FUNKE 1941). So geben KÖGL und Mitarbeiter an, daß man nicht genau entscheiden kann, ob 1 *Avena*-Einheit die Wirkung von 1/10 oder 1/120 my Auxin a hat. Im Mittel entfaltet 1 g Auxin a die Wirkung von 50 Milliarden *Avena*-Einheiten (Streuungen bei den Bestimmungen zwischen 10 und 120 Milliarden *Avena*-Einheiten). Um dieser Unsicherheit abzuwehren, muß man, wenn die Wirkung einer Lösung von unbekanntem Wuchsstoffgehalt festgestellt werden soll, gleichzeitig eine Versuchsserie mit Auxin bzw. Heteroauxin laufen lassen. Unterwirft man jedoch das erhaltene Zahlenmaterial einer Varianzanalyse, dann findet man, daß es inhomogen ist, d. h. die Streuungen sind allzu groß (vgl. LINSER 1938). Es ist offensichtlich, daß ein derartiger quantitativer Test für genauere Bestim-

mungen nicht geeignet ist, besonders dann nicht, wenn man vergleichende Untersuchungen über längere Zeit durchführen will. Um dem Fehlen eines genaueren quantitativen Testes abzuwehren, sind seit 1939 Versuche an Kresse-Wurzeln durchgeführt worden, die nach langen Vorarbeiten im Jahre 1947 zu dem gewünschten Ergebnis geführt haben. Über die Methodik des neuen Kressewurzel-Testes (MOEWUS 1948 a, b, c) soll in Abschnitt II berichtet werden. Mit Hilfe dieses Testes konnten die Streuungen von  $\pm 100\%$ , wie sie bei den bisher üblichen Testen bei ungleichzeitigen Bestimmungen möglich waren, auf  $\pm 4\%$  reduziert werden. Gleichzeitig war die Prüfung auf Homogenität befriedigend. Es konnte eine über längere Zeit gültige Standard-Wirkungskurve für Heteroauxin erhalten werden.

Nur ein befriedigendes Extraktionsverfahren vermag über den Wuchsstoffgehalt von Pflanzenmaterialien Aufschluß zu geben. LINSER (1939) gibt eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten (Äther, Chloroform, Alkohol), auf die verwiesen sei. Ein Jahr später wurde bei Versuchen mit *Lemna minor* festgestellt, daß nach der Einwirkung von proteolytischen Fermenten (Trypsin, Chymotrypsin) die Ausbeuten wesentlich erhöht werden können (SKOOG und THIMANN 1940, THIMANN und SKOOG 1940). Die weitere Untersuchung von THIMANN, SKOOG und BYER (1942) ergab, daß die Extraktion mit peroxydfreiem Äther trotzdem auf über 500 Tage ausgedehnt werden muß, um zu maximalen Ausbeuten zu gelangen. Während dieser Zeit wird aber ein Teil des extrahierten Wuchsstoffes bereits wieder zerstört, da seine Beständigkeit begrenzt ist. Man wird also auf diesem Wege nicht zu genauen quantitativen Angaben gelangen können. Auch für spezielle physiologische Fragestellungen, bei denen man nach kurzer Zeit über den Wuchsstoffgehalt Bescheid wissen möchte, kommt diese Methode nicht in Frage.

Diese Feststellungen haben aber zu der Erkenntnis geführt, daß ein Teil des in der Pflanze vorhandenen Wuchsstoffes in gebundener Form vorliegt. Durch die proteolytischen Fermente wird seine Bindung an Proteine gelöst. Auch durch alkalische Hydrolyse

kann der gebundene Wuchsstoff in Freiheit gesetzt werden; jedoch wird unter diesen Bedingungen ein Teil des Wuchsstoffes bereits wieder zerstört (WILDMAN und BONNER 1947). Auch durch Einwirken von Pankreatin (in 0,5%iger Lösung) ist es möglich, gebundenen Wuchsstoff freizulegen (MOEWUS 1948 d). Mit Hilfe der verschiedenen Wuchsstoff-Teste kann stets nur der Gehalt an freiem Wuchsstoff bestimmt werden. Nur der freie Wuchsstoff vermag in die Pflanzenzelle einzudringen und von Zelle zu Zelle zu wandern. Mit organischen Lösungsmitteln ist allein der freie Wuchsstoff extrahierbar. Wachstumswirksam ist dagegen nur der an Protein gebundene Wuchsstoff. Im Spinat-Blatt, in dem der Wuchsstoff auch an Proteine gebunden ist (WILDMAN und GORDON 1945) fanden BONNER und WILDMAN (1947), daß etwa 5% des Wuchsstoffes in freier, 95% in gebundener Form vorliegt.

Soll nun der Wuchsstoffgehalt eines Pflanzenextraktes bestimmt werden, dann wird man ohne vorherige enzymatische Behandlung nur den Gehalt an freiem Wuchsstoff erfassen. Will man vermeiden, daß bei der Zerstörung der Zellen die in diesem evtl. vorhandenen proteolytischen Fermente den gebundenen Wuchsstoff in Freiheit setzen, dann erscheint es zweckmäßig, vor dem Zerreiben das Pflanzenmaterial mit wenig kochendem Wasser abzubrühen. Dadurch werden diese Fermente inaktiviert. Größte Aufmerksamkeit ist der Zerstörung der Zellen zu schenken. Denn der gebundene Wuchsstoff kann enzymatisch nur freigelegt werden, wenn die Zellen zerstört sind. Freier Wuchsstoff kann auch aus unzerstörten Zellen permeieren. Wir können dann bestimmen: 1. den Gehalt an freiem Wuchsstoff, der physiologisch unwirksam ist (vor der enzymatischen Behandlung), 2. den Gesamtgehalt an Wuchsstoff (nach der enzymatischen Behandlung). Nach der Fermenteinwirkung kann die Lösung vor dem Versuch auf 100° erhitzt werden. Die Differenz von 2 und 1 ergibt den Gehalt an gebundenem Wuchsstoff. Dieses Verfahren ist mit befriedigenden Ergebnissen an Preßsäften aus Kartoffelknollen (MOEWUS 1948 d) und aus Kirschen (MOEWUS 1948 e) angewandt worden. Weitere Versuche sind im Gange.

In allen Pflanzen kommen außer Wuchsstoffen auch wachstumshemmende Stoffe vor (vgl. MOEWUS 1948 f). Diese Hemmstoffe, zu denen Parasorbinsäure und Cumarin gehören (KUHN, JERCHEL, MOEWUS, MÖLLER und LETTRÉ 1943) sind Wuchsstoff-Antagonisten (MOEWUS 1948 c). Mit Hilfe des Kressewurzel-Testes ist es möglich, auch die Menge der Hemmstoffe, die in einem Pflanzenextrakt enthalten ist, zu bestimmen.

## II. Der Kressewurzel-Test.

Im folgendem sollen die wichtigsten Vorschriften für den Kressewurzel-Test angeführt werden (nach MOEWUS 1948 a, b, c). Das Saatgut, Samen der Gartenkresse (*Lepidium sativum*), soll eine Keimfähigkeit von wenigstens 90% nach 20 Stunden besitzen. Vor der Aussaat müssen alle graubraun gefärbten, durch geringe Größe auffallenden, irgendwie beschädigt erscheinenden Samen eliminiert werden. Die Anzucht der Versuchskeimlinge erfolgt in Petrischalen von 9 cm Durchmesser, die mit 2 Lagen Filtrierpapier ausgelegt sind. In jede

Schale kommen 6 ccm Wasser, das in Geräten aus Jenaer Glas destilliert wird. Je Schale werden 100 Samen ausgesät. Die Samen dürfen sich nicht gegenseitig berühren. Die Keimung geht im Dunkeln bei 27° in einem Brutschrank vor sich. Die Aussaat hat 18—20 Stunden vor Versuchsbeginn zu erfolgen. Die Versuchskeimlinge müssen gerade gestreckte 5 mm lange Wurzeln haben. Sie müssen den Anzuchtschalen dann entnommen werden, wenn die längsten Wurzeln 7—8 mm lang sind. Nur dann hat man die Gewißheit, daß die Versuchskeimlinge zu den sog. Schnellwachsern gehören (vgl. MOEWUS 1948 b), die sich physiologisch sehr gleichartig verhalten. Wartet man mit der Entnahme der Keimlinge so lange, bis die längsten Wurzeln etwa 10 mm lang sind, dann befinden sich zu diesem Zeitpunkt unter den Keimlingen mit 5 mm langen Wurzeln keine Schnellwachser mehr. Die Schnellwachser sind unter den angewandten Bedingungen 18—20 Stunden nach der Aussaat zu etwa 30% vorhanden. Das Abmessen der Versuchskeimlinge erfolgt mit einem auf 5 mm eingestellten Stechzirkel. Dieses Verfahren erlaubt es, Wurzeln von 4,6—5,4 mm Anfangslänge abzumessen. Die Wurzellänge wird von der Wurzelspitze bis zum Ende der Wurzelhaarzone am Samen, die gut erkennbar ist, gemessen. Die Versuchsschalen sind mit 2 Lagen Filtrierpapier ausgelegt, das mit 5 ccm der Versuchslösung angefeuchtet ist. In jede Versuchsschale werden 10 Versuchskeimlinge mit 5 mm langen Wurzeln gebracht. Die einzelnen Keimlinge müssen in genügendem Abstand voneinander ausgelegt sein, damit keine Wachstumsbeeinflussungen auftreten. Es ist darauf zu achten, daß das angefeuchtete Filtrierpapier nicht wellig ist. Die Versuchsschalen bleiben in einem Brutschrank bei 27° im Dunkeln 17 Stunden stehen. Dann werden die Wurzellängen durch Auflegen auf Millimeterpapier bestimmt. Gemessen wird wieder von der Wurzelspitze bis zum Ende der deutlich erkennbaren Wurzelhaarzone. Nur ganze Millimeter werden bestimmt. Alle über einen Teilstrich hinausragenden Wurzeln werden dem folgenden Millimeter zugerechnet. Es ist stets darauf zu achten, daß die verwendeten Geräte peinlichst sauber sind (Reinigen mit Chromschwefelsäure, Wässern, Auskochen in destilliertem Wasser, Sterilisieren). Die Herstellung der Verdünnungen, das Ansetzen der Versuchsschalen ist im rotem Licht auszuführen.

Wichtig ist, daß an jedem Versuchstag eine Wasserkontrolle angesetzt wird. Der Mittelwert des Zuwachses der Wasserkontrolle dient als Bezugsgröße für die übrigen bei den Versuchen erhaltenen Mittelwerte. Als Kennzeichen für normales Wachstum in Wasser gilt: der Zuwachsmittelwert muß zwischen 16,7 und 17,3 mm liegen. Wird an einem Versuchstag ein Zuwachsmittelwert außerhalb dieser festgesetzten Grenzen gefunden, dann dürfen die Versuche nicht ausgewertet werden, weil dann das gefundene Zahlenmaterial bei der Homogenitätsprüfung Inhomogenität aufweisen würde. Diese Ausfälle können gelegentlich durch Temperaturschwankungen während der 17-stündigen Versuchszeit, durch schlechte Belüftung oder durch Unsauberkeit der Geräte zustande kommen. Von Bedeutung ist, daß diese Ausfälle an der Wasserkontrolle sofort erkannt werden können.

Das Wesentliche an diesem Testverfahren ist:

1. die richtige Auslese der Versuchskeimlinge mit 5 mm langen Wurzeln,
2. das Erkennen von Störungen der Versuchsbedingungen an Hand der Wasserkontrolle.

Die Vorteile gegenüber anderen Testen sind:

1. es wird mit intakten Keimlingen gearbeitet,
2. die zu prüfenden Substanzen werden von den Organen, die für die Wasser- und Stoffaufnahme bestimmt sind, den Wurzelhaaren, aufgenommen,
3. es werden Längen gemessen, 4. es ist nur Temperaturkonstanz erforderlich, 5. das richtige physiologische Verhalten der Testkeimlinge kann am Verhalten der Wasserkontrolle erkannt werden. Bei den bisher üblichen Testen werden die Testpflanzen verletzt (dekapitiert, gespalten, zerschnitten); die Stoffaufnahme erfolgt durch Organe, die normalerweise gar nicht dazu eingerichtet sind, vor allem durch Wundflächen; die zu prüfenden Substanzen müssen in einigen Fällen aus Agar oder aus Lanolin in die Testorgane eindringen; meist müssen Krümmungen gemessen werden; außer Temperaturkonstanz ist konstante, hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich; es fehlt ein sicheres Kennzeichen dafür, daß die Testpflanzen in dem richtigen physiologischen Zustand sind. Alle diese Nachteile sind bei dem Kressewurzel-Test nicht vorhanden.

### III. Standard-Wirkungskurven.

Die jederzeit reproduzierbaren Wachstumsförderungen bzw. Wachstumshemmungen, die bei der Einwirkung von  $\beta$ -Indolylessigsäure auf Kressewurzeln gefunden werden, erlauben es, eine Standard-Wirkungskurve für diese Verbindung zu erhalten, die längere Zeit gültig ist. In Abb. 1 ist diese Standard-

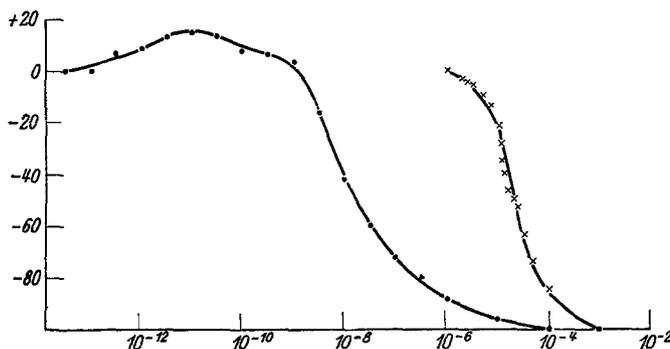


Abb. 1. Die Wirkungskurven von  $\beta$ -Indolylessigsäure (—) und Cumarin (x—x). Angegeben sind die prozentualen Förderungen (+) und Hemmungen (—) gegenüber der Wasserkontrolle (= 0-Linie). Die Konzentrationen sind g/ccm.

Kurve wiedergegeben. Zwischen  $10^{-4}$ — $10^{-9}$  g/ccm Heteroauxin verläuft sie von völliger Wachstumshemmung bis zu normalem Wachstum (von — 100% bis 0%). Dann folgt ein Förderungsbereich (zwischen  $10^{-10}$ — $10^{-13}$  g/ccm) mit einer maximalen Wachstumsförderung von 15% bei  $10^{-11}$  g/ccm. Ab  $10^{-13}$  g/ccm ist keine Wirkung mehr feststellbar. Charakteristisch ist der überaus große Wirkungsbereich des Heteroauxins, der sich über 9 Zehnerpotenzen erstreckt. Bei der *Avena*-Koleoptilmethode kann nur ein Bereich von 4 Zehnerpotenzen erfaßt werden. Die statistische Überprüfung hat ergeben, daß die dreifache mittlere Abweichung bei ungleichzeitigen Bestimmungen nur

$\pm 0,65$  mm oder  $\pm 4\%$  beträgt. In allen bisher üblichen Wuchsstoff-Testen liegt der dreifache mittlere Fehler zwischen  $\pm 30$ — $100\%$ . Bei dem Kressewurzel-Test sind Mittelwerts-Unterschiede von 0,7 mm statistisch gesichert.

In Abb. 1 sind auch die Wirkungskurven von Parasorbinsäure und Cumarin abgebildet. Diese Substanzen wirken nur wachstumshemmend. Ihr Wirkungsbereich erstreckt sich nur über 3 bzw. 4 Zehnerpotenzen. Im Hemmungsbereich des Heteroauxins addieren sich die Hemmungswirkungen des Heteroauxins und des Hemmstoffes, im Förderungsbereich des Heteroauxins werden die durch den Wuchsstoff hervorgerufenen Wachstumsförderungen antagonistisch gesenkt (MOEWUS 1948 c).

Wir entnehmen den Kurven, daß 1 Millionstel  $\gamma$  Heteroauxin, in 1 ccm Wasser gelöst, noch eine 10%ige Wachstumsförderung hervorruft. Eine 20%ige Wachstumshemmung wird von 10  $\gamma$  Cumarin, in 1 ccm Wasser gelöst, verursacht. Hemmstoffwirkungen machen sich also nur in hohen Konzentrationen bemerkbar. Im Laufe des Sommers 1947 sind annähernd 100 Preßsäfte verschiedener Pflanzen getestet worden. Die mit *Avena*-Koleoptilspitzen, reifen und unreifen Vogelbeeren und Blättern von *Melilotus officinalis* ausgeführten Versuche sind an anderer Stelle mitgeteilt (MOEWUS 1948 c). Hier sollen die an fleischigen Früchten erhaltenen Ergebnisse besprochen werden. Weil Hemmstoffe nur in hohen Konzentrationen das Wachstum der Kressewurzeln beeinflussen, Wuchsstoffe aber noch in starken Verdünnungen wachstumsfördernd wirken, ist es möglich, den Wuchsstoffgehalt und meistens auch den Hemmstoffgehalt zu bestimmen, wie an zwei Beispielen genauer gezeigt werden soll.

### IV. Versuche mit Extrakten aus fleischigen Früchten.

#### 1. Der Wuchs- und Hemmstoffgehalt von roten Johannisbeeren.

Rote Johannisbeeren (nicht bestimmbarer Sorte) werden von den Fruchtsielen abgestreift, zerdrückt und durch ein grobes Leinentuch gepreßt. Von diesem natürlichen Preßsaft werden Verdünnungen hergestellt, und zwar von 1 : 10—1 : 10 000 000. Je 5 ccm des unverdünnten Preßsaftes und der Verdünnungen kommen in eine Petrischale. Jede Petrischale ist bei diesen Versuchen mit 20 Keimlingen besetzt worden. Außerdem wird eine Wasserkontrolle angesetzt. Nach 17 Stunden werden die Wurzellängen gemessen.

In Tabelle 1 sind die Zuwachswerte der Wasserkontrolle, des unverdünnten Preßsaftes und der 7 Verdünnungen angeführt. Der Förderungsbereich kommt sehr deutlich zum Ausdruck. Es ist ohne weiteres möglich, die Werte des Preßsaftes von 1 : 10<sup>3</sup>—1 : 10<sup>7</sup> mit den Werten der Heteroauxin-Standardkurve in Beziehung zu bringen. Die maximale Förderung mit 15,6% entspricht der maximalen Förderung des Heteroauxins bei  $10^{-11}$  g/ccm. Es stimmen dann überein: die Förderung der 1 : 10<sup>3</sup>-Verdünnung mit Heteroauxin  $10^{-10}$  g/ccm, der 1 : 10<sup>5</sup>-Verdünnung mit Heteroauxin  $10^{-12}$  g/ccm. Die Unterschiede von 0,5 bzw. 1,6% sind statistisch nicht gesichert. Die 1 : 10<sup>6</sup>-Verdünnung hat wie Hetero-

auxin  $10^{-13}$  g/ccm keinen Einfluß auf das Wurzelwachstum mehr. Durch die hinreichende Übereinstimmung dieser 4 Zahlenpaare ist es möglich, auszusagen, daß die 1 :  $10^4$ -Verdünnung des Preßsaftes aus roten Johannisbeeren die gleiche Wirkung entfaltet wie eine Heteroauxin-Lösung, die  $10^{-11}$  g/ccm enthält. In 1 ccm des unverdünnten Preßsaftes würde dann — vorausgesetzt, daß der Wuchsstoff der roten Johannisbeeren  $\beta$ -Indolyllessigsäure ist —  $10^{-7}$  g oder 0,1  $\gamma$  Heteroauxin vorhanden sein.

Die Werte für den unverdünnten Preßsaft sowie diejenigen für die 1 : 10- und 1 : 100-Verdünnung weichen deutlich von den Werten der Heteroauxin-Standardkurve ab. Bei dem unverdünnten Preßsaft wird statt — 72% — 100%, bei der 1 : 10-Ver-

Bei der 1 : 10-Verdünnung beträgt die Differenz zu Heteroauxin  $10^{-8}$  g/ccm 56%. Wenn wir uns in Tabelle 1 die Zuwachswerte ansehen, bemerken wir, daß 13 Wurzeln ohne Zuwachs sind (0 mm), 7 Wurzeln haben 1 mm Zuwachs. Diesem geringen Zuwachs kann aber keine große Bedeutung beigemessen werden. Es wird jede über den 5 mm-Strich hinausragende Wurzel als 6 mm-Wurzel gezählt. Nun ist aber ein Teil der 5 mm-Wurzeln, die für den Versuch verwendet worden sind, 5,1—5,4 mm lang, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die 7 Wurzeln zu diesen gehören, so daß der tatsächliche Zuwachs 0 mm ist, die Hemmung also 100%. Wir sehen, daß Hemmungen von 98% nicht zu weiteren Auswertungen verwendet werden dürfen.

Tabelle 1. Der Zuwachs von je 20 Kressewurzeln bei 27° nach 17 Stunden in Wasser (aq.), in unverdünntem Preßsaft von roten Johannisbeeren (1) und in 7 Verdünnungsstufen in mm. Kressesamen Jahrgang 1944. Versuch Juni 1947. Ferner sind angegeben: Zuwachsmittelwerte in mm, die prozentualen Förderungen (+) und Hemmungen (—) gegenüber der Wasserkontrolle und die Werte der Heteroauxin-Standardkurve mit den zugehörigen Konzentrationen ( $10^{-7}$  bis  $10^{-13}$  g/ccm).

aq.	1	1 : 10	1 : 100	1 : $10^3$	1 : $10^4$	1 : $10^5$	1 : $10^6$	1 : $10^7$	
15	0	0	12	17	17	16	15	15	
15	0	0	12	17	17	17	15	15	
15	0	0	12	17	18	17	16	15	
16	0	0	13	17	18	17	16	16	
16	0	0	13	17	18	17	17	16	
16	0	0	14	18	18	17	17	16	
17	0	0	15	18	18	17	17	16	
17	0	0	15	18	19	18	17	17	
17	0	0	15	18	19	18	17	17	
17	0	0	15	18	19	18	17	17	
17	0	0	15	18	19	18	17	17	
17	0	0	16	18	20	18	17	17	
17	0	0	16	18	20	18	17	17	
17	0	1	16	19	21	18	17	18	
17	0	1	16	19	21	19	17	18	
18	0	1	17	19	21	19	18	18	
18	0	1	17	20	22	20	18	18	
19	0	1	17	20	22	20	18	18	
19	0	1	18	21	22	21	18	18	
19	0	1	18	21	23	22	19	19	
Zuwachsmittelwert . . .	16,95	0,00	0,35	15,10	18,40	19,60	18,75	17,00	16,90
% Förderung . . .		—100	—98	—11	+ 8,5	+15,6	+10,6	+0,3	—0,3
% Hemmung . . .		— 72	—42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1	0
Werte der Heteroauxin-kurve . . . . .		$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$	$10^{-13}$	$10^{-14}$

dünnung statt — 42% — 98%, bei der 1 : 100-Verdünnung statt + 3% — 11% gefunden. Die Differenzen sind 28, 56 und 14%. Sie kommen durch die additive Wirkung des in roten Johannisbeeren enthaltenen Hemmstoffes zustande. Die chemische Natur dieses Hemmstoffes ist noch unbekannt. Nehmen wir an, der Hemmstoff hätte die gleiche Wirkung wie Cumarin, von dem wir eine Standardkurve zur Verfügung haben (Abb. 1), dann können wir sagen, wieviel Hemmstoff in 1 ccm Preßsaft enthalten wäre. Eine 14%ige Hemmung wird von einer Cumarinlösung hervorgerufen, die 1 : 150 000 verdünnt ist. Wir können also sagen, daß 1 ccm Preßsaft die gleiche Wirkung hat wie 670  $\gamma$ /ccm Cumarin. Zu dieser Folgerung gelangen wir, wenn wir die Differenz zwischen der Hemmung in der 1 : 100-Verdünnung und der Hemmung von Heteroauxin  $10^{-9}$  g/ccm berücksichtigen.

Im unverdünnten Preßsaft sind nach Beendigung des Versuchs alle Wurzeln 5 mm lang, der Zuwachs ist also 0 mm, trotzdem bei der Auslese der 5 mm-Wurzeln aus den Anzuchtschalen etwa 5—8 Wurzeln 5,1—5,4 mm lang gewesen sein mußten. Das ist darauf zurückzuführen, daß im unverdünnten Preßsaft die Wurzeln schlaff werden und sich dabei verkürzen. Diese Verkürzung ist auch in konzentrierten Heteroauxin- oder Cumarin-Lösungen festzustellen.

## 2. Der Wuchsstoff- und Hemmstoffgehalt von weißen Johannisbeeren.

Es soll noch ein weiteres Beispiel besprochen werden. Der Preßsaft von weißen Johannisbeeren wird wie derjenige aus roten Johannisbeeren hergestellt. Die Zuwachswerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Von Bedeutung ist wieder der Förderungsbereich, dessen Werte sich von den in Tabelle 1 angegebenen deutlich unterscheiden. Wir erhalten nicht einen maximalen Förderungswert von 15% wie bei den roten Johannisbeeren, sondern 2 Förderungswerte von gleicher Höhe mit 12%, und zwar bei 1 : 10<sup>4</sup> und 1 : 10<sup>5</sup>. Da die vorhergehenden und der nachfolgende Förderungswert (7 bzw. 5,3%) von 12% statistisch gesichert verschieden ist, muß der maximale Förderungswert zwischen den Verdünnungen 1 : 10<sup>4</sup> und 1 : 10<sup>5</sup> liegen. Es ist zu erwarten, daß eine 15%ige Förderung bei der Preßsaftverdünnung 1 : 30 000 liegen wird. Lesen wir nun an der Standardkurve die entsprechenden Werte ab, dann finden wir eine sehr gute Übereinstimmung. Eine 15%ige Förderung wird

gleiche Wirkung wie Cumarin, würden in 1 ccm des unverdünnten Preßsaftes 1,43 mg Cumarin enthalten sein.

3. Der Wuchsstoff- und Hemmstoffgehalt anderer Obstarten.

In der eben beschriebenen Weise sind im Sommer 1947 andere Obstarten untersucht worden. Es sollte vor allem festgestellt werden, ob die Bestimmungsmethode brauchbar ist und ob sich Unterschiede im Wuchsstoff- und Hemmstoffgehalt ergeben. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die in 1 ccm Preßsaft enthaltenen Mengen sind in  $\gamma$ /ccm angegeben. Die Wuchsstoff-

Tabelle 2. Der Zuwachs von je 20 Kressewurzeln bei 27° nach 17 Stunden in Wasser (aq.), in unverdünntem Preßsaft von weißen Johannisbeeren (1) und in 7 Verdünnungsstufen in mm. Kressesamen Jahrgang 1944. Versuch Juni 1947. Ferner sind angegeben: Zuwachsmittelwerte in mm, die prozentualen Förderungen (+) und Hemmungen (-) gegenüber der Wasserkontrolle und die entsprechenden Werte der Heteroauxin-Standardkurve.

aq.	1	1 : 10	1 : 10 <sup>2</sup>	1 : 10 <sup>3</sup>	1 : 10 <sup>4</sup>	1 : 10 <sup>5</sup>	1 : 10 <sup>6</sup>	1 : 10 <sup>7</sup>	
13	0	0	6	15	15	16	15	14	
14	0	0	6	15	16	16	16	15	
14	0	0	6	17	16	17	16	15	
15	0	0	7	17	17	17	16	16	
15	0	0	7	17	18	18	17	16	
16	0	0	7	17	18	18	17	16	
16	0	0	7	17	18	18	17	16	
16	0	0	7	18	19	18	18	17	
17	0	0	7	18	19	19	18	17	
17	0	0	8	18	19	19	18	17	
17	0	0	8	19	19	19	18	17	
18	0	0	8	19	19	19	18	18	
18	0	0	8	19	20	19	18	18	
18	0	0	8	19	20	20	19	18	
18	0	0	8	19	20	20	19	18	
19	0	0	9	20	21	20	19	18	
19	0	0	9	21	21	21	19	19	
20	0	0	9	21	21	22	20	19	
20	0	0	10	21	22	23	21	19	
21	0	0	10	18	23	23	21	21	
Zuwachsmittelwert . . . . .	17,05	0,00	0,00	7,75	18,25	19,05	19,10	17,95	17,15
% Förderung		-100	-100	-55	+ 7	+12	+12	+ 5,3	+ 0,6
% Hemmung									
Werte der Heteroauxin-kurve . . . . .		- 82	- 60	-16	+ 6	+12	+13	+ 6	0

durch 10<sup>-11</sup> g/ccm Heteroauxin erhalten. 1 ccm des unverdünnten Preßsaftes hat demnach die gleiche Wirkung wie 0,3  $\gamma$  Heteroauxin in 1 ccm. Der Preßsaft von weißen Johannisbeeren enthält demnach dreimal mehr Wuchsstoff als derjenige von roten Johannisbeeren. Die beiden Beispiele zeigen, daß mit hinreichender Genauigkeit entschieden werden kann, ob in 1 ccm 0,1 oder 0,3  $\gamma$   $\beta$ -Indolylessigsäure enthalten sind. Weil im Förderungsbereich 4 Werte bestimmt werden können, läßt sich die Förderungskurve ohne Schwierigkeiten zeichnen und mit der Standardkurve vergleichen.

Für die Hemmstoff-Bestimmung ist die 1 : 100-Verdünnung des Preßsaftes wichtig. Statt einer 16%igen Hemmung wird eine Hemmung von 55% erhalten, die Differenz ist demnach 39%. Eine derartige Wachstumshemmung wird durch eine 1 : 70 000 verdünnte Cumarinlösung erzielt. Unter der Annahme, der Hemmstoff hätte die

gehalte sind von Sorte zu Sorte recht verschieden, sie schwanken zwischen 1  $\gamma$ /ccm bei einer schwarzen Knorpelkirsche bis 0,001  $\gamma$ /ccm bei dem Frühpfirsich „Mayflower“ und den Reineclauden. Auch im Hemmstoffgehalt sind die Unterschiede sehr bedeutend. Den geringsten Hemmstoffgehalt hat eine gelbe Pflaume mit 7  $\gamma$ /ccm, den höchsten eine Frühpflaume mit 8300  $\gamma$ /ccm. Die größten Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten sind im Wuchsstoff- und im Hemmstoffgehalt etwa 1 : 1000. Wir entnehmen der Tabelle 3 weiter, daß in den Preßsäften wesentlich mehr Hemmstoff als Wuchsstoff enthalten ist. Sehr gering ist der Unterschied bei der gelben Pflaume (1 : 21), am größten ist er bei der Frühpflaume mit 1 : 830 000. Ob diese Beziehungen irgendeine Bedeutung haben, läßt sich zur Zeit noch nicht sagen. Sie werden sehr wahrscheinlich von dem Reifegrad der Früchte abhängen. Andererseits waren die klimatischen Verhältnisse im Sommer 1947 derart

Tabelle 3. Der Wuchsstoff- und Hemmstoffgehalt von Preßsäften verschiedener Obstsorten (1 = unverdünnter Preßsaft, 1 : 10 bis 1 : 10<sup>7</sup> die aus diesem hergestellten Verdünnungen). Bei jeder Sorte sind in der 1. Zeile die gefundenen prozentualen Hemmungen (—) und Förderungen (+) des Wurzelwachstums angegeben. In der 2. Zeile befinden sich die entsprechenden Werte der Heteroauxin-Standardkurve. Fett gedruckt in der 1. Zeile sind diejenigen Werte, die für die Bestimmung des Hemmstoffgehaltes (Differenz zwischen gefundenem und erwartetem Wert, Vergleich mit der Cumarin-Standardkurve) und für die Bestimmung des Wuchsstoffgehaltes (maximale Förderung) ausschlaggebend sind. Der Wuchsstoffgehalt ist als  $\gamma/\text{ccm}$  Heteroauxin, der Hemmstoffgehalt als  $\gamma/\text{ccm}$  Cumarin angegeben. Bei der schwarzen Knorpelkirsche kann der Hemmstoffgehalt nicht berechnet werden, weil die Differenz bei 1 (11%) nicht gesichert ist.

Art des Pflanzenmaterials	1	1 : 10	1 : 10 <sup>2</sup>	1 : 10 <sup>3</sup>	1 : 10 <sup>4</sup>	1 : 10 <sup>5</sup>	1 : 10 <sup>6</sup>	1 : 10 <sup>7</sup>	Wuchsstoff $\gamma/\text{ccm}$	Hemmstoff $\gamma/\text{mm}$
<i>Ribes rubrum</i>										
rotfrüchtig . . . . .	—100	— 98	—11	+ 9	+16	+10	0	0	0,1	670
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1	0		
weißfrüchtig. . . . .	—100	—100	—55	+ 7	+12	+12	+5	+1	0,3	1430
	— 82	— 60	—16	+ 6	+12	+13	+6	0		
<i>Ribes nigrum</i>										
Sorte Nr. 1 . . . . .	— 96	— 56	0	+ 8	+14	+ 7	+2		0,1	67
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1			
Sorte Nr. 2 . . . . .	—100	—100	—29	+ 6	+12	+11	+5		0,3	670
	— 82	— 60	—16	+ 6	+12	+13	+6			
<i>Prunus avium</i>										
gelbe Herzkirsche . . .	—100	— 99	—54	+ 7	+13	+ 9	0		0,1	2860
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1			
schwarze Herzkirsche	—100	— 84	—14	+ 9	+12	+ 8	—1		0,1	830
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1			
schwarze Knorpelkirsche	— 97	— 72	—40	+ 1	+ 9	+15	+9	0	1,0	?
	— 88	— 72	—42	+ 3	+ 8	+15	+9	+1		
„Gaiberger“ Süßkirsche.	—100	— 94	—30	+ 9	+15	+ 8	—2		0,1	1180
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1			
<i>Prunus cerasus</i>										
frühe Sorte . . . . .	—100	— 91	—42	0	+ 7	+12	+8	0	0,3	91
	— 88	— 72	—42	+ 3	+ 8	+15	+9	+1		
Schattenmorelle . . .	—100	— 91	—41	+ 2	+ 9	+14	+9	0	0,3	91
	— 88	— 72	—42	+ 3	+ 8	+15	+9	+1		
Glaskirsche . . . . .	—100	— 80	—14	+11	+11	+ 5	0		0,03	1000
	— 60	— 16	+ 6	+12	+13	+ 6	0			
<i>Prunus Persica</i>										
Mayflower . . . . .	—100	— 50	+15	+ 8	+ 2				0,001	286
	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+ 1					
späte Sorte . . . . .	—100	— 88	+ 5	+12	+12	+ 6	0		0,03	500
	— 60	— 16	+ 6	+12	+13	+ 6	0			
<i>Rubus idaeus</i>										
Preußen . . . . .	—100	— 94	— 9	+13	+12	+ 4	—1		0,03	670
	— 60	— 16	+ 6	+12	+13	+ 6	0			
<i>Prunus domestica</i>										
Frühpflaume . . . . .	—100	—100	—60	— 3	+ 9	0			0,01	8300
	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+ 1				
gelbe Pflaume . . . . .	— 95	— 55	—16	+ 5	+11	+10	+5	0	0,3	7
	— 82	— 60	—16	+ 6	+12	+13	+6	0		
türkische Pflaume . .	—100	— 91	—32	+13	+ 9	+ 2			0,01	1430
	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+ 1				
Reineclaude . . . . .	—100	— 29	+14	+ 8	0				0,001	130
	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+ 1					
Mirabelle Nancy . . .	—100	— 51	+ 3	+10	+14	+ 9	+1		0,1	50
	— 72	— 42	+ 3	+ 8	+15	+ 9	+1			

ungünstig, daß man aus diesen Zahlenangaben keine weiteren Schlüsse ziehen kann. Denn viele Früchte befanden sich im Stadium der Notreife. Durch die Bestimmungen ist nur der Gehalt an freiem Wuchsstoff festgestellt worden. Über die Menge des gebundenen Wuchsstoffes können wir nichts sagen.

#### V. Regeln für die Bestimmung des Wuchsstoff- und Hemmstoffgehaltes.

Um den Wuchsstoff- und Hemmstoffgehalt festzustellen, ist es notwendig, eine Wirkungskurve des betreffenden Pflanzenmaterials zu erhalten. Zu diesem Zweck muß der unverdünnte Preßsaft soweit verdünnt werden, daß der Förderungsbereich voll

erfaßt wird. In der Regel ist der Preßsaft bis 1 : 10<sup>7</sup> zu verdünnen. Findet man dann bei einer Verdünnung eine Förderung von 12—16%, bei der vorhergehenden eine Förderung von 7—10%, bei der nachfolgenden eine solche von 7—10% und gleicht der nächste Wert demjenigen der Wasserkontrolle (0 ± 3,5%), dann erhalten wir eine Kurve, die mit der Förderungskurve des Heteroauxins befriedigend übereinstimmt. Wir können dann sagen, daß die Verdünnung, bei der die maximale Förderung erreicht ist, die gleiche Wirkung hat wie 10<sup>-11</sup> g/ccm Heteroauxin. Es läßt sich dann der Wuchsstoffgehalt des unverdünnten Preßsaftes angeben.

In manchen Fällen verläuft die Förderungskurve anders. Es werden dann in 2 aufeinanderfolgenden Verdünnungen annähernd gleich hohe Förderungen erhalten (10—12%), der vorhergehende Förderungswert ist dann 5—7%, der nachfolgende 4—6%. Dann liegt die maximale Förderung zwischen den beiden Werten von 10—12%; sie ist bei der betreffenden Verdünnungsreihe nicht erfaßt worden. Würden wir die Lösung, die den ersten Förderungswert von 10—12% ergeben hat, 1 : 3 verdünnen, dann müßten wir eine 14—16%ige Förderung erhalten. In einigen Fällen ist nachträglich diese Bestimmung durchgeführt worden; die Erwartungen wurden bestätigt. Durch die 4 Förderungswerte ist der Förderungsbereich hinreichend bestimmt. Wir können mit Sicherheit entscheiden, ob in 1 ccm Preßsaft 0,03  $\gamma$ , 0,1  $\gamma$ , 0,3  $\gamma$ , 1  $\gamma$  usw. Heteroauxin enthalten ist. Im Winter 1947/48 konnte die Bestimmungsmethode so verfeinert werden, daß auch 0,1  $\gamma$  und 0,2  $\gamma$  bzw. 0,2  $\gamma$  und 0,3  $\gamma$  Heteroauxin in 1 ccm genau unterschieden werden können. Darüber soll an anderer Stelle berichtet werden (MOEWUS 1948 e).

Bei geringem Wuchsstoffgehalt und hohem Hemmstoffgehalt kann es vorkommen, daß noch der maximale Förderungswert von 15% gesenkt ist. Das ist z. B. bei der Frühpflaume der Fall, bei der statt +15% —3% gefunden wird. Wenn dann aber die folgende Verdünnung eine Förderung von 9%, die nächstfolgende keine Wachstumsbeeinflussung mehr ergibt, dann läßt sich der Wuchsstoffgehalt bestimmen. In der Regel ist jedoch der Hemmstoffgehalt der Preßsäfte nicht so hoch, daß die beiden letzten Förderungswerte der Wirkungskurve gesenkt sind.

Die Hemmstoffwirkung eines Pflanzenextraktes läßt sich durch die Differenz zwischen der auf Grund der Heteroauxin-Standardkurve erwarteten und der gefundenen Hemmung bestimmen. Da wir die chemische Natur der Hemmstoffe nicht kennen, verwenden wir zum Vergleich die Cumarin-Standardkurve, die sich als typisch erwiesen hat. Wenn eine Lösung eine 100%ige Hemmung hervorruft, kann die Differenz für die Bestimmung nicht verwendet werden, da eine 100%ige Hemmung besagt, daß die Wurzeln schlaff geworden sind und sich verkürzt haben. Eine 100%ige Hemmung erhalten, wir wenn z. B. durch den Wuchsstoff —80%, durch den Hemmstoff —70% (Summe —150%) bedingt ist oder wenn durch den Wuchsstoff —40%, durch den Hemmstoff —100% hervorgerufen wird.

Auch wenn Hemmungen von 97, 98 oder 99% festgestellt werden, ist die Differenz nicht verwendbar. Denn maximal können sich unter den 20 ausgelesenen Keimlingen mit 5 mm langen Wurzeln 8 befinden, die 5,1—5,4 mm lange Wurzeln haben. Da bei der Messung nach 17 Stunden alle über 5 mm langen Wurzeln zur 6 mm-Klasse gezählt werden, würden wir eine Hemmung von 97% erhalten. Es ist zweckmäßig, für die Hemmstoffbestimmung nur solche Hemmungswerte zu verwenden, die 50% und geringer sind. Denn bei Hemmungen über 50% wird der mittlere Fehler größer und damit die Ungenauigkeit größer. Wenn jedoch der Hemmstoffgehalt sehr gering ist, der Wuchsstoffgehalt groß, dann kann es vorkommen, daß die Hemmstoffmenge nicht bestimmt werden kann (z. B. bei der schwarzen Knorpelkirsche).

Kürzlich haben TANG und BONNER (1947) aus Erbsenkeimlingen ein Ferment isoliert, das  $\beta$ -Indolylessigsäure inaktiviert. Dadurch erscheint die Möglichkeit gegeben, die Hemmstoffmenge von Preßsäften genauer zu bestimmen. Man müßte auf den Preßsaft dieses Ferment einwirken lassen, bis der Wuchsstoff zerstört ist und würde dann die Wirkungskurve des Hemmstoffes erhalten.

#### Literatur.

1. J. BERGER und G. S. AVERY: Isolation of an auxin precursor and an auxin (indole acetic acid) from maize. Amer. Journ. Bot. 31, 199 (1944).
2. J. BONNER und S. G. WILDMAN: Contributions to the study of auxin physiology. Sixth Growth Symposium p. 51 (1947).
3. W. DANLIKER: The isolation of 3-indole acetic acid from immature corn. Thesis: Calif. Inst. of Technology (1945).
4. A. J. HAAGEN-SMIT, W. LEECH und W. BERGREN: Estimation, isolation, and identification of auxins in plant materials. Science 93, 624 (1941).
5. F. KÖGL, H. ERXLIEBEN und A. J. HAAGEN-SMIT: Über die Isolierung der Auxine a und b aus pflanzlichen Materialien. Z. physiol. Chemie 225, 215 (1934).
6. F. KÖGL, A. J. HAAGEN-SMIT und C. J. VAN HULSEN: Über den Einfluß unbekannter äußerer Faktoren bei Versuchen mit *Avena sativa*. Z. physiol. Chemie 241, 17 (1936).
7. R. KUHN, D. JERCHEL, F. MOEWUS, MÖLLER, E. F. und LETTRÉ, H.: Über die chemische Natur der Blastokoline und ihre Einwirkung auf keimende Samen. Pollenkörner, Hefen, Bakterien, Epithelgewebe und Fibroblasten. Naturwiss. 31, 468 (1943).
8. H. LINSER: Zur Methodik der Wuchsstoffbestimmung. Planta 28, 227 (1938).
9. H. LINSER: Zur Methodik der Wuchsstoffbestimmung II. Die Extraktion von Pflanzenmaterial. Planta 29, 392 (1939).
10. F. MOEWUS: Ein neuer quantitativer Test für pflanzliche Wuchsstoffe. Naturwiss. (im Druck, 1948 a).
11. F. MOEWUS: Der Kressewurzel-Test, ein neuer quantitativer Wuchsstoff-Test. Biol. Zentralbl. (im Druck, 1948 b).
12. F. MOEWUS: Die Wirkung von Wuchs- und Hemmstoffen auf die Kressewurzel. Biol. Zentralbl. (im Druck, 1948 c).
13. F. MOEWUS: Gebundener und freier Wuchsstoff in der Kartoffelknolle. Zeitschr. f. Naturforsch. 3b, 135 (1948 d).
14. F. MOEWUS: Gebundener und freier Wuchsstoff in reifenden Früchten. Portugaliae Acta Biologica (im Druck, 1948 e).
15. F. MOEWUS: Blastokoline. Fiat Review of German Science (1939—1946). Biochemistry Bd. II (im Druck, 1948 f).
16. F. SKOOG und K. V. THIMANN: Enzymatic liberation of auxin from plant tissues. Science 92, 64 (1940).
17. H. SÖDING und H. FUNKE: Über Schwankungen in der Empfindlichkeit des Hafertestes und ihre Beziehungen zu Wetterfaktoren. Jahrb. wiss. Bot. 90, 1 (1941).
18. Y. W. TANG und J. BONNER: The enzymatic inactivation of indoleacetic acid I. Some characteristics of the enzyme contained in pea seedlings. Archives of Biochemistry 13, 11 (1947).
19. K. V. THIMANN und F. SKOOG: The extraction of auxin from plant

tissues. Amer. Journ. Bot. 27, 951 (1940). — 20. K. V. THIMANN, F. SKOOG und A. C. BYER: The extraction of auxin from plant tissues II. Amer. Journ. Bot. 29, 598 (1942). — 21. S. G. WILDMAN und J. BONNER: The proteins of green leaves. I. Isolation, enzymatic pro-

perties and auxin content of spinach cytoplasmic proteins Archives of Biochemistry 14, 381 (1947). — 22. S. WILDMAN und S. GORDON: The release of auxin from isolated leaf proteins of spinach by enzymes. Proc. Nat. Acad. Sc. 28, 217 (1942).

(Aus dem Institut für Obstbau der Universität Berlin. Direktor: Prof. E. KEMMER.)

## Zur Frage des Einflusses der Edelsorte auf die Unterlage.

Von E. KEMMER.

Mit 3 Textabbildungen.

Der große Einfluß, den Unterlagen auf ihre Pfropfpartner ausüben können, ist bekannt. Allerdings ist dies nur hinsichtlich der Wirkung der Fall, über die Ursachen liegen lediglich Vermutungen vor. Im allgemeinen neigen wir zu der Annahme, daß irgendwelche differenzierenden Unterlagensstoffe eine wesentliche Rolle bei der unterschiedlichen Entwicklung der Edelsorte spielen, doch läßt das von Kemmer aufgestellte Gesetz der Unterlagewirkung<sup>1</sup> erkennen, daß zum mindesten hinsichtlich der Wachstumsleistung mehr quantitative als qualitative Einflüsse vorzuliegen scheinen. Im umgekehrten Fall — Einfluß der Edelsorte auf die Unterlage — kennen wir noch nicht einmal die Art der Wirkung, denn die bisherigen Hinweise z. B. auf das Verhältnis von Faserwurzeln zu Strangwurzeln oder auf die Größe des Wurzelwinkels<sup>2</sup> sind wenig stichhaltig<sup>3</sup>. Bei kritischer Einstellung muß man leider sagen, daß wenig Anlaß zu der Hoffnung vorliegt, über das äußere Zustandsbild des Wurzelkörpers brauchbaren Einblick in die Abhängigkeit der Unterlage von der Edelsorte zu bekommen<sup>4</sup>. Man betrachte daraufhin nur einmal Abb. 1. Es handelt sich um je zwei Sämlinge der Sorten Goldparmäne und Kleiner Langstiel, die eng beisammen standen. Der eine Sämling wurde pikiert, der andere an Ort und Stelle ausgesät. Wer möchte glauben, daß dadurch der Wurzelcharakter so grundlegend verändert wurde, wie es das Bild zeigt? Wenn ein derartig kleiner Eingriff den Zustand der Wurzeln

so weitgehend ändern kann, dann müssen wir uns fragen, ob es überhaupt einen Zweck hat, der Wurzel Aufmerksamkeit zu schenken, wenn wir die Wirkung der Edelsorte erkennen wollen. Wo sollen wir sie aber dann erkennen? Ich glaube dort, wo wir sie am wenigsten erwarten, nämlich an der Edelsorte. Es kommt nur darauf an, die richtige Betrachtung anzustellen, um diese, im ersten Augenblick überraschende Antwort für zweckmäßig zu halten. Dazu



Abb. 1. Wurzelbild junger Apfelsämlinge.  
Links: Goldparmäne und Kl. Langstiel (pikiert).  
Rechts: desgl., am Standort ausgesät.

<sup>1</sup> E. KEMMER, Die Unterlage als Standortfaktor. Feld, Wald u. Garten 1947, Heft 11. Das Gesetz lautet: Wirken zwei oder mehr Unterlagen auf ein Obstgehölz ein, so wird die Wachstumsleistung der Sorte bestimmt: bei vertikaler Anordnung der Unterlagen (d. i. in Form der Zwischenveredlung) durch jene Unterlage, die den schwächsten Wuchs veranlaßt; bei horizontaler Anordnung der Unterlagen (d. i. in Form der Vorspannveredlung) durch jene Unterlage, die den stärksten Wuchs veranlaßt.

<sup>2</sup> U. a. SWARBRICK, Rootstock and scion-relationship. J. Pom. Hort. Sci. 1930. ROBERTS, Notes upon stock and scion relations in 1931. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 18, 1931. — HILKENBÄUMER, Die gegenseitige Beeinflussung von Unterlage und Edelreis bei den Hauptobstarten im Jugendstadium unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse. Kühn-Archiv 1942.

<sup>3</sup> VYVYAN, The effect of scion on root. J. Pom. and Hort. Sci. 1930. — KEMMER, E., Über die Regenerationsfähigkeit der Obstgehölzwurzeln. Gartenbauwissensch. 1944, Bd. 18, Heft 2.

<sup>4</sup> Auch unsere Massenbeobachtungen an Wurzlungen, die von zahlreichen Sorten auf verschiedenen Unterlagen gewonnen wurden, ergaben noch keinen stichhaltigen Aufschluß. Wir versuchen es jetzt mit der Vorspannveredlung bei Bäumen auf Paradiesunterlage. Nachdem der Vorspann jahrelang eingewirkt hat, wird er beseitigt, so daß die Edelsorte gezwungen ist, die alte, weitgehend ruhende, aber gesund gebliebene Paradiesunterlage mit aller Kraft neu zu entfalten.

müssen wir aber etwas weiter ausholen: Es gehört zu unserer althergebrachten Denkweise, die Pfropfpartner als gleichwertige Symbionten anzusehen. Dies ist aber nicht richtig und daran ändert auch die bei krautartigen Veredlungen nachgewiesene Hormonwanderung nichts. Der Hinweis auf die „gegenseitige Beeinflussung“, so als ob jeder Partner gleichwertig gibt und nimmt, hält bei Obstgehölzen einer schärferen Kritik nicht stand. Wir müssen uns an die Vorstellung gewöhnen, daß die Partner durchaus ungleichwertig sind, daß zwischen Unterlage und Edelsorte insofern ein absoluter Unterschied besteht, als die Unterlage tatsächlich ein selbständiges Individuum ist, die Edelsorte aber nicht. Die aristotelische Vorstellung, daß die „Seele“ des Baumes ihren Sitz im Wurzelhals habe, ist hinsichtlich der Obstgehölze gar nicht so ungereimt, wie es im ersten Augenblick erscheinen mag. Trennen wir die Partner gewaltsam, so ist das Leben der Edelsorte beendet, die Unterlage kann sich dagegen selbst bei alten Bäumen regene-