

Wuchsgebiet der Sudetenlärche gleichen, wird die Alpenlärche wenig günstige Anpflanzungsmöglichkeiten vorfinden. Weitere Untersuchungen über das Verbreitungsgebiet der Hochalpen-Lärchenrasse werden in den nächsten Jahren nachzubringen sein.

Literatur.

1. RUBNER: Die pflanzengeographischen Grundlagen, des Waldes, S. 391—398. Verlag Neumann-Neudamm 1934. — 2. SVOBODA: Untersuchungen an Lärchenzapfen verschiedener Herkunft. *Intersilva* 1944, S. 121—146

und dortselbst Literatur. — 3. TSCHERMAK, LEO: Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Ostalpen. Berlin: Verlag Springer, 1935. — 4. KALELA, AARNO: Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Helsinki 1937. — 5. BÜRGER, HANS: Mitt. d. schw. Anstalt f. d. forstl. Versuchsw. XIX. Die Lärche. — 6. WERTSTEIN, W. v.: Unterschiede bei Nachkommen bei Alpenlärchen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 1942, S. 157—161. — 7. TRENDELENBURG: Das Holz als Rohstoff. Verlag Lehmann, 1939. — 8. ZÖTL, G.: Handbuch der Forstwirtschaft im Hochgebirge. Wien 1831. — 9. CIESLAR: *Centralblatt f. d. ges. Forstw.* 1904.

(Aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Aschersleben.
Dienststelle für angewandte Vererbungsforschung und Immunitätszüchtung.)

Die Wirkung übernormaler Dosen des Beizmittels „Ceresan“ auf den Keimvorgang von *Cucumis sativus* L.

Von L. BEHR, Aschersleben.

Mit 9 Textabbildungen.

Einleitung.

In der Praxis hat es sich als zweckmäßig erwiesen, einige Gemüsekrankheiten, soweit die Erreger und deren Biologie näher erforscht sind, vorbeugend, und zwar durch Beizung des Saatgutes, zu bekämpfen. Dabei beträgt die gebräuchliche Dosis für Trockenbeizen 0,2%, d. h. es sollen auf 1 kg Samen 2 g des Mittels verbraucht werden. Mit dem Hinweis, daß es im gärtnerischen Kleinbetrieb nicht immer leicht ist, das für nur geringe Saatgutmengen erforderliche Quantum des Beizmittels abzuwägen, bemerkt SCHMIDT (10), daß eine Überdosierung von 2—4% mit der quecksilberhaltigen Universal-trockenbeize „Ceresan“ auf Gurkensamen keinerlei schädigenden Einfluß habe. Wie nicht anders zu erwarten, sind aber einer solchen Steigerung der Beizdosis auch Grenzen gesetzt. Eigene Untersuchungen, über die im folgenden berichtet werden soll, zeigten, daß eine Behandlung von Gurkensamen mit nur wenig höher dosiertem „Ceresan“ bereits erhebliche Abweichungen vom normalen Keimungsprozeß zur Folge hatten.

Schon KLAGES (6) machte darauf aufmerksam, daß einige von ihm untersuchte, wasserlösliche Quecksilberalkyle, insbesondere das stark fungizide Methyl-Quecksilber-Jodid, auf das Längenwachstum von Keimwurzel und Koleoptile von Winterweizenkörnern hemmend wirkten. Wurzel und Koleoptile waren bedeutend dicker als die unbehandelten Körner, wenn nur stets für einen anormal-hohen Quecksilbergehalt der Lösungen Sorge getragen wurde. Die gleiche Wirkung an Weizenkeimlingen erzielte GASSNER (4), sofern er mit Konzentrationen jener „Beizen“ arbeitete, die weit über den fungizid-wirksamen Lösungen lagen. SASS (9), der *Gramineensamen* mit anormal-hohen Dosen des Trockenbeizmittels „Ceresan“ behandelte, glaubt, im Gehalt an Äthyl-Mercuri-Phosphat die Ursache jener Keimungsanomalien zu sehen, die schließlich auch KOSTOFF (7) an Sämlingen von Roggen, Weizen, *Pisum*, *Linum* und *Crepis* beobachtete, wenn er die Samen vorher in eine Lösung des Äthyl-Quecksilber-Chlorides, des sog. „Granosans“, tauchte. Es traten hier nicht nur Schwellungen der Wurzelspitzen sondern des ganzen Sämlings ein.

Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich damit, die durch übernormale Dosen des Trockenbeizmittels „Ceresan“ bedingten Anomalien in der Ent-

wicklung von Gurkensämlingen zu beschreiben. Neben Gurken wurden aber noch zwei weitere Angehörige der gleichen sowie mehrere Vertreter anderer Pflanzenfamilien auf ihre Verhalten gegenüber anormal-hohen Dosen desselben Mittels geprüft. Ziel der Arbeit ist es nicht, die kausalen Zusammenhänge zwischen Beizung einerseits und dem Auftreten des abnormen Keimungsmodus andererseits zu klären, dies soll vielmehr einer späteren Veröffentlichung vorbehalten sein.

Methodik.

Versuchsobjekte waren die Samen bzw. die Sämlinge von *Cucumis sativus* L. Es war gleichgültig, ob Samen von Freiland- oder Treibhausgurken verwendet wurden. Da ein möglichst gleichmäßiges Keimen angestrebt und Keimverluste auf ein Minimum herabgesetzt werden mußten, kamen nur gesunde, prallgefüllte Körner eines ein-, höchstens zweijährigen Saatgutes zur Anwendung. Um die Versuche auf weitere Vertreter der *Cucurbitaceen* auszudehnen, wurden auch Samen von *Cucurbita pepo* L. (Kürbis) und *Bryonia dioica* Jacq. (Zaunrübe) mit übernormalen Beizdosen behandelt, und sodann der Keimvorgang beobachtet. Schließlich wurden in die Untersuchungen auch einige Nicht-*Cucurbitaceen* einbezogen. Es sollte an ihnen geprüft werden, ob ihre Sämlinge auf anormal-hohe Beizdosen im selben oder zumindest ähnlichen Sinne reagierten wie die von *Cucumis* bzw. deren Verwandten. Es handelte sich hierbei um Vertreter folgender Pflanzenfamilien: *Gramineae*, *Liliaceae*, *Papilionaceae*, *Cruciferae*, *Chenopodiaceae* und *Compositae*.

Die Vorbehandlung der Samen erfolgte mit den von den Bayer-Werken der I. G.-Farbenindustrie Abt. für Pflanzenschutz in Leverkusen hergestellten „Ceresan“-Trockenbeizen, die die Bezeichnung UT 1875a bzw. UT 1875 führen. Beide unterscheiden sich rein äußerlich dadurch, daß ersteres rot gefärbt ist, letzteres infolge Fehlens des Farbstoffes ein hellgraues Pulver darstellt. Die Mittel kamen abweichend von der Vorschrift zur Anwendung, und zwar in den Konzentrationen 2, 5, 10 und 20%, stets bezogen auf das Gewicht der jeweils behandelten Samenmenge. Als Naßbeizmittel wurde „Ceresan“ U 564 verwendet.

Die Festlegung eines solchen Bezugssystems, wie es der Trockenbeizung zugrunde gelegt wurde, war keineswegs

exakt, eine genaue Dosierung der Mittel müßte nicht auf das Gewicht der Samen, sondern auf deren adsorbierende Gesamtoberfläche bezogen werden. Die wenig exakte Methode der auf das Samengewicht berechneten Dosierung wurde der Praxis entnommen; es durfte dies geschehen, weil es zunächst nur darauf ankam, festzustellen, welches die Folgen einer Verabreichung übernormaler Beizmengen an *Cucurbitaceen* und anderen Pflanzenfamilien sind.

Nach Wägung der Beizmittel wurden diese gleichmäßig über angefeuchtetes, in Petrischalen liegendes Filtrierpapier verstreut und anschließend mit einem Spatel breitgestrichen. Sodann wurden die Gurkensamen, jeweils zu 10 Korn, auf das Fließpapier gelegt, und die geschlossenen Petrischalen im Dunkeln bei $+ 20^{\circ}\text{C}$ aufgestellt. Die Samen des Kontrollversuches blieben stets unbehandelt.

Exakter als die Trockenbeizen konnte das Naßbeizmittel U 564 dosiert werden. Jeweils 10 Samen wurden inbeutelartig gebundenen Tüllappchen während 30 Minuten in die Beizflüssigkeit eingehängt. Im Kontrollversuch war es aqua dest., in den übrigen Versuchen 0,1%, 1,0% und 10,0% „Ceresan“-Naß, in welchem die Samen badeten. Absichtlich wurden diese nach der Behandlung nicht abgespült. In Petrischalen auf feuchtes Fließpapier ausgelegt, gelangten die Samen sodann in den Thermostaten, wo sie im Dunkeln bei $+ 20^{\circ}\text{C}$ standen.

Sobald die Keimung erfolgt war, wurden die Sämlinge in Neubauerschalen, die mit Hohenbockaer Quarzsand angefüllt waren, pikiert¹⁾. Mit feuchtem Fließpapier angeschlagene Glaszylinder, die über die Sämlinge gestülpt wurden, schufen ständig eine für das Gelingen des Versuches erforderliche hohe Luftfeuchtigkeit.

Versuchsergebnisse.

Vorbemerkung: Im folgenden ist mit „a“ das rote (UT 1875a), mit „b“ das nichtgefärbte „Ceresan“ (UT 1875) und mit „n“ das Naßbeizmittel U 564 gemeint. „a₁₀“ bezeichnet dann z. B. eine 10%ige Beizung mit UT 1875a, „b₂“ eine 2%ige Beizung mit UT 1875, „n₁₀“ eine 10%ige Naßbeizung, und „c“ bedeutet, daß die Samen nicht vorbehandelt worden waren (Kontrollversuch).

1. „c“: Die Samen keimten „normal“, indem sie ein langes Hypokotyl und eine lange, dünne Hauptwurzel ausbildeten, an welcher deutlich Seitenwurzel- und Wurzelhaarentwicklung zu erkennen war. Alle Wurzeln verhielten sich positiv-geotropisch, sie wuchsen auf das Fließpapier zu und hafteten an ihm fest. Die beiden Kotyledonen wurden später aus der Samenschale herausgezogen.

2. „a₁₀“: An Stelle eines normalen Hypokotyles und einer langen Hauptwurzel schob sich hier aus der gequollenen Samenschale ein kegelförmiger Zapfen. Dieser schwoll rasch zu einem kugelförmigen, im Durchmesser ca. 5 mm messenden Tumor an. Ihm aufgesetzt war eine kleine, etwa 1—1½ mm lange „Spitze“. Seitenwurzeln wurden ebensowenig angelegt wie Wurzelhaare (Abb. 1). Eine positiv-geotropische Krümmung jener „Spitze“, die als rudimentäre, in ihrem Wachstum gehemmte Hauptwurzel, der Tumor als modifiziertes Hypokotyl gedeutet wurde, erfolgte nicht. Vielmehr konnte stets an fast jedem der mit



Abb. 1. Keimung von *Cucumis* nach Behandlung mit 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a.

¹⁾ Als Ersatz für Quarzsand eignet sich auch Ziegelgrus.

a₁₀ behandelten Sämlinge beobachtet werden, wie Tumor und „Spitze“ entweder in horizontaler Richtung weiter- oder von dem Fließpapier weg-, d. h. nach oben wuchsen (Abb. 2). Das Vermögen, positiv-geotropisch zu reagieren, schien also an den rudimentären Wurzeln a₁₀-behandelter Gurkensämlinge aufgehoben zu sein.

3. „a₅“: Gurkenkerne, die mit 5% UT 1875a vorbehandelt worden waren, bildeten typische Tumoren aus, die sich in ihrer Gestalt und in ihrem Verhalten in nichts von dem der a₁₀-Tumoren unterschieden. Wenn man bedenkt, daß bei einer a₅-Behandlung nur 5% des Gewichtes von 10 Samenkörnern, die gelegentlich je Versuchsreihe ausgelegt worden waren, zur Anwendung kamen, d. h. etwa 0,0175 g „Ceresan“, so geht daraus hervor, welche äußerst geringe Mengen des Mittels bereits wirksam sein müssen. Um so mehr setzt die Mitteilung SCHMIDTS (10) in Erstaunen, „Ceresan“-4% habe im Samenaufbau der Gurken keinerlei Schädigungen hinterlassen. Das Ergebnis des im folgenden beschriebenen Versuches widerspricht jedoch der Feststellung SCHMIDTS. Hier traten bereits nach einer 2%igen Beizung mit UT 1875a an keimenden Gurken Anomalien auf, die, wenn sie auch streng genommen nicht als Keimschädigungen bezeichnet werden konnten, doch deutlich erkennbar waren. SCHMIDT mag dieser vom normalen Keimvorgang abweichende Samenaufbau entgangen sein, weil in ihren Versuchen die Samen in Erde gelegt, und so der direkten Beobachtung entzogen wurden.

4. „a₂“: Eine solche Behandlung rief die Ausbildung kleiner, atypischer Tumoren hervor. Die Hauptwurzel zeigte deutliches, wenn auch schwach gehemmtes Streckungswachstum, Seitenwurzeln wurden angelegt und erschienen in Gestalt kleiner, dornartiger Höcker (Abb. 3). Wurzelhaare befanden sich an der Spitze der Hauptwurzel nur in geringer Menge. Die Hauptwurzel krümmte sich positiv-geotropisch.

Unter gleichen Bedingungen wurden diese Versuche mit UT 1875 durchgeführt. Hier zeigte es sich, daß dieses Mittel weitaus schwächer wirksam war als das rote UT 1875a. Eine b₁₀-Behandlung hatte an keimenden *Cucumis*-Kernen die gleichen Folgen wie eine solche mit a₂. Eine Beizung mit b₂ blieb ganz unwirksam; die sich nach dieser Vorbehandlung entwickelnden Sämlinge glichen völlig denen des Kontrollversuches. Eine typische Tumorenbildung wurde an ihnen erst erreicht, nachdem die Kerne einer b₂₀-Behandlung unterworfen worden waren (Abb. 4). Worin sich jedoch diese Sämlinge von a₁₀-Sämlingen unterschieden, war ihr geotropisches Verhalten: obwohl die b₂₀-Sämlinge äußerlich völlig a₁₀-Sämlingen glichen, krümmte sich die im Wachstum gehemmte Wurzel positiv-geotropisch, sie wuchs auf das Fließpapier der Keimschale zu.

UT 1875 mußte also, damit es an *Cucumis*-Sämlingen zu typischer Tu-



Abb. 2. Keimung von *Cucumis* nach Behandlung mit 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a. — Ageotropisches Wachstum der Keimwurzel.



Abb. 3. Keimung von *Cucumis* nach Behandlung mit 2% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a.



Abb. 4. Keimung von *Cucumis* nach Behandlung mit 20% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875.

morenbildung kam, in stärkerer Konzentration als UT 1875a angewandt werden, es hob aber auch dann noch nicht die normale, geotropische Reizbarkeit der *Cucumis*-Wurzel auf. Die rudimentäre, spitzkegelförmige Hauptwurzel der b_{20} -Sämlinge bildete gelegentlich Seitenwurzeln aus, was nach einer a_{10} -Behandlung, solange die Sämlinge noch in den Keimchalen lagen, niemals vorkam. Es folgt hieraus, daß Tumorenbildung einerseits und ageotropisches Wurzelwachstum andererseits zwei Eigenschaften der *Cucumis*-Sämlinge sind, die nach einer Behandlung mit übernormalen Dosen des Samenbeizmittels „Ceresan“ manifest werden, die aber ganz unabhängig voneinander auftreten können. Es handelt sich also nicht um zwei miteinander gekoppelte Merkmale.

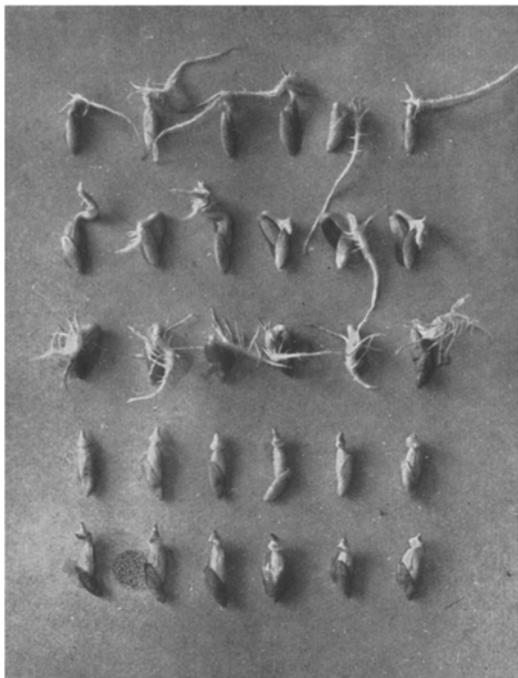


Abb. 5. 1. Reihe: Kontrolle. — 2. u. 3. Reihe: 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875. — 4. Reihe: 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a. — 5. Reihe: 20% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875.

In Abb. 5 sind noch einmal normal gekeimte und nach a- bzw. b-Behandlung gekeimte *Cucumis*-Samen gegenübergestellt.

Anfänglich war es nicht leicht zu unterscheiden, ob die Wurzel oder das Hypokotyl der *Cucumis*-Keimlinge unter dem Einfluß des Beizmittels zum Tumor anschwell. Dies klarzustellen, war jedoch für die Deutung der Erscheinungen der Beizversuche unerlässlich. An Querschnitten durch das Tumorgewebe konnte einwandfrei nachgewiesen werden, daß dieses dem Hypokotyl und nicht der Wurzel zuzuzählen ist, denn es besaß 6 deutlich erkennbare, kollaterale Leitbündel, die Bündel der rudimentären, dem Tumor aufgesetzten Hauptwurzel waren radial. Dafür, daß die Tumoren nicht als zum Wurzelgewebe gehörig angesehen werden durften, sondern deutlich sproßcharakter trugen, sprach auch ihr Verhalten im Keimbett. Wie schon beschrieben, krümmten sich dort nach einer b_{20} -Behandlung zwar die kleinen Hauptwurzelspitzen sehr rasch positiv-geotropisch, Hypokotyl und Tumor blieben aber aufrecht stehen. Schließlich konnte der

Sproßcharakter der Tumoren noch mit dem völligen Fehlen von Seitenwurzeln bewiesen werden, an der rudimentären Hauptwurzel entstanden diese hingegen sehr zahlreich.

Es erhob sich nun die Frage, wie sich die mit anormalen „Ceresan“-Dosen vorbehandelten Sämlinge, sofern sie in ein Keimmedium (Hohenbocker Quarzsand, Ziegelgrus) verbracht wurden, weiterentwickeln würden. Auch BOAS und MERKENSCHLAGER (2), BOAS (1) und SASSOUS (11) hatten die Samen ihrer Versuchspflanzen, nachdem sie in Eosin gebadet worden waren, mit Erde bedeckt und sodann beobachtet, daß die Keimwurzeln deutlich negativ-geotropische Regungen aufwiesen, sie wuchsen fast senkrecht aus der Erde.

Ebenso verhielten sich auflaufende Gurkensamen, die mit a_{10} vorbehandelt wurden und normal, d. h. mit dem Nabel nach unten und dem chalazalen Pol nach oben pikiert worden waren. Während die Keimwurzel nichtvorbehandelter Samen, nachdem sie die Samenschale gesprengt hatten, sich sofort positiv-geotropisch krümmte, sich durch Ausbildung von Nebenwurzeln und Wurzelhaaren in der Erde verankerte und die beiden Kotyledonen sich schließlich über die Erdoberfläche erhoben hatten, schob sich bereits 2—3 Tage nach dem Pikieren der a_{10} -Sämlinge der Tumor aus dem Keimmedium heraus, die beiden Kotyledonen blieben aber darin stecken (Abb. 6). Nach 10—14 Tagen entstanden an den kurzgebliebenen, immer noch



Abb. 6. Tumoren nach der Keimung (6 Tage alt), $\frac{1}{2}$ fach vergrößert. Die Abb. zeigt zweimal den gleichen Tumor von 2 Seiten.

aufrecht stehenden, rudimentären Hauptwurzeln die ersten mit Wurzelhaaren besetzten Seitenwurzeln, die positiv-geotropisch wuchsen und Anschluß an das Keimmedium suchten. Gleichzeitig hatte sich aber der zwischen dem Tumor und den Kotyledonen befindliche kurze Abschnitt des Hypokotyles stark gestreckt und dabei den Tumor mit in die Höhe gehoben (Abb. 7 u. 8). Nach vollendetem Streckungswachstum

dieses mitunter eine Länge von 30—40 mm; die senkrecht nach unten wachsenden, neugebildeten Seitenwurzeln waren mittlerweile zahlreich geworden. In diesem Entwicklungsstadium blieben die a_{10} -Sämlinge, sofern sie ununterbrochen in der feuchten Kammer standen, bis zu 34 Tage am Leben. Nach Ablauf dieser Zeit begannen das Hypokotyl und die Kotyledonen faulig zu werden, die Sämlinge fielen ganz in sich zusammen.

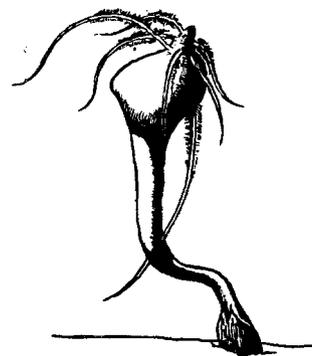


Abb. 7. Tumor nach Behandlung mit 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a, 11 Tage alt; $\frac{1}{2}$ fach vergrößert.

Vergleichsweise wurden mit a_{10} behandelte *Cucumis*-Sämlinge vom Augenblick des Pikierens an im

Tageslicht herangezogen. Es wurde dabei der gleiche Effekt wie im Dunkeln erzielt.

Da, wie bereits mitgeteilt, eine b_{10} -Behandlung von Gurkensamen die gleichen Folgen wie eine solche mit a_2 hatte, konnten sich aus b_{10} -Samen auch keine Pflanzen mit ageotropischem Wurzelwachstum entwickeln. Zu erwarten waren solche aber nach einer b_{20} -Behandlung der Samen. Tatsächlich erhoben sich aus dem Keimbett die typischen, mit der kurzen Hauptwurzelspitze versehenen Tumoren. Die rudimentäre Hauptwurzel krümmte sich hier jedoch sehr rasch positiv-geotropisch und bildete außerdem in schneller Folge Seitenwurzeln aus, die Anschluß an das Keimmedium suchten. Nur dadurch, daß sich das Hypokotyl stark streckte, wurde dieser Anschluß nicht gefunden.



Abb. 8. 11 Tage alte *Cucumis*-Sämlinge nach Behandlung mit 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a, in Hohenbocker Quarzsand; natürl. Größe.

Damit aber ist erneut nachgewiesen, daß die beiden Eigenschaften der *Cucumis*-Keimlinge, auf „Ceresan“ mit Tumorbildung und ageotropischem Wurzelwachstum zu reagieren, ganz unabhängig voneinander auftreten können und keineswegs, wie bei dem a_{10} -Sämling, miteinander gekoppelt sein müssen.

Haben nun die Wurzeln der mit a_{10} behandelten Gurkensamen tatsächlich die geotropische Reizbarkeit verloren? BOAS und MERKENSCHLAGER (2) betonen, daß die Keimwurzeln von Gerste, die mit Eosin vorbehandelt wurde, sich nicht sämtlich aktiv krümmten, sondern z. T. auch in derjenigen Richtung weiterwuchsen, die ihnen durch ihre Lage im Korn gegeben worden war.

Um diese Frage auch an a_{10} behandelten *Cucumis*-Samen zu prüfen, wurden diese einmal invers, d. h. mit dem Nabel nach oben, zum anderen waagrecht in den Quarzsand gelegt. Mit nichtbehandelten Körnern wurde teils ebenso verfahren (Kontrolle 1), teils wurden sie „normal“, also mit dem Nabel nach unten pikiert (Kontrolle 2). Es zeigte sich, daß die nach diesem „normalen“ Verfahren pikierten, unbehandelten Samen durchwegs rasch keimten. Als nach 7 Tagen die Samen der unbehandelten „Kontrolle 1“ bis auf einen noch nicht gekeimt waren, wurden sie ausgegraben. Dabei zeigte sich, daß das Wurzelsystem

dieser Sämlinge nur schwach ausgebildet war, die Hauptwurzel wies aber deutlich den Beginn einer positiv-geotropischen Krümmung auf. Anders verhielten sich die invers und waagrecht pikierten a_{10} -Sämlinge: sie hatten zwar sämtlich die typischen Tumoren ausgebildet, eine Weiterentwicklung der Wurzel oder eine Streckung des Hypokotyles war aber entweder gar nicht mehr erfolgt oder doch nur sehr vereinzelt und in äußerst schwachem Maße. Die Wurzel der behandelten Samen wuchs aber immer nur in der Richtung weiter, die ihr bei dem Pikieren mit dem Korn gegeben worden war. Die waagrecht gelegten Wurzeln vorbehandelter Samen krümmten sich also unter der Wirkung eines geotropischen Reizes nicht nach unten, sie richteten sich aber auch nicht, wie man bisher als die Folge der Überdosierung mit „Ceresan“ annehmen könnte, auf. Demnach scheint es, als verlieren die Keimwurzeln von *Cucumis*-Samen, die mit anormal-hohen Dosen „Ceresan“ vorbehandelt worden sind, jeglichen Sinn für eine Orientierung im Raum.

Wenn es an *Cucumis*-Samen unter der Wirkung des Beizmittels zu abnormen Keimvorgängen, wie sie soeben beschrieben wurden, kam, so doch nur, weil wahrscheinlich von dem Samenkorn irgendwelche Bestandteile des Mittels, vielleicht auch nur in Spuren, aufgenommen worden waren. Berücksichtigt man die von GASSNER und ESDORN (5) aufgestellte Theorie des Eindringens der Beizlösungen in das innere Korn, so sind in den vorliegenden Untersuchungen die Voraussetzungen für ein solches Eindringen insofern gegeben, als mit sehr hohen Gaben der Mittel gearbeitet wurde. Die Art ihrer Anwendung entsprach demnach einer solchen mit einem Mittel mit hoher *dosis curativa*. Für die Gültigkeit der Theorie dürfte es vielleicht weniger von Bedeutung sein, ob dort ein Naß- oder hier ein Trockenbeizmittel verwendet wurde. In beiden Fällen wird der geringere Teil des Mittels von der Samenschale bis zu deren Sättigung adsorbiert worden sein, so daß der restliche Teil sodann auf das Korninnere einwirken konnte.

Der Frage, ob in dem angewandten Behandlungsverfahren tatsächlich schon die Samenschale allein für jene Substanzen permeabel ist, oder ob erst eine Keimwurzel ausgebildet sein muß, die das Beizmittel bzw. Teile desselben zu resorbieren vermag, wurde im Rahmen dieser Versuche erneut Beachtung geschenkt. Es gelang auch, sie zu klären und die GASSNER-ESDORNsche Theorie erneut zu stützen.

Samen, die mit a_{10} vorbehandelt worden waren und nach zweitägigem Liegen in der Petrischale noch keinerlei Anfänge einer Keimung zeigten, wurden in Sand verbracht. Nach einem viertägigen Aufenthalt im Dunkeln erschienen die ageotropisch wachsenden Wurzeln, 7 Tage später waren von insgesamt 10 Samen 9 gekeimt, und zwar mit typischen, mit der kurzen Hauptwurzelspitze versehenen Tumoren.

Zur Bildung solcher Anomalien kam es also, wenn die Samen nach der Behandlung mit a_{10} sehr bald, d. h. vor dem Erscheinen der Keimwurzeln, zur Keimung in Sand verbracht wurden. Unter der Voraussetzung, daß irgendwelche Bestandteile der Beizmittel, nachdem diese auf einem uns noch nicht bekannten Wege in das Innere des Samenkornes gelangt sind, jene Keimungsanomalien bedingen, muß mit GASSNER und

ESDORN angenommen werden, daß bereits die Samenschale und nicht allein die Wurzel für das Beizmittel bzw. deren Bestandteile permeabel ist.

Nachdem es gelungen war, an Gurkensämlingen mit Hilfe des Trockenbeizmittels „Ceresan“ sowohl Tumoren als auch negativ-geotropisches Verhalten der Hauptwurzeln experimentell zu erzeugen, interessierte nun die Frage, ob es auch nach einer Behandlung der Samen mit der „Ceresan“-Naßbeize U 564 zu derartigen Anomalien des Keimvorganges kommen würde.

Nach einer 0,1%igen Beizung unterschieden sich die Samen von solchen, die während der gleichen Zeit mit aqua dest. behandelt worden waren, nicht: die Keimung erfolgte mit langen, dünnen, sich positiv-geotropisch krümmenden Wurzeln, die mit Seitenwurzeln und Wurzelhaaren besetzt waren. Die 10fache Dosis des Mittels rief etwas kürzere, gedrungene Wurzeln hervor, die sich auch noch positiv-geotropisch krümmten, die aber keine Wurzelhaare mehr aufwiesen. Ein ganz anderes Bild ergab eine a_{10} -Behandlung, nach welcher jedoch die Keimung nicht so intensiv wie nach einer solchen mit a_{10} erfolgte. Es wurden typische Tumoren ausgebildet, die Hauptwurzel blieb äußerst kurz und unscheinbar und erhob sich mit dem Tumor nur wenig über das Keimmedium. Nach längerem Verweilen dieser Sämlinge in der feuchten Atmosphäre eines dunklen Raumes bei $+20^{\circ}\text{C}$ streckten sich die Hypokotyle um das Vielfache und hoben dabei die Tumoren samt den ihnen aufgesetzten, rudimentären Wurzelstümpfen in die Höhe. Bis auf ein sehr spätes Einsetzen des Beginnes der Seitenwurzelbildung war also der Endzustand dem einer a_{10} -Vorbehandlung gleich.

Die folgenden Untersuchungen sollten Klarheit darüber schaffen, ob es nur der Samen von *Cucumis sativus* war, der auf eine Beizung mit übernormalen Dosen mit den oben beschriebenen Keimungsanomalien reagierte, oder ob sich Samen anderer Pflanzen ebenso verhielten.

Zunächst wurden zwei weitere Vertreter der Familie der Cucurbitaceen, *Cucurbita pepo* L. und *Bryonia dioica* Jacq., auf ihr Verhalten gegenüber Überbeizungen geprüft. Diese, sowie die anschließend untersuchten Samen anderer Pflanzenfamilien, verblieben jedoch während der ganzen Beobachtungszeit nur in Petrischalen. Sie wurden nicht in Sand bzw. in Ziegelgrus pikiert, da das Verhalten ihrer Keimwurzeln auch in der Petrischale gut beobachtet werden konnte.

Eine an *Cucurbita pepo* durchgeführte a_5 - und a_{10} -Behandlung hatte zwar eine tumorähnliche Anschwellung des stark verkürzten Hypokotyles zur Folge, die Keimwurzel krümmte sich jedoch nicht positiv-geotropisch auf das Fließpapier zu, sie wuchs vielmehr aus dem horizontal gelegten Samenkorn in horizontaler Richtung weiter. Mit a_{10} vorbehandelte *Bryonia*-Samen entwickelten hingegen typische Tumoren, die Keimwurzeln wuchsen teils horizontal weiter, teils richteten sie sich ageotropisch auf.

Somit reagierten alle hier geprüften Cucurbitaceen auf eine „Ceresan“-Überdosierung mit Tumorbildung und Ageotropismus der Wurzel. Wie verhielten sich im Vergleich hierzu die keimenden Samen von Pflanzen anderer Familien?

Wie schon eingangs erörtert, beobachteten KLAGES (6) und GASSNER (4) an Getreidekeimlingen, KOSTOFF

(7) an Getreide und anderen Pflanzen, anormale Entwicklung der Sämlinge, wenn die Samen mit übernormalen Konzentrationen verschiedener Quecksilbermittel vorbehandelt worden waren. In eigenen Untersuchungen wurden als Angehörige der Gramineen *Triticum vulgare* Vill. und *Zea Mays* L. mit a_{10} behandelt; eine Keimung erfolgte bei *Triticum* nur schwach, Tumoren wurden in beiden Fällen nicht ausgebildet, die kurzen, gedrunghenen Wurzeln verhielten sich positiv-geotropisch. *Lupinus albus* L. keimte nach einer a_{10} -Behandlung auch ohne Tumor und mit kurzer, schwachgeschwollener, positiv-geotropischer Wurzel. Samen von Vertretern der Familie der Cruciferen (*Raphanus sativus* L., *Brassica oleracea* var. *Sabauda* L., *Br. oleracea* var. *gongyloides* L. und *Lepidium sativum* L.) zeigten nach der Keimung das gleiche Bild wie die Samen des Mangoldes (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L.) und der Compositensamen von *Zinnia elegans* Jacq. und *Calendula officinalis* L.: Tumoren wurden in keinem Falle ausgebildet, die Hypokotyle waren kürzer und gedrungener als die der Kontrollsämlinge, und die Wurzeln, zumeist mit einem nur sehr spärlichen Flaum von Wurzelhaaren besetzt, krümmten sich deutlich positiv-geotropisch auf das Fließpapier der Keimschale zu. Eine Ausnahme machte der Samen der Liliacee *Allium Cepa* L., der auf eine a_{10} -Behandlung überhaupt nicht reagierte und ebenso keimte wie die unbehandelten *Allium*-Samen.

Es geht aus den Versuchen also hervor, daß allein die drei Vertreter der untersuchten Cucurbitaceengattungen *Cucumis*, *Cucurbita* und *Bryonia* auf eine „Ceresan“-Überbeizung mit einer tumorartigen Anschwellung des Hypokotyles und mit ageotropischem Wurzelwachstum reagieren. Andere Versuchsobjekte zeigten derartig ausgeprägte Keimungsanomalien nicht.

Wurde das Tumorgewebe eines *Cucumis*-Sämlings mit einem „normalen“ Hypokotyl vergleichend mikroskopisch untersucht, so stellten sich dabei einige histologische und anatomische Unterschiede heraus.

Auffallend waren die in radialer Richtung stark gestreckten Zellen der sekundären Rinde des Tumors. Diese Zellen waren zwei- bis dreimal so groß wie die entsprechenden, stets polygonalen Zellen des „normalen“ Hypokotyles. Die Kerne, die häufig zu zweit, zumeist dicht nebeneinander liegend, in ein und derselben Tumorzelle gefunden wurden, waren doppelt so groß wie die der „normalen“ Hypokotylzellen. Auch waren sie, insbesondere diejenigen der Markparenchymzellen und der die Leitbündel in sehr großem Umkreis umgebenden Gewebe, stets perlschnurartig von einer großen Anzahl dunkel erscheinender, runder „Körnchen“ umgeben (Abb. 9). Mit Hilfe von Jodjodkalium oder auch MEYERSCHEM Chloraljod, worin die „Körnchen“ sich intensiv violett färbten, wurden sie als abnorm-große Leukoplasten, die mit Stärke prall angefüllt waren, identifiziert. Die bedeutend

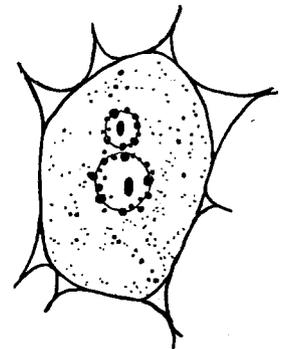


Abb. 9. Zweikernige Zelle aus einem nach Behandlung mit 10% „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a entstandenen *Cucumis*-Tumor.

kleineren Leukoplasten des „normalen“ Hypokotyles konnten in dessen Markzellen hingegen nur sehr vereinzelt, wenig häufiger in den 1—2 Zellschichten starken Stärke scheiden der Leitbündel gefunden werden; außerdem umgaben die Leukoplasten in diesen Zellen den Kern niemals perlschnurartig, sie lagen vielmehr verstreut umher. Somit scheint es fast, als sei unter dem Einfluß übernormaler Gaben des „Ceresans“ mit den Tumoren der *Cucumis*-Sämlinge ein Speicherewebe für Stärke entstanden.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Von allen in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Versuchsergebnissen ist als bedeutsamstes die nach Überbeizung mit dem Mittel UT 1875a an Gurkensämlingen auftretende Tumorbildung, verbunden mit dem ageotropischen Wachstum der Keimwurzel, zu nennen. Zweifellos handelt es sich bei einer solchen Erscheinung um eine hochgradige Keimschädigung. Pflanzen, die aus derartig vorbehandelten Samen hervorgehen, die mit den Kotyledonen im Keimbett stecken bleiben und die Wurzeln in die Luft erheben, können unter normalen Außenbedingungen nicht mehr lebensfähig sein. In diesem Zusammenhang war es interessant zu erfahren, wie sich derartig überbeizte Gurkensamen verhielten, sofern sie der von LAKON (8) ausgearbeiteten Methode der Keimprüfung mit Tetrazoliumsalzen unterworfen wurden. Es stellte sich dabei heraus, daß sich die Kotyledonen und Embryonen aller mit allen geprüften „Ceresan“-Dosen trocken- und naßgebeizter *Cucumis*-Samen nach einem mehrstündigen Tetrazoliumbade leuchtend karminrot gefärbt hatten. Das gleiche Resultat zeitigte ein Versuch an *Triticum*, *Zea* und *Lupinus*. Dieses Ergebnis besagt also, daß die mit anormal-hohen Beizdosen vorbehandelten Samen noch keimfähig sind. Daß die Keimung jedoch abnorm verläuft, ist dem Resultat ebensowenig abzusehen wie das völlige Versagen der jungen Keimlinge, sich zu einer normalen, erwachsenen Pflanze weiter zu entwickeln. Beizschäden, hervorgerufen mit dem Trocken- oder Naßbeizmittel „Ceresan“, können nach dem Gesagten also nicht mit Hilfe des Tetrazoliumverfahrens erkannt oder beurteilt werden.

Es möge im Rahmen dieser Untersuchungen nochmals auf die Tatsache verwiesen werden, daß die *Cucumis*-Tumorzellen sehr häufig zweikernig angetroffen wurden. SASS (9) hatte betont, daß mit „Ceresan“ behandelte *Gramineensamen* nach der Keimung anormal verlaufende Mitosen zeigten. KOSTOFF (7) wies sodann an mehreren Pflanzen, insbesondere an *Pisum*, *Secale* und *Triticum* nach, daß das Quecksilber-Alkyl „Granosan“ bei entsprechendem hoch gewählter Konzentration sowohl auf die Mitosen der Kerne als auch auf die Formen und Leistungen der Sämlinge die gleichen Wirkungen ausübte wie z. B. Colchicin oder Acenaphthen. Es kam zu Polyploidieerscheinungen, die bei entsprechender Überdosierung alle Beizmittel auslösen sollen.

Wie schon erwähnt, waren die Zellen der *Cucumis*-Tumoren zwei- bis dreimal so groß wie diejenigen des „normalen“ Hypokotyles, es zeigten auch die Kerne der Tumorzellen abnorme Größe, und schließlich waren die anormal-großen Leukoplasten mit Stärke prall angefüllt. Obwohl dies Eigenschaften der Zelle sind, die auf Polyploidie hindeuten, so liegt es doch nahe, diesen Gedanken zunächst zu verwerfen, und die letz-

tere der geschilderten Erscheinungen, nämlich die auffällige „Stärkeschoppung“ im Tumor, mit der von CLAUS (3) geäußerten Hypothese in Zusammenhang zu bringen. CLAUS beobachtete eine Diastaseförderung, der eine Überführung der Statolithenstärke in Zucker und somit ein Verlust der Beantwortung der Schwerkraftreizung folgte. Diese Erklärungsweise trifft aber für den vorliegenden Fall insofern nicht zu, als CLAUS seine Beobachtungen an der Wirkung des Eosins sowie anderer Farbstoffe der Fluoreszeinreihe und des Phenosafranins machte. Außerdem wäre mit Hilfe dieser Erklärung gerade die abnorm hohe Stärkeanreicherung in den Tumorzellen nicht zu verstehen. Die Befunde der eigenen Untersuchungen, insbesondere der Nachweis, daß die Tumorzellen häufig zweikernig angetroffen wurden, stützen eher die KOSTOFFsche These. Mithin ist es nicht ausgeschlossen, daß die „Ceresan“-Wirkungen an *Cucumis*-Sämlingen, zumindest die Tumorenbildung, als Polyploidieerscheinungen zu bewerten sind.

Zusammenfassung.

1. Die Behandlung von *Cucumis*-Samen mit übernormalen Gaben des Beizmittels „Ceresan“ führte zu Keimungsanomalien, die für Angehörige der Familie der *Cucurbitaceen* spezifisch sind. 5- und 10%ige Behandlung der *Cucumis*-Samen mit der „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875a rief an den Keimlingen Tumorenbildung und ageotropisches Wurzelwachstum hervor. 20%ige Behandlung mit „Ceresan“-Trockenbeize UT 1875 bedingte ebenfalls Entstehung von Tumoren; Ageotropismus der Wurzel war hier äußerst schwach ausgeprägt.

10%ige Naßbeizung mit „Ceresan“ U 564 hatte typische Tumorenbildung und Ageotropismus der Wurzeln zur Folge.

In Hohenbockaer Quarzsand oder Ziegelgrus pikiert, blieben derartig abnorm entwickelte Keimlinge nach starker Streckung des Hypokotyles und Ausbildung zahlreicher Seitenwurzeln am Hauptwurzelstumpf bis zu 34 Tage am Leben.

2. Der Tumor entstand als Anschwellung eines Teiles des Hypokotyles, ist also Sproßgewebe; die ihm aufsitzende, etwa 1½ mm lange „Spitze“ ist die rudimentäre Hauptwurzel, die als Folge der Überdosierung in ihrem Wachstum gehemmt ist.

3. *Gramineen*, *Papilionaceen*, *Cruciferen*, *Chenopodiaceen* und *Compositen* reagierten auf die gleiche Überdosierung mit UT 1875a nur mit der Ausbildung kurzer und dicker Keimwurzeln und Koleoptilen bzw. Hypokotyle, *Allium Cepa* blieb im Keimvorgang äußerlich unbeeinflusst.

4. Die Zellen des Tumors waren zwei- bis dreimal so groß wie die des „normalen“ Hypokotyles. Die Kerne der Tumorzellen waren abnorm groß und perlschnurartig von großen Leukoplasten umgeben, die in größerer Anzahl vorhanden waren als im „normalen“ Hypokotyl. Tumorzellen wurden häufig zweikernig gefunden.

5. In Tetrazoliumlösungen verhielten sich überbeizte Samen wie unbehandelte, eine Keimschädigung konnte mittels dieser Methode nicht festgestellt werden.

6. Die in den vorliegenden Untersuchungen erzielten Ergebnisse können als Polyploidieerscheinungen gedeutet werden.

Literatur.

1. BOAS, F.: Zur Kenntnis der Eosinwirkung auf das Wachstum der Wurzeln. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 45, 61—64 (1927). — 2. BOAS, F. und MERKENSCHLAGER, F.: Beizverlust, hervorgerufen durch Eosin. Ebenda. 43, 381—390 (1925). — 3. CLAUS, G.: Über die Dunkelwirkung fluoreszierender Farbstoffe auf Diastase. Biochem. Ztschr. 456 (1929). Entnommen aus: KLINKOWSKI, M.: Die Wirkung des Eosins auf das Wurzelwachstum der Pflanze. Angew. Bot. 12, 224—227 (1930). — 4. GASSNER, G.: Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle. Phytopath. Ztschr. 14, 385—389 (1944). — 5. GASSNER, G. und ESDORN, I.: Beiträge zur Frage der chemotherapeutischen Bewertung von Quecksilberverbindungen als Beizmittel gegen Weizensteinbrand. Arb. B. R. A., 11, 373—385

(1923). — 6. KLAGES, A.: Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle. Ztschr. Angew. Chemie 40, 559—561 (1927). — 7. KOSTOFF, D.: Atypical growth, abnormal mitosis and polyploidy induced by ethyl-mercury-chloride. Phytopath. Ztschr. 13, 91—96 (1941). — 8. LAKON, G.: Topographischer Nachweis der Keimfähigkeit von Mais durch Tetrazoliumsalze. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 60, 434—444 (1942). — 9. SASS, I. E.: Histological and cytological studies of ethyl mercury phosphate. Phytopathol. 27, 95—99 (1937). Entnommen aus KOSTOFF (7). — 10. SCHMIDT, H.: Beitrag zur Kenntnis der Wirkung von Beizmitteln auf künstlich infizierte Gemüsesamen. Gartenbauwiss. 12, 89—115 (1939). — 11. SESSOUS, G.: Ausbleiben der geotropischen Krümmung von Keimwurzeln mit Eosin behandelter Weizenkörner. Pflanzenbau 2, 385—386 (1925/1926).

(Aus der Obstversuchsabteilung der Universität Halle.)

Ursache und Auswirkung der „Freimachung“ bei Kernobst.

Von F. HILKENBÄUMER.

Mit 2 Textabbildungen.

In Verbindung mit den Fragen der Unterlagenforschung und Obstzüchtung wird die „Freimachung“, d. h. die Ausbildung eigener Wurzeln an Edelsorten auf schwachen Wuchs verursachenden Obstunterlagen immer wieder diskutiert. Die Schwierigkeiten, die ohne Zweifel bei der Unterlagenverwendung im Hinblick auf die Affinität zwischen Unterlage und Reis, auf die Beeinflussung von Lebensdauer, Frostresistenz, Trieb- und Ertragsleistung auftreten, führten wiederholt zur Forderung nach ausschließlicher Benutzung von „Direkträgern“. SCHRADER hat seine umfangreichen Bestände von Birnenschnurbäumen auf Quitte deswegen mit der Veredlungsstelle in die Erde gepflanzt, weil er auf diese Weise einmal die kälteempfindliche Quitte gegen Kahlfröste schützen wollte und zum anderen die Auffassung vertrat, daß durch eine allgemeine Freimachung die Leistung und Lebensdauer der Birnensorten erhöht werden.

Erfolg und Zweckmäßigkeit dieser Maßnahmen sind deswegen völlig ungeklärt, weil über das Verhalten und die Leistung eigenbewurzelter Edelsorten nur wenig bekannt ist. Wenn auch die Arbeiten von DE HAAS (2) über die Freimachung von Zwergobstbäumen gewisse Klärungen auf diesem Gebiet gebracht haben, so gaben die noch offenen Fragen Veranlassung zu mehrjährigen Untersuchungen an einem umfangreichen Pflanzenmaterial. Einmal galt es, nach der Ursache der Freimachung zu fragen. Zum anderen wurde geprüft, in welchem Ausmaß sich die einzelnen Sorten an verschiedenen Standorten freimachten und wie sich diese Eigenbewurzelung auf das Triebwachstum, die Fruchtmenge und die Fruchtgüte der Bäume im Vergleich zu solchen Gehölzen auswirkten, die ausschließlich auf „Zwergunterlagen“ standen.

Untersuchungen.

In der Versuchsstation Limburghof wurden 88 zwanzigjährige Birnenbüsche auf Quitte von Angers ausgegraben und in Verbindung mit Wurzelstudien auf ihre Freimachung hin geprüft. Die gleichen Sorten standen auf drei verschiedenen Böden (12). Sie waren wie folgt verteilt:

Sorte	Geringerer Boden	Mittlerer Boden	Günstiger Boden	Anzahl Bäume insgesamt
Pastorenbirne	9	9	10	28
Le Lectier	10	10	10	30
Herzogin von Angoulême	10	10	10	30

In der Obstversuchsstation Schraderhof, Ottersleben wurden 848 26jährige Birnenschnurbäume auf Quitte auf ihre Freimachung hin geprüft. Über die Zusammensetzung dieses Beobachtungsmaterials, wie es auf Grund der vorhandenen Bestände ausgewertet werden konnte, gibt die Übersicht 2 Aufschluß.

Im Obstbaubetrieb HORNEMANN, Langenweddingen wurden ferner 312 (208 Berlepsch, 104 Boskoop) vierjährige Spindeln auf Malus IX bezüglich ihrer Freimachung und vegetativen Entwicklung untersucht.

Die Schnurbäume bzw. Spindeln stehen unter gleichen Boden-, Kleinklima- und Ernährungsverhältnissen. Sie unterliegen einem gleichmäßigen Fruchtholzschnitt, der in der Vegetationsruhe durchgeführt wird. Die Einheitlichkeit des Standortes wird bei den Schnurbäumen bzw. Spindeln noch dadurch erhöht und gesichert, daß sie auf engem Raum dicht nebeneinander stehen (Standraum bei Schnurbäumen 2,50×0,60 m, bei Spindeln 2,50×1 m). Da eine Rodung der Bestände der im Höchstertrag stehenden Bäume wie im Limburgerhof nicht möglich war, wurde ihr Wurzelhals vorsichtig freigelegt, um Art und Ausmaß der Freimachung beurteilen zu können. Für die Feststellung des Verhältnisses zwischen der Anzahl freier und unfreier Bäume wurde die Untersuchung an allen Bäumen laufend im Quartier durchgeführt. Um aber für die Charakterisierung der Freimachung eine breitere Grundlage zu haben, erfolgte bei Sorten mit einem geringeren Prozentsatz freier Bäume eine zusätzliche Auswahl und Beurteilung eigenbewurzelter Pflanzen. Ein Vergleich zwischen der Entwicklung der unterlagen- und sorteneigenen Wurzeln konnte im Schraderhof nicht durchgeführt werden, da, wie bereits erwähnt, die gänzliche Freilegung der Wurzelkrone nicht möglich war.