

(Aus dem Institut für Obstbau der Technischen Universität Berlin)

Beobachtungen an Wurzelkörpern von Apfelgehölzen *

Von E. KEMMER

Mit 19 Textabbildungen

1. Wurzelumstimmung

Zahlreiche Untersuchungsergebnisse der letzten Jahrzehnte haben zu der Erkenntnis geführt, daß die Obstgehölze die Hauptmasse ihrer Wurzeln in einem Bodenraum allenfalls bis zu 1 m Tiefe entfalten und daß dabei weder zwischen Sämlingsbäumen und vegetativ vermehrten Gehölzen noch zwischen den einzelnen Obstarten wesentliche Unterschiede auftreten. Neben dieser Erkenntnis besteht aber merkwürdigerweise, vor allem wohl in Anlehnung an die Hinweise KVARAZKHELIA's, 1931 (2), die Ansicht, daß der Tiefgang des Wurzelkörpers von der Bodenqualität entscheidend beeinflußt wird. Zwar ist es KVARAZKHELIA aufgefallen, daß im gleichen Boden junge Sämlinge tiefer wurzeln als ältere; er erwähnt auch, daß unabhängig vom Substrat die Hauptmasse der Obstbaumwurzeln sich in einem Bodenraum von ca. 50 cm Tiefe befindet. Trotzdem sieht er den Tiefenwuchs der Obstgehölzwurzeln überwiegend vom Boden her bestimmt: „Das Vordringen der Wurzeln in die Tiefe des Bodens hängt von der physikalischen Struktur desselben ab. Die Einteilung der Obstbäume in „tief-“ und „flachwurzeln“ ist nicht ganz richtig. Bei ein und derselben Art oder Sorte der Obstbäume vermag die Wurzel, je nach Beschaffenheit des Bodens und dessen Untergrundes, verschieden tief zu wachsen.“

Diese Darstellung trifft nicht den Kern der Sache. Tatsächlich folgt — sehen wir von undurchlässigen Bodenschichten ab — die Regulierung des Tiefenwachstums der Wurzeln vordringlich gehölzeigenen Gesetzen. Es tritt nämlich bei den Obstgehölzen im Ablauf der ersten Lebensjahre ein von unregelmäßig beobachtetes Ereignis ein, das unter allen Umständen, also auch in gut durchlüfteten und deshalb tief durchwurzelungsfähigen Böden, zur überwiegenden Flachwurzelbildung führt: die Wurzelumstimmung (3, 4). Wir bezeichnen damit die Neigung der Obstgehölze, unabhängig von der Bodenqualität an der Basis der Erstwurzeln oder gar am Wurzelhals¹, also über den Erstwurzeln, Neuwurzeln zu bilden, welche die Führung übernehmen und die weitere Entfaltung der tieferliegenden, an sich durchaus lebensfähigen Erstwurzeln mehr und mehr hemmen. Dies gilt nicht nur für Sämlinge, sondern auch für autovegetativ vermehrte Obstgehölze, die, obwohl sie von vornherein verhältnismäßig flach verlaufende Adventivwurzeln bilden, dennoch dieser Umstimmung unterliegen (Abb. 9). Es besteht also, ähnlich wie beim natürlichen Aufbau der Astkrone, auch bei der Wurzelkrone der Apfelbäume die Neigung, Erstgewordenes zu ver-

* Herrn Prof. Dr. H. KAPPERT zum 65. Geburtstag gewidmet.

¹ Unter Wurzelhals ist hier und im folgenden das Stammstück zwischen der Ansatzstelle der primären Wurzeln und der Bodenoberfläche zu verstehen.

nachlässigen. Gleich wie jedoch das Verkümmern primärer Astpartien nicht durch mangelhafte Qualität der Atmosphäre, sondern vielmehr durch die Spitzenförderung veranlaßt wird, so ist auch das Verkümmern primärer Wurzelpartien nicht auf Mängel des Bodens zurückzuführen, sondern auf die in der Wurzelkrone stark ausgeprägte Basisförderung.

So sicher die Tatsache der Wurzelumstimmung ist, so wenig wissen wir, ob und wie weit dieser Vorgang

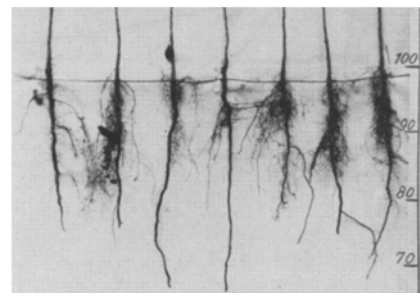
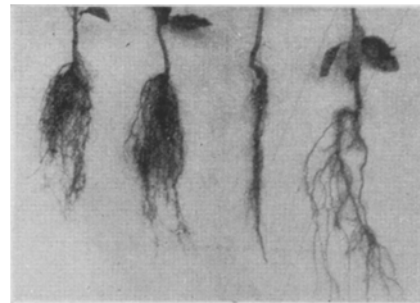


Abb. 1. Wurzelbild pikierter (oben links u. unten) und am Standort ausgesäter Apfelsämlinge.

Oben: während der ersten Vegetationsperiode; Mitte und unten: nach der ersten Vegetationsperiode.

von zusätzlichen Maßnahmen mitbestimmt wird, und ob bei der Wurzelkrone noch weitere Entwicklungstendenzen allgemein gültiger Art existieren. Um Klarheit zu schaffen, wurden hier im Laufe der Jahre einige spezielle Versuche und zahlreiche Beobachtungen durchgeführt, die über die einfache Tatsache der Umstimmung hinaus ein grundsätzliches Verhalten der Wurzelkronen erkennen lassen.

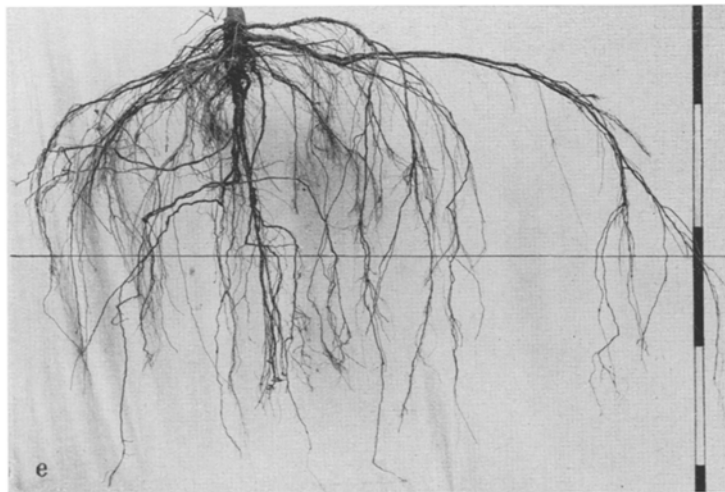
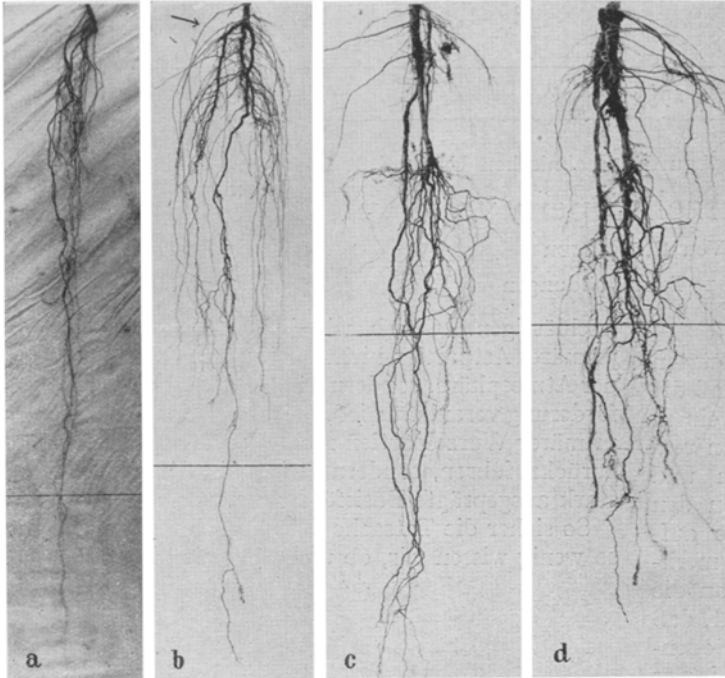


Abb. 2. Wurzelverlauf bei Apfelsämlingen verschiedenen Alters.
a) zweijährig; b) dreijährig (Pfeil zeigt Umstimmungswurzel); c) u. d) 5jährig; e) 6jährig;
d) = pikiert, sonst Standortaussaat.
Die Querlinien deuten hier und bei allen folgenden Abbildungen die 1m-Tiefe an.

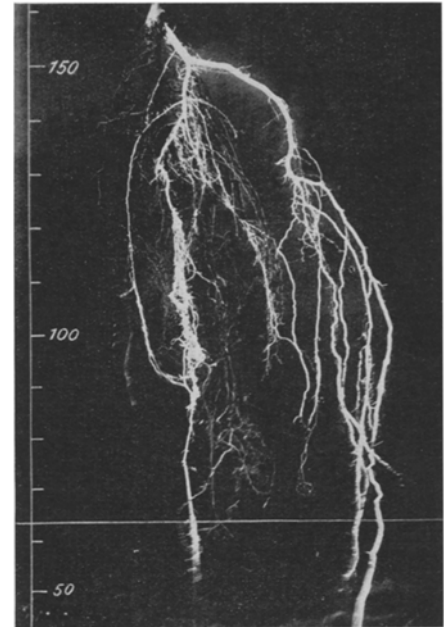


Abb. 3. Zwei Jahre alte Umstimmungswurzel mit bogenförmigem Tiefenwuchs an vierjährigem Apfelsämling.

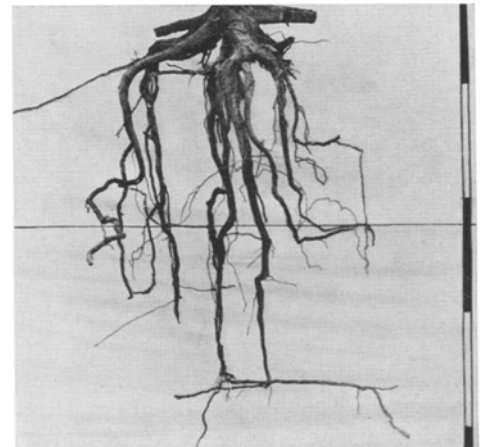


Abb. 4. Sämlingswurzelkörper eines 21jährigen Apfelbaumes mit leistungsfähigen bogenförmigen Umstimmungswurzeln (Flachwurzeln abgesägt).

Unsere Versuche erstreckten sich auf die Wurzelkörper generativ und autovegetativ vermehrter Apfelgehölze, die teils frei wuchsen, teils gewissen Schnittoperationen unterlagen. Sie standen in lehmigem Sandboden; die Wurzeln — auch Paradieswurzeln — erreichten dort vereinzelt bis zu 2 m Tiefe. Die im Laufe von 25 Jahren durchgeführten Beobachtungen berücksichtigen auch andere Standorte und stützen sich — abgesehen von ungefähr 2000 Beobachtungen bei Bestandsrodungen — auf die Freilegung von rd. 300 Apfelgehölzen verschiedener Altersgruppen, darunter auch ein 65jähriger Baum. Das Freilegen der Wurzeln erfolgte teils durch Ausschlämmen, teils durch Skelettieren mit Grabegabel und Stichel. Hauptsächlich stützen sich unsere Ergebnisse auf Bäume bis zum 20. Lebensjahr. Bis zu diesem Zeitpunkt ist u. E. bei Apfelgehölzen die Wandlung des Wurzelkörpers weitgehend abgeschlossen.

Charakteristische Unterschiede an Wurzelkörpern lassen sich bereits bei krautigen Sämlingen feststellen.

Ein Vergleich von pikierten Apfelsämlingen mit solchen, die direkt am Standort ausgesät wurden, zeigt schon nach einigen Wochen, erst recht nach Ablauf der ersten Vegetationsperiode, die bessere Faserwurzelbildung der pikierten Sämlinge gegenüber der Standortaussaat mit ihrer verhältnismäßig kahlen Pfahlwurzelbildung (Abb. 1). Dieser Unterschied verliert sich aber nach unseren Beobachtungen während des 3.—4. Lebensjahres, so daß sich dann das Wurzelbild der „Pikierbäume“ von dem der „Standortbäume“ nicht mehr unterscheidet (Abb. 2 c u. d).

Die ersten Ansätze der Wurzelumstimmung zeigen sich bei Sämlingen, die nicht oder nur beim Pikieren gestört worden sind, meist ebenfalls während des 3. Lebensjahres und treten bis zum 5. Lebensjahr deutlicher in Erscheinung (Abb. 2). Es gibt aber auch Sämlinge, die schon im ersten bzw. erst im 5. oder 6. Lebensjahr mit der Umstimmung beginnen. Beachtlich ist dabei, daß der Wandel vom Tief- zum Flachwurzeln meist in einem charakteristischen Über-

gang vor sich geht, derart, daß die ersten Umstimmungswurzeln, besonders bei frühzeitig zur Umstimmung kommenden Sämlingen, noch Tiefenwuchs zeigen und zwar einen mehr oder weniger bogenförmigen. Je rascher also ein ungestörter Sämling zur Umstimmung kommt, desto eher dürfen wir anfänglich einen dem Wuchsverlauf der Erstwurzeln angepaßten Tiefgang erwarten (Abb. 3). Diese tiefgehenden Umstimmungswurzeln bleiben im Gegensatz zum primären Wurzelkörper z. T. lange Zeit leistungsfähig (Abb. 4). Die Führung behalten jedoch auch sie meist nicht lange bei, weil an ihrer Basis zu Vorrang kommende Flachwurzeln entstehen.

Ergänzend sei erwähnt, daß Sämlinge, die nie einem Kronen- oder Wurzelschnitt unterlagen, bis zur Beendigung des 3. oder 4. Lebensjahres einen Tiefenwuchs zeigten, welcher mindestens der jeweiligen Gehölzhöhe entsprach. Dann änderte sich jedoch dieses Verhältnis rasch zugunsten der oberirdischen Teile. Schon bei 6jährigen ungestörten Bäumen waren die Kronen doppelt so hoch wie die Wurzeln tief (rd. 3,0 m : 1,50 m). Ungestörte Sämlinge erreichen nämlich ihre größte Wurzeltiefe wahrscheinlich schon im 5. Lebensjahr und geben sie dann häufig wieder auf, während die Kronen weiterhin in die Höhe wachsen. Um diese Zeit beginnt die Wurzel auch ihre gewichtsmäßige Vorrangstellung gegenüber der Krone zu verlieren.

Vergleicht man mit solchen ungestörten Sämlingen gleichaltrige, aber nach dem ersten und nach dem zweiten Lebensjahr verpflanzte, d. h. kurzfristig zweimal durch Wurzelschnitt gestörte Sämlinge, so scheinen bei oberflächlicher Betrachtung die Wurzelkörper einander ähnlich zu sein. Tatsächlich wurden aber bei den Sämlingen mit Wurzelschnitt die Erstwurzeln von den Umstimmungswurzeln derart überwuchert, daß sie weit rascher verkümmerten, als dies bei den ungestörten Sämlingen der Fall war (vgl. Abb. 2e mit Abb. 5b). Außerdem war hier der bogenförmige Tiefenwuchs der ersten Umstimmungswurzeln oft besonders stark ausgeprägt (Abb. 6).

Wieviel rascher ein stark bzw. wiederholt eingekürzter Erstwurzelkörper der Konkurrenz der Umstimmungswurzeln unterliegt, möge noch ein weiterer Hinweis erkennen lassen. Zweijährige, am Standort ausgesäte Sämlinge zeigen in der Regel typischen Tiefenwuchs ohne deutliche Umstimmung (Abb. 7a). Zweijährige Sämlinge, die nach der ersten Vegetationsperiode verpflanzt wurden, lassen in der Regel die ersten Ansätze der Umstimmung erkennen (Abb. 7b). Bei zweijährigen Sämlingen aber, die nach der ersten Vegetationsperiode einem äußerst scharfen Wurzelschnitt unterworfen worden waren (es verblieb nur ein 1 cm langer Wurzelstummel), ist das Übergewicht der Umstimmungswurzeln bereits so groß wie normalerweise erst bei 4jährigen Sämlingen (vgl. Abb. 7c mit Abb. 8a). Der Wurzelkörper hat bereits zu diesem frühen Zeitpunkt weit mehr Ähnlichkeit mit dem einer Abrißpflanze als mit dem eines Sämlings (Abb. 7c u. d).

Unsere Aufmerksamkeit galt neben der allgemeinen Wandlung des älter werdenden Wurzelkörpers der Entstehung der Stechwurzeln sowie dem Verschwinden der Erstwurzeln und der evtl. Anlage von Wurzelserien (ähnlich den Astserien).

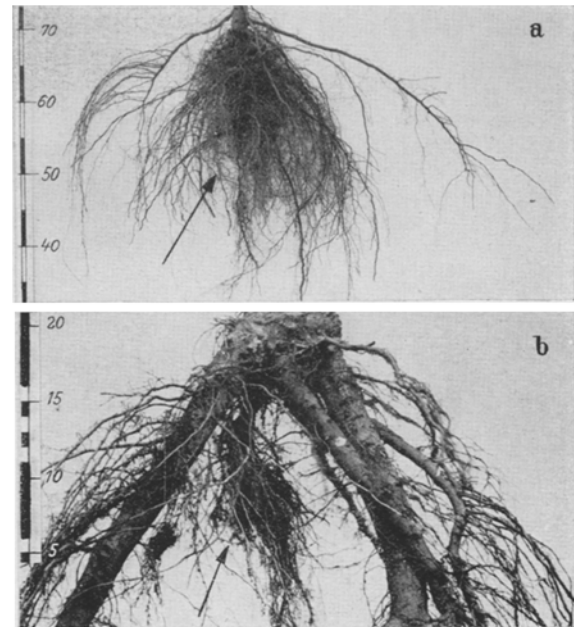


Abb. 5. Apfelsämlinge mit kurzfristig zweimal durchgeführtem Wurzelschnitt.
a) 3jährig, b) 6jährig.
(Pfeil bezeichnet Primärwurzeln mit beginnender bzw. stark fortgeschrittener Vernachlässigung.)

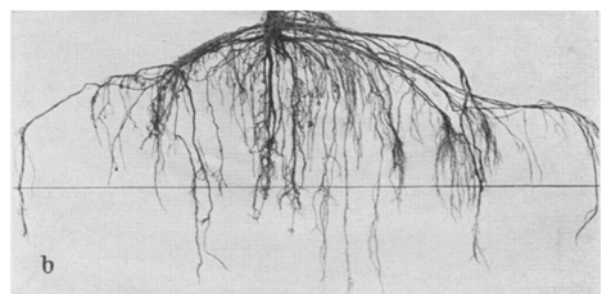
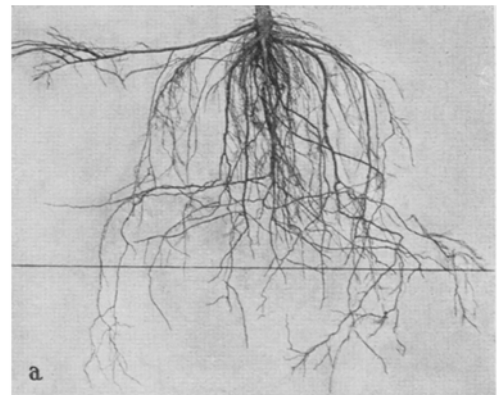


Abb. 6. Wurzelbild 7jähriger Apfelsämlinge.
a) nach kurzfristig zweimal durchgeführtem Wurzelschnitt auffälliger, bogenförmiger Tiefenwuchs der Umstimmungswurzeln, b) Standortaussaat zum Vergleich.

Die Stechwurzeln sind nach unseren Beobachtungen zu Vorrang gekommene, unterseitige Nebenwurzeln von z. T. verkümmerten Flachwurzeln. Sie treten nicht nur in Stammnähe, sondern manchmal in meterweiter Entfernung vom Stamm auf. Ihr Zustandekommen entspricht oberirdisch der Scheinachsenbildung. Es sind also kaum, wie früher angenommen, mechanische Störungen oder zur Tiefe gehende Wurmgänge usw., die Anstoß zur Stechwurzelbildung geben, es ist vielmehr die bisweilen auftretende Neigung des

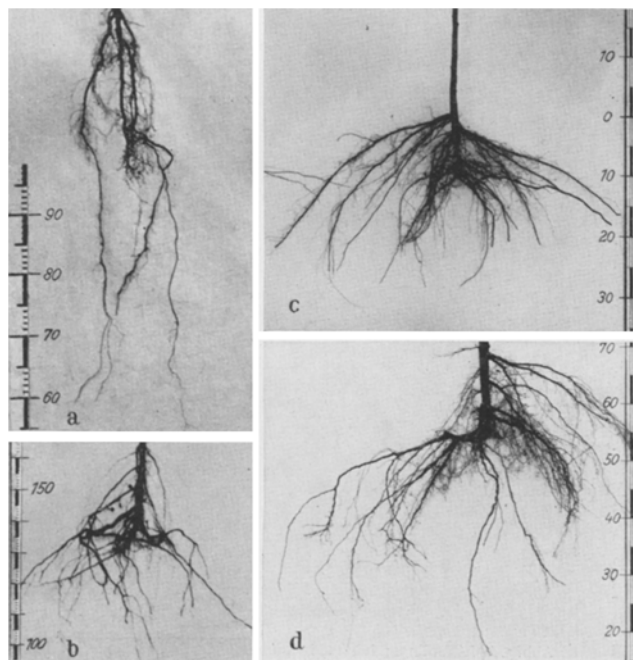
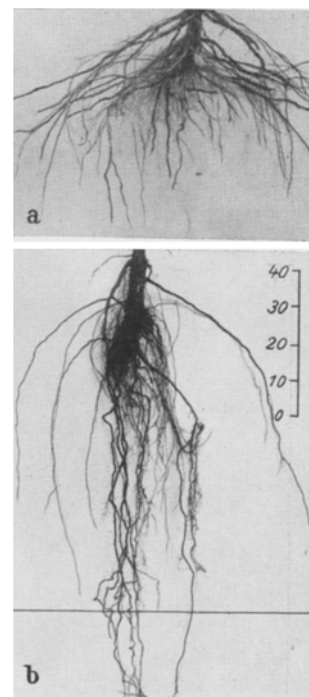


Abb. 7. Wurzelbild zweijähriger Apfelgehölze.

- a) Sämling, Standortausaat;
 b) Sämling, einmal verpflanzt (normaler Wurzelschnitt);
 c) Sämling, einmal verpflanzt (übermäßig starker Wurzelschnitt);
 d) Sämlingsabriß zum Vergleich.

Abb. 8. Wurzelbild 4jähriger Apfelsämlinge.
 a) einmal verpflanzt (normaler Wurzelschnitt);
 b) nicht verpflanzt.

Sämlings, rechtwinklig zur Tiefe laufenden Nebenwurzeln die Führung zu überlassen (Abb. 10). Wie die Scheinachsenbildung dazu dient, den durch die Absenkung der Äste freiwerdenden Luftraum auszunützen, so versucht anscheinend der Wurzelkörper, mit Hilfe der Stechwurzeln Bodenraum unterhalb des Flachwurzelschirmes zu nützen. Bekanntlich ist die Scheinachsenbildung zwar an jeder älteren Naturkrone gegeben, wird aber in ihrem Ausmaß mehr vom Sortenverhalten als von Außeneinflüssen bestimmt. Ebenso scheint die Stechwurzelbildung je nach Erb-

anlage des Sämlings und nicht je nach Bodenverhältnissen mehr oder weniger stark ausgeprägt zu sein. Manchmal bilden mehrere dünne Stechwurzeln Zöpfe, die dann meist auf längere Strecken miteinander verwachsen. Es kommt auch vor, daß sich eine Wurzel ohne ersichtlichen Grund in einen 2—4teiligen Wurzelzopf aufspaltet, der später u. U. wieder zusammenwächst.

Wir haben ferner bei Wurzelkörpern, die oberflächlich betrachtet nur noch Umstimmungswurzeln zeigten, dem Verbleib der Erstwurzeln nachgespürt.

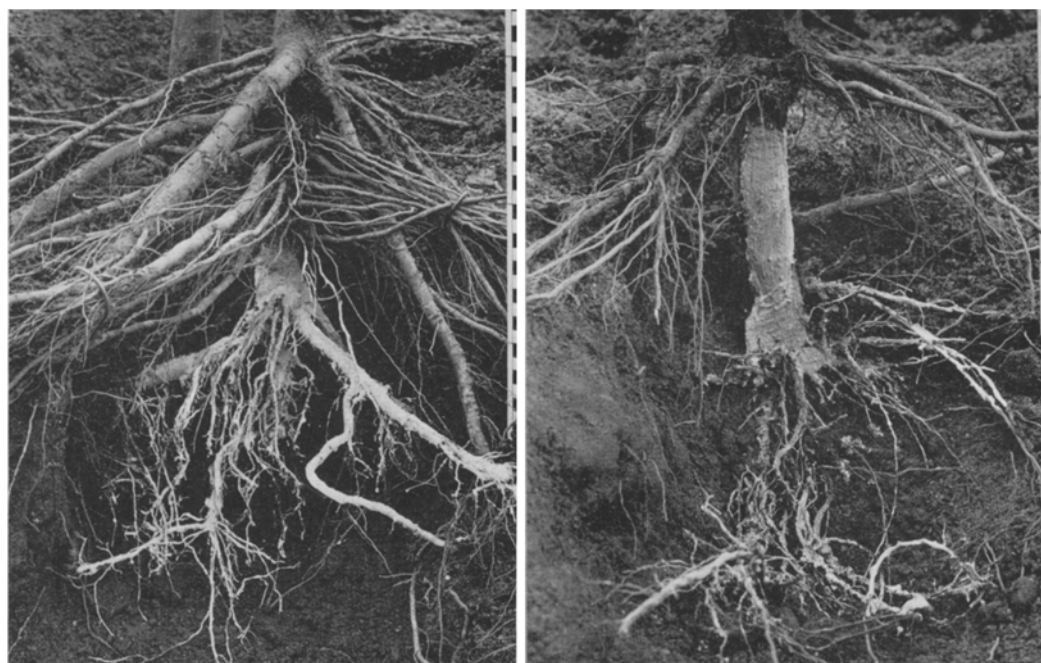


Abb. 9. 6jährige Typenunterlagen mit im Laufe der letzten 3 Jahre entstandenen Umstimmungswurzeln, welche die Altwurzeln bereits übervorteilen.

Typ II.

Typ IX.

Anregung dazu gab die Auffindung verkümmelter Wurzeln, die mehr oder weniger stark zwischen Neuwurzeln eingeklemmt waren und sich als Überreste des primären Wurzelkörpers deuten ließen (Abb. 11). Daraufhin suchten wir auch bei solchen Wurzelkörpern, die von außen keine derartigen Reste zeigten, nach Relikten. Es war dies so mühselig wie interessant. Nachdem wir erst einmal durch Probeschnitte das Vorhandensein eingebetteter Wurzelreste festgestellt hatten, wurden einzelne Altwurzeln innerhalb der Umstimmungswurzeln verfolgt. Dabei wurde der Wurzelstock scheibenweise der Länge nach aufgesägt und die immer nur teilweise mit den Neuwurzeln verschmolzenen Altwurzeln freigelegt. Sie sind z. T. abgestorben und, oft noch von alter Erde umgeben, völlig zwischen die zu Vorrang gekommenen Wurzeln eingeklemmt. Manchmal ruhen sie unmittelbar im Gewebe einer Neuwurzel wie Insekten im Bernstein (Abb. 12). Beachtlich ist, daß hie und da einzelne Partien der Altwurzel mit dem umgebenden Gewebe der Neuwurzeln verwachsen sind und lebensfähig zu sein scheinen. Alles in allem beweisen die Scheibenschnitte, daß bei alten Bäumen Teile des primären Wurzelkörpers in die unter sich scheinbar oder auch wirklich verwachsenden und so eine kompakte Wurzelachse bildenden Umstimmungswurzeln derart eingebettet sein können, daß man manchmal das alte Wurzelbild so erkennt, wie etwa das Pfropfreis in einem vor Jahrzehnten unveredelten Ast.

Die Beschäftigung mit der Wurzelumstimmung legt auch die Frage nahe, ob am Wurzelkörper bestimmte Wurzelserien unterschieden werden können, ähnlich den natürlich entstehenden Astserien der oberirdischen Krone. Um dies zu klären, muß man von vornherein die verwirrende Vielgestaltigkeit der Wurzelkörper dadurch zu vereinfachen suchen, daß man lediglich den drei Grundformen der Wurzelbewegung Aufmerksamkeit schenkt. Wir unterscheiden zu diesem Zweck:

1. primäre Senkwurzeln,
2. Bogenwurzeln,
3. Flachwurzeln.

Sägen wir nun die Wurzelachse eines ungefähr 6—10jährigen Sämlings, der in der Regel alle genannten Grundformen besitzt, in Querscheiben auf, dann ergibt sich insofern eine Ordnung, als im unteren Teil des Stockes die primären Senkwurzeln überwiegen, im mittleren die Bogenwurzeln und im oberen die Flachwurzeln. Diese Tendenz zur Dreiteilung ist bei Sämlingen in der Regel vorhanden, auch dort, wo man — wie bei 20jährigen und älteren Wurzelstöcken — zunächst nur starke Flachwurzeln neben einigen schwächeren Bogenwurzeln feststellt. Man braucht hier nur einige Längsschnitte zu machen, um die Überreste primärer Senkwurzeln zu finden. Bei autovegetativ vermehrten Gehölzen haben wir es dagegen nur mit einer Zweiteilung des Wurzelkörpers zu tun, weil die Gruppe der primären Senkwurzeln entfällt.

Abb. 12 deutet die Bildung von Wurzelserien bei einem 11jährigen Sämling an. Das Bild läßt — neben einer eingebetteten Primärwurzel als Überrest der ältesten Wurzelserie — den nächst jüngeren sowie den kräftigen, sich allmählich flacher entwickelnden jüngsten Wurzelkranz erkennen. Ein besonders deutlich entwickelter dreifacher Wurzelkranz mit abgestufter Tiefenrichtung ist aus Abb. 13 ersichtlich. Es

handelt sich um einen 14jährigen Sämling, dessen Wurzelachse nur 25 cm lang ist. Der unterste Kranz besteht durchweg aus zur Tiefe strebenden Wurzeln. Es handelt sich dabei vorwiegend um basale Seitenwurzeln des gekappten primären Wurzelkörpers. Solche Organe scheinen in der Entwicklung gefördert zu werden, wenn die Neuwurzelbildung am Wurzelhals spät einsetzt. Der mittlere Wurzelkranz zeigt mit vorwiegend Bogenwurzeln und einigen Stech- und Flachwurzeln Übergangscharakter. Der obere, jüngste Kranz, der in den folgenden Jahren mit Über-

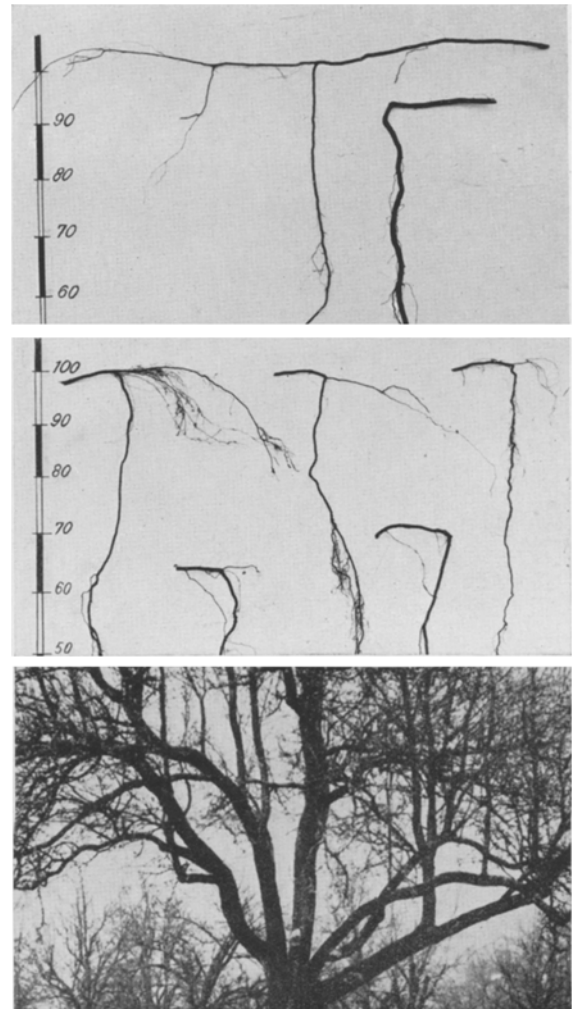
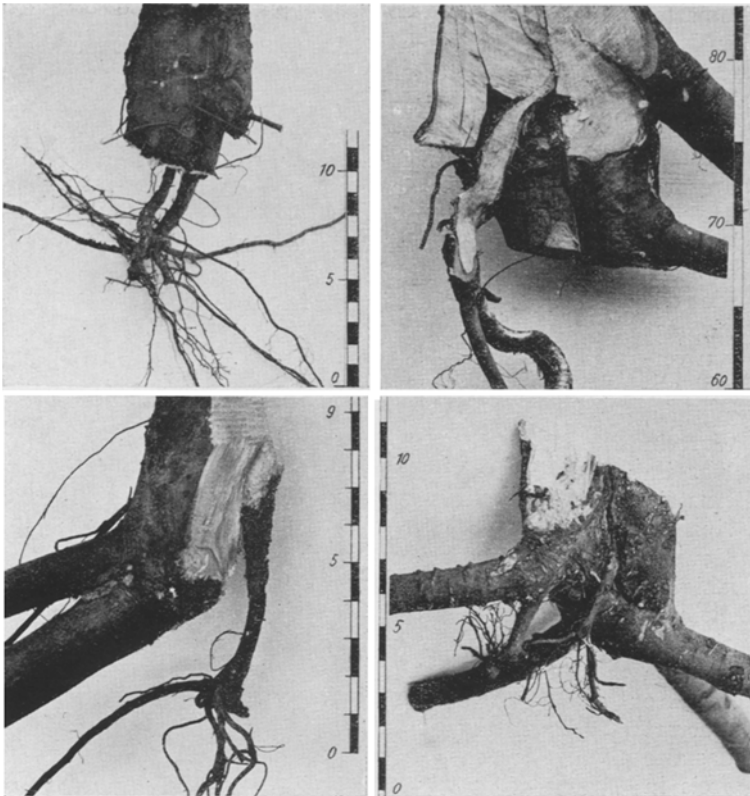


Abb. 10. Stechwurzeln in verschiedenen Entwicklungsstadien. Zum Vergleich: Scheinachsenbildung.

nahme der Führung die unteren Wurzelserien an der weiteren Entwicklung hindern und sie mehr oder weniger unterdrücken und überwallen wird, zeigt überwiegend Flachwurzelnbildung.

Die bisherige Nichtbeachtung der hier beschriebenen Wurzelgruppen liegt u. E. an den sehr gestauchten Achsen der Wurzelkronen. Dadurch sind nämlich die Wurzelserien derart ineinander geschachtelt, daß man nur bei systematischer Zerlegung der Wurzelkörper zu einem klaren Bild kommen kann. Mit fortschreitendem Wachstum steigern sich natürlich die Schwierigkeiten der Aufbereitung und Deutung mehr und mehr. Ihre Überwindung ist bei einem im Altersstadium befindlichen Wurzelkörper auch noch mit so hohem Auf-



wand verbunden, daß der bisher fehlende gründliche Einblick in solche Objekte verständlich ist.

Abb. 14 zeigt den Wurzelverlauf einer 65jährigen Sämlingsunterlage, deren Aufbereitung bis zum Photographieren über 1000 Arbeitsstunden erforderte. Der größte Durchmesser des freigelegten Wurzelkörpers betrug 20 m. Zum Teil konnten die Wurzeln aber nur in einem Durchmesser von 10—12 m skelettiert werden. Es wurden dabei rd. 125 cbm Erde (= 437 to) beseitigt.

Der Stammumfang des Baumes betrug dicht über dem Boden 1,64 m, der Kronendurchmesser 10 m. Die oberirdischen Teile wogen 12,5 dz, der Wurzelkörper 3,5 dz (einschl. der schätzungsweise 50 kg wiegenden Wurzeln, die beim Ausgraben nicht erfaßt werden konnten). Das Gewichtsverhältnis betrug also ungefähr 3,5:1. Es ist dies eine weitere Bestätigung früherer Ergebnisse (5), nach denen sich mit zunehmenden

Abb. 11.

Durch Aussägen bzw. Ausmeißeln freigelegte Überreste von Primärwurzeln.

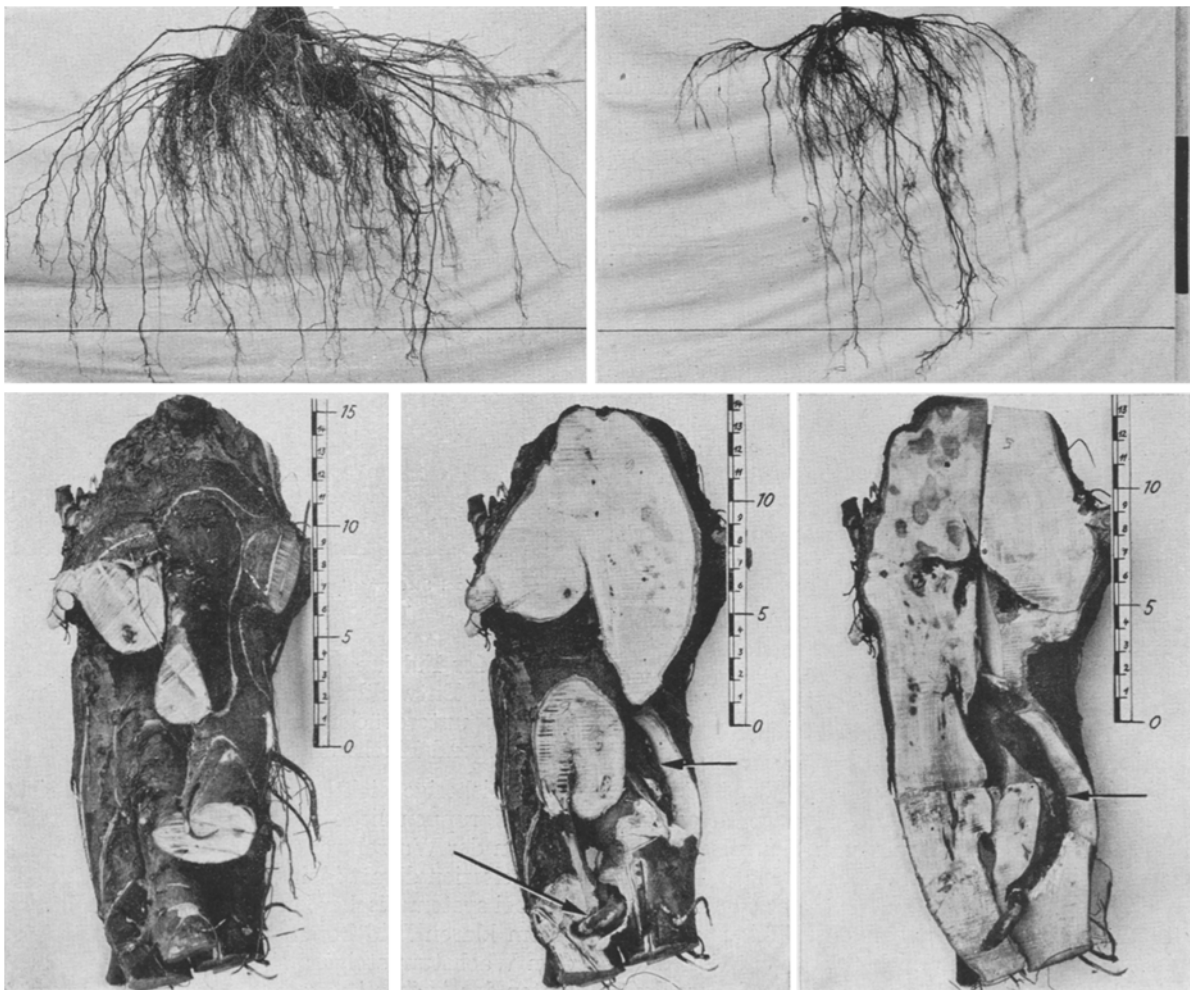


Abb. 12. Aufgeteilter Wurzelkörper eines 11jährigen Apfelsämlings.

unten: Durch Scheibenschnitte freigelegte Reste einer Primärwurzel, die z.T. in eine Neuwurzel eingebettet und teilweise sogar mit ihr verwachsen ist (ältester Wurzelkranz; Pfeil zeigt die Einbettung); oben rechts: mittlerer Wurzelkranz; oben links: jüngster Wurzelkranz.

dem Alter das Gewichtsverhältnis zugunsten des oberirdischen Teiles verschiebt. Bei ungestört wachsenden Apfelsämlingen stellten wir fest, daß bis zum dritten Lebensjahr das Gewicht der Wurzeln jenes der Krone übertrifft. Etwa vom 4. bis 6. (10.) Lebensjahr halten sich Wurzel- und Kronengewicht ungefähr die Waage. Etwa vom 10. (15.) Lebensjahr ab beträgt das Wurzelgewicht nur noch ungefähr ein Drittel des Gesamtgewichtes.

Beim Aufbereiten des 65jährigen Wurzelkörpers wurde folgendes beobachtet: Die Hauptwurzelmasse lag verhältnismäßig dicht unter der Erdoberfläche, nur sehr wenige Wurzeln drangen über 1 m tief in den Boden ein. Das Vorkommen vereinzelter Stechwurzeln, deren tiefste 2,70 m vorgedrungen war, beweist, daß der allgemein flache Wurzelverlauf nicht durch die Qualität des Bodens verursacht war (einheitlich grundwasserfreier, lehmiger Sand). Für den Baum selbst schien das Vorhandensein der Stechwurzeln wegen ihrer geringen Zahl und Stärke belanglos zu sein.

Die Flachwurzeln zeigten innerhalb der 1 m-Bodenschicht einen oft rasch wechselnden Tiefenverlauf. Es gab auch ausgesprochene Irrläufer. So umkreiste z. B. eine Wurzel, mitten durch dichtes Wurzelgeflecht, zur Hälfte den Baum. Andere Wurzeln kehrten aus der Tiefe mit scharfem Knick auf dem gleichen Weg, den sie vorgedrungen waren, zurück, wobei sie z. T. mit sich selbst verwachsen. In einem Fall lief eine solche Wurzel bis zum Stamm zurück und bildete dort zwischen schenkelstarken Wurzelansätzen zahlreiche Feinwurzeln aus. Zwei andere kräftige Rückläufer verwachsen sogar mit solchen Wurzelansätzen. Überhaupt waren Wurzelverwachsungen häufig. Sie nahmen nächst dem Stamm mehr und mehr zu und bildeten unterhalb des Stammes ganze Geflechte.

Ein Längsschnitt durch den Stock bestätigte die an jüngeren Wurzelkörpern gemachten Beobachtungen. So fanden sich auch hier im Stockzentrum Überreste alter Wurzeln, teilweise noch mit Rinde. Ob es sich dabei um Teile von Erstwurzeln handelte, konnte bei der starken Verrottung des Kerns nicht mehr festgestellt werden. Es war auch möglich, den Stock in zwei gut unterscheidbare Wurzelserien aufzuteilen. Die untere Serie, zu der altersmäßig wohl auch die im Innern der Achse befindlichen Wurzelrelikte gehören, war wesentlich schwächer entwickelt als die obere, deren Ansatzstelle zwei Drittel der Wurzelachse ausmachte. Beide Serien waren untereinander kreuz und quer verwachsen.

Die Achse des 20 m ausladenden Wurzelkörpers war nur 50 cm lang, und 17 cm unter der Bodenoberfläche setzte das stark verrottete Kernholz zur Wurzelverzweigung an. Auch diese Wurzelansätze waren teilweise verrottet. Dort, wo sie nach unten hin noch frisch waren, waren sie mit gesunden Wurzeln verwachsen. Die allgemeine Vorstellung von der Wurzelachse ist wohl die, daß sie die kompakte Verlängerung des Stammes ist, aus der, wie bei einem jungen Sämling, die Seitenwurzeln hervorgehen. Tatsächlich aber liegen die Dinge bei älteren Bäumen anders. Im Gegensatz zur geschlossenen Holzmasse des Stammes täuscht der Wurzelstock nur Einheitlichkeit vor. Er ist in Wirklichkeit von der Bodenoberfläche ab lediglich ein rings um den primären Wurzelhals sich gruppierendes

Bündel zusammengepreßter, z. T. miteinander verwachsener Wurzelbasen. Häufig finden sich im Innern des Stockes Erdschlüsse, die z. T. durch mehr oder weniger feine Kanäle Verbindung mit der Außenwelt haben. Setzt man an solchen Stellen den Eisenkeil an, dann genügt oft schon ein leichter Schlag, um die scheinbar kompakte Holzmasse in Einzelwurzeln aufzutrennen.

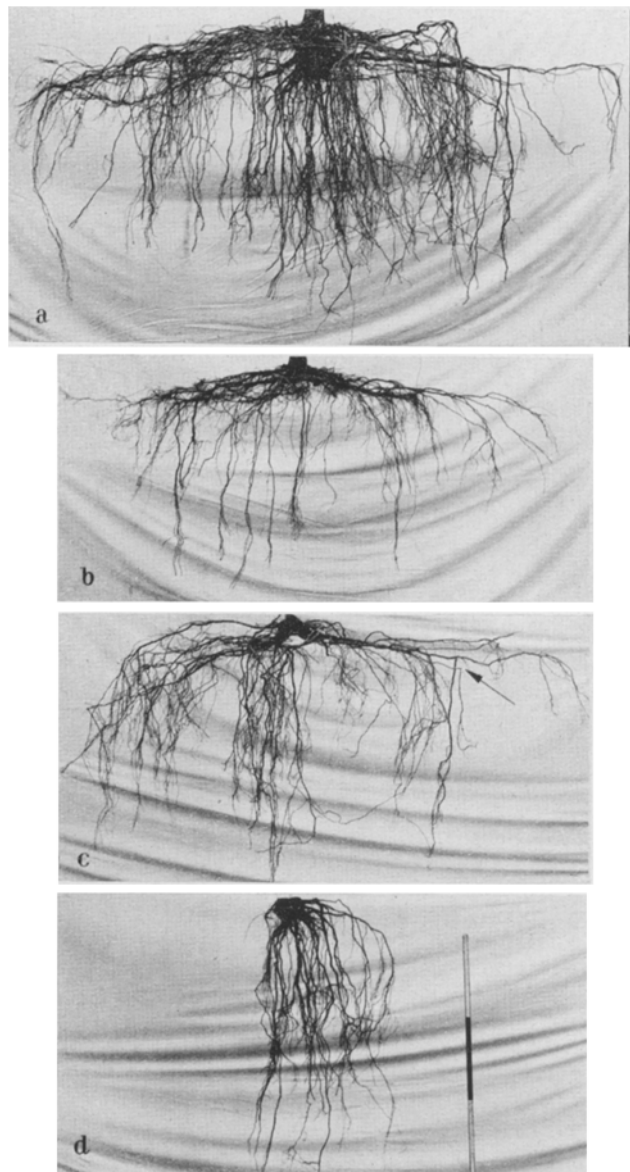


Abb. 13. Wurzelserien eines 14jährigen Apfelsämlings.
a) Wurzelkörper vor der Zerlegung;
b) oberer Wurzelkranz (überwiegend Flachwurzeln);
c) mittlerer Wurzelkranz (überwiegend Bogenwurzeln, Pfeil = Stechwurzel);
d) unterer Wurzelkranz (überwiegend Senkwurzeln).

Die Erkenntnis der Wurzelumstimmung klärt nicht die Frage, was den Baum zum Flachwurzeln veranlaßt, wenn der Boden als regulierender Faktor keine ausschlaggebende Rolle spielen soll. U. E. beruht die Umstimmung letzten Endes auf der Zunahme des oberirdischen Druckes auf die Wurzelachse, gegen den Obstgehölze sehr reizempfindlich zu sein scheinen. Folgende Zahlen mögen die Zunahme dieses Druckes veranschaulichen: Bei einjährigen Apfelsämlingen beträgt die Wurzelhalsfläche rd. 0,5 qcm und das Durchschnittsgewicht des oberirdischen Teiles rd. 15 g.

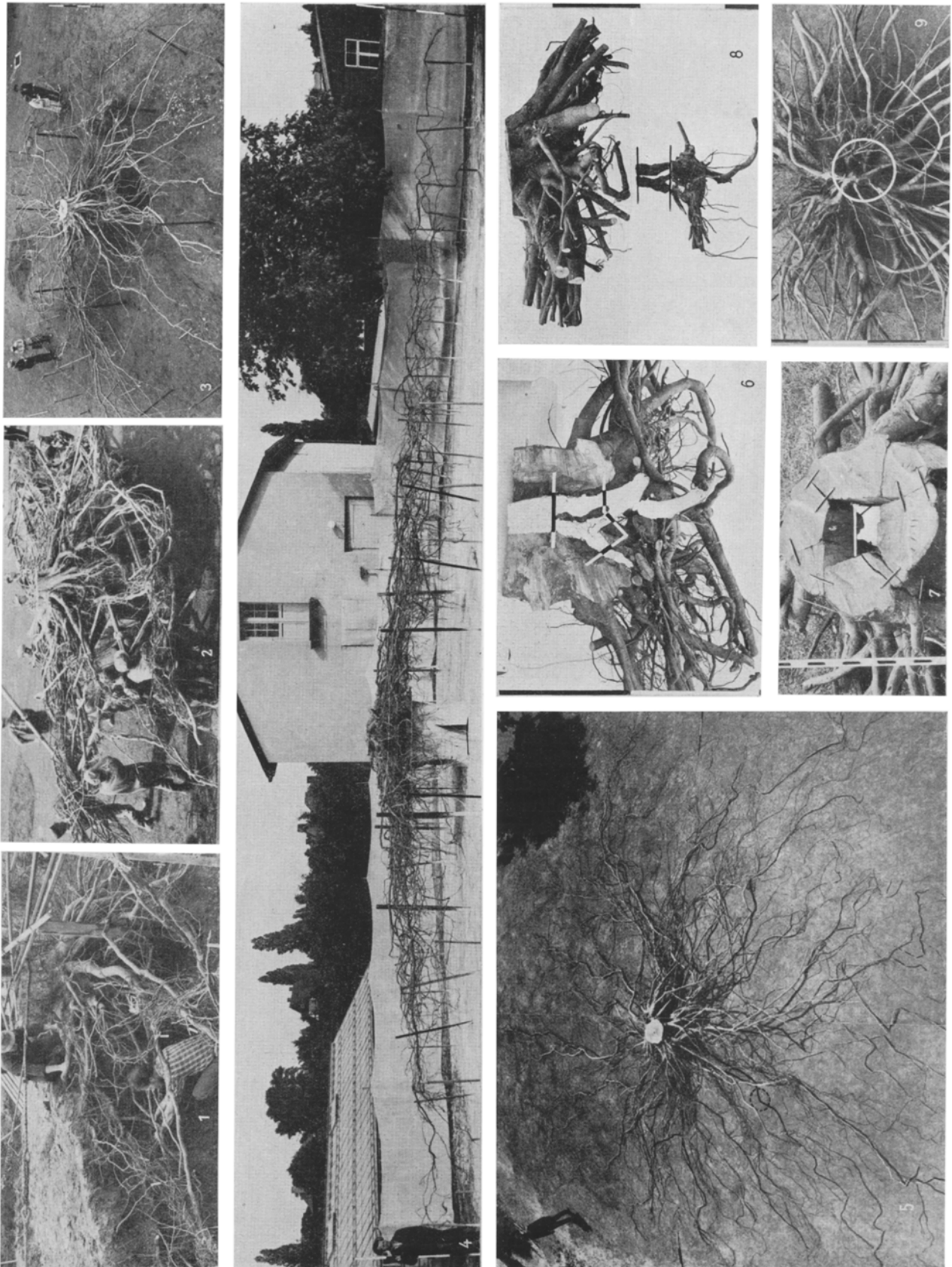


Abb: 14. Wurzelkörper einer 65jährigen Sämlingsunterlage.

1—3. Skelettierung, Transport und Montage.

4. 20 m breite Seitenansicht.

5. Sicht auf rd. 350 qm Wurzelfläche aus 10 m Höhe. Man beachte die lockere Verteilung der Wurzeln.

6. Längsschnitt durch die Wurzelachse. Kernstück geweißt. Zwischen den Strichen tote Wurzelteile.

7. Wurzelstock nach Beseitigung des Kernstückes. Der weiße Strich entspricht dem oberen Strich in Bild 6.

8. Zerlegung des Wurzelstockes in 2 Serien. Die Partie zwischen den Strichen entspricht jener zwischen den Strichen in Bild 6.

9. Blick auf die Unterseite des Wurzelstockes, eingekreiste Fläche = Basis der Wurzelstockachse (vgl. Bild 7).

Auf 1 qcm würden demnach 30 g lasten. Bei ungefähr 6jährigen Sämlingen haben wir dagegen nach unseren Feststellungen bereits mit einer Last von rd. 160 g und bei 12jährigen von rd. 230 g je qcm zu rechnen. Bei dem 65jährigen Baum betrug sie 585 g je qcm (also fast $1\frac{1}{4}$ Ztr. je qdm). Berücksichtigt man weiterhin, daß bei älter werdenden Bäumen das Gewichtsverhältnis zwischen Krone und Wurzel sich immer mehr zugunsten der Krone verschiebt, die Bäume also kopflastig werden, so wird für druckempfindliche Gehölze der Reiz, dem die Wurzelachse ausgesetzt ist, wohl stark genug, um die Umstimmung zu veranlassen und so für diese Last eine möglichst breite Basis zu schaffen. Es ist jedenfalls auffällig, daß bei ungestörten Apfelsämlingen die Umstimmung gerade zu einem Zeitpunkt einsetzt, wo der Wurzelkörper seine gewichtsmäßige Vorrangstellung aufzugeben beginnt und daß autovegetativ vermehrte Gehölze, die von vornherein kopflastig sind, auch von vornherein verhältnismäßig flach wurzeln. Vielleicht ist es möglich, durch künstliche Belastung junger Sämlinge der Klärung dieser Frage experimentell näher zu kommen. Außerdem mag auch eine Überprüfung und ein Vergleich der Gewichtsverhältnisse bei den verschiedenen Obstarten den Einblick in die Ursachen der Umstimmung vertiefen.

2. Unterlagenwechsel

Seit jeher sind wir daran gewöhnt, Unterlage und Edelsorte als eine untrennbare Lebeweinheit anzusehen. Tatsächlich kann man aber den Wurzelpartner austauschen. Selbst bei älteren Standbäu-

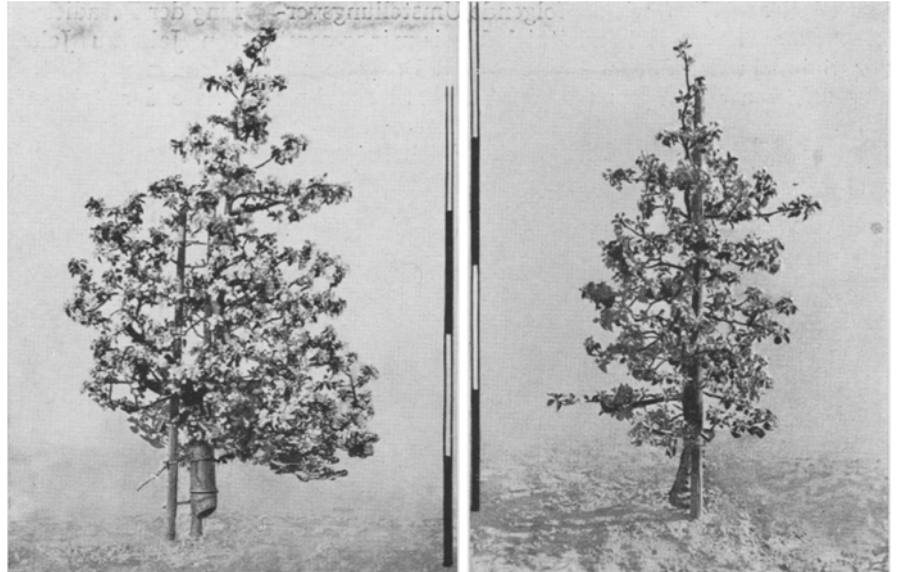


Abb. 15. Boskoopspindeln auf Typ IX.

Links: kurz nach Abnahme des Vorspannes.

Rechts: Kontrollgehölz.

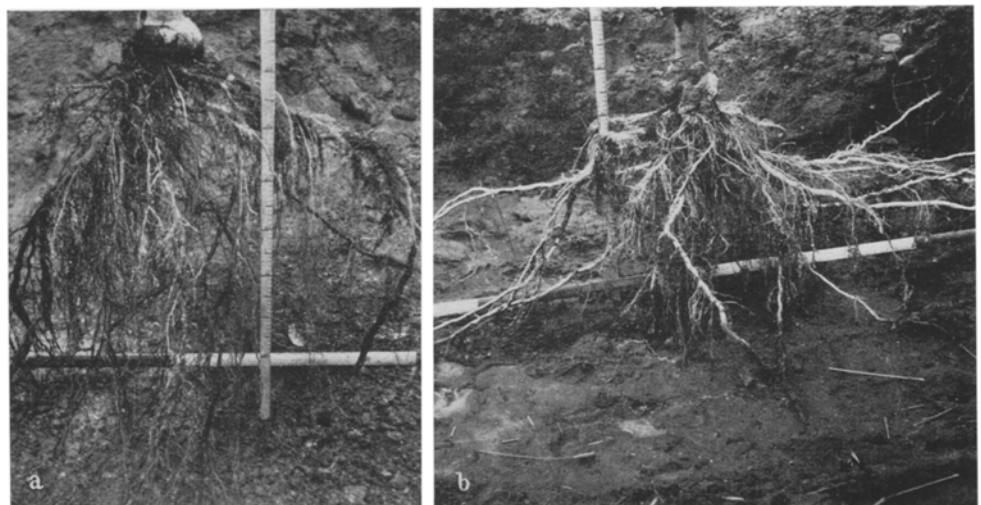


Abb. 16. Aufholfähigkeit einer zeitweise stillgelegten Paradiesunterlage.

a) Zustand des Wurzelkörpers nach 8jähriger Stilllegung durch den soeben beseitigten Vorspann,

b) gleichzeitig aufgenommenes Kontrollgehölz,

c) Wurzelkörper von Bild a) nach 3jähriger Erholung.

men ist dies möglich, wie der folgende Umstellungsver-
such erkennen läßt. Es handelt sich dabei um insgesamt
104 Spindeln der Sorten Croncels und Boskoop auf
Typ IX, von denen 50 zu Beginn des 5. Standjahres

fung der Paradieswurzeln ließ dagegen bei ihnen einen
von Jahr zu Jahr zunehmenden, zuletzt fast voll-
kommenen Stillstand des Wachstums erkennen. Die
Breite der Jahresringe betrug während der zweiten
Hälfte dieses Zeitabschnittes am Paradies-Wurzelhals nur rd.
1 mm. Es kann deshalb kein Zweifel darüber bestehen, daß
die Baumkronen bestlos vom
Sämlingsvorspann ernährt wurden. Zu einem Absterben der
Paradieswurzeln kam es aber
nicht. Als nämlich nach 8jäh-
riger Verbindung die Vorspanne
abgesägt wurden und die etwas
verjüngten Kronen nun wieder
auf die Nahrungszufuhr durch
die jahrelang stillgelegten Para-
diesswurzeln angewiesen waren,
zeigte sich deren erstaunliche
Leistungsfähigkeit. Alle operier-
ten Spindeln blieben am Leben,
und nach weiterer mehrjähriger
Standzeit hatten die Paradies-
unterlagen kräftig aufgeholt
(Abb. 16).

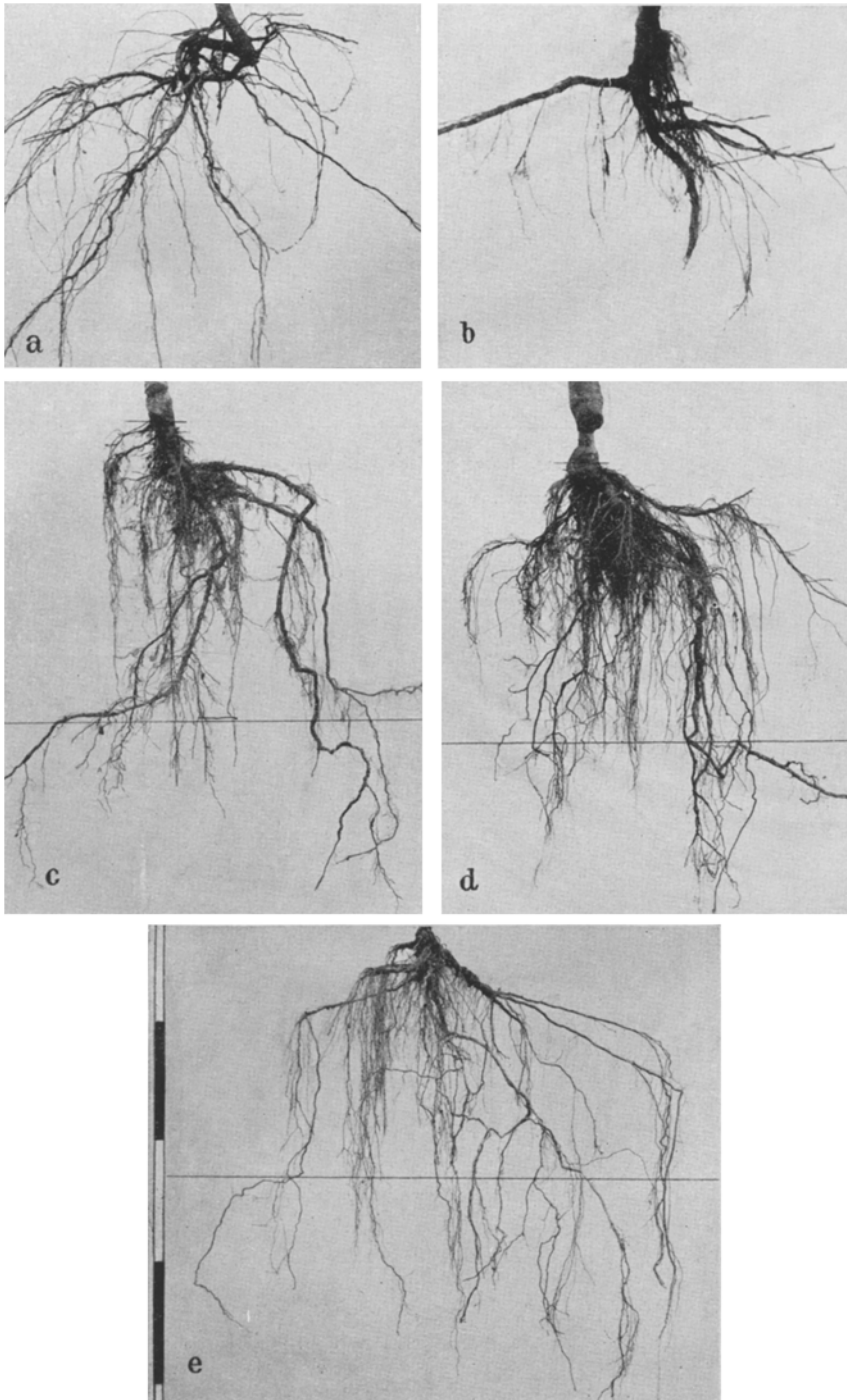


Abb. 17. Mangelnder Einfluß der Edelsorte auf das Wurzelbild der Unterlage.

- a) Goldparmänenwurzel; d) Paradieswurzel mit Kronenpartner Boskoop;
b) Boskoopwurzel; e) unveredelte Paradiesunterlage.
c) Paradieswurzel mit Kronenpartner Goldparmäne;

einen Sämlingsvorspann erhielten. Außerdem wurden
auch einige der Befruchtung dienende Goldparmänen-
spindeln auf diese Weise behandelt.

Der Vorspann wurde bis zum Beginn des 13. Stand-
jahres beibehalten. Im Laufe dieser Zeit erstarkten
die Kronen der behandelten Spindeln gegenüber den
54 Kontrollgehölzen wesentlich (Abb. 15). Die Prü-

fung der Paradieswurzeln ließ dagegen bei ihnen einen
von Jahr zu Jahr zunehmenden, zuletzt fast voll-
kommenen Stillstand des Wachstums erkennen. Die
Breite der Jahresringe betrug während der zweiten
Hälfte dieses Zeitabschnittes am Paradies-Wurzelhals nur rd.
1 mm. Es kann deshalb kein Zweifel darüber bestehen, daß
die Baumkronen bestlos vom
Sämlingsvorspann ernährt wurden. Zu einem Absterben der
Paradieswurzeln kam es aber
nicht. Als nämlich nach 8jäh-
riger Verbindung die Vorspanne
abgesägt wurden und die etwas
verjüngten Kronen nun wieder
auf die Nahrungszufuhr durch
die jahrelang stillgelegten Para-
diesswurzeln angewiesen waren,
zeigte sich deren erstaunliche
Leistungsfähigkeit. Alle operier-
ten Spindeln blieben am Leben,
und nach weiterer mehrjähriger
Standzeit hatten die Paradies-
unterlagen kräftig aufgeholt
(Abb. 16).

Die vorliegende Versuchsan-
ordnung eignete sich insofern
für eine Klärung dieser Frage,
als die Beseitigung des Vor-
spannes zu einem so plötzlichen
und ungewöhnlichen Überge-
wicht des Kronenpartners füh-
ren mußte, daß eine eindeutige
Einflußnahme der Edelsorte auf
den Wurzelkörper, wenn über-
haupt gegeben, in diesem Fall
erwartet werden durfte. Unsere
bisherige Prüfung, die sich
allerdings auf nur wenige ausge-
schlammte Gehölze bezieht (bis
zur Räumung des ganzen Versuchs soll noch einige Jahre
gewartet werden), bringt jedoch keinen Beweis. Die
Wurzelkörper zeigten trotz dieses besonders gearteten
Einwirkens der Edelsorte lediglich den sparrigen Cha-
rakter des Typ IX. Außerdem trat, wohl infolge der
Umstellung, eine verhältnismäßig starke Faserwurzel-
bildung unabhängig von den Edelsorten auf. Nach

unseren Erfahrungen mit wurzelechten Edelsorten unterscheidet sich die faserwurzelreiche Goldparmäne verhältnismäßig gut vom strangwurzelbildenden Boskoop, jedenfalls besser als Croncels. Da wir einige Goldparmänen mit Vorspann versehen hatten, konnten wir Umstellungsgehölze beider Sorten unter Berücksichtigung der sorteneigenen Wurzelkörper vergleichen. Wir fanden, wie gesagt, keinen Anhalt für eine offensichtliche Einflußnahme des Kronenpartners auf die Unterlage (Abb. 17).

Es sei hier auch auf die vegetative und generative Leistung der Gehölze in Abhängigkeit vom Unterlagenwechsel eingegangen, zumal es sich dabei letzten Endes hauptsächlich um eine Wurzeleistung handelt. Abb. 18 zeigt die jährliche Zunahme des Stamm-

vegetativen Leistung etwas geringere Erträge bringen als die Kontrollgehölze. Die Differenzen je Baum und Jahr betragen bei Boskoop 0,5 kg, bei Croncels 0,3 kg. Nach Beseitigung des Vorspannes wandelt sich das Verhältnis grundlegend. Die Umstellungsgehölze bringen nun auf Grund ihrer größeren Kronen und sicher auch auf Grund der plötzlichen Gleichgewichtsstörung im Kronen-Wurzel-Verhältnis beim Entfernen des Vorspannes beachtliche Mehrerträge, die bei Boskoop 3,1 kg je Baum und Jahr ausmachen, bei Croncels 2,1 kg.

Erwähnt sei noch, daß die abgesägten Vorspann-Wurzelstöcke innerhalb der nächsten 4 Jahre vollkommen verrotten waren, wenn sich kein Stockauschlag hatte bilden können. Dagegen verhinderte schon ein sehr geringer, noch dazu jährlich zurückgeschnittener Austrieb das Verrotten der Wurzelachse.

3. Zusammenfassung

1. Das Flachwurzeln älterer Apfelgehölze wird, abgesehen von extremen Verdichtungen im Boden, weniger durch äußere Einflüsse hervorgerufen als durch gehölzeigene Ursachen.

2. Auch in gut durchlüfteten, tiefgründigen Böden verzichten ältere Apfelgehölze in der Regel auf eine gründliche Ausnutzung jener Bodentiefen, die sie in der Jugend erreichen. Diese Umstimmung ist nicht nur bei Sämlingen gegeben, sondern auch bei autovegetativ vermehrten Gehölzen.

3. Bei ungestörten Sämlingen wird wahrscheinlich die größte Wurzeltiefe etwa im 5. Lebensjahr erreicht.

4. Der primäre Wurzelkörper von Apfelsämlingen verkümmert mehr oder weniger mit fortschreitendem Lebensalter. Die Erstwurzeln werden von den Umstimmungswurzeln gehemmt, oft geradezu abgewürgt. Ihre Überreste finden sich dann zwischen den zu einem Wurzelstock zusammengeschlossenen Neuwurzeln eingeklemmt oder gar in das Gewebe von Neuwurzeln eingebettet.

5. Bei ungestörten Apfelsämlingen geht die Verkümmern der Erstwurzeln langsamer vor sich als bei verpflanzten oder gar bei Sämlingen mit übermäßig scharfem Wurzelschnitt oder auch bei autovegetativ vermehrten Gehölzen.

6. Die ersten Umstimmungswurzeln zeigen bei Sämlingen oft einen bogenförmigen Tiefenwuchs. Sie haben meist eine längere Lebensdauer als die primären Senkwurzeln, doch bleiben auch sie im Laufe der Zeit gegenüber den flachen Umstimmungswurzeln in der Regel im Wachstum zurück. Die Umstimmungswurzeln autovegetativ vermehrter Gehölze verlaufen von vornherein überwiegend flach.

7. Stechwurzeln sind zu Vorrang gekommene Seitenwurzeln flach verlaufender Umstimmungswurzeln.

8. Trotz der verhältnismäßig geringen Längenausdehnung der Wurzelachse und der dadurch veranlaßten sehr engen Inserierung der Wurzeln lassen sich in vielen Fällen Wurzelserien unterscheiden und zwar bei Sämlingen:

1. untere Serie der primären Senkwurzeln,
 2. mittlere Serie der Bogenwurzeln (Umstimmungswurzeln),
 3. obere, jüngste Serie der Flachwurzeln (Umstimmungswurzeln).
- Bogenwurzeln und Flachwurzeln sind ihrer Entstehung nach teils basale Seitenwurzeln der primären oder son-

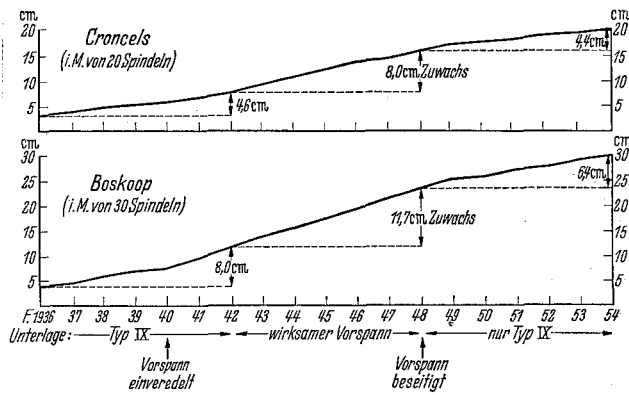


Abb. 18. Zunahme des Stammumfangs bei Apfelspindeln im Laufe von je 6 Jahren mit und ohne Vorspannleistung.

umfanges vor, während und nach der wirksamen Vorspannzeit. In auffälliger Weise steigt der Zuwachs während der Vorspannzeit an, um nach Beseitigung des Vorspannes wieder auf das ursprüngliche Ausmaß zurückzukehren. Für die generative Leistung (Abb. 19) ist kennzeichnend, daß die Umstellungsgehölze während der Vorspannperiode zugunsten einer besseren

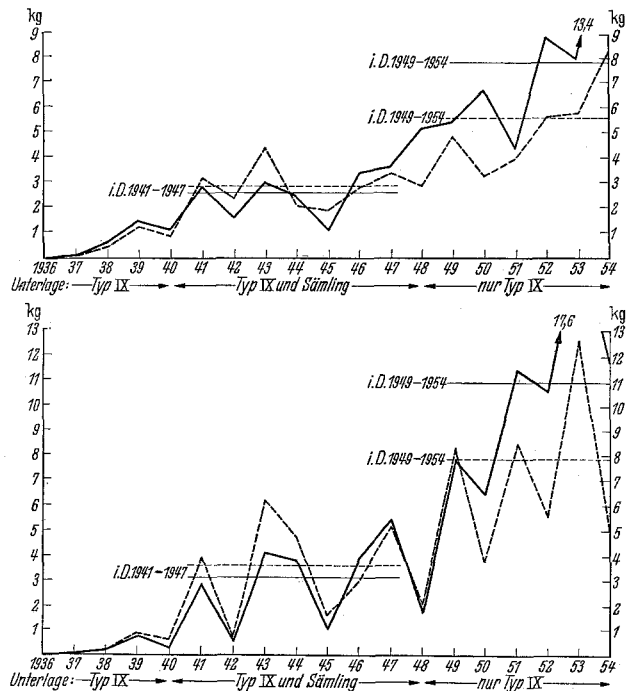


Abb. 19. Ertragsverlauf bei Apfelspindeln mit Unterlagenwechsel ———; ohne Unterlagenwechsel - - - - -; oben: Croncels, i. M. von 20 bzw. 22 Spindeln; unten: Boskoop, i. M. von 30 bzw. 32 Spindeln.

stigen älteren Wurzeln, teils am Wurzelhals entstandene Adventivwurzeln. Bei Wurzelkörpern autovegetativ vermehrter Apfelgehölze kann getrennt werden in:

1. untere Serie der ersten Adventivwurzeln,
2. obere Serie der späteren Adventivwurzeln (Umstimmungswurzeln).

9. Das Gewichtsverhältnis zwischen dem oberirdischen Baumteil und dem Wurzelkörper wandelt sich bei Apfelsämlingen mit zunehmendem Alter zugunsten des oberirdischen Teiles, so daß die Gehölze kopflastig werden. Wahrscheinlich ist dies sowie der zunehmende Druck des oberirdischen Baumteiles auf die Wurzelachse die eigentliche Ursache der Umstimmung.

10. Mit Hilfe des Vorspannes weitgehend stillgelegte Wurzelkörper bleiben u. U. über Jahre hinweg nicht

nur lebensfähig, sondern wachsen nach erfolgter Umstellung normal weiter.

11. Edelsorte und Unterlage bilden zumindest bei jüngeren Gehölzen keine untrennbare Lebensinheit. Die Unterlage ist wie jeder andere Standortfaktor nicht nur wählbar, sondern in diesem Fall auch austauschbar.

Literatur

1. HILKENBÄUMER, F.: Obstbau, Grundlagen — Anbau — Betrieb. III. Aufl. Berlin 1953. — 2. KVARAZKHELIA, T.: Beiträge zur Biologie des Wurzelsystems der Obstbäume. Gartenbauwissenschaft 1931. — 3. KEMMER, E.: Die Gestaltung der Wurzelkrone bei Obstgehölzen. 2. Merkblatt, 3. Aufl. 1943. — 4. KEMMER, E. u. F. SCHULZ: Grundlagen der Bodenpflege im Obstbau. Berlin 1938. — 5. KEMMER, E. u. I. THIELE: Entwicklungsfragen bei Apfelgehölzen. Der Züchter 24, 346 (1954).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin)

Über Zusammenhänge zwischen der Reifeentwicklung von Gemüseerbsen und bestimmten mikrometeorologischen Faktoren*

Von K. UNGER und A. SCHNEIDER

Mit 14 Textabbildungen

1. Einleitung

Es kann immer wieder beobachtet werden, daß die Reifeentwicklung der Samen von Gemüseerbsen besonders deutlich von extremen klimatischen Bedingungen beeinflußt wird. So wird z. B. die Weiterentwicklung der Samen in der Zeit kurz vor der Pflückreife durch kühles und feuchtes Wetter so auffällig verzögert, daß Entwicklungsvorgänge, welche unter normalen Bedingungen in Stunden oder wenigen Tagen verlaufen, auf Wochen ausgedehnt werden. Da die Reifezeit der verschiedenen Gemüseerbsensorten zeitlich mehrere Wochen auseinanderliegt und die Sorten damit selbst am gleichen Anbauort unter verschiedenen Witterungsbedingungen ausreifen, so kommt der Abschätzung des Einflusses der Witterungsfaktoren eine große praktische Bedeutung bei der Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes der Sorten zu (z. B. Frühzeitigkeit, schnell oder langsam verlaufende Reifeentwicklung, gleichmäßiges Abreifen usw.). Wie in einer früheren Mitteilung (SCHNEIDER 1955b) ausgeführt wurde, scheinen außerdem die dort als „rückläufige Reifeentwicklungen“ gekennzeichneten Vorgänge in besonders enger Beziehung zu klimatischen Faktoren zu stehen, so daß auch aus diesem Grunde der Versuch einer Interpretation des Klimaeinflusses auf die Reifeentwicklung lohnend erschien.

2. Die Methoden zur Bestimmung der Reifeentwicklung

Bei Gemüsearten, welche wie die Gemüseerbsen nicht zur Zeit einer natürlichen Zaesur in ihrer Entwicklung geerntet und genutzt werden, ist unter dem Begriff „reif“ der Zeitpunkt zu verstehen, an dem die für die Nutzung günstigste Beschaffenheit erreicht ist. Die Bestimmung des pflückreifen Zustandes kann daher

zunächst nur auf Grund subjektiv festzustellender qualitativer Eigenschaften der Samen erfolgen (z. B. durch Geschmacksproben). Alle objektiven Reifebestimmungen müssen demnach auf Faktoren beruhen, welche mit den konventionell festgelegten qualitativen Eigenschaften in bekanntem Zusammenhang stehen und damit zuverlässige Rückschlüsse gestatten.

Zur Charakterisierung des Reifezustandes von Erbsen stehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Einmal können durch analytisch-chemische Verfahren Veränderungen in der stofflichen Zusammensetzung erfaßt werden, welche während der Reife mehr oder weniger gesetzmäßig verlaufen. Dafür lassen sich z. B. die Zunahme des Trockensubstanzgehaltes oder die Steigerung des Anteils an alkoholunlöslicher Substanz verwenden. Von beiden ist bekannt, daß zwischen ihnen und den organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten eine enge Korrelation besteht (GURSCHMIDT). Bis auf den Zuckergehalt erfassen beide Verfahren im wesentlichen die gleichen Inhaltsstoffe der Samen (Zellwandsubstanzen, Stärke und Eiweiße), sie verlaufen daher während der hier interessierenden Entwicklungphase etwa parallel. Über die Ursachen der experimentell gefundenen Tatsache der etwas engeren Korrelation zwischen alkoholunlöslicher Substanz und organoleptischen Qualitätsnoten hat SCHNEIDER (1955b) vor kurzem berichtet. Auch die Bestimmung des Stärkegehaltes, welcher während der Reife stetig zunimmt, kann für die Reifebestimmungen herangezogen werden. Dieses Verfahren hat sich aber — vor allem wegen der methodischen Schwierigkeiten der Stärkebestimmung an frischem Material — nicht durchsetzen können. Schließlich wäre noch die Bestimmung des Zuckergehaltes zu erwähnen, welcher aber zur Charakterisierung des Reifezustandes nur bedingt zu verwenden ist, da der Gehalt an Zucker bei normaler Entwicklung in der Zeit vor der Pflückreife ansteigt, um dann mehr oder weniger schnell auf den für vollreife Samen typischen

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 26.