Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 58 (1948)

Artikel: Untersuchungen über die Jugendformen des Apfel- und Birnbaumes und ihre Konsequenzen für die Unterlagen- und Sortenzüchtung

Autor: Fritzsche, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41311

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untersuchungen über die Jugendformen des Apfel- und Birnbaumes und ihre Konsequenzen für die Unterlagen- und Sortenzüchtung

Von *Robert Fritzsche,* dipl. ing. agr. ETH, von Zürich

(Aus der Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil)

Eingegangen am 5. März 1948

Inhaltsübersicht

Seite

A. Einleitung 207
B. Vergleichende Untersuchungen an der Jugendform und an der Altersform 209
I. Unterschiede im Wuchs und im Habitus zwischen der Jugendform und der Altersform 209
1. Allgemeines 209
2. Unterschiede an Ästen und Zweigen 211
3. Unterschiede an Knospen und Blättern 213
II. Unterschiede im anatomischen Aufbau der Triebe aus der Jugend- und Altersformzone 220
III. Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Zweige aus der Jugendformzone und aus der Altersformzone 226
1. Allgemeines 226
2. Analysenmethoden 227
3. Resultate der chemischen Untersuchungen 231
4. Zusammenfassung 238
C. Die Dauer des Jugendstadiums 239
D. Physiologie der Jugendformen 240
I. Die Sterilität der Jugendformen 240
II. Pfropfversuche mit den Jugendformen 244
III. Die vegetative Vermehrbarkeit der Jugendformen 245
1. Bewurzelungsversuche mit Grünstecklingen 245
2. Bewurzelungsversuche mit verholzten Stecklingen 246
3. Vermehrungsversuche mit Hilfe der Abrißmethode 248
IV. Das Zustandekommen der Jugendformen 254
E. Konsequenzen für die Sorten- und die Unterlagenzüchtung 255
I. Die Züchtung neuer Obstsorten 255
II. Die Züchtung vegetativ vermehrbarer Unterlagentypen 258
F. Zusammenfassung 263
G. Literaturverzeichnis 266

A. Einleitung

Vor Jahren hat Kobel (20) an Birnsämlingen Wuchsformen beobachtet und kurz beschrieben, aus denen er schloß, daß bei unseren Obstgehölzen Jugendformen vorhanden sein müssen. Er sprach die Vermutung aus, daß verschiedene bis anhin unerklärliche oder falsch erklärte

Erscheinungen in der obstbaulichen Praxis mit diesen Jugendformen in Zusammenhang stehen könnten. Es gilt demzufolge nachzuweisen, daß tatsächlich bei unseren Obstgehölzen Jugendformen vorhanden sind, und das besondere physiologische Verhalten dieser Entwicklungsphase zu beobachten.

Als *Jugendform* bezeichnen wir ein erstes Entwicklungsstadium einer aus einem Samen hervorgegangenen Pflanze, während dessen Dauer sich in bezug auf den Habitus, den anatomischen und chemischen Aufbau sowie das physiologische Verhalten wesentliche Unterschiede gegenüber der erwachsenen Pflanze, der Altersform, feststellen lassen.

Bei verschiedenen Pflanzenarten sind schon solche Jugendformen festgestellt und beschrieben worden:

Beißner (1, 2) beschäftigte sich eingehend mit dem Nachweis von Jugendformen im Pflanzenreich, besonders bei den Koniferen. So wies er nach, daß die früher oft unter dem Gattungsnamen *Retinispora* zusammengefaßten eigentümlichen Zierformen der Japaner Jugendformen gewisser *Chamaecyparis*-Arten sind. Diese Jugendformen zeichnen sich durch verhältnismäßig lange Nadeln aus, während die entsprechenden Altersformen normalerweise statt Nadeln Schuppen tragen. Es gelang den Japanern, diese Arten in der Jugendform zu fixieren und als besondere Zierformen zu halten. Um die Abstammung dieser *Retinispora*-Formen nachzuweisen, machte Beißner von allen denjenigen *Cupressineen* Aussaaten, von denen die Abstammung der fraglichen Jugendformen wahrscheinlich schien. Schon an den Erstlingstrieben, die sich mit den nadelförmigen Blättern über dem Samenlappen entwickelten, erkannte er die verschiedenen sogenannten Retinisporen wieder. Er verwendete gut entwickelte Nebentriebe solcher Sämlinge als Stecklinge und konnte damit diese Jugendformen fixieren. Durch diese jahrelangen Beobachtungen und Versuche gelang es, klar zu beweisen, daß alle sogenannten Retinisporen durch Stecklinge fixierte Jugendformen sind. Zudem stellte er fest, von welchen Arten sie ursprünglich abstammen.

Als weiteres Beispiel für das Auftreten von Jugendformen führt Beißner (1) den Efeu *(Hedera Helix)* an. Dieser entwickelt in den ersten Jahren nur gelappte Blätter. Erst wenn die Pflanze ins fruchtfähige Alter kommt, werden Blätter angelegt, die in der Form deutlich von den ersten abweichen; sie sind ungelappt, eiförmig. An einer älteren, unbeschnittenen Efeupflanze können demnach deutlich zweierlei Blattformen unterschieden werden: in der Zone der Jugendform gelappte Blätter und in der Blütenzone ungelappte Blätter der Altersform. Beißner hat Triebe der Altersform durch Stecklinge fixiert. Diese rankten nicht, sondern ergaben buschige Formen.

Bei älteren, großgewachsenen Weißdornpflanzen *(Crataegus)* kann beobachtet werden, daß die Blüten an der Peripherie bes Busches angelegt werden, während die in den ersten Lebensjahren entstandenen

Partien meist keine Blütenanlagen, dafür mehr und kräftigere Dornen aufweisen. Diese Beobachtungen lassen vermuten, daß hier auch eine Jugendform vorhanden sein könnte.

Außer Kobel hat auch Passecker (30, 31) kürzlich in einigen knappen Veröffentlichungen darauf hingewiesen, daß bei den Obstgehölzen Jugendformen auftreten. Doch reichen seine Untersuchungen, die er besonders beim Aprikosenbaum durchführte, keinesfalls aus, um diese Vermutung zu beweisen.

Als *Beobachtungsmaterial* für unsere Versuche und Untersuchungen standen uns die vielen hundert Apfel- und Birnensämlinge zur Verfügung, die im Betrieb der Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil und demjenigen der Schweiz. Zentrale für Obstbau Oeschberg angepflanzt sind. Diese Sämlinge sind Nachkommen bestimmter Sortenkombinationen und dienen der Züchtung neuer Apfel- und Birnensorten. In Wädenswil stehen sie größtenteils auf eigener Wurzel, während die übrigen als ein- bis zweijährige Sämlinge auf ältere Bäume aufgepfropft sind. Ebenfalls sind sie in Oeschberg ein- bis zweijährig auf die typisierte Unterlage E. M. Typ IX aufgepfropft worden. Es liegen Gruppen von verschiedenstem Alter vor, vom einjährigen Sämling bis zum 25jährigen. Mit Ausnahme der Bäume der ältesten Gruppe, die als Hochstamm erzogen worden sind, sind sie beinahe unbeschnitten, weil man hoffte, auf diese Weise baldmöglichst Früchte für die Beurteilung der Sämlinge zu erhalten. Dieser Umstand erlaubte es auch, den ungestörten Wuchs, besonders die Art der Verzweigung an allen Partien, zu beobachten.

B. Vergleichende Untersuchungen an der Jugendform und der Altersform

I. Unterschiede im Wuchs und im Habitus zwischen der Jugendform und der Altersform

1. Allgemeines

Es ist selbstverständlich, daß die Jugendform eines bestimmten Sämlings immer nur mit der Altersform des gleichen Individuums verglichen werden durfte. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Sämlingen sind sehr groß, weil es sich bei denselben um Nachkommen von sehr heterozygot veranlagten Eltern handeln, weshalb mit extrem großen Aufspaltungen gerechnet werden muß.

Jeder Apfel- oder Birnsämling weist an all seinen Teilen, die er während den ersten Lebensjahren anlegt, deutlich die Merkmale der Jugendform auf. Hierauf schlägt er — meist innerhalb eines Jahrestriebes — in die Altersform um und wächst in dieser weiter. Demzufolge können wir an einem älteren Sämling beide Wachstumsphasen deutlich übereinander erkennen. Von der Basis aus — im zentralen Teil der

Krone — stellen wir eine Zone fest, die sich deutlich in der Jugendform befindet. Weiter außen ist eine verhältnismäßig kurze Übergangszone — meist in der Länge eines, höchstens zweier Jahrestriebe — festzustellen, die weder der Jugendform noch der Altersform zugewiesen werden kann. Hierauf folgt an der Peripherie der Krone die Altersformzone.

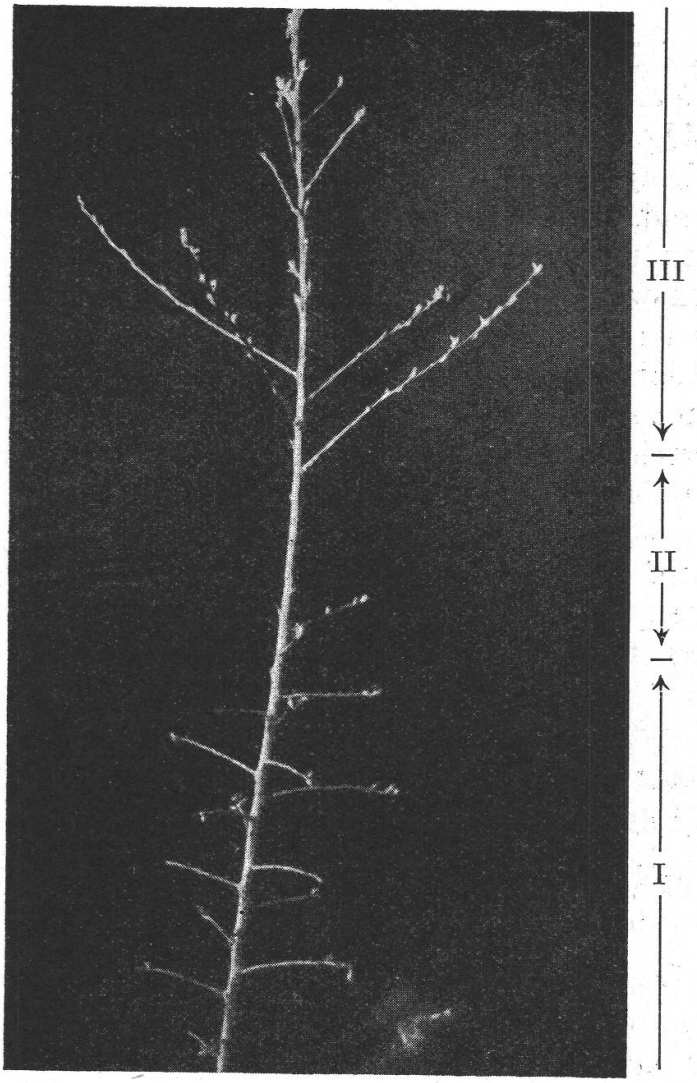


Abbildung 1a
Apfelsämling:
I = Jugendformzone
II = Umschlag
III = Altersformzone
(1/6 nat. Größe)

Dabei ist zu betonen, daß jeder einzelne Haupttrieb oder Langtrieb, der während der Jugendzeit entstanden ist, in die Altersform umschlägt, sobald er seine Jugendjahre absolviert hat. Entstehen bei älteren Sämlingen wieder Neutriebe in der Zone der Jugendform, so weisen diese wiederum die Merkmale der Jugendform auf, während die in der Zone der Altersform entstehenden Neutriebe von Anfang an die Merkmale der Altersform zeigen. Aus dieser Beobachtung geht hervor, daß diejenigen Gewebe, die sich im Stadium der Jugendform gebildet haben, auch fer-

nerhin in demselben verbleiben. Aus diesem Grunde ist es auch möglich, bei den Untersuchungen gleichaltrige Triebe aus der Jugendformzone und aus der Altersformzone des gleichen Individuums miteinander zu vergleichen. Beim Sämling auf Abbildung 1a können die drei angeführten Zonen deutlich festgehalten werden.

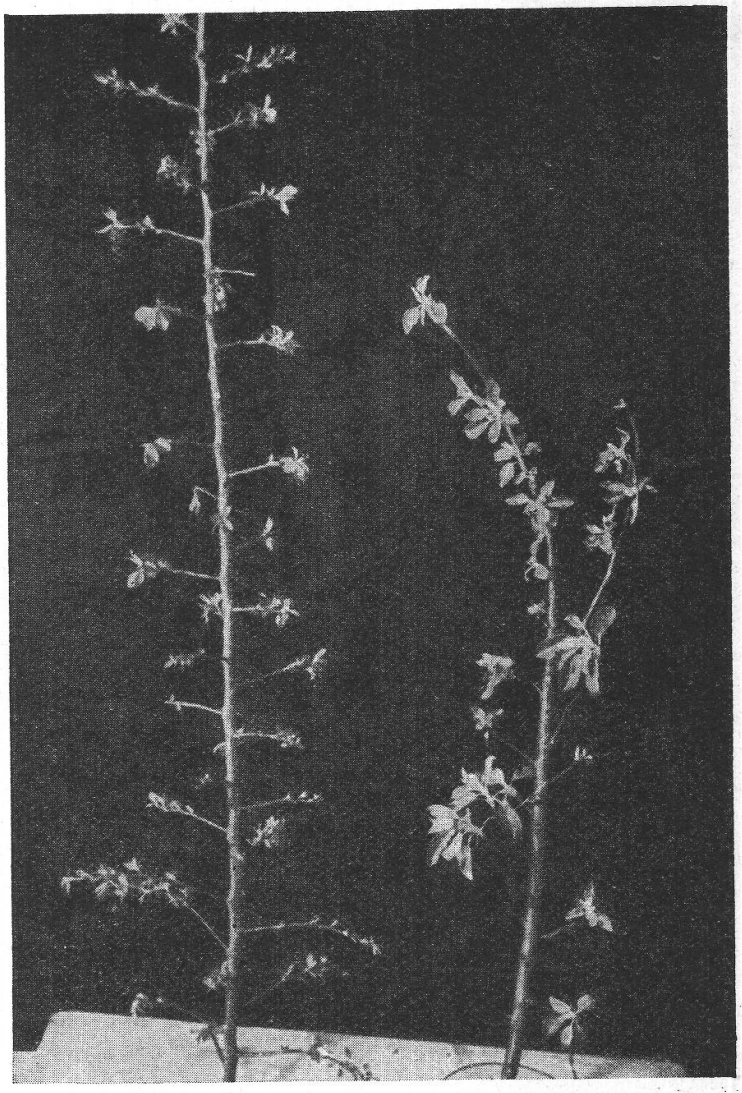


Abbildung 1b
Apfelsämling:
Links Jugendformzone, rechts Altersformzone (an der Umschlagsstelle voneinander geschnitten) ($^1/_6$ nat. Größe)

2. *Unterschiede an Ästen und Zweigen*

Die Seitentriebe, die von den Hauptästen ausgehen, stehen in der Jugendformzone fast senkrecht, oft sogar im stumpfen Winkel von der Hauptachse ab, während dieselben in der Altersformzone spitzere Winkel mit der Achse bilden (Abbildungen 1a und 1b). Um diese Feststellung etwas statistisch zu belegen, wurden bei 10 verschiedenen Sämlingen alle Winkel, die die Nebentriebe mit der Hauptachse bildeten, in den beiden Wachstumszonen gemessen. In der nachfolgenden Tabelle 1

ist der Durchschnitt aller dieser Winkel in der Jugendformzone und derjenige aller Winkel in der Altersformzone angegeben.

Die Seitentriebe der Sämlinge schließen in der Jugendformzone das Längenwachstum größtenteils wesentlich schneller durch die Bildung einer Endknospe ab als in der Altersformzone. Ebenfalls verholzen sie viel schneller und stärker. Erhebungen, die am 1. Juni 1944 und am

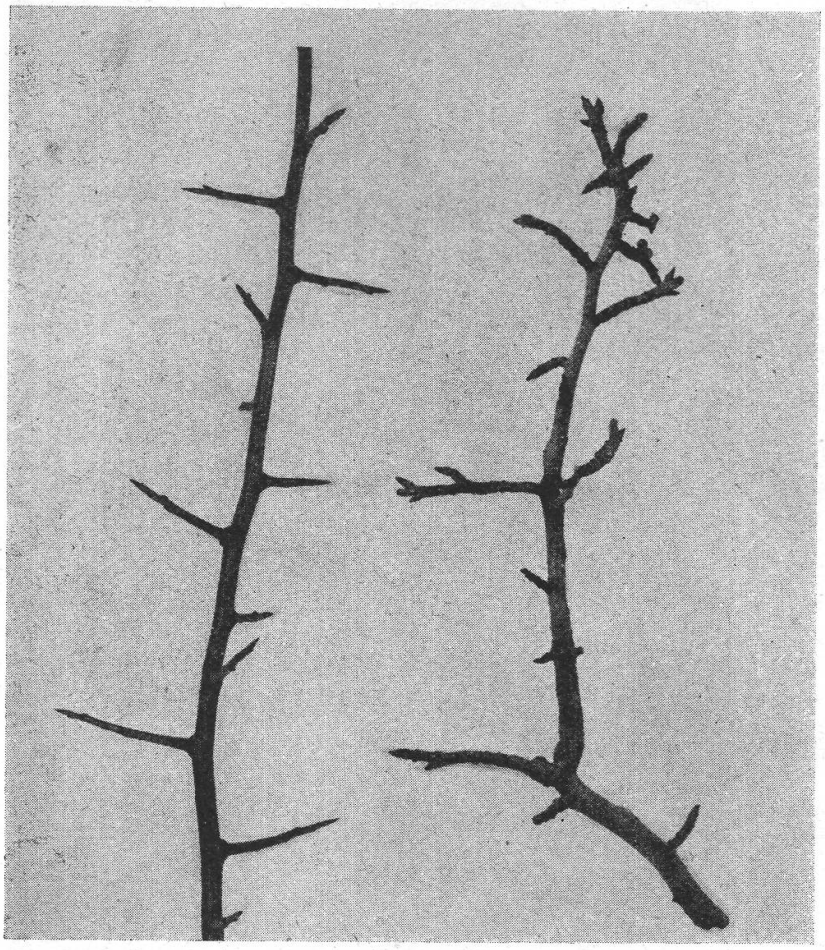


Abbildung 1c
Sich entsprechende Äste eines Birnsämlings (links aus d. Jugendformzone, rechts aus d. Altersformzone)
(1/6 nat. Größe)

5. Juni 1945 durchgeführt wurden, ergaben diesbezüglich folgendes Bild:

Erhebung 1. Juni 1944.

82% der Seitentriebe in der Jugendformzone haben mit dem Längenwachstum abgeschlossen, in der Altersformzone nur 35%.

Erhebung 5. Juni 1945.

78 % der Seitentriebe in der Jugendformzone haben mit dem Längenwachstum abgeschlossen, in der Altersformzone 46%.

Ganz charakteristisch für die Jugendform ist eine auffallend häufige Bildung von *vorzeitigen Trieben.* Während des Johannistriebes

wachsen bei den im Laufe des Frühjahrstriebes gebildeten Längstrieben die in den Blattachseln neu angelegten Blattknospen vorzeitig aus. Die entstehenden Triebe wachsen sehr rasch und nur verhältnismäßig kurze Zeit; sie bleiben kurz und verholzen schnell. Sie schließen mit einer kleinen, schmächtigen Endknospe ab und besitzen ebensolche Seitenkonspen. Diese Erscheinung gehört bei der Altersform zur Ausnahme und muß als krankhaft bezeichnet werden. Sie kann z. B. auftreten, wenn die Triebspitzen durch Apfelmehltaubefall, Blattlausbefall oder durch ein zur Unzeit ausgeführtes starkes Pincement zerstört werden, wodurch das Längenwachstum vorzeitig unterbrochen wird.

Tabelle 1

Durchschnittliche Größe der Winkel, die die Seitentriebe mit der Hauptachse bilden.

Sämling Nr.	Jugendformzone	Altersformzone
Apfelsämling:		
674	78°	41°
3295	80,5°	42,5°
3339	61°	39°
2209	73°	40,5°
1891	71°	47°
917	77°	41°
Birnsämling:		
I	81°	59°
II	62°	51°
III	55°	49°
IV	72,5°	52°

Ganz allgemein kann festgestellt werden, daß die Triebe in der Jugendformzone viel härter, fast drahtig sind und einem Biegen viel größeren Widerstand entgegenstellen als diejenigen der Altersformzone. Sie unterscheiden sich auch durch die Farbe und Behaarung meist ganz wesentlich von denjenigen der Altersformzone, indem sie glattere, gespanntere, hellere und meist weniger stark behaarte Rinde aufweisen. Dadurch treten auch die Lentizellen mehr in Erscheinung.

3. Unterschiede an Knospen und Blättern

In der Jugendform des Apfelbaumes bilden die schmächtigen Endknospen besonders der vorzeitig entstandenen Seitentriebe nur eine kleinblättrige Blattrosette aus. Ein Längenwachstum tritt vielfach überhaupt nicht ein, oder es ist auf 3 bis 5 mm beschränkt, wobei die neu entstehende Endknospe noch kleiner und schmächtiger angelegt wird. Untersuchungen haben aber ergeben, daß diese Knospen in all ihren Teilen normal aufgebaut, aber viel kleiner als Endknospen entsprechen-

der Seitentriebe in der Altersformzone sind. Sie vermögen sich teilweise im folgenden Frühjahr überhaupt nicht mehr zu entfalten, sondern trocknen im Verlauf des Sommers ein und schuppen ab. Dadurch vertrocknet auch die Rinde hinter der abgefallenen Knospe und in der Folge tritt der Holzkörper hervor. Auf diese Weise entsteht die für die Jugendform charakteristische Dornenbildung (Abbildung 2).

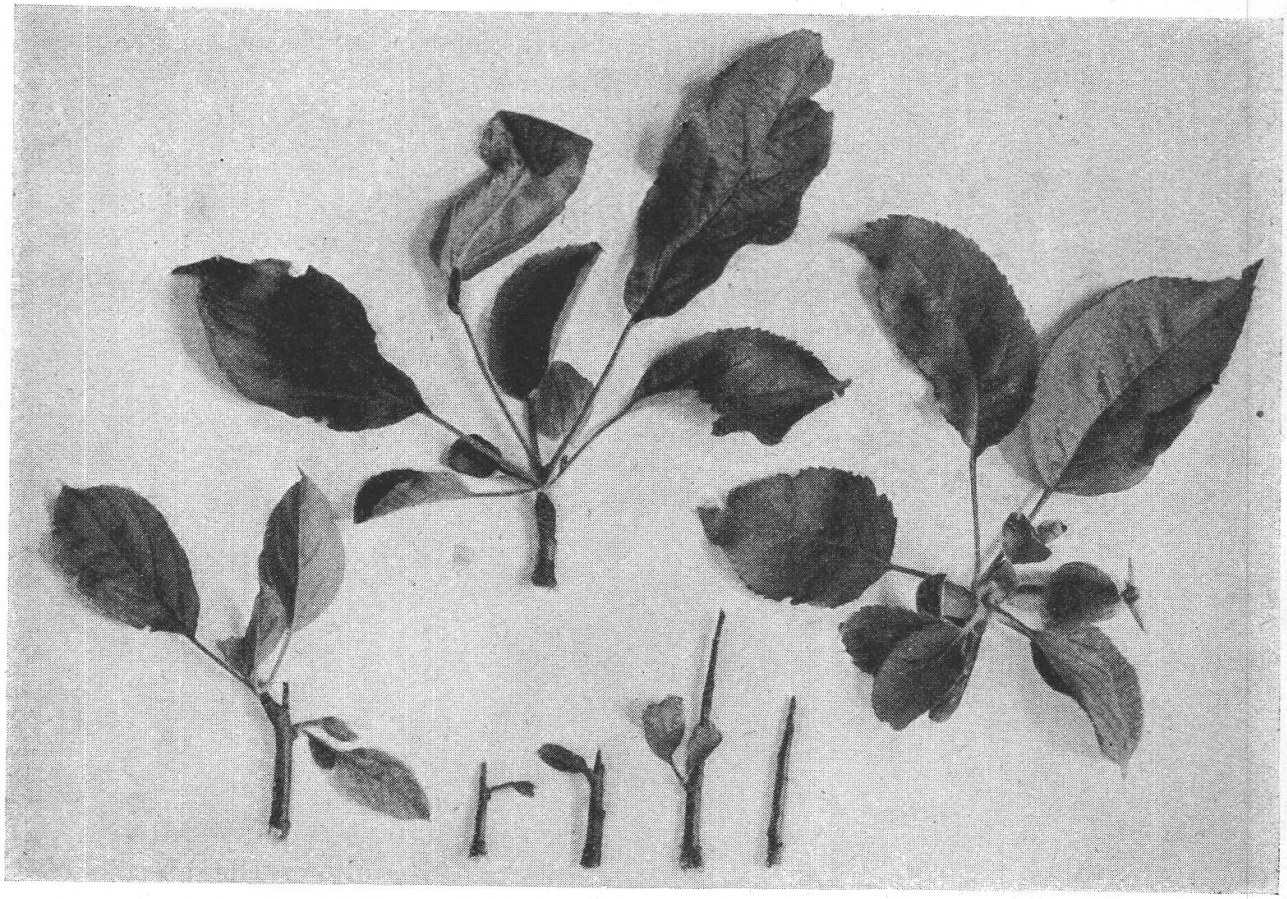


Abbildung 2

Zweijährige Seitentriebe: Die beiden oberen aus der Altersformzone; sie schließen ab mit kräftiger Knospe, resp. Fruchtkuchen. Die übrigen aus der Jugendformzone sind verdornt (⅔ nat. Größe).

Beim *Birnensämling* tritt in der Jugendformzone die Dornenbildung an der Spitze von Seitentrieben noch viel häufiger auf. Im Gegensatz zum Apfelbaum schließen diese neugebildeten Kurztriebe ihr Triebwachstum teilweise nicht durch Bildung einer vollkommenen Endknospe ab, sondern die Triebspitze selbst verhärtet unmittelbar im Anschluß an das Triebwachstum und bildet einen scharfen Dorn. Vor dem Triebabschluß werden noch einige rudimentäre Laubblätter angelegt, die aber bald abfallen. Die angelegten Seitenknospen wachsen im folgenden Jahr bei diesen verdornten Seitenspießen zu ganz kurzen Ringelspießen aus

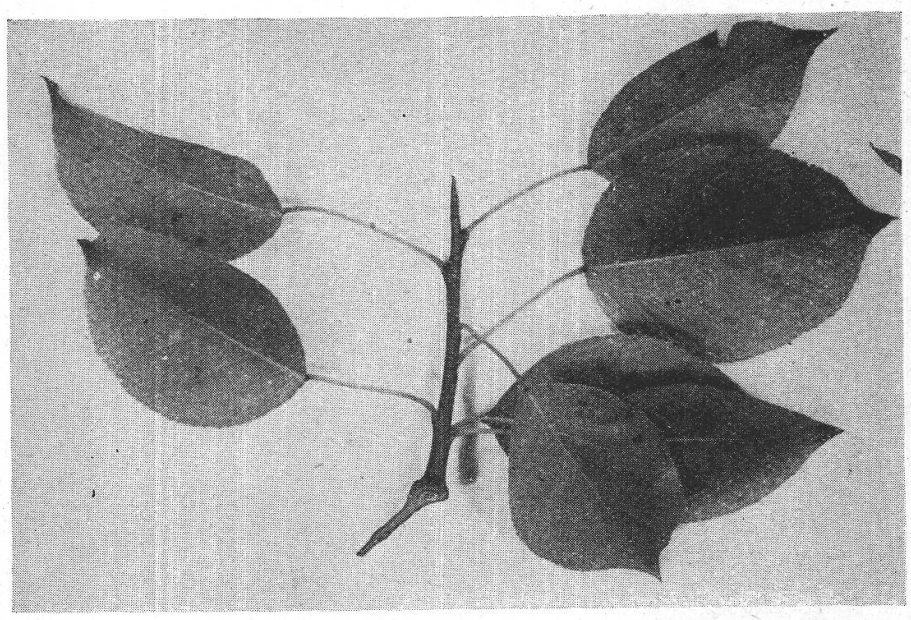
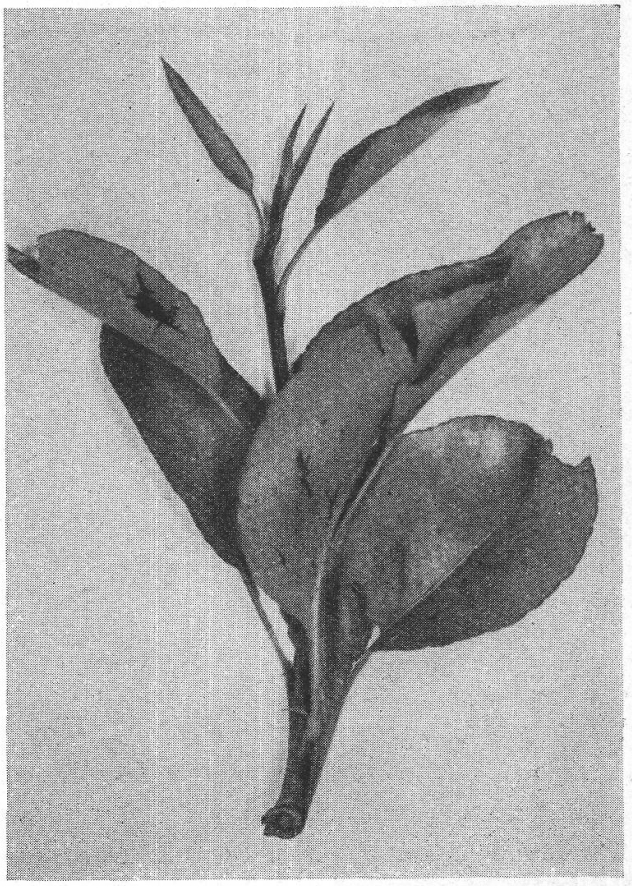


Abbildung 3
Jungtriebe eines Birnsämlings. Trieb oben aus der Jugendformzone, schon verdornt und verholzt. Trieb unten aus der Altersformzone, noch im Wachstum begriffen und weich (phot. 15. August, nat. Größe).



(Abbildung 3). An Hand der später folgenden Ergebnisse der anatomischen und chemischen Untersuchungen können wir die Ursache dieser Verdornung zu erklären versuchen. Vor kurzem hat Brevi-

glieri (3) in einer Veröffentlichung die Bildung von Dornen bei Birnsämlingen beobachtet und den morphologischen Bau derselben beschrieben. Diese Angaben stimmen mit unseren Beobachtungen überein.

Der Knospenaustrieb im Frühjahr erfolgt in der Jugendformzone deutlich später. Die sich entfaltenden Blätter sind glänzender, weniger filzig behaart, drüsiger und weisen zudem einen viel schärfer gesägten,

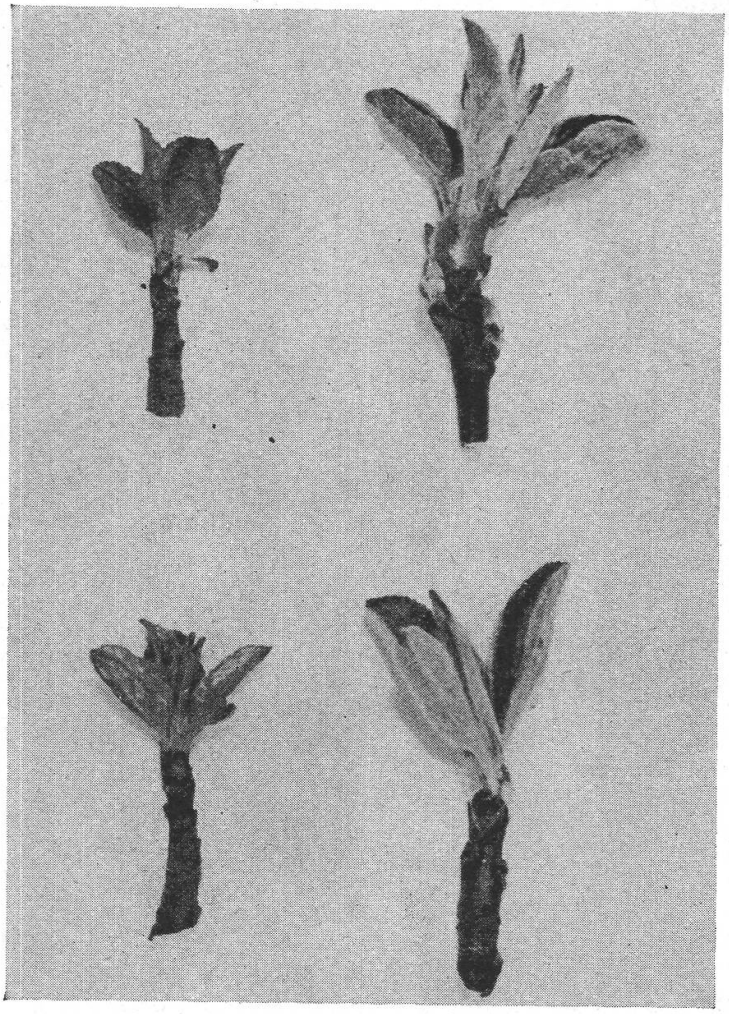


Abbildung 4
Blattknospen, die sich entfalten (links aus der Jugendformzone, rechts aus der Altersformzone) (nat. Größe).

oft gar gezähnten Blattrand auf als diejenigen der Altersform (Abbildung 4).

Die erwachsenen Blätter der Jugendform sind im Durchschnitt bedeutend kleiner, was durch folgende statistische Untersuchung nachgewiesen werden konnte. Wir pflückten an drei Sämlingen, die schon drei Jahre zuvor ins Altersstadium getreten waren, Ende August alle Blätter der Jugendformzone und getrennt davon diejenigen der Altersformzone. Ferner pflückten wir bei drei älteren Sämlingen alle Blätter von je einem Hauptast der Jugendformzone und von je einem solchen der Altersformzone die in bezug auf Größe, Alter, Stellung und physio-

logische Verhältnisse genau gleichwertig waren. Alle diese Blätter wurden sorgfältig gepreßt und hierauf von jedem die Fläche mit einem Präzisionsplanimeter genau gemessen. Aus den so erhaltenen Flächenmaßen wurden die mittleren Blattgrößen der beiden Wachstumsstadien berechnet. Neben den Mittelwerten wurden die zugehörigen mittleren Fehler festgestellt. Zudem bestimmten wir für jedes Ergebnispaar die Differenz zwischen der mittleren Blattgröße der Jugendformzone und derjenigen der Altersformzone und die mittleren Fehler dieser Differenzen.

Diese Werte wurden nach folgenden Formeln berechnet:

Mittelwert $= M = A \pm b$

$A =$ angenommener Mittelwert

$b =$ Korrekturmaß $= \frac{\Sigma pa}{n} \cdot$ Kspr.

Streuung $= \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma pa^2}{n-1} - b^2 - 0{,}0833} \cdot$ Kspr.

Mittlerer Fehler $= m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

Mittlerer Fehler der Differenz $= m_D = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$

$p =$ Klassenfrequenz
$a =$ Abweichung von der Mittelklasse
$n =$ Gesamtfrequenz (Σp)

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Auf Tabelle 3 sind die drei ersten Beispiele graphisch aufgezeichnet:

Die Zahlen zeigen, daß die durchschnittliche Blattfläche in der Jugendformzone bei allen sechs Sämlingen bedeutend kleiner ist als diejenige in der Altersformzone. Das Resultat ist gesichert, weil bei allen sechs Sämlingen die Differenz (D) zwischen den Mittelwerten (M) der Blattflächen der beiden Wachstumszonen bedeutend höher ist als das Dreifache des mittleren Fehlers dieser Differenz (m_D). Bei den graphischen Darstellungen der drei ersten Beispiele fällt auf, daß die Kurven der Blattflächen in den Altersformzonen alle zweigipflig sind, wobei der eine Gipfel bei sehr kleinen Blattflächen liegt. Dies rührt von den kleinbleibenden, erstgebildeten äußeren Blättern eines Blattbüschels her, die schon in der Knospe vorgebildet sind. Wohl sind diese entsprechenden Blätter auch bei den Blattbüscheln in der Jugendformzone vorhanden, aber sie treten in der Gesamtheit der kleinen übrigen Blätter im Kurvenbild nicht hervor.

Beim gesammelten Blattmaterial wurde neben der Blattfläche auch die Stiellänge, die Länge und Breite der Blattspreite der einzelnen Blät-

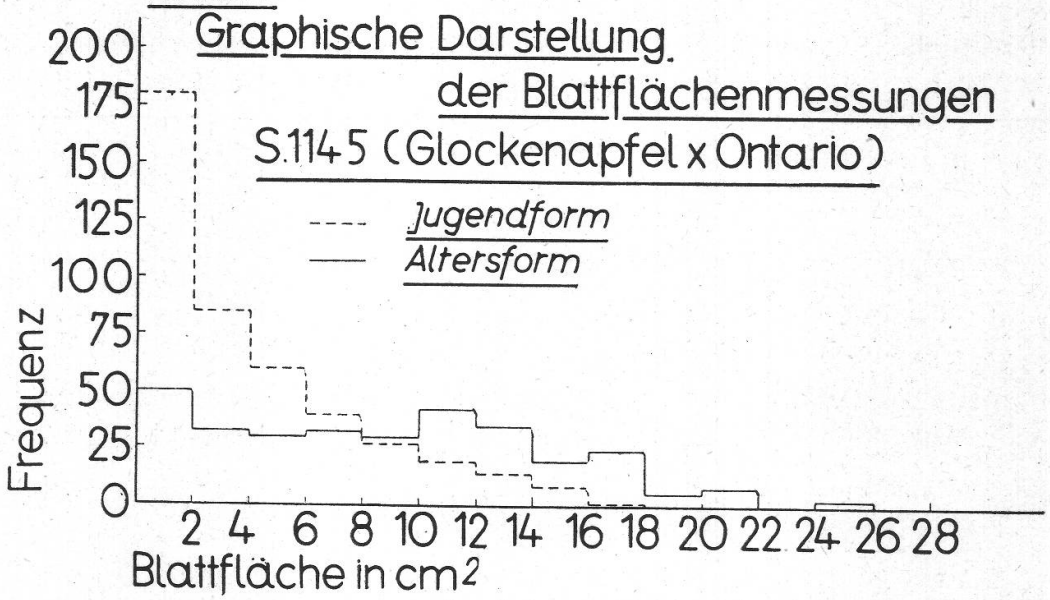
ter gemessen und in gleicher Weise wie bei der Blattfläche statistisch verarbeitet. In Tabelle 4 sind die Mittelwerte der Länge der Stiele und diejenigen der Blattspreiten angegeben und das Verhältnis dieser beiden Größen gebildet.

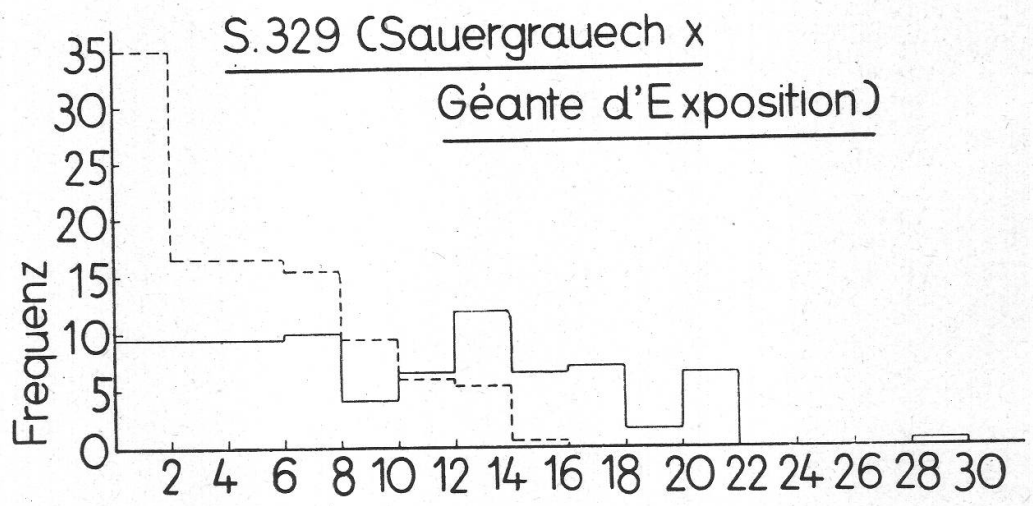
Tabelle 2
Mittlere Blattfläche in der Jugend- und Altersformzone von 6 Sämlingen

Sämling Nr.		Mittelwert M	Mittlerer Fehler m	Differenz der Mittelwerte	Mittlerer Fehler der Differenz m_D	Frequenz n
		cm²		cm²		
1145	Jugendform	4,29	± 0,21	4,88	± 0,39	441
	Altersform	9,17	± 0,34			321
329	Jugendform	4,87	± 0,38	5,33	± 0,80	104
	Altersform	10,20	± 0,71			83
2630	Jugendform	3,93	± 0,23	11,28	± 0,99	188
	Altersform	15,21	± 0,96			151
2150	Jugendform	6,63	± 0,44	8,24	± 1,09	85
	Altersform	14,87	± 1,00			53
3405	Jugendform	3,47	± 0,36	8,52	± 1,07	64
	Altersform	11,99	± 1,11			57
2170	Jugendform	5,64	± 0,33	8,13	± 0,53	156
	Altersform	13,77	± 0,42			147

An Hand der Tabelle 4 kann festgestellt werden, daß die mittlere Stiellänge sowie die mittlere Länge der Blattspreite in der Altersformzone bei allen sechs Sämlingen bedeutend größer ist als in der Jugendformzone. Die Resultate sind gesichert und können demzufolge die Ergebnisse der Blattflächenmessungen noch bestätigen. Bilden wir aber das Verhältnis zwischen der mittleren Länge der Blattspreiten zur mittleren Länge der Stiele, so ergibt sich kein Unterschied zwischen der Jugendform und der Altersform, d. h. das Blatt in der Altersformzone ist an sich nicht länger gestielt. Ein ähnliches Resultat zeigt sich bei der Bildung des Verhältnisses zwischen der mittleren Länge der Blattspreiten und der mittleren Breite derselben, was besagt, daß die Blätter in der Jugendformzone nicht schmäler sind als in der Altersformzone, wie man durch bloße Beobachtung fälschlicherweise vermutete.

Tabelle 3


Graphische Darstellung
der Blattflächenmessungen
S.1145 (Glockenapfel x Ontario)
Jugendform
Altersform
Frequenz
200
175
150
125
100
75
50
25
0
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28
Blattfläche in cm2


S.329 (Sauergrauech x
Géante d'Exposition)
Frequenz
35
30
25
20
15
10
5
0
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

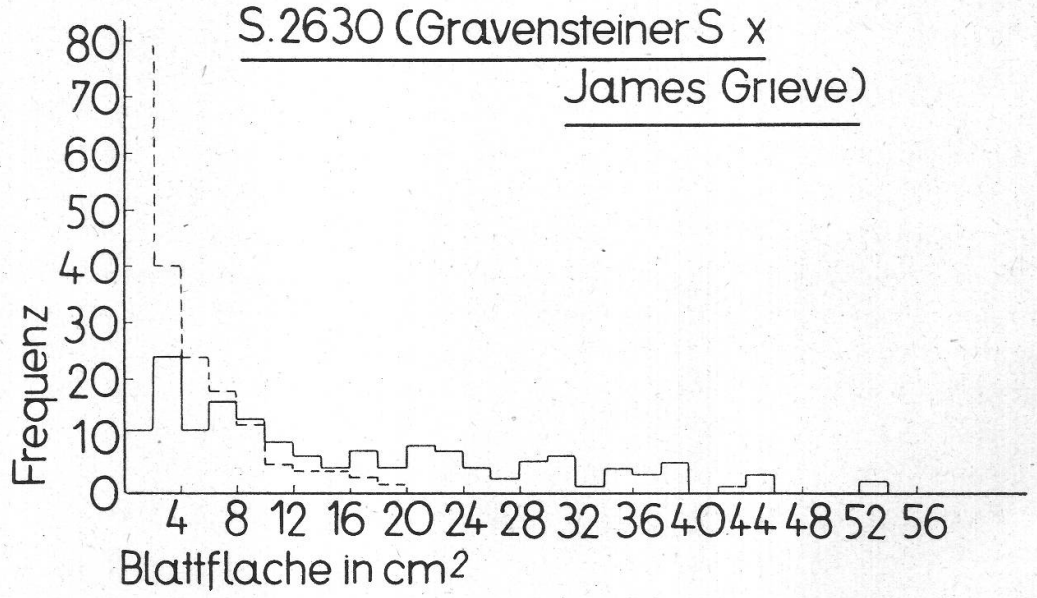

S.2630 (Gravensteiner S x
James Grieve)
Frequenz
80
70
60
50
40
30
20
10
0
4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56
Blattflache in cm2

Tabelle 4

Mittlere Stiellänge und mittlere Länge der Blattspreiten in der Jugend- und Altersformzone und das Verhältnis dieser beiden Größen

Sämling Nr.		Mittelwert der Stiellängen		Mittelwert der Längen der Blattspreiten		Verhältnis Spreitenlänge: Stiellänge
		mm	Mittlerer Fehler	mm	Mittlerer Fehler	
1145	Jugendform	11,09	± 0,30	29,74	± 0,71	2,5
	Altersform	17,45	± 0,49	46,49	± 1,13	2,6
329	Jugendform	11,51	± 0,53	30,06	± 0,14	2,6
	Altersform	19,29	± 1,07	41,20	± 2,10	2,1
2630	Jugendform	8,63	± 0,42	28,13	± 1,05	3,1
	Altersform	18,01	± 0,69	52,52	± 2,31	2,8
2150	Jugendform	13,65	± 0,12	36,66	± 1,60	2,6
	Altersform	22,61	± 0,90	57,32	± 2,60	2,4
3405	Jugendform	7,69	± 0,47	29,78	± 1,60	3,6
	Altersform	15,83	± 1,06	56,26	± 3,50	3,4
2170	Jugendform	12,08	± 0,47	31,14	± 0,99	2,6
	Altersform	20,91	± 0,45	53,55	± 0,99	2,7

II. Unterschiede im anatomischen Aufbau der Triebe aus der Jugend- und Altersformzone

Es ist festgestellt worden, daß sich die Triebe aus der Jugendformzone durch besondere Festigkeit und Stärke auszeichnen und daß sie einem Biegen viel größeren Widerstand entgegensetzen als die Triebe aus der Altersformzone. Diese Beobachtungen gaben zur Vermutung Anlaß, daß im anatomischen Aufbau, besonders des Holzkörpers, zwischen den beiden Wachstumsstadien wesentliche Unterschiede vorhanden sein müßten. Durch mikroskopische Untersuchungen verschafften wir uns Einsicht in diese Verhältnisse. Wir schnitten zu diesem Zweck von 30 Apfel- und Birnsämlingen je von der Jugend- und Altersformzone Zweige, die im Alter, in ihrer Stellung und den physiologischen Verhältnissen einander genau entsprachen. Von diesen fertigten wir Querschnitte mit dem Rasiermesser an. Von den verschiedenen angewendeten Färbemethoden ergab die Färbung mit Safranin und das nachherige Auswaschen der Schnitte in Säurealkohol die besten Resultate für unseren Zweck, weil sich die Holzfasern sehr gut von den Markstrahlzellen und den Holzparenchymzellen differenzierten. Beim Schneiden mit dem Rasiermesser zeigt sich wiederum, daß das Holz aus der Jugendformzone viel härter ist als dasselbe aus der Altersformzone, oft so hart, daß wir große Schwierigkeiten hatten, gut brauchbare Schnitte anfertigen zu

können. Auf einem Objektträger wurden jeweils ein Querschnitt von einem Trieb aus der Jugendformzone und unmittelbar daneben ein solcher von einem vergleichbaren Trieb aus der Altersformzone unter dem gleichen Deckglas aufgezogen. Dadurch konnten die entsprechenden Querschnitte der beiden Wachstumsstadien leicht unter dem Mikroskop miteinander verglichen werden. Dabei fiel sofort auf, daß bei allen Präparaten ein großer Unterschied in bezug auf die Mächtigkeit der Rinden-, Holz- und Markpartie zwischen der Jugend- und der Altersform besteht.

Bei 68 Querschnitten stellten wir durch Messung vermittelst eines Mikrometers den Anteil der sekundären Rinde (umfassend Epidermis, Periderm, Phellogen, Kollenchym, Rindenparenchym, Perizyklus und Phloem), des Holzkörpers und des Markes am Radius der Querschnitte fest. In Tabelle 5 sind einige Beispiele dieser Messungen aufgeführt.

Tabelle 5

Sekundäre Rinde : Holzteil : Mark

Material		Radius		Sekundäre Rinde		Holzteil		½ Mark	
		μ	%	μ	%	μ	%	μ	%
Apfelsämling Nr.									
2653	Jugendholz	2230,2	100	592,2	23,7	1285,2	57,6	415,8	18,6
	Altersholz	1927,8	100	567,0	29,4	945,0	49,1	415,8	21,5
2637	Jugendholz	2305,8	100	491,4	21,3	1323,0	57,3	491,4	21,3
	Altersholz	1738,8	100	680,4	39,1	491,4	28,2	567,0	32,6
3319	Jugendholz	1946,7	100	434,7	22,3	1001,7	51,4	510,3	26,2
	Altersholz	1814,4	100	472,5	26,0	718,2	39,5	623,7	34,3
3415	Jugendholz	2921,9	100	699,3	23,8	1833,3	62,7	389,3	13,3
	Altersholz	2343,6	100	756,0	32,2	982,8	41,9	604,8	25,8
851	Jugendholz	2570,4	100	604,8	23,5	1474,2	57,3	491,4	19,1
	Altersholz	1871,1	100	661,5	35,3	699,3	37,3	510,3	27,2
3443	Jugendholz	1436,4	100	340,2	23,6	718,2	50,0	378,0	26,3
	Altersholz	1890,0	100	793,8	42,3	453,6	23,4	642,6	34,3
3459	Jugendholz	1663,2	100	415,8	25,0	793,8	47,7	453,6	27,2
	Altersholz	1549,8	100	567,0	36,5	453,6	29,2	529,2	34,1
Birnensämling Nr.									
123	Jugendholz	2041,2	100	453,6	22,1	1209,6	59,2	378,0	18,5
	Altersholz	1776,6	100	604,8	34,0	491,4	27,6	680,4	38,2
12	Jugendholz	2097,9	100	718,2	34,2	945,0	45,0	434,7	20,7
	Altersholz	4006,8	100	1436,4	35,8	1020,6	25,4	1549,8	38,8
	Jugendholz			M = 23,6		M = 55,2		M = 21,3	
				σ = 6,8	m = ± 0,9	σ = 11,2	m = ± 1,5	σ = 6,3	m = ± 0,8
	Altersholz			M = 30,0		M = 39,9		M = 30,6	
				σ = 7,2	m = ± 1,0	σ = 10,3	m = ± 1,4	σ = 6,2	m = ± 0,8

Die Anteile der einzelnen Schichten am Radius wurden in Prozent desselben berechnet. Von allen Messungen wurden die Mittelwerte der prozentualen Anteile der verschiedenen Schichten sowie die dazugehörigen mittleren Fehler berechnet. Diese Werte sind ebenfalls in der Tabelle angegeben.

In der Jugendformzone beansprucht der Holzteil im Durchschnitt der Messungen 55,2 % des Radius, während er in der Altersformzone nur 39,9 % einnimmt. Hingegen sind beim Holz der Altersform die Markpartie und die Rindenpartie stärker entwickelt als beim Holz der Jugendform.

Am Holzteil selbst sind ebenfalls ganz große Unterschiede zu beobachten. Das Jugendholz besitzt viel weniger Gefäße als das Altersholz, und diese sind zudem ausgesprochen auf das Frühjahrsholz konzentriert, während der später in der Vegetationsperiode angelegte Teil des Jahrringes sehr kompakt aufgebaut ist und vor allem aus Holzfasern besteht. Aus diesem Grunde sind die Jahrringe beim Jugendholz von bloßem Auge auch deutlicher sichtbar. Bei Schnitten durch mehrjähriges Jugendholz ist zudem festzustellen, daß der erste Jahrring viel mächtiger angelegt ist als die späteren, was sich mit der angeführten Beobachtung deckt, daß die Zweige der Jugendformzone zum größten Teil im ersten Jahr am meisten wachsen und in den folgenden Jahren nur noch einen kleinen, oft kaum merklichen Zuwachs aufweisen. Ebenfalls treten die Parenchymzellen sowie die Markstrahlenzellen weniger häufig auf als im Altersholz.

Um den Anteil dieser vier verschiedenen Zellarten am Aufbau der Holzteile der beiden Wachstumsstadien statistisch festhalten zu können, zählten wir in den Querschnitten auf einer Fläche von 0,22 m^2 alle Elemente. Diese bestimmte Fläche wurde jeweils auf den Präparaten vermittelst eines Netzokulars fixiert, und zwar so, daß sie immer eine Zone umfaßte, die radiär vom Mark bis zum Kambium reichte. Bei jedem Präparat wurden drei Zählungen durchgeführt und dann der Durchschnitt davon berechnet. Auf Tabelle 6 ist von jedem Präparat die durchschnittliche Anzahl der Elemente, die auf die angenommene Fläche entfallen, angegeben. Da wir für die Auszählungen der Präparate aus dem Jugendholz als auch derjenigen aus dem Altersholz immer die gleiche Fläche wählten, können die erhaltenen Zahlen direkt miteinander verglichen werden, um so mehr die entsprechenden Elemente im Durchschnitt bei beiden Wachstumsstadien gleich groß sind.

An Hand der Tabelle kann folgendes festgehalten werden: Im Holzteil der Jugendform sind im Durchschnitt der Auszählungen nur 85 Gefäße vorhanden, gegenüber 147 Gefäßen im Altersholz innerhalb der gleichen Fläche. Dafür besitzt das Jugendholz entsprechend mehr Holzfasern, nämlich im Durchschnitt 1326 gegenüber 978 im Altersholz. Das Altersholz weist neben einem größeren Anteil an Gefäßen auch mehr

Parenchym- und Markstrahlzellen auf, nämlich 243 im Altersholz gegenüber 169 im Jugendholz. Diese beiden Zellarten wurden bei der Auszählung zusammengenommen, weil das Apfel- und Birnbaumholz im Holzteil verhältnismäßig sehr wenig Parenchymzellen besitzt und diese zudem nicht immer von den Markstrahlzellen unterschieden werden können.

Tabelle 6
Verhältnis der Elemente im Holzkörper auf einer Fläche von 0,22 mm²

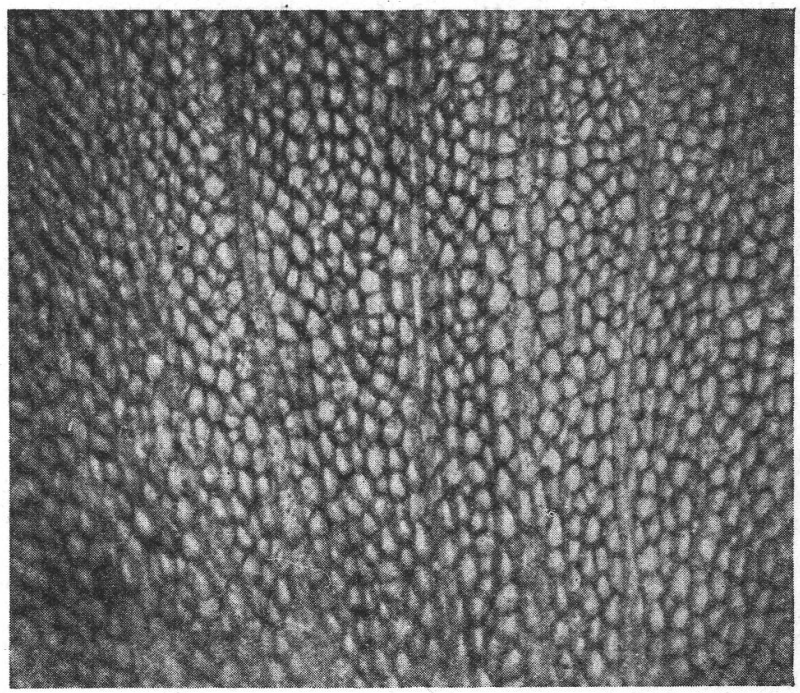
Material	Alter	Jugendholz			Altersholz		
		Gefäße	Holzfasern	Markstrahlzellen + Parenchymzellen	Gefäße	Holzfasern	Markstrahlzellen + Parenchymzellen
Aepfel:							
Nr. 3457	1 J.	92	1457	154	138	942	209
2650	2 J.	153	1253	323	278	816	416
2653	1 J.	93	1423	119	257	1088	243
300	2 J.	123	1400	140	240	1019	231
2854	1 J.	41	1377	158	210	1047	185
3443	1 J.	95	1321	123	196	856	191
2280	1 J.	89	1219	157	99	979	199
2651	1 J.	50	1488	150	201	1036	182
2976	2 J.	92	1205	168	135	1030	220
3319	2 J.	28	1250	218	72	854	304
3460	2 J.	50	1301	192	177	840	310
3457	1 J.	80	1221	250	248	962	447
Birnen:							
Nr. 123	1 J.	86	1422	103	145	1090	105
112	1 J.	121	1148	170	148	1015	195
140	1 J.	93	1428	121	146	1089	231
856	1 J.	68	1311	159	102	999	286

Diese Feststellungen erklären uns nun weitgehend die beobachtete auffallend große Festigkeit und Härte des Jugendholzes. Hierzu tragen der verhältnismäßig mächtige Holzkörper, der große Anteil der dickwandigen, kleinlumigen Holzfasern und das fast völlige Fehlen von Gefäßen und Parenchymzellen im später angelegten Teil der Jahrringe bei.

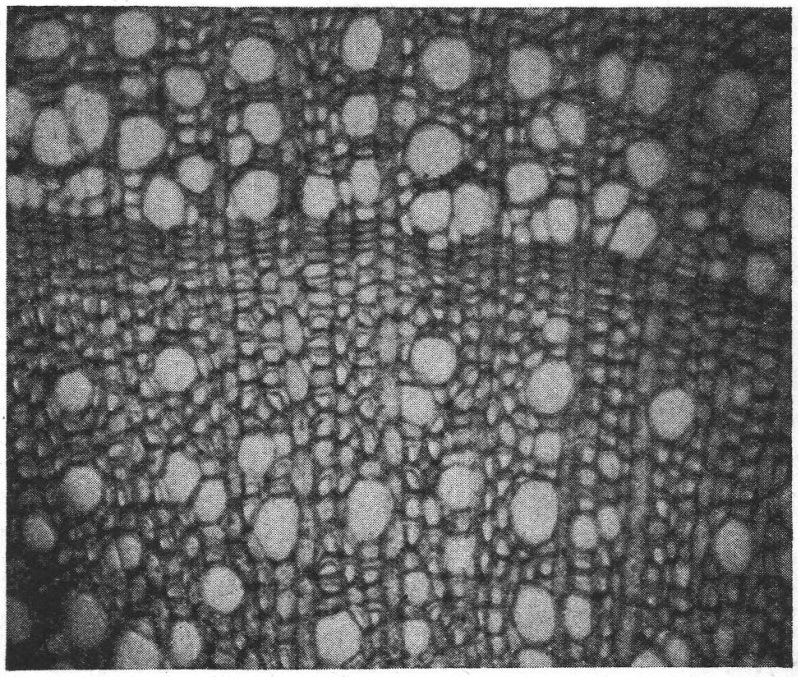
Wir versuchten im weiteren auch Unterschiede im Aufbau der sekundären Rinde der Jugend- und Altersform festzustellen. Die größere relative Dicke der sekundären Rinde beim Altersholz verteilt sich gleichmäßig auf alle Gewebe derselben. Allerdings scheinen die Perizykluskappen beim Jugendholz ausgeprägter zu sein als beim Altersholz. Doch gelang es nicht, diese Beobachtungen zahlenmäßig nachzuweisen. Bei allen Präparaten, die bei Einfachfärbung oder Doppelfärbung mit Jod oder Jodchloralhydrat gefärbt worden sind, waren die Querschnitte aus dem Altersholz intensiver durch die Jod-Stärke-Reaktion gefärbt.

Abbil-

Querschnitte durch zweijährige Zweige. Das Jungholz besitzt viel mehr Holzfasern,



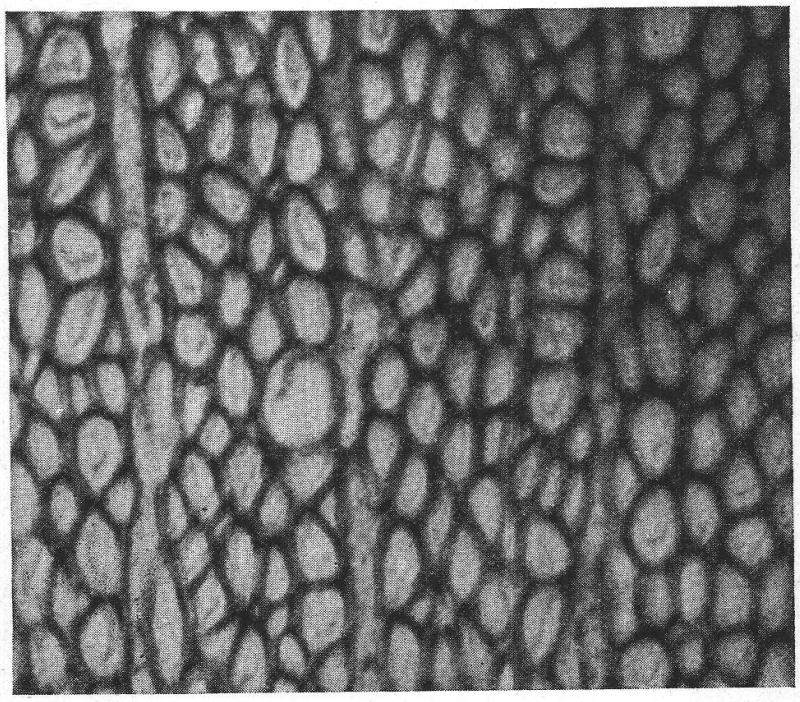
Querschnitt durch Jugendholz
(Vergr. 55mal)



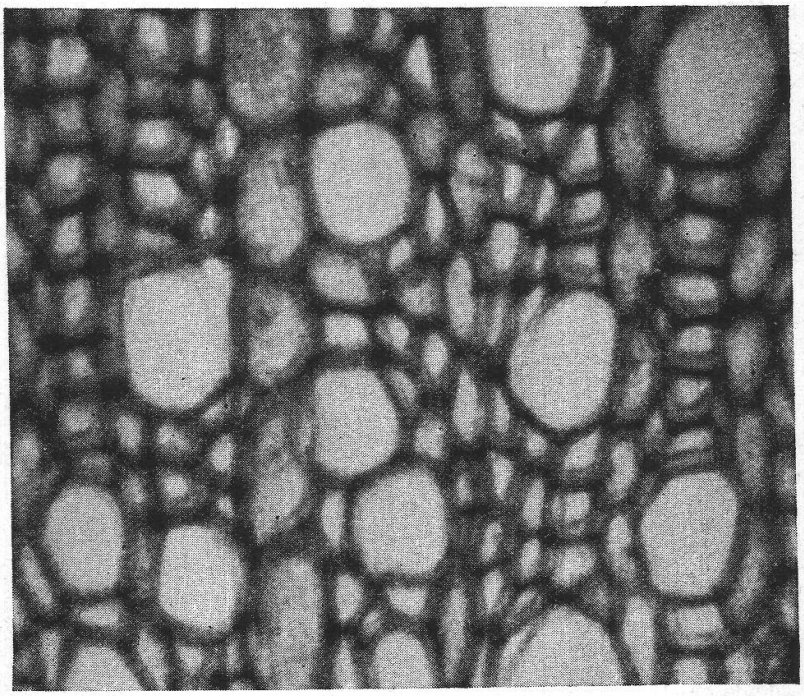
Querschnitt durch Altersholz
(Vergr. 55mal)

dung 5

dagegen weniger Gefäße, Markstrahlzellen und Parenchymzellen als das Altersholz



Querschnitt durch Jugendholz
(Vergr. 120mal)



Querschnitt durch Altersholz
(Vergr. 120mal)

Es verbleibt nun noch die Frage, wie der Holzteil des Haupttriebes eines Sämlings in der Jugendformzone aufgebaut ist, wenn derselbe an seiner Spitze schon vor einigen Jahren in die Altersform übergetreten ist. Aus den diesbezüglichen Untersuchungen geht hervor, daß die ersten Jahrringe den typischen oben beschriebenen Aufbau des Jugendholzes zeigen. Die späteren Jahrringe hingegen, die erst angelegt wurden, als der Haupttrieb weiter außen schon in der Altersformzone war, besitzen eine größere Zahl von Gefäßen, vor allem auch in später angelegten Teilen der Jahrringe. Diese Beobachtung könnte auf den ersten Blick der weiter oben beschriebenen Tatsache, daß bei älteren Sämlingen die Triebe, die aus schlafenden Augen in der Jugendformzone entstehen, wiederum die typischen Merkmale der Jugendform zeigen, entgegensprechen. Es muß aber in Betracht gezogen werden, daß die sog. schlafenden Augen in der Markzone vorgebildet werden. Zudem ist zu berücksichtigen, daß diese Vermehrung der Zahl der Gefäße in den äußern Jahrringen der Jugendholzzone rein ernährungsphysiologisch durch die größere Kohlenstoffassimilation der leistungsfähigen Blätter der Altersformzone bedingt sein kann.

III. Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Zweige aus der Jugendformzone und aus der Altersformzone

1. Allgemeines

Die beobachteten großen Unterschiede im Wuchs, im Habitus und im anatomischen Bau zwischen entsprechenden Zweigen aus der Jugendformzone und der Altersformzone müssen sich auch in der chemischen Zusammensetzung derselben widerspiegeln. Zudem können solche Ergebnisse wertvoll sein zur Erklärung des physiologischen Verhaltens der beiden Entwicklungsstadien. Wir stellten uns deshalb die Aufgabe, die Wandsubstanzen und wichtigsten Inhaltsstoffe in entsprechenden Zweigen quantitativ zu bestimmen.

Bei der Gewinnung des zu verarbeitenden Materials am 10. Februar wurde folgendermaßen vorgegangen: Von sieben Apfelsämlingen und zwei Birnensämlingen schnitten wir je von der Jugend- und Altersformzone zahlreiche entsprechende, gleichaltrige und gleichgestellte Zweige ab und entfernten alle Knospen. Hierauf wurde das Material sofort in kleine Stücke geschnitten und im ventilierten Trockenschrank bei einer konstanten Temperatur von 50° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das getrocknete Holz wurde dann kurz vor seiner Verwendung in einer speziell konstruierten Laborschlagmühle zur Mehlfeinheit zerschlagen. Das Mahlgut bewahrten wir in Glasflaschen mit gut eingeschliffenen Glasstopfen auf.

Für die Durchführung der chemischen Untersuchungen habe ich sehr wertvolle Unterstützung von Herrn Dr. A. Geiger, Chemiker an der

Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil, Herrn Prof. Dr. H. Pallmann und Herrn P.-D. Dr. H. Deuel, Agrikulturchemisches Institut der Eidg. Technischen Hochschule, erhalten. Ich möchte diesen Herren für ihre Bemühungen meinen besten Dank aussprechen.

2. *Analysenmethoden*

Bei einem chemisch so kompliziert zusammengesetzten Körper, wie ihn Holz darstellt, scheint es zweckmäßig, diesen stufenweise abzubauen. Für dieses Vorgehen eignet sich die sogenannte *Komplexgruppenanalyse* am besten. Das Prinzip dieser Analysenmethode besteht darin, das Pflanzenmaterial in Stoffgruppen mehr oder weniger gleichen chemischen und physiologischen Verhaltens zu trennen. Diese verschiedenen Stoffgruppen werden nacheinander mit verschiedenen Lösungsmitteln und Agentien aus derselben Probe herausgeschält. Die einzelnen Gruppen werden nachher noch weiter zerlegt. Besonders Waksmann (41) hat dieses Untersuchungsverfahren bearbeitet und entwickelt. In neuerer Zeit wurde es für die Bearbeitung ähnlicher Probleme zum Beispiel von Hüni (17) (Physikalische und chemische Untersuchungen an Dürrfutter verschiedenen Gärzustandes) und von Wirth (45) (Membranwachstum während der Zellstreckung) angewendet.

Bei der Durchführung der Komplexgruppenanalyse entstehen leicht Verluste, weil das Material nach jeder Extraktion auf das Filter und wieder zurück in einen anderen Reaktionskolben gebracht werden muß. Wir verwendeten deshalb den von Strepkov (37) vorgeschlagenen Extraktionsapparat, der auch Wirth bei seinen Untersuchungen über das Membranwachstum während der Zellstreckung sehr gute Dienste geleistet hatte. Dieser Apparat ermöglicht es, das Pflanzenmaterial während des ganzen Analysenganges in ein und derselben Extraktionshülse zu belassen, wodurch Materialverluste weitgehend vermieden werden können. Eine genaue Beschreibung des Apparates findet sich in der Zeitschrift für Analytische Chemie, 108. Band, 1937. Dieser arbeitet kontinuierlich, im Prinzip wie ein Extraktionsapparat nach Soxhlet. Als Extraktionshülsen werden nicht Filterhülsen, sondern Glasfiltertiegel (1 G 3, Schott u. Gen.), die mittelst angesetzter Schliffe in den Apparat eingehängt werden können, verwendet. Das zur Extraktion benützte Lösungmittel wird, nachdem es im vorgelegten Kolben verdampft, im Rückflußkühler kondensiert und in die Extraktionshülse geleitet worden ist, durch ein unter der Extraktionshülse vermittelst der Wasserstrahlpumpe erzeugtes Vakuum durch das Material und den Filterboden gleichmäßig hindurchgesaugt und in den Kolben zurückgeführt. Der Extraktionsraum kann durch ein Glyzerinbad, das mit einem Tauchsieder aufgeheizt wird, erhitzt werden, damit bei erhöhter, konstanter Temperatur extrahiert werden kann. Strepkov schreibt Substanzmengen von 0,5

bis 1 g zur Verarbeitung in seinem Apparat vor, während wir zirka 2—3 g Holzmehl je Probe verwendeten. Dafür wurde der Apparat etwas größer gebaut und jeweils mindestens dreimal so lang extrahiert, bzw. hydrolysiert, als Strepkov angibt. Die notwendige Mindestdauer für die verschiedenen Extraktionen wurde in Vorversuchen abgeklärt. Die Substanz wurde in der Extraktionshülse während der Extraktion durch einen mit einem Elektromotor betriebenen Rührer tüchtig mechanisch bearbeitet.

Wir wandten folgenden Analysengang an:

Von der Substanz wurden zirka 3 g genau in die Extraktionshülse eingewogen.

1. Stufe: Extraktion mit Petroläther während 4 Stunden. Im Extrakt erhalten wir vor allem Fette, Öle, Harze, Wachse usw.

2. Stufe: Extraktion mit kaltem Wasser während 2½ Stunden. In diesem Extrakt sind hauptsächlich Monosaccharide und Disaccharide vorhanden.

3. Stufe: Extraktion mit heißem Wasser, 3 Stunden lang im Glyzerinbad von 100° C. Neben der Stärke, die uns hauptsächlich im Extrakt dieser Stufe interessierte, sind noch Pektinstoffe, Gerbstoffe, N-haltige Substanzen darin enthalten.

4. Stufe: Hydrolyse mit zweiprozentiger heißer Salzsäure während drei Stunden im Glyzerinbad von 120° C. Auswaschen des Rückstandes mit siedendem Wasser bis zur Säurefreiheit. Die Hydrolyseprodukte sind vor allem Hexosen und Pentosen, ferner Pektinstoffe, Eiweißstoffe, Polypeptide und Aminosäuren.

5. Stufe: Hydrolyse mit achtzigprozentiger Schwefelsäure. Der Rückstand wurde hierbei mit 20 cm³ achtzigprozentiger Schwefelsäure während zwei Stunden unter starkem Umrühren versetzt und nachher bis zur Säurefreiheit ausgewaschen. In diesem Hydrolysat sind vor allem Zellulose und ein stickstoffhaltiger Komplex zu finden.

Nach diesen Behandlungen verbleibt uns noch der *nicht hydrolysierbare Rückstand,* der vor allem Lignin, stickstoffhaltige Stoffe und Aschenbestandteile umfaßt.

Nachdem die Proben auf die oben angegebene Art grob zerlegt worden waren, wurden in den einzelnen Extrakten, bzw. Hydrolysaten, noch weitere Bestimmungen ausgeführt.

Im Kaltwasserextrakt bestimmten wir die *direkt reduzierenden Zucker* und die *nicht direkt reduzierenden Zucker.* Für die Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker wählten wir die Methode von Lehmann-Maquenne-Schoorl (19). Um die Gesamtzucker nach der gleichen Methode bestimmen zu können, invertierten wir dieselben in einem zweiten aliquoten Teil dieses Extraktes in 2,5 % Salzsäure,

während 10 Minuten bei 70° C vollständig, worauf sofort abgekühlt und mit NaOH neutralisiert wurde. Als Differenz zwischen dem nach vollständiger Inversion ermittelten Gesamtzucker und den direkt reduzierenden Zuckern berechneten wir die nicht direkt reduzierenden Zucker.

Im Heißwasserextrakt wurde die *Stärke* nach einer etwas abgeänderten Methode von Fellenberg (5, 6) und Gäumann (9) bestimmt. Diese besteht darin, daß mittelst konzentrierter Kaliumchloridlösung die Stärke dispergiert und dann als Jodstärke ausgeflockt wird. Die erhaltene Jodstärke wurde gravimetrisch bestimmt. Das an die Stärke addierte Jod titrierten wir mit $^{n}/50$ Thiosulfatlösung zurück. Jodstärke weniger Jod gibt den Wert für die Stärke.

Die Hydrolysate der Hydrolyse mit zweiprozentiger Salzsäure wurden während fünf Stunden unter dem Rückflußkühler gekocht. Hierauf bestimmten wir jeweils in mindestens zwei aliquoten Teilproben die reduzierenden Zucker wiederum nach der Methode Lehmann-Maquenne-Schoorl als Glukose. Die erhaltenen Resultate wurden mit dem Faktor 0,9 multipliziert. Dieser Wert wird von Waksman (41), Springer u. a. als *Hemizellulose* ausgewiesen.

Die Hydrolysate der Hydrolyse mit achtzigprozentiger Schwefelsäure wurden so weit verdünnt, daß sie vier- bis fünfprozentiger Schwefelsäure entsprachen, und hierauf fünf Stunden unter Rückflußkühler gekocht. Die unter diesen Umständen zu Glukose abgebauten Verbindungen bestimmten wir ebenfalls nach der Methode von Lehmann-Maquenne-Schoorl. Die Menge Glukose multipliziert mit dem Faktor 0,9 betrachten wir wie üblich als *Zellulose*.

Im nicht hydrolysierbaren Rückstand bestimmten wir das *Lignin*, indem wir vom Rückstand den verbliebenen, nach Mikro-Kjédahl festgestellten und als Rohprotein berechneten N-Komplex abzählten.

Neben den besprochenen Untersuchungen wurden noch folgende Stoffe direkt im frischen Material bestimmt, weil sie in verschiedenen Stufen der Komplexgruppen-Analyse vertreten sind. Die Pektine und die Stickstoffverbindungen traten in einzelnen Stufen in nur so kleinen Mengen auf, daß dort genügend genaue Bestimmungen nicht durchgeführt werden konnten, obwohl dies sehr interessant gewesen wäre.

Die Gesamt-Polyuronsäuren, die zum größten Teil als *Pektine* angesprochen werden können, bestimmten wir nach der Methode von Tollens und Lefèvre (18, 42). Im etwas abgeänderten Apparat nach Tollens und Lefèvre wurde das vorgängig mit Benzol-Alkohol erschöpfend extrahierte Material mit neunzehnprozentiger Salzsäure versetzt und während drei Stunden auf 145° C erhitzt. Dadurch wird die im Material enthaltene Galakturonsäure, der Hauptbaustein der Pektinstoffe, in Furfurol, Kohlendioxyd und Wasser gespalten. Das entweichende Kohlendioxyd wurde gravimetrisch mit Hilfe des Kaliapparates bestimmt und mit dem Faktor 4 multipliziert. Allerdings schreiben

Tollens und Lefèvre die Verwendung von zwölfprozentiger Salzsäure und die Erhitzung der Reaktionsflüssigkeit auf 135° C während mindestens acht Stunden vor. McCready, Swenson und Maclay (26) haben aber durch genaue und ausgedehnte Untersuchungen festgelegt, daß bei Verwendung von neunzehnprozentiger Salzsäure und bei einer Erhitzung des Reaktionsgemisches auf 145° C die im Material enthaltenen Uronsäuren schon in ein bis zwei Stunden vollständig zersetzt sind und das Kohlendioxyd quantitativ abgegeben worden ist. So konnte mit dieser Neuerung wesentlich Zeit gespart werden.

Das *Rohprotein* wurde nach Kjeldahl (43) und das *Reinprotein* nach Barnstein (44) bestimmt.

Die Feststellung des *Aschengehaltes* führten wir im elektrischen Ofen bei zirka 450° C trocken durch.

Um die Zuverlässigkeit der Komplexgruppenanalysen mit dem Strepkovapparat außer durch die üblichen Vorversuche noch weiter zu prüfen, bestimmten wir die für uns wichtige Stoffgruppe *Zellulose* mit einer direkten Bestimmungsmethode in den verschiedenen Proben. Diese Zellulosenbestimmungen führten wir nach der Methode von Tettamanzi (40), die wir noch etwas ausgebaut haben, durch. Das Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, daß man das Analysenmaterial der Einwirkung des Kondensationsproduktes der Dämpfe, die sich aus einem siedenden Gemisch von Eisessig und konzentrierter Salpetersäure entwickeln, aussetzt. Der Apparat besteht aus einem dickwandigen Standglas aus unschmelzbarem Glas, an dessen geschliffener Öffnung sich ein Wasserkühler anschließen läßt. Das zu untersuchende Material wird in einen Schmelztiegel eingelegt, der mit ganz fein durchlöchertem Porzellanboden und mit einer Packung aus gut ausgeglühter Glaswolle versehen ist. Dieser Schmelztiegel wird mittelst eines Platindrahtes am Kühler aufgehängt, nachdem man in das Standglas 60 cm³ Eisessig und 6 cm³ konzentrierte Salpetersäure eingefüllt hat. Der Tiegel wird nun während 20 Minuten in die bis zum leichten Sieden gebrachte Reaktionsflüssigkeit eingetaucht, damit die Substanz von dieser durchdrungen wird. Hierauf hebt man den Schmelztiegel bis fast zur Mündung des Kühlers und bewirkt damit, daß das kondensierte Säuregemisch gleichmäßig in den Tiegel und damit durch die Substanz läuft. Nach dreistündiger Einwirkungsdauer wird das Reaktionsgemisch zuerst durch Wasser und nachher durch 95prozentigen Alkohol je während 25 Minuten ersetzt. Hierauf wird der Tiegel während drei Stunden bei 105° C getrocknet und gewogen. Da Zellulose in dieser erhaltenen Form noch eine bestimmte, allerdings nur sehr geringe Menge Asche hinterläßt, wird die Substanz im Schmelztiegel verascht. Der Unterschied zwischen gewonnener Substanz und der festgestellten Asche entspricht der Menge Zellulose.

3. *Die Resultate der chemischen Untersuchungen*

Leider müssen die Resultate auf Trockensubstanz, d. h. genauer gesagt auf lufttrockene Substanz bezogen werden, weil sonst keine genügend sichere, natürliche Bezugsbasis gefunden werden konnte. Diese Bezugsbasis ist ja sonst mit Recht in der Physiologie verpönt. Bei den Tabellen werden jeweils die Resultate aus dem Jugendholz und diejenigen aus dem Altersholz desselben Sämlings zusammengestellt und die Differenz der beiden zusammengehörenden Gehaltszahlen gebildet. Zudem weisen Pfeile von den kleineren zu den größeren Werten, was die Übersichtlichkeit der Tabellen stark erhöht.

Der *Wassergehalt* ist bei allen Sämlingen im Alters- und Jugendholz ungefähr gleich und beträgt im Durchschnitt *39,5%*.

Die Resultate der *Komplexgruppen-Analyse,* die in Tabelle 7 zusammengefaßt sind, zeigen schon überraschend große Unterschiede in der Zusammensetzung der Zweige der beiden Entwicklungsstadien ein und desselben Sämlings bezüglich der Stoffgruppen verschiedener Löslichkeit, bzw. Hydrolysierbarkeit. Die *petrolätherlöslichen Stoffe* treten bei allen untersuchten Sämlingen im Altersholz in etwas größeren Mengen auf als im Jugendholz. Dieser Extrakt enthält vor allem Fette, Öle und Wachse. Die Fette und Öle können als Reservestoffe betrachtet werden, währenddem die Wachse vom physiologischen Standpunkt aus als pflanzliche Ausscheidungsstoffe angesehen werden, die im inneren Stoffwechsel nicht weiter verwendet, sondern abgelagert werden. Wieviel von den gefundenen Mengen im vorliegenden Fall einerseits Reservestoffe und anderseits Ausscheidungsstoffe sind, kann nicht entschieden werden. Allerdings gilt Petroläther als verhältnismäßig spezifisches Fettlösungsmittel. So erhielten wir bei der Extraktion des frischen Materials mit Benzol-Alkohol (1 : 1) als Vorbereitung für die Uronsäurebestimmung die bedeutend höheren Werte als bei der Extraktion mit Petroläther, wobei die relativen Unterschiede zwischen Alters- und Jugendholz gleichbleibend waren. Benzol-Alkohol löste anscheinend bedeutend größere Mengen an Wachsen und außerdem an organischen Säuren, Phosphatiden usw. aus dem Material.

Das Altersholz enthält bei allen untersuchten Sämlingen bedeutend mehr *kaltwasserextrahierbare Stoffe* als das Jugendholz. Bei diesen so leicht löslichen Stoffen, die in dieser Stufe enthalten sind, muß es sich vor allem um solche handeln, die, physiologisch gesehen, als Betriebsstoffe in der Pflanze besonders wichtig sind, wie z. B. Zuckerarten und wasserlösliche N-haltige Substanzen.

In der Gruppe der *heißwasserextrahierbaren Stoffe* sind unter anderem wohl vornehmlich leicht greifbare Reservestoffe enthalten, wie Stärke, Stickstoffverbindungen usw. Auch diese Stoffgruppe ist bei allen untersuchten Sämlingen in den Zweigen aus der Altersformzone in größeren Mengen vertreten als in denjenigen aus der Jugendformzone.

Tabelle 7

Zusammensetzung des Jugend- und Altersholzes bezüglich der Stoffgruppen verschiedener Löslichkeit, bzw. Hydrolysierbarkeit

Material		Petroläther-lösliche Stoffe in % der TS		Kalt-H_2O-extrahierbare Stoffe in % der TS		Heiß-H_2O-extrahierbare Stoffe in % der TS		2% HCl-hydrolysierbare Stoffe in % der TS		80% H_2SO_4-hydrolysierbare Stoffe in % der TS		Hydrolyse-Rückstand in % der TS	
Apfelsämling Nr.													
3098	Jugendholz	4,56	1,25	12,78	4,38	10,51	5,61	28,91	1,48	30,59	10,21	15,12	1,04
	Altersholz	5,81		17,16		15,12		27,43		20,38		14,08	
3028	Jugendholz	3,33	0,99	11,02	5,39	6,41	1,88	33,24	0,72	28,80	8,59	17,38	2,33
	Altersholz	4,32		16,41		8,29		32,52		20,21		15,05	
2954	Jugendholz	4,67	0,34	10,44	7,25	9,45	3,28	29,88	0,26	29,85	8,60	15,67	2,00
	Altersholz	5,01		17,69		12,73		29,62		21,25		13,67	
329	Jugendholz	3,30	1,97	8,27	6,99	7,34	5,09	32,52	0,30	28,23	6,29	20,03	7,16
	Altersholz	5,27		15,26		12,43		32,22		21,94		12,87	
241	Jugendholz	4,87	1,70	8,98	9,48	8,22	2,22	27,47	1,93	35,70	13,52	14,74	0,82
	Altersholz	5,57		18,46		10,44		29,40		22,18		13,92	
2596	Jugendholz	4,77	0,87	9,54	9,44	5,47	5,10	33,31	0,34	29,51	10,98	17,38	4,78
	Altersholz	5,64		18,98		10,57		33,65		18,53		12,60	
2580	Jugendholz	4,42	1,65	11,97	7,68	6,44	3,00	32,71	0,34	25,91	7,98	18,52	4,69
	Altersholz	6,07		19,65		9,44		33,05		17,93		13,83	
Birnsämling Nr.													
I.	Jugendholz	4,48	0,79	11,26	7,26	9,45	2,51	27,71	0,36	29,49	6,44	17,58	3,80
	Altersholz	5,27		18,52		11,96		27,35		23,05		13,78	
II.	Jugendholz	3,71	1,57	11,42	5,05	8,03	1,46	29,60	1,45	29,26	7,84	17,95	1,61
	Altersholz	5,28		16,47		9,49		31,05		21,42		16,34	

Die Resultate sind bei den Stoffgruppen, die mit *zweiprozentiger Salzsäure heiß hydrolysierbar* sind, nicht eindeutig ausgefallen. Bei fünf Sämlingen enthalten die Proben aus dem Jugendholz diese Stoffe in größeren Mengen als diejenigen aus dem Altersholz, und bei den übrigen drei ist das Umgekehrte der Fall. Allerdings sind bei sechs Sämlingen die Unterschiede zwischen den beiden Entwicklungsstadien sehr klein. Diese Unregelmäßigkeit können wir uns vielleicht folgendermaßen zu erklären versuchen: Die Stickstoffverbindungen dieser Stufe, die im Altersholz in größeren Mengen enthalten sind, und die Hemizellulosen, die umgekehrt im Jugendholz, wie wir sehen werden, in größeren Mengen vorkommen, vermögen diese Verschiebungen hervorzurufen. Daneben können auch noch andere Verbindungen mit im Spiele stehen.

Schwer hydrolysierbare Stoffe, die mit *achtzigprozentiger Schwefelsäure* hydrolysiert worden sind, enthält das Jugendholz in bedeutend größeren Quantitäten als das Altersholz. Dasselbe gilt für den *nicht hydrolysierbaren Rückstand.*

Die weiteren Bestimmungen *einzelner Verbindungen und Stoffgruppen* in den Extrakten, bzw. Hydrolysaten der einzelnen Stufen der Komplexgruppen-Analyse sowie im frischen Material zeigten folgende Ergebnisse:

Tabelle 8

Zuckergehalt der Zweige

Material		Gesamtzucker im Kaltwasserextrakt in % der TS		Direkt reduzierender Zucker im Kaltwasserextrakt in % der TS		Nicht direkt reduzierender Zucker in % der TS	
Apfelsämling Nr.							
3098	Jugendholz	3,0	1,8	1,5	1,4	1,5	0,4
	Altersholz	4,8		2,9		1,9	
3028	Jugendholz	2,6	2,1	1,1	2,3	1,5	0,2
	Altersholz	4,7		3,4		1,3	
2954	Jugendholz	1,8	3,7	1,0	1,9	0,8	1,8
	Altersholz	5,5		2,9		2,6	
329	Jugendholz	2,6	1,7	1,6	0,9	1,0	0,7
	Altersholz	4,2		2,6		1,6	
241	Jugendholz	2,6	3,6	1,6	2,6	1,0	1,0
	Altersholz	6,2		4,2		2,0	
2596	Jugendholz	2,4	3,5	1,4	1,9	1,0	1,6
	Altersholz	5,9		3,3		2,6	
2580	Jugendholz	3,0	3,3	1,3	2,1	1,7	1,2
	Altersholz	6,3		3,4		2,9	
Birnensämling Nr.							
I.	Jugendholz	3,9	2,2	2,8	2,3	1,1	0,1
	Altersholz	6,1		5,1		1,0	
II.	Jugendholz	3,0	1,3	2,4	1,6	0,6	0,3
	Altersholz	4,3		4,0		0,3	

Der Tabelle kann entnommen werden, daß den Zweigen aus der Altersholzzone bedeutend mehr *Gesamtzucker* zur Verfügung steht als denjenigen aus der Jugendholzzone.

Die gefundenen Werte sind etwas höher als die entsprechenden aus den klassischen Untersuchungen von Kraybill (22) und von Harvey und Murneek (15), die zur Abklärung der Ursachen der Blütenbildung dienten. Unsere Resultate können auch nicht ohne weiteres mit diesen verglichen werden, weil die Untersuchungen nicht zur Zeit der Vegetationsruhe durchgeführt worden sind. Hingegen stimmen sie mit den ebenfalls im erwähnten Zusammenhang stehenden, aber in der gleichen Jahreszeit gemachten Untersuchungen von Müller-Thurgau und Kobel (29) und Mitra (27) in der Größenordnung sehr gut überein. Wie bei diesen, so sind auch bei unseren Untersuchungen die *direkt reduzierenden Zucker* (Monosaccharide) im Altersholz in bedeutend größeren Mengen enthalten als die *nicht direkt reduzierenden Zucker* (Disaccharide). Beim Jugendholz hingegen ist dieser Unterschied bedeutend kleiner; bei zwei untersuchten Sämlingen überwiegt der gefundene Gehalt an nicht direkt reduzierenden Zuckern sogar denjenigen an direkt reduzierenden Zuckern, und in einem Fall sind die beiden Gruppen in gleich großen Mengen im Holz der beiden Entwicklungsstadien enthalten.

Stärke, die wichtigste Kohlenhydratreserve der Obstbäume, tritt in den Zweigen der Altersformzone in wesentlich größeren Quantitäten auf als in denjenigen der Jugendformzone, was Tabelle 9 zu veranschaulichen vermag. Wir haben beim Altersholz richtigerweise etwas höhere Stärkegehalte gefunden, als Hooker (21) in Fruchtspießen beim Apfelbaum kurz vor der Blütenbildung festgestellt hat.

Tabelle 9
Stärkegehalt der Zweige

Material		Stärkegehalt im Heißwasserauszug in % der TS		Material		Stärkegehalt im Heißwasserauszug in % der TS	
Apfelsämling Nr.				*Apfelsämling Nr.*			
3098	Jugendholz	2,0	2,6	2596	Jugendholz	1,6	3,1
	Altersholz	4,6			Altersholz	4,7	
3028	Jugendholz	1,8	4,4	2580	Jugendholz	1,3	3,6
	Altersholz	6,2			Altersholz	4,9	
2954	Jugendholz	1,9	4,9	*Birnsämling Nr.*			
	Altersholz	6,8					
329	Jugendholz	1,5	2,4	I.	Jugendholz	1,5	5,0
	Altersholz	3,9			Altersholz	6,5	
241	Jugendholz	1,7	2,3	II.	Jugendholz	0,4	2,6
	Altersholz	4,0			Altersholz	3,0	

Ebenfalls enthält das Altersholz bedeutend mehr *Rohproteine* sowie *Reinproteine* als das Jugendholz, was wir in Tabelle 10 zusammengefaßt haben.

Tabelle 10
Rohprotein- und Reinproteingehalt der Zweige

Material		Gesamt-Stickstoff in %	Rohprotein in %		Reinprotein in %		Reinprotein-Stickstoff in % des Gesamt-Stickstoffes
Apfelsämling Nr.							
3098	Jugendholz	0,56	3,5	2,6	3,2	2,0	92,3
	Altersholz	0,98	6,1		5,2		84,9
3028	Jugendholz	0,51	3,2	2,5	2,8	1,5	88,1
	Altersholz	0,91	5,7		4,3		75,7
2954	Jugendholz	0,72	4,5	2,3	3,8	2,0	84,8
	Altersholz	1,08	6,8		5,7		84,1
329	Jugendholz	0,55	3,4	1,5	3,0	1,2	87,2
	Altersholz	0,78	4,9		4,2		85,9
241	Jugendholz	0,46	2,9	4,4	2,7	3,8	94,4
	Altersholz	1,16	7,3		6,5		89,8
2596	Jugendholz	0,52	3,3	2,5	2,9	2,0	88,9
	Altersholz	0,92	5,8		4,9		85,9
2580	Jugendholz	0,51	3,2	3,6	3,0	2,7	94,9
	Altersholz	1,08	6,8		5,7		85,0
Birnsämling Nr.							
I.	Jugendholz	0,59	3,7	3,1	3,6	2,3	98,4
	Altersholz	1,09	6,8		5,9		87,2
II.	Jugendholz	0,59	3,7	3,6	3,4	2,8	91,3
	Altersholz	1,16	7,3		6,2		85,4

In der letzten Kolonne der Tabelle ist der Anteil des Reinprotein-Stickstoffes am Gesamt-Stickstoff in Prozent ausgerechnet, der im Durchschnitt aller Bestimmungen 88% ausmacht. Interessant ist die Feststellung, daß bei allen untersuchten Sämlingen die Zweige aus der Altersformzone einen etwas geringeren Reinproteinanteil aufweisen, also mehr stickstoffhaltige Stoffe nicht eiweißartiger Natur besitzen als diejenigen aus der Jugendformzone. Die gefundenen Gehalte an Gesamt-Stickstoff im Altersholz stimmen in der Größenordnung sehr gut mit denjenigen überein, die z. B. Kraybill, Potter und Mitarbeiter (23) im Fruchtholz eines nichttragenden Apfelbaumes festgestellt haben.

Wir gelangen nun zu den beiden Stoffgruppen, den *Pektinstoffen* und den *Hemizellulosen*, die teilweise als Reservestoffe, größtenteils aber als Gerüstsubstanzen angesehen werden müssen. Es sind beides Polysaccharide und enthalten Hexosen und Pentosen in glukosidischer Bindung. Die Pektinstoffe unterscheiden sich von den Hemizellulosen

durch den Gehalt an d-Galakturonsäure, die den Hauptbaustein dieser Stoffgruppe bildet. Beide Stoffgruppen sind äußerst schwer ganz genau abzugrenzen und mit den bestehenden Bestimmungsmethoden vollständig zu erfassen. In der vorliegenden Untersuchung werden als Pektinstoffe die Gesamtpolyuronsäure multipliziert mit dem Faktor 4 und als Hemizellulosen das Glukoseanhydrid im zweiprozentigen Salzsäurehydrolysat bezeichnet.

Tabelle 11

Pektingehalt und Hemizellulosegehalt der Zweige

Material		Hemizellulosen Glucoseanhydrid im 2 % HCl-Hydrolysat in % der TS		«Pektine» Gesamtpolyuronsäuren in % der TS	
Apfelsämling Nr.					
3098	Jugendholz	17,4	2,4	7,4	0,7
	Altersholz	15,0		8,1	
3028	Jugendholz	19,8	3,3	6,2	0,3
	Altersholz	16,5		6,5	
2954	Jugendholz	19,1	2,3	7,9	0,4
	Altersholz	16,8		8,3	
329	Jugendholz	20,4	3,2	5,2	1,3
	Altersholz	17,2		6,5	
241	Jugendholz	16,7	1,8	5,8	3,6
	Altersholz	14,9		9,4	
2596	Jugendholz	19,5	3,6	5,9	3,4
	Altersholz	15,9		9,3	
2580	Jugendholz	18,6	1,8	8,3	0,9
	Altersholz	16,8		9,2	
Birnsämling Nr.					
I.	Jugendholz	20,4	4,7	6,8	1,0
	Altersholz	15,7		7,8	
II.	Jugendholz	22,8	6,5	5,5	3,5
	Altersholz	16,3		9,0	

Aus der vorliegenden Tabelle 11 ist ersichtlich, daß die Zweige aus der Jugendformzone die *Hemizellulosen* in größeren Mengen enthalten als diejenigen aus der Altersformzone. Hingegen ist nach den Ergebnissen das Altersholz *pektinreicher*. Allerdings sind die Unterschiede zwischen Jugend- und Altersholz bei vier der untersuchten Sämlinge nur sehr klein.

Die beiden ausgesprochenen Wandsubstanzen *Zellulose* und *Lignin* treten im Jugendholz in bedeutend größeren Mengen auf als im Altersholz, was aus Tabelle 12 hervorgeht.

Tabelle 12
Zellulosegehalt und Ligningehalt der Zweige

Material		Zellulose als Glukoseanhydrid im 80 % H_2SO_4-Hydrolysat in % der TS		Zellulose nach Tettamanzi in % der TS	Lignin in % der TS	
Apfelsämling Nr.						
3098	Jugendholz	23,0	7,9	21,8	13,3	2,0
	Altersholz	15,1		14,5	11,3	
3028	Jugendholz	22,4	6,3	21,6	15,4	3,1
	Altersholz	16,1		16,1	12,3	
2954	Jugendholz	22,1	9,1	22,7	13,6	3,1
	Altersholz	13,0		13,1	10,5	
329	Jugendholz	21,1	8,7	21,5	18,3	8,0
	Altersholz	12,4		11,3	10,3	
241	Jugendholz	26,1	13,5	25,8	12,9	3,0
	Altersholz	12,6		13,8	9,9	
2596	Jugendholz	22,9	10,0	22,5	15,8	6,0
	Altersholz	12,9		14,6	9,8	
2580	Jugendholz	18,9	9,2	20,2	16,6	5,8
	Altersholz	9,7		9,0	10,8	
Birnsämling Nr.						
I.	Jugendholz	19,4	8,1	19,2	15,5	4,4
	Altersholz	11,3		10,9	11,1	
II.	Jugendholz	24,3	13,5	20,6	15,9	3,2
	Altersholz	10,8		10,2	12,7	

Der Unterschied zwischen dem Zellulosegehalt im Jugendholz und demjenigen im Altersholz ist überraschend groß. Die Differenz zwischen beiden Ergebnissen ist bei allen Sämlingen größer als 50 % des Zellulosegehaltes der Altersform. Die Bestimmung der Zellulose im 80prozentigen Schwefelsäurehydrolysat der Komplexgruppen-Analyse zeigt recht gut übereinstimmende Resultate mit derjenigen nach Tettamanzi.

Aus Tabelle 13 endlich kann noch entnommen werden, daß das Altersholz einen größeren *Aschengehalt* aufweist als das Jugendholz.

Tabelle 13
Aschengehalt der Zweige

Material		Aschengehalt in % der TS		Material		Aschengehalt in % der TS	
Apfelsämling Nr.				*Apfelsämling Nr.*			
3098	Jugendholz	4,1	**0,6**	2596	Jugendholz	4,3	**4,0**
	Altersholz	4,7			Altersholz	8,3	
3028	Jugendholz	4,3	**1,4**	2580	Jugendholz	4,2	**4,4**
	Altersholz	5,7			Altersholz	8,6	
2954	Jugendholz	4,7	**0,9**				
	Altersholz	5,6		*Birnsämling Nr.*			
329	Jugendholz	4,2	**0,5**	I.	Jugendholz	4,4	**1,8**
	Altersholz	4,7			Altersholz	6,2	
241	Jugendholz	4,8	**3,3**	II.	Jugendholz	4,3	**4,1**
	Altersholz	8,1			Altersholz	8,4	

4. Zusammenfassung

Die Aufteilung der Proben in Stoffgruppen verschiedener Löslichkeit, bzw. Hydrolysierbarkeit mit Hilfe der Komplexgruppen-Analyse gibt uns schon ein interessantes und eindeutiges Bild über den unterschiedlichen stofflichen Aufbau der beiden Entwicklungsstadien derselben Pflanze. Die Zweige aus der Altersformzone enthalten die *petrolätherlöslichen*, die *kaltwasserlöslichen* und die *heißwasserlöslichen* Stoffgruppen in bedeutend größeren Mengen als diejenigen aus der Jugendformzone. In diesen Stoffgruppen finden sich vor allem leichtlösliche Verbindungen, die an den Stoffwechselvorgängen direkt beteiligt oder leicht mobilisierbar sind. Anderseits enthalten die Zweige aus der Jugendformzone bedeutend mehr Stoffe, die nur mit *achtzigprozentiger Schwefelsäure oder überhaupt nicht löslich und hydrolysierbar sind;* es handelt sich demnach um schwer lösliche, festgelegte Verbindungen. Die mit *zweiprozentiger Salzsäure hydrolysierbare* Stoffgruppe nimmt eine Mittelstellung ein.

Bei den einzeln bestimmten Verbindungen ist vor allem der im Durchschnitt mehr als doppelt so hohe Gehalt an *direkt reduzierendem Zucker* des Altersholzes gegenüber demjenigen des Jugendholzes auffällig. Glukose und Dextrose sind aber besonders wichtige Betriebsstoffe in der Pflanze. Ebenfalls ist der leicht greifbare Kohlehydratreservestoff *Stärke* in den Zweigen des Altersholzes in bedeutend größeren Mengen enthalten als in denjenigen des Jugendholzes. Die Zuckerarten und Stärke sind an der Entscheidung, ob an Zweigen Blütenknospen oder bloße Blattknospen angelegt werden, maßgeblich beteiligt. Auch die

Stickstoffverbindungen, berechnet als Rohprotein und Reinprotein und ebenfalls die *Mineralstoffe* sind im Altersholz in größeren Quantitäten gefunden worden als im Jugendholz. Anderseits sind im Jugendholz bedeutend mehr *Zellulose* und *Ligninstoffe* enthalten. In der Pflanze wird Zellulose für die Anlage der Zellwände gebildet, die später durch Inkrustationen besonders mit Ligninstoffen verstärkt werden. Die Ergebnisse unserer chemischen Untersuchungen zeigen demnach, daß das Jugendholz bedeutend membranreicher sein muß als das Altersholz. Wir erhalten damit eine sehr schöne Übereinstimmung zwischen den Resultaten der chemischen Untersuchungen mit denjenigen der mikroskopischen Auszählungen, die zeigen, daß auf eine bestimmte Fläche beim Jugendholz viel mehr dickwandige und stark ligninfizierte Holzfasern und dafür entsprechend weniger dünnwandige Markstrahlenzellen, Holzparenchymzellen und großlumige Gefäße entfallen als beim Altersholz. Die Hemizellulosen, die ebenfalls im Jugendholz in deutlich größeren Mengen enthalten sind, werden im Apfel- und Birnenholz vermutlich größerenteils als Membransubstanzen verwendet und kleinernteils als Reservestoffe gespeichert. Umgekehrt scheint es mit einem Teil der Pektinstoffe zu sein.

Kurz zusammengefaßt kann festgestellt werden, daß die Zweige des Jugendholzes die wichtigsten Wandsubstanzen in bedeutend größeren Mengen enthalten als diejenigen des Altersholzes. Anderseits ist das Altersholz reicher mit Betriebsstoffen und mit Reservestoffen versehen.

Die Resultate können uns beim Versuch, das unterschiedliche physiologische Verhalten der beiden Entwicklungsphasen zu begründen, sehr gute Dienste leisten. Die mit der Verwendung des Strepkovapparates gemachten Erfahrungen werden zudem bei den vorgesehenen Untersuchungen mit Hilfe desselben über die Frage der Blütenknospenbildung bei den Obstbäumen wertvoll sein, weshalb auch unsere Resultate mit den entsprechenden aus den klassischen Untersuchungen über dieses Thema verglichen worden sind.

C. Die Dauer des Jugendstadiums

Um die Zahl der Jahre, während denen ein Apfel- oder Birnsämling nach seiner Keimung im Jugendstadium wächst, feststellen zu können, zählten wir an den Hauptachsen vieler, möglichst unbeschnittener Sämlinge die angelegten Jahrestriebe von der Basis bis zur Umschlagszone. Die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Unterschiede im Habitus, in der Beschaffenheit der Zweige und der Blätter zwischen den beiden Entwicklungsstadien erlauben es, die Umschlagszone bei den meisten Pflanzen sicher zu finden. Der Jahrestrieb, in dem dieselbe sich befindet, ist schon zum Altersstadium gezählt worden.

Es wurden 550 *Apfelsämlinge,* die Nachkommen von Kreuzungen zwischen bestimmten Sorten sind, untersucht. In der nachfolgenden Tabelle 14 sind die Mittelwerte der Anzahl Jahre, während denen sich die verschiedenen Sämlinge im Jugendstadium befunden haben, aufgeführt:

Tabelle 14
Dauer des Jugendstadiums

Kombination	Mittelwert der Anzahl Jugendjahre	Streuung	Mittlerer Fehler
Champagner × Metzersur . . .	5,3 Jahre	± 0,4	± 0,03
Ontario × Glockenapfel . . .	5,1 Jahre	± 0,7	± 0,07
Glockenapfel × Winesap . . .	5,0 Jahre	± 0,7	± 0,08
Jonathan × Ontario	5,1 Jahre	± 0,8	± 0,18
Glockenapfel × Delicious . . .	5,0 Jahre	± 0,7	± 0,11

Die Sämlinge aller untersuchten Kombinationen verharren demnach im Mittel während gut fünf Jahren vom Saatjahr an gerechnet im Jugendstadium. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der verschiedenen Kombinationen sind sehr unbedeutend. Ebenfalls sind die Streuungen relativ klein, obgleich immer vereinzelte extreme Pflanzen zu finden sind, die entweder schon nach drei Jahren oder dann solche, die erst nach acht oder neun Jahren ins Altersstadium umschlagen.

Die *Birnsämlinge* befinden sich im Mittel etwas länger als die Apfelsämlinge, nämlich während sieben Jahren, im Jugendstadium. Die Extremfälle sind bei diesen noch ausgesprochener und häufiger als bei den Apfelsämlingen. Leider konnten wir kein ausgedehntes statistisches Material hierüber sammeln, weil in den vorhandenen größeren Birnsämlingsanlagen noch nicht alle Sämlinge im Altersstadium sind.

D. Physiologie der Jugendform

I. Die Sterilität der Jugendform

Die Jugendform ist völlig steril, d. h. es werden in dieser Zone überhaupt keine Blütenknospen angelegt. Die Fruchtbarkeit bleibt in der Kronenpartie, die während des Jugendstadiums angelegt worden ist, auch aus, wenn der Sämling sich schon im Altersstadium befindet. Für das Ausbleiben der Fruchtbarkeit sind zwei Ursachen denkbar. Es könnte sich hierbei um eigentliche *Jugendsterilität* handeln, die als eine unveränderliche Eigenschaft der Jugendform anzusprechen wäre. Anderseits bestände die Möglichkeit, daß das Ausbleiben der Blütenbildung allein durch *ernährungsphysiologische Einflüsse* verursacht wäre. Es kann immer wieder festgestellt werden, daß junge, aus ungeschlecht-

licher Vermehrung hervorgegangene Obstbäume sich zuerst mehrere Jahre auf das Triebwachstum beschränken, bevor sie die ersten Blüten anlegen. In diesem Falle ist die Sterilität durch ernährungsphysiologische Gründe verursacht, weil es sich bei solchen Jungbäumen nicht um Jugendformen in unserem Sinn, sondern um ungeschlechtliche Vermehrung von seit langem im Altersstadium stehenden und daher an sich fruchtbaren Sorten handelt. In den starkwüchsigen Jungbäumen werden die gebildeten Assimilate, infolge kräftiger Ernährung durch starke Unterlagen, vorweg für das Triebwachstum verbraucht und nur zum kleinsten Teil als Kohlehydratreserve gespeichert. Dadurch ist das für die Bildung von Blütenknospen entscheidende Verhältnis zwischen dem zur Verfügung stehenden Stickstoff und den mobilisierbaren Kohlehydraten in diesen Bäumen ungünstig. Einer großen Stickstoffzufuhr stehen zu kleine Kohlehydratreserven gegenüber. Die klassische Kohlehydrat-Stickstoff-Theorie (21) besagt aber: Je mehr Stickstoff im Verhältnis zu den Kohlehydraten dem Baum zur Verfügung stehen, desto größer ist das vegetative Wachstum, je mehr aber die Kohlehydrate überwiegen, desto reichlicher ist die Blütenbildung. Diese ernährungsphysiologisch bedingte « Jugendsterilität » kann erfahrungsgemäß durch geeignete Kulturmaßnahmen, die die ernährungsphysiologischen Bedingungen für die Blütenknospenanlage in diesen Pflanzen zu verbessern vermögen, behoben werden. Die sicherste Maßnahme hierfür ist wohl das *Ringeln*, über dessen Wirkung Müller-Thurgau und Kobel (29) ausgedehnte Versuche durchgeführt haben. Wir verstehen darunter das Herausschneiden eines Ringes von Rinde und Bast von zirka ½ cm Breite am Stamm oder an Ästen während des Monats Mai. Die Wunde muß durch Abdecken mit Baumwachs vor Austrocknung geschützt werden. Durch diesen Eingriff können die in den Blättern aufgebauten Assimilate nicht in die Partien unter der Ringelungsstelle transportiert werden, weil das Phloem durch die Ringelung unterbrochen worden ist. Demzufolge werden die Kohlehydrate über der Ringelungsstelle stark angereichert, wodurch zur Zeit der Blütenknospendifferenzierung im Juli das Kohlehydrat-Stickstoff-Verhältnis in den über derselben liegenden Partien erhöht wird, so daß dort zwangsläufig Blütenknospen angelegt werden. Eine andere Maßnahme besteht darin, daß durch Abspaten von Wurzeln die Mineralstoffaufnahme verringert wird, was auch das Kohlehydrat-Stickstoff-Verhältnis verschiebt. Da wir nun zu entscheiden hatten, ob die Sterilität der Jugendform der Sämlinge als eigentliche Jugendsterilität anzusprechen sei oder ob es sich nur um eine ernährungsphysiologisch bedingte Sterilität handle, führten wir ausgedehnte Ringelungs- und Wurzelschnittversuche durch. Im Mai 1944 ringelten wir 220 Sämlinge im Alter zwischen vier und elf Jahren, die sich demnach teilweise schon einige Jahre im Altersstadium befanden. Bei den einen wurde der Ringelungsschnitt knapp über dem Boden ausgeführt, während bei

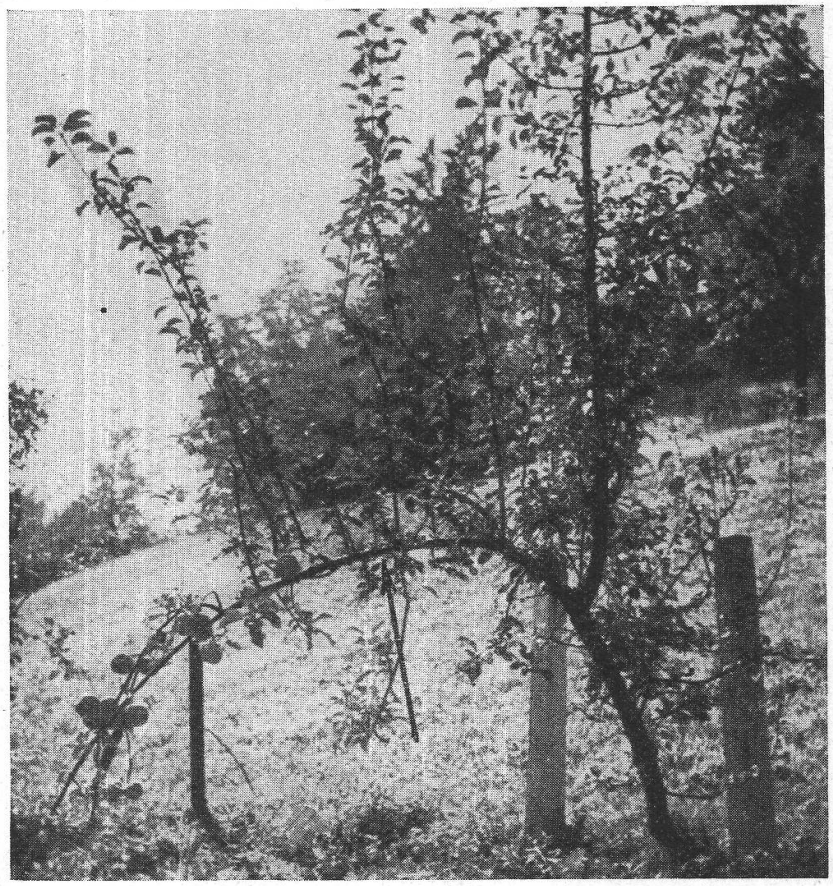
anderen nur einzelne Äste geringelt wurden. Im folgenden Jahr führten wir diese Maßnahme in allen Sämlingsquartieren der Versuchsanstalt Wädenswil bei einigen hundert Bäumen durch. Im Verlaufe des Sommers wurden die Ringelschnitte einige Male kontrolliert, um einer vorzeitigen Überwallung der Wunden vorzubeugen. Bei fast allen Sämlingen trat im Herbst eine auffallend frühe Herbstverfärbung der Blätter über der Rin-

Abbildung 6a u. 6b Geringelte Apfelsämlinge, die nur in der Altersformzone Früchte entwickelt haben. In d. sterilen Jugend-

Abbildung 6a

gelungsstelle auf, die, wie Kobel (21) nachgewiesen hat, durch Überhäufung mit Kohlehydraten, die nicht abtransportiert werden können, hervorgerufen wird. Im folgenden Herbst konnte bei den älteren geringelten Sämlingen an den Zweigen der Altersformzone ein reicher Blütenknospenansatz beobachtet werden. Bei einem zahlenmäßig geringen Teil derselben waren vereinzelte Blütenknospen in der Übergangszone (Umschlagszone) angelegt worden, aus denen sich aber in der Regel keine Früchte zu entwickeln vermochten. In der Zone der Jugendform konnten nirgends Blütenknospen gefunden werden. Ebenfalls blieben die Sämlinge, die sich noch ganz im Jugendstadium befanden, trotz dem Ringeln

völlig steril. Die Maßnahme vermochte auch den beschriebenen Habitus und die Wuchsform der Jugendform und vor allem die Dornenbildung in keiner Weise zu beeinflussen. Die Abbildungen 6a und b zeigen Apfelsämlinge aus dieser Versuchsreihe im Herbst des folgenden Jahres, deren Stämme knapp über dem Boden geringelt worden sind. Es sind nur Früchte in der Altersformzone vorhanden, währenddem in der Jugend-



formzone ist die Kleinblättrigkeit deutlich zu erkennen. Der Pfeil weist auf die Umschlagstelle ($^1/_{20}$ nat. Größe).

Abbildung 6b

formzone durch das Ringeln keinerlei Änderungen eingetreten sind. Wenn es sich bei diesen Sämlingen nur um ernährungsphysiologisch bedingte Sterilität gehandelt hätte, so hätten sich am meisten Blütenknospen, und damit Früchte, an den Zweigen unmittelbar über der Ringelungsstelle finden müssen.

Durch diese Versuche ist der Beweis erbracht worden, daß die Sterilität der Jugendform eine eigentliche Jugendsterilität ist. Sie wird verursacht durch den besonderen anatomischen Bau der Jugendform, der durch keinerlei Kulturmaßnahmen verändert werden kann. Die in nur spärlicher Zahl angelegten Gefäße, Siebröhren und Speicherzellen

reichen offenbar nicht aus, um die für die Blütenknospenbildung notwendigen Stoffe in genügenden Mengen bereitzustellen. So finden wir an den Kurztrieben, wo sonst Blütenknospen angelegt werden, ein Verkümmern der Knospen, was oft zur Dornenbildung führt, wie schon beschrieben worden ist.

II. Pfropfversuche mit der Jugendform

Vor vier Jahren wurden an der Versuchsanstalt in Wädenswil von dreijährigen Sämlingen die Endtriebe geschnitten und mit Hilfe des ver-

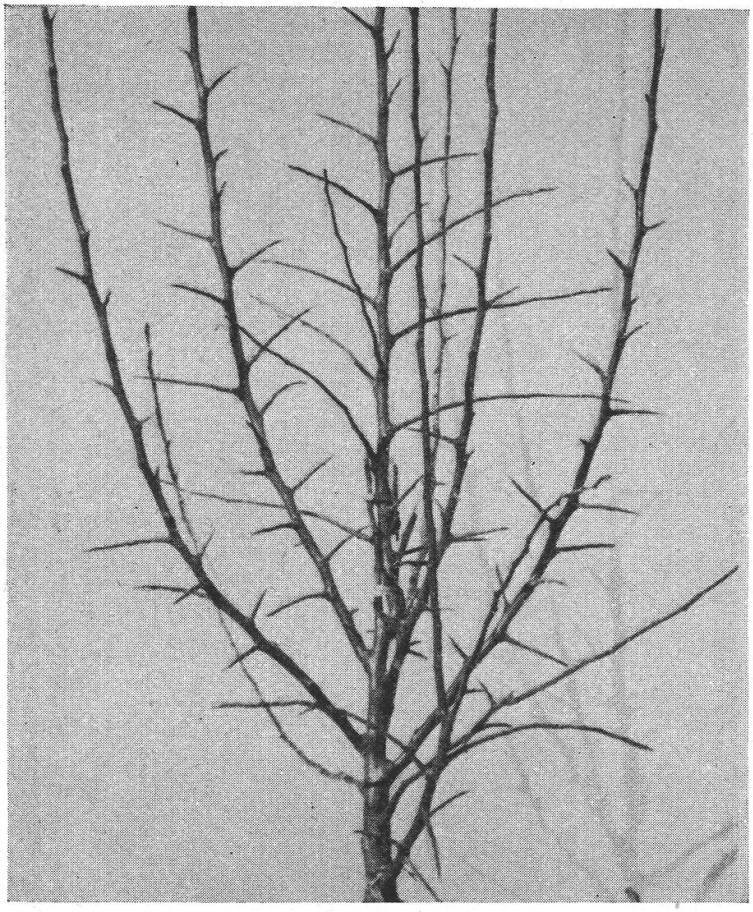


Abbildung 7
Triebe zweijähriger Apfelsämlinge auf die typisierte Unterlage E. M. Typ IX aufgepfropft
(1/6 nat. Größe)

besserten Rindenpfropfens auf 50 zirka 20jährige, schon während einiger Jahre im Ertrag stehenden Hochstämme aufgepfropft. Diese Arbeit stand im Zusammenhang mit der Züchtung neuer Sorten (siehe Abschnitt E 1). Es zeigte sich nun während der folgenden Jahre, daß diese Pfropfreiser auf der fremden Unterlage in der Jugendform weiterwuchsen. Alle Neutriebe wiesen den beschriebenen Habitus, die Verdornung der Seitentriebe, Kleinblättrigkeit, den anatomischen Bau usw. der Jugendform auf. Zudem blieben die Veredlungen während der ersten Jahre völlig steril, obwohl sie im zweiten Jahr knapp über der Veredlungsstelle geringelt wurden. Dieses Jugendstadium dauerte auf den Hochstämmen

noch im Mittel drei bis vier Jahre, worauf sie in die Altersform umschlugen, genau so wie Sämlinge auf den eigenen Wurzeln. Alle Triebe der Jugendformzone bleiben auch in diesem Falle zeitlebens steril, und innerhalb derselben entstehende Neutriebe weisen wiederum alle Merkmale der Jugendform auf. Demzufolge dauert das Jugendstadium genau gleich lang, ob der Sämling auf eigener Wurzel steht oder auf eine Unterlage aufgepfropft worden ist.

Auf dem Betriebe der Schweizerischen Zentrale für Obstbau in Oeschberg-Koppigen wurden seit einigen Jahren Triebe von zweijährigen Sämlingen aus dem Sortenzuchtmaterial der Versuchsanstalt in Wädenswil auf die typisierte Unterlage Malus E. M. Typ IX aufgepfropft. Auch hier zeigt sich, daß die Reiser in der Jugendform weiterwuchsen, bis die obligatorische Anzahl Jugendjahre absolviert waren. Dadurch bleiben diese Kronen im Zentrum dauernd steril. Abb. 7 zeigt eine solche Veredlung im Winter des zweiten Jahres. Die Seitentriebe weisen den bekannten sparrigen Wuchs und das Abstehen von der Hauptachse auf. Zudem ist ein großer Teil derselben verdornt.

III. Die vegetative Vermehrbarkeit der Jugendform

Aus der Literatur (z. B. 7, 35, 32, 34, 25) kann entnommen werden, daß wiederholt versucht worden ist, die gebräuchlichen Obstsorten wurzelecht zu vermehren. Alle Versuche zeigten aber, trotz Anwendung aller Kunstgriffe, wie Behandlung mit Wuchsstoffen und Chemikalien, Anbrennen usw., daß sich dieselben nicht oder nur ausnahmsweise und ungenügend bewurzeln. Hingegen wurde mehrmals die unerklärbare Beobachtung gemacht, daß Stecklinge, die von jungen Sämlingen oder von Stockausschlägen aus Sämlingsunterlagen gewonnen wurden, sich besser bewurzeln. Der Gedanke, der zur gleichen Zeit auch Passecker (34, 33) beschäftigte, lag deshalb für uns nahe, daß die bessere Bewurzelungsfähigkeit solcher Triebe mit der Jugendform im Zusammenhang stehen könnte. Um die Vermutung zu prüfen, daß die Jungtriebe der Jugendform im Stande sind, Wurzeln zu bilden, sofern sie mit ihrer Basis in feuchte Erde zu stehen kommen, führten wir folgende Versuche durch. Bei der Durchführung dieser Feldversuche erhielt ich sehr wertvolle Unterstützung durch Herrn W. Bryner, Obstbautechniker an der Versuchsanstalt in Wädenswil.

1. Bewurzelungsversuche mit Grünstecklingen

Wir rissen von acht Apfel- und Birnsämlingen am 1. Juni getrennt aus der Jugendformzone und aus der Altersformzone je zirka 30 Neutriebe mit sogenanntem « Talon » ab. Von jedem Trieb wurden zwei Stecklinge gewonnen, nämlich der Abrißteil (mit zirka drei bis vier Blättern) von zirka acht Zentimeter Länge und die Triebspitze mit zwei bis drei ausgewachsenen Blättern. Zum Vergleich wählten wir gleich-

artige Grünstecklinge von den Sorten Gute Louise und Kanada-Reinette sowie von den typisierten Unterlagen Malus E. M. Typ I und XII.

Die Stecklinge wurden in Saatkistchen, gefüllt mit einer Mischung von halb Sand und halb sterilisiertem, gut durchfeuchtetem Torfmull, gesteckt und gut schattiert. Nachdem dieselben während zirka fünfzehn Tagen sehr frisch waren, dorrten deren Blätter vom Rande her nach und nach ein. Später trat eine Verjauchung der Rinde beim Übergang zwischen Erde und Luft ein. Die Stecklinge aus der Jugendformzone erwiesen sich als deutlich widerstandsfähiger gegen das Verjauchen als diejenigen aus der Altersformzone. Bei der Schlußkontrolle ergab sich, daß kein Grünsteckling Kallus oder Wurzeln gebildet hatte. Eine Ausnahme machten fünf Jugendholzstecklinge eines Birnsämlings, die nicht verjaucht waren und zudem an ihrem Fuß sehr schöne Kallusbildung aufwiesen.

Der Versuch wurde am 15. Juli nochmals wiederholt, wobei das obere Ende der Stecklinge mit Baumwachs abgedeckt und die Feuchtigkeit der Erde noch sorgfältiger reguliert wurde. Auch dieser Versuch verlief ergebnislos. Es scheint, daß die Stecklinge verjauchen, bevor sie überhaupt Zeit finden, Kallus und Wurzeln zu bilden.

2. *Bewurzelungsversuche mit verholzten Stecklingen*

Am 25. Januar 1946 rissen wir von mehreren älteren Sämlingen gut ausgereifte einjährige Triebe aus der Jugendformzone und aus der Altersformzone ab. Gleiches Material gewannen wir von den Sorten Schöner von Boskoop und Landsberger Reinette. Diese Triebe wurden im Edelreisereinschlag sorgfältig aufbewahrt. Am 26. März schnitten wir die abgerissenen Triebe auf zirka 20 cm Länge und auf Astring. Hierauf wurden die Steckhölzer in einem Triebbeet gesteckt, so daß dieselben zirka 4 cm oder mit 1 bis 2 vollwertigen Knospen über die Erdoberfläche ragten. Der Kasten besaß eine gute Schlackendrainage und enthielt eine stark mit Torfmull und Sand durchsetzte leichtere Erde. Parallel zu diesem Versuch wurden am gleichen Ort auch Steckhölzer der typisierten E.M.-Unterlagen gesteckt.

Mitte April hatten die Knospen aller Steckhölzer ausgetrieben. Die Steckhölzer aus der Altersformzone und diejenigen von den Sorten bildeten durchwegs pro Knospe 4 Blätter aus und blieben dann in der Entwicklung stehen. Ein kleinerer Teil derjenigen aus der Jugendformzone hingegen entwickelten sich weiter und bildeten bis 24. Mai Triebe von 5 bis 10 cm Länge mit sieben Blättern im Durchschnitt. Die Altersholzsteckhölzer und auch diejenigen von Sorten entwickelten sich auch bis zur Winterruhe nicht weiter, sondern im Gegenteil trockneten die vier gebildeten Blätter nach und nach ein. Die Steckhölzer aus der Jugendformzone und diejenigen von den E.M.-Typen verhielten sich gleich. Ein Teil blieb ebenfalls im Vierblattstadium stehen, während die übrigen

recht kräftige Triebe bildeten. Bei der Schlußkontrolle wurden die Stecklinge nach der Triebbildung, der Kallusbildung und der Wurzelbildung beurteilt, worüber Tabelle 15 Auskunft gibt.

Tabelle 15
Resultate des Versuches mit Steckhölzern

Material		Total	Abgestorbene Steckhölzer	Noch grün, ohne Kallus- und Wurzelbildung	Steckhölzer mit Kallusbildung	Steckhölzer mit Wurzelbildung
◊ 431	Jugendform	28 (100 %)	13 (46 %)	10 (36 %)	5 (18 %)	0 (0 %)
	Altersform	28 (100 %)	28 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
◊ 329	Jugendform	32 (100 %)	7 (22 %)	3 (9 %)	12 (38 %)	10 (31 %)
	Altersform	30 (100 %)	30 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
◊ 27	Jugendform	36 (100 %)	15 (42 %)	4 (11 %)	11 (31 %)	6 (16 %)
	Altersform	30 (100 %)	27 (90 %)	3 (10 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
K 787	Jugendform	16 (100 %)	8 (50 %)	0 (0 %)	7 (44 %)	1 (6 %)
	Altersform	16 (100 %)	14 (88 %)	1 (6 %)	1 (6 %)	0 (0 %)
K 590	Jugendform	19 (100 %)	9 (47 %)	2 (11 %)	5 (26 %)	3 (16 %)
	Altersform	25 (100 %)	25 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
K 1901	Jugendform	36 (100 %)	22 (61 %)	0 (0 %)	10 (28 %)	4 (11 %)
	Altersform	20 (100 %)	20 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
K 1845	Jugendform	20 (100 %)	11 (55 %)	4 (20 %)	5 (25 %)	0 (0 %)
	Altersform	19 (100 %)	18 (95 %)	1 (5 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Boskoop		30 (100 %)	29 (97 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Landsberger Reinette . . .		30 (100 %)	28 (94 %)	2 (6 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
E. M. Typ I		102 (100 %)	49 (49 %)	35 (34 %)	5 (4 %)	13 (13 %)
E. M. Typ II . . .		36 (100 %)	27 (75 %)	5 (14 %)	4 (11 %)	0 (0 %)
E. M. Typ IX . . .		9 (100 %)	4 (45 %)	0 (0 %)	4 (44 %)	1 (11 %)
E M. Typ I geringelt		22 (100 %)	10 (46 %)	8 (36 %)	0 (0 %)	4 (18 %)

Trotzdem der Erfolg dieses Versuches klein war, konnte ein ganz deutlicher Unterschied zwischen den Steckhölzern aus der Jugendformzone und denjenigen aus der Altersformzone und von Sorten im Verhalten und in der Bewurzelungsfähigkeit festgestellt werden. Kein einziges Altersholzsteckholz wies eine Wurzelbildung auf, und nur ganz vereinzelte waren noch grün, währenddem die übrigen verjaucht waren. Bei den Jugendholzsteckhölzern und bei denjenigen von den E.M.-Typen war die Ausbeute an gut bewurzelten Steckhölzern praktisch gleich groß. Zudem hat ein ansehnlicher Prozentsatz wenigstens Kallus gebildet. Die Steckhölzer aus der Jugendformzone zweier Sämlinge sowie diejenigen des E.M.-Types I bildeten überhaupt keine Wurzeln. Bei den

vielen Versuchen mit Steckhölzern von den Unterlagentypen, die an der Versuchsanstalt durchgeführt worden sind, hat Typ II immer versagt. Auch bei Versuchen, über die in der Literatur berichtet wird, ist eine Vermehrung der Obstunterlagen durch Steckholz bis auf Quitten, Myrobalana und Mariana in einem praktisch verwertbaren Umfange noch nie gelungen. Allerdings glauben wir, daß auch bei Apfelunterlagen die Ausbeute an gut bewurzelten Steckhölzern durch Verbesserung der Kulturtechnik noch ganz wesentlich gesteigert werden kann. Auf Abb. 8a sind Steckhölzer aus der Altersformzone von Sämling 229 und auf Abb. 8b solche aus der Jugendformzone des gleichen Sämlings abgebildet.

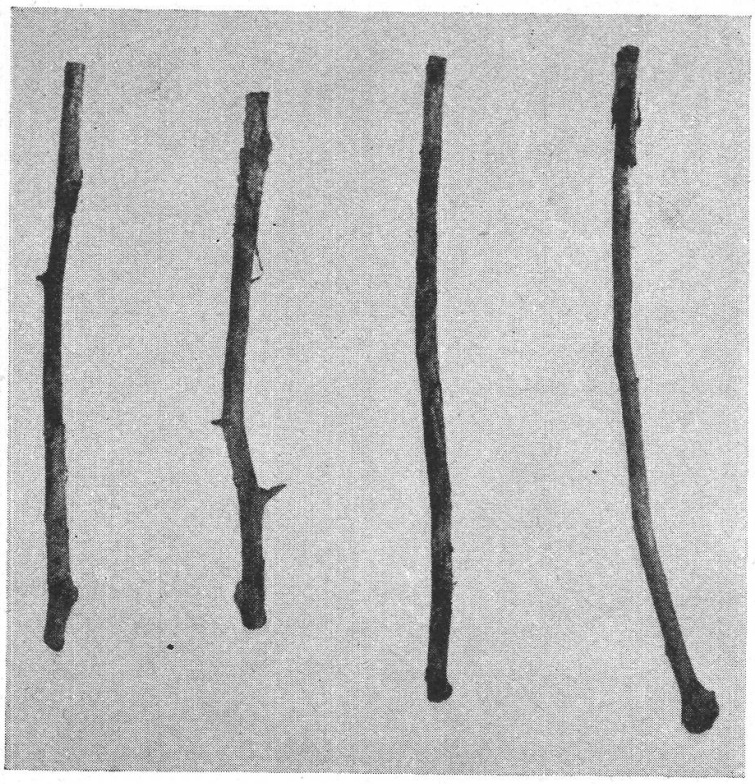


Abbildung 8a
Steckhölzer a. d. Altersformzone. Keine Kallus- und Wurzelbildung
(⅓ nat. Größe)

3. *Vermehrungsversuche mit Hilfe der Abrißmethode*

Die dritte Möglichkeit, die wurzelechte Vermehrbarkeit des Apfel- und des Birnbaumes im Jugendstadium zu prüfen, besteht darin, Vermehrungsversuche nach der baumschulmäßigen Abrißmethode anzulegen. Solche Versuche führten wir während drei Jahren mit Apfelsämlingen im größeren Umfange durch. Wir verwendeten hierzu 1945 53, 1946 61 und 1947 68 Apfelsämlinge von dem eingangs beschriebenen Sämlingsmaterial. Dieselben wiesen neben der Jugendform an ihrer Peripherie auch die Altersform auf und hatten alle schon fruktifiziert. Ende Februar oder anfangs März, nach den Hauptwinterfrösten, sägten wir die ausgelesenen Sämlinge 6 bis 8 cm über dem Erdboden ab. Die Wunden wurden sofort mit der Wundsalbe Proxyl verstrichen. Die verbliebenen

Stammstummel befanden sich selbstverständlich bei allen Sämlingen im Jugendstadium. Durch diese Maßnahme gelang es, die schlafenden Knospen an denselben — knapp über dem Erdboden — zum Austrieb zu bringen. Mit wenigen Ausnahmen war der Austrieb im Frühjahr jeweils

Abbildung 8b Steckhölzer aus der Jugendformzone. Schöne Wurzelbildung (⅓ nat. Größe)

kräftig, wobei sich im Durchschnitt zirka acht vollwertige Triebe pro Stock entwickelten. Diese Triebe befanden sich naturgemäß wiederum im Jugendstadium. Sobald dieselben zirka handhoch gewachsen waren, wurden sie zum erstenmal mit einem Gemisch von Erde und Torfmull leicht angehäufelt, so daß ihre Basis in feuchter Erde stand und ge-

bleicht wurde. Entsprechend dem erfolgten Längenwachstum der Triebe wurden dieselben im Verlaufe des Sommers noch zweimal stärker angehäufelt. Diese Arbeiten führten wir bei den Sämlingen und im Vermehrungsquartier der E.M.-Typen zur selben Zeit durch. Im Vorwinter wurden die Stöcke abgehäufelt, die Triebe (Abrisse) abgeschnitten und genau beurteilt.

Daneben versuchten wir auch mit dieser Methode, trotz den vielen in der Literatur beschriebenen negativen Ergebnissen, in einem kleineren Demonstrationsversuch Altersholz zur Wurzelbildung zu veranlassen. Wir sägten wiederum sechs Sämlinge knapp über dem Boden ab und propften vermittelst des verbesserten Rindenpfropfens die Sorte Glokkenapfel auf. Im darauffolgenden Frühjahr wurden die gebildeten Edeltriebe baumschulmäßig abgelegt und die auf diesen zweijährig werdenden Trieben entstehenden Neutriebe ebenfalls in drei Arbeitsgängen angehäufelt.

Alle Triebe (Abrisse) wurden während der Vegetationszeit und nach der Ernte in bezug auf Wuchskraft, Blattausbildung, Wurzelbildung usw. beurteilt. Bei der Beurteilung der gebildeten Wurzeln wurde neben der Wurzelmenge besonders der Grad der Verholzung festgehalten. Wir verglichen die Abrisse der verschiedenen Sämlinge in bezug auf die genannten Kriterien mit den Abrissen eines gut ausgebildeten Mutterstockes der E.M.-Typen I, II, IX, XII und XVI aus dem Mutterpflanzenquartier der Versuchsanstalt in Wädenswil. In Tabelle 16 ist der Vergleich zwischen dem gewonnenen Material und dem kräftigsten E.M.-Malustyp XVI zusammengefaßt. Die durchschnittliche Länge der Abrisse jedes einzelnen Sämlings wurde durch Messung festgestellt und mit derjenigen der Abrisse der Vergleichspflanze verglichen. Der Vergleich in bezug auf Wurzelmenge und Wurzelqualität zwischen den Abrissen der beiden Vergleichspartner mußte an Hand genauer Beobachtungen und Punktierung vorgenommen werden. In die Gruppe « schwächer bewurzelt » wurden nur Sämlinge aufgenommen, deren Abrisse mehrere Würzelchen gebildet hatten, wobei diese manchmal allerdings nicht ausgereift waren. Um die Tabelle nicht zu umfangreich werden zu lassen, faßten wir die Sämlinge mit den gleichen Elternsorten zahlenmäßig zusammen. Leider konnten nur die Ergebnisse der Versuche der Jahre 1945 und 1946 verarbeitet werden, weil die diesjährigen Vermehrungen noch nicht geerntet worden sind.

Aus der vorliegenden Tabelle kann vor allem entnommen werden, daß die Abrisse aller Sämlinge Wurzeln gebildet hatten. Selbstverständlich waren in bezug auf Wurzelmenge, Länge der Wurzeln und insbesondere den Grad der Verholzung große Unterschiede festzustellen, was aus der Tabelle zu ersehen ist. Von den 112 Sämlingen hatten 30 Abrisse mit ebensogut ausgebildeten Wurzeln wie der Vergleichsstock des E.M.-Types XVI hervorgebracht. Einige Sämlinge übertrafen denselben noch

Tabelle 16

Ergebnisse der Bewurzelungsversuche nach der Abrißmethode

Kombination	Triebstärke der Abrisse im Vergleich zu Typ XVI			Wurzelausbildung der Abrisse			
				Keine Wurzelbildung	im Vergleich zu Typ XVI		
	schwächer	gleich	stärker		schwächer	gleichwertig	kräftiger
	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge	Anzahl Sämlinge
Versuche 1945							
Delicioussämlinge	1	1	3	0	3	1	1
Winesapsämlinge	2	0	1	0	2	1	0
Sämlinge eines Sämlings . . .	1	0	2	0	2	0	1
Champagner × Metzersur . . .	4	3	9	0	11	3	2
Glockenapfel × Delicious . . .	2	0	1	0	2	1	0
Ontario × Glockenapfel . . .	4	0	7	0	8	2	1
Jonathan × Ontario	2	0	1	0	2	1	0
Glockenapfel × Winesap . . .	1	1	1	0	3	0	0
«Gravensteiner-S.»×James Grieve .	1	0	6	0	2	2	3
Versuche 1946							
Delicioussämlinge	1	0	0	0	0	0	1
Sämling eines Sämlings . . .	0	1	0	0	0	1	0
Champagner × Metzersur . . .	0	0	1	0	0	1	0
Ontario × Glockenapfel . . .	7	11	9	0	19	6	2
Glockenapfel × Winesap . . .	1	5	2	0	7	1	0
«Gravensteiner-S.»×James Grieve .	8	2	10	0	6	10	4
Glockenapfel	4	2	0	6	0	0	0

in bezug auf den Bewurzelungsgrad der Abrisse. Dabei muß berücksichtigt werden, daß das Anhäufeln der E.M.-Typen im Mutterpflanzenquartier sorgfältiger ausgeführt werden konnte, als dies bei den einzeln stehenden Sämlingsstöcken im Sämlingsquartier möglich war, um so mehr, als diese einen höheren Stock aufweisen als die speziell tief gepflanzen Mutterstöcke der E.M.-Typen. Abb. 9a zeigt einen abgehäufelten Sämlingsstock, und auf Abb. 9b sind vier Abrisse desselben abgebildet, die recht gut bewurzelt sind.

Bedeutend ist für uns der Umstand, daß die Abrisse der Sämlinge, die von den beiden Elternsorten James Grieve und « Gravensteiner-Sämling » abstammen, sich im Durchschnitt besser bewurzelt hatten als die Abrisse der Nachkommen der übrigen Sortenkombinationen.

24 Sämlinge besaßen im Durchschnitt gleich starke, 35 Sämlinge schwächere und 53 Sämlinge stärkere Abrisse als der Vergleichsmutterstock. Diese Feststellung wird uns im Kapitel E II beschäftigen.

Die angehäufelten Triebe der Sorte Glockenapfel hatten bei keinem Stock Wurzeln gebildet. Die Basen derselben waren gut ausgebleicht, und die Rinde innerhalb der angehäufelten Zone wies bei einzelnen Exemplaren charakteristische Höckerbildung auf. Es war also auch in diesem Falle nicht gelungen, Jungtriebe einer Sorte zur Wurzelbildung zu veranlassen.

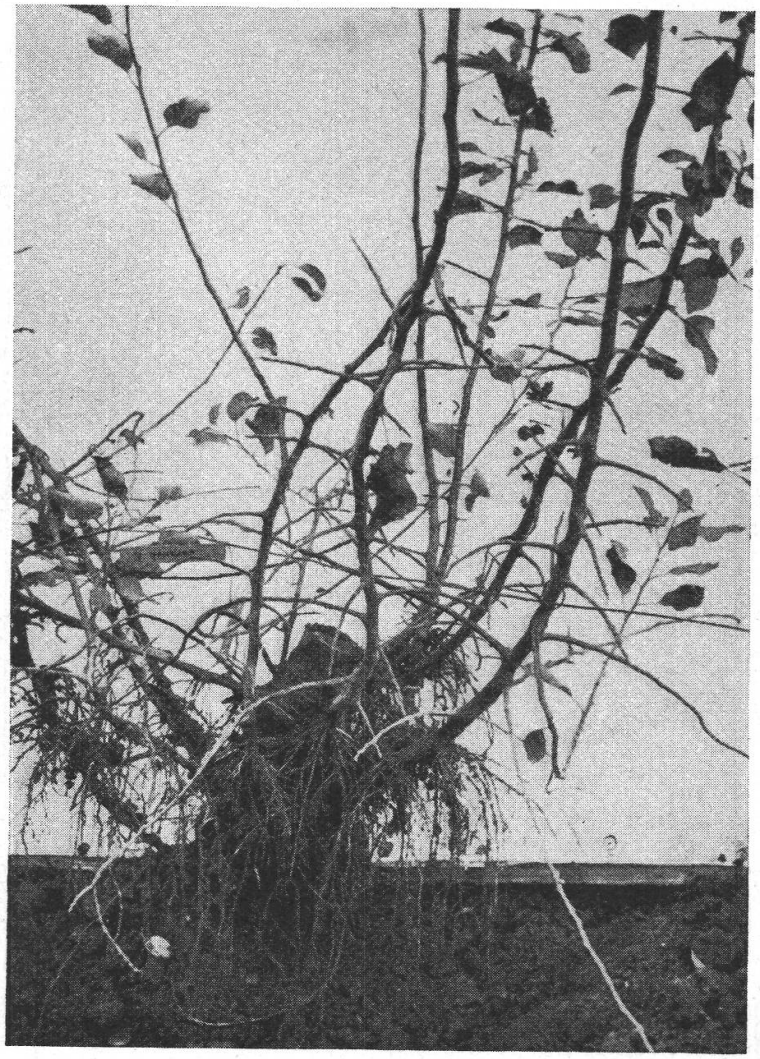


Abbildung 9a
Abgehäufelter Stock
eines Apfelsämlings

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich Apfelsämlinge im Jugendstadium im allgemeinen vegetativ vermehren lassen. Mit Hilfe der Abrißmethode erhielten wir eine sichere Bewurzelung der Jugendformtriebe, währenddem bei den verholzten Steckhölzern eine nur kleine Ausbeute resultierte, die immerhin gleich groß war wie diejenige bei den E.M.-Malustypen. Der nur mäßige Erfolg mit dieser Methode und der völlige Mißerfolg mit den Grünstecklingen rühren von der noch nicht genügend entwickelten Kulturtechnik her, die eine Infektion der Stecklinge durch Mikroorganismen, die zur Verjauchung derselben führt, noch nicht verhindern kann. Es sei nochmals festgehalten, daß die Jugend-

form der Apfelsämlinge und die E.M.-Malustypen bei allen drei angewandten Vermehrungsmethoden im Durchschnitt gleich gute Bewurzelungsfähigkeit aufwiesen.

Hingegen ist es nicht gelungen, Triebe aus der Altersformzone zur Bewurzelung zu bringen. Dasselbe gilt von den Edelsorten, die sich selbstverständlich alle im Altersstadium befinden, weil ihre Jugend-

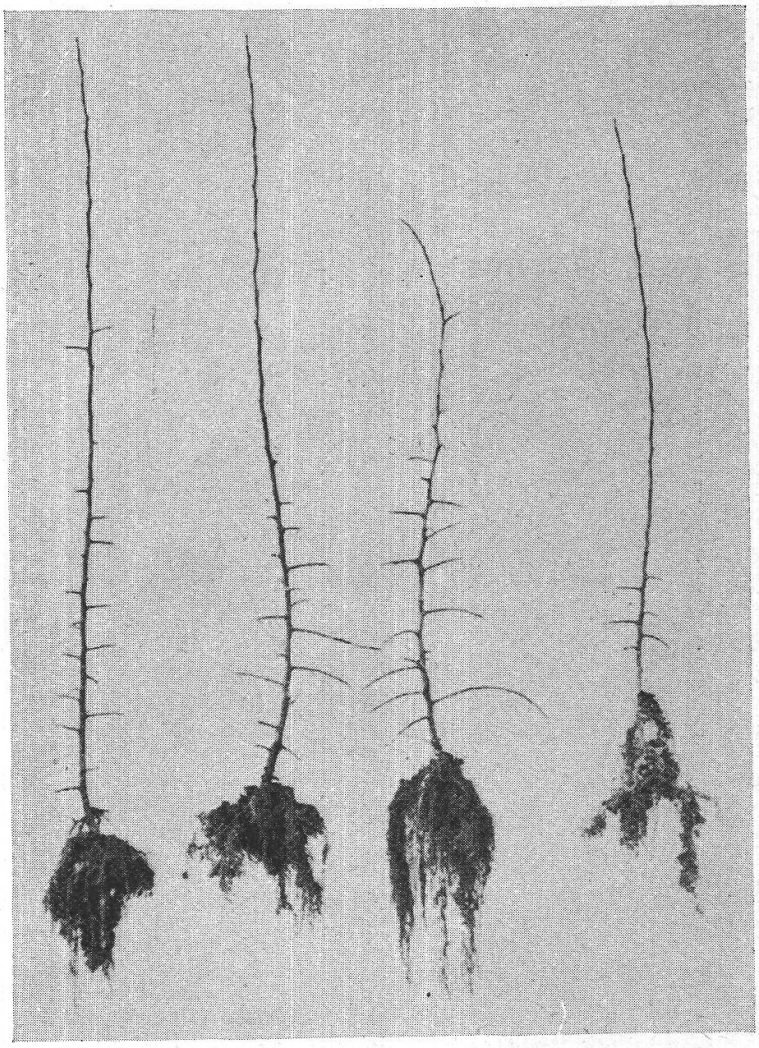


Abbildung 9b
Vier gut bewurzelte Abrisse der Mutterpflanze auf Abb. 9a

formen durch deren jahrelange Vermehrung durch Pfropfen und Okulieren verlorengingen.

Ein Teil der für die Vermehrungsversuche verwendeten Sämlinge wies auffällig starke Maserbildung auf (siehe Abb. 10). Wir beobachteten an vielen Sämlingen in unseren Sämlingsanlagen diese Maserbildung, die vor allem an den Astringstellen zu finden ist. Swingle (38), der diese Bildungen als « Burrknots » bezeichnete, hat an Hand eingehender Versuche gezeigt, daß sie sehr frühzeitig vor allem hinter den Blattbasen aus den Markstrahlen entstehen und als vorgebildete Würzelchen betrachtet werden können. An Hand unserer Beobachtungen neigen wir

zu der Ansicht, daß die Maserbildung für viele Sämlinge ein weiteres Merkmal ihrer Jugendformen darstellt. Bei den erwähnten beobachteten Sämlingen, die sich schon im Altersstadium befanden, konnten in der Zone der Altersform keine Masern mehr beobachtet werden. Allerdings ist bekannt, daß verschiedene Edelsorten ebenfalls Masern bilden, was z. B. bei der Sorte « Calville Großherzog von Baden » von Zschokke (46) beschrieben worden ist. Um die oben vertretene Ansicht aufrechtzuerhalten, sind wir gezwungen, anzunehmen, daß es sich bei diesen Sorten um — in diesem Fall etwas häufig auftretende — Ausnahmen handelt, d. h. diese Sorten haben beim Übertritt ins Altersstadium die Fähigkeit, Masern zu bilden, nicht verloren. Diese Sorten ließen sich nach den in der Literatur beschriebenen Versuchen dank den Masern hin und

Abbildung 10
Masern eines Apfelsämlings
(½ nat. Größe)

wieder notdürftig wurzelecht vermehren. Bei unseren Versuchen hingegen konnte interessanterweise kein Unterschied in bezug auf die Fähigkeit der vegetativen Vermehrbarkeit zwischen den Jugendformen der Sämlinge mit und ohne Maserbildung festgestellt werden. Ebenfalls bewurzelten sich in keinem Fall die Steckhölzer aus der Altersformzone von Sämlingen mit Maserbildung.

Bei unseren Vermehrungsversuchen haben wir nur Apfelsämlinge und Apfelsorten berücksichtigt, weil uns kein genügendes und geeignetes Birnsämlingsmaterial zur Verfügung stand. An Hand von Kleinversuchen und Beobachtungen dürfen wir aber vermuten, daß sich die Jugendform des Birnbaumes in dieser Beziehung gleich verhält wie diejenige des Apfelbaumes.

IV. Das Zustandekommen der Jugendformen

Die beschriebenen Untersuchungen und Versuche beweisen eindeutig, daß der Apfelbaum und der Birnbaum tatsächlich Jugendformen besitzen. Die Unterschiede im Habitus, im anatomischen Bau, in der chemischen

Zusammensetzung und im physiologischen Verhalten zwischen den beiden Entwicklungsstadien derselben Pflanze sind beachtlich groß. Durch diese Untersuchungen ist allerdings nur das Vorhandensein der Jugendformen nachgewiesen und deren physiologisches Verhalten geprüft worden, jedoch fehlt noch die Erklärung, durch was sie verursacht werden.

An Hand unserer Beobachtungen glauben wir vermuten zu dürfen, daß die Jugendformen durch den Einfluß eines oder mehrerer Phytohormone zustande kommen. Hierbei bestehen natürlich verschiedene Möglichkeiten, indem zum Beispiel Hormone während der ersten Lebensjahre auftreten können, die die Jugendformen direkt verursachen. Diese würden beim Übertritt ins Altersstadium durch andere ersetzt. Eine andere Möglichkeit besteht zum Beispiel darin, daß gewisse Hormone überhaupt während der ersten Jahre fehlen und dadurch die Jugendformen zustande kommen. Besonders die Tatsache, daß ein drei Augen umfassendes Triebstück aus der Jugendformzone, das auf eine sich im Altersstadium befindende Unterlage aufgepfropft wird, in der Jugendform weiterwächst, spricht für das Vorhandensein schwerstlöslicher Hormone. Ebenso sprechen die Beobachtungen, daß der Habitus und die Sterilität der Jugendformen durch keinen Eingriff beeinflußt werden können, für die aufgestellte Hypothese.

Das Vorhandensein solcher Phytohormone im Pflanzenreich nachzuweisen ist äußerst schwierig. Wir gewannen zu diesem Zweck unter möglichst sterilen Verhältnissen aus Holz und Knospen der Altersform einen Preßsaft und versuchten aus diesem die vermuteten Hormone herauszulösen. Diese Lösungen wurden dann einige Male während der Vegetationsperiode in die wachsenden Haupt- und Nebentriebe der Jugendform des gleichen Sämlings injiziert, um so Hormone der Altersform in die Jugendformzone zu bringen und dadurch einen vorzeitigen Umschlag zu erwirken. Die Versuche sind aber alle erfolglos verlaufen. Vermutlich fehlte es vor allem an der Wahl zweckmäßiger Lösungsmittel, die einerseits die vielleicht sehr schwer löslichen Phytohormone lösen, aber nicht zerstören, und anderseits die Stoffwechselvorgänge in der Pflanze nicht verändern. Auch gelingt es nur schwer, in kurzer Zeit größere Mengen zu injizieren.

E. Konsequenzen für die Sorten- und Unterlagenzüchtung

I. Züchtung neuer Obstsorten

Die nachgewiesene Jugendsterilität der Apfel- und Birnsämlinge sowie das Weiterwachsen in der Jugendform auf fremder Wurzel sind für die Technik der Sortenzüchtung von Bedeutung.

In der Schweiz sowie in anderen obstbautreibenden Ländern besteht eine ausgesprochene Überproduktion an Herbst- und Vorwinteräpfeln im

Verhältnis zu den produzierten Mengen an haltbaren und lagerfähigen Früchten. Auch in mäßig guten Obstjahren bestand oft ein gefährliches Überangebot an Herbstobst, während lang haltbare Sorten immer gesucht waren. Dieses Mißverhältnis im Anbau zu ändern gestaltet sich recht schwierig, weil wir unter den zahlreichen Apfelsorten nur sehr wenige finden, die sich für längere Lagerung als vollwertig erweisen und zugleich hinsichtlich Wuchs und Fruchtbarkeit des Baumes und in bezug auf Qualität der Frucht befriedigen. Demnach besteht im Apfelsortiment eine ausgesprochene und schwerwiegende Lücke, die am ehesten durch systematische und großzügig durchgeführte Sortenzüchtung ausgefüllt werden kann.

An der Eidg. Versuchsanstalt in Wädenswil wurde schon vor Jahren mit systematischer Obstsortenzüchtung begonnen. Es waren ja gerade die bei der Durchführung dieser Arbeiten gemachten Beobachtungen und Erfahrungen, welche die Vermutung vom Vorhandensein einer Jugendform bei den Obstgehölzen aufkommen ließen. Wir wollen das Vorgehen der verschiedenen Züchter an der Versuchsanstalt kurz skizzieren, um hieraus Schlüsse ziehen zu können, wie die Kernobstzüchtung am zweckmäßigsten durchgeführt werden kann.

Zschokke gewann während den zwanziger Jahren aus Kreuzungen einige hundert Sämlinge und zog dieselben als Hochstamm auf. Diese Aufzuchtmethode ist langfristig und erfordert sehr viel Platz.

Meier ging bei seiner Züchtungsarbeit, die er 1932 begann, einen Schritt weiter, indem er eine Methode suchte, die erlaubte, viele Individuen auf möglichst engem Raum zu prüfen. Anderseits wollte auch er die Sämlinge auf eigener Wurzel beobachten. Daher pflanzte er seine vielen Tausende von Sämlingen in geschlossenen Anlagen an Drähten mit engen Pflanzdistanzen auf. Um eine baldige Fruchtbarkeit zu erzwingen, heftete er die Haupttriebe der Sämlinge fast waagrecht an den Draht, wodurch die Seitentriebe mehrheitlich abwärts zu stehen kamen. Zu seiner Überraschung fruktifizierten die Sämlinge während den ersten sechs bis sieben Jahre trotz dieser Maßnahme nicht, weil sie sich noch im sterilen Jugendstadium befanden. An den Biegungsstellen der Haupttriebe entstanden sehr kräftige senkrechte Ständertriebe, die den Lichteinfall in die Anlage sehr erschweren. Erst nach Ablauf des Jugendstadiums, nach sechs bis sieben Jahren, trug ein Teil dieser Sämlinge an den Endknospen oder an den äußersten Zweigen die ersten Früchte, währenddem der übrige Teil steril blieb. Mittlerweile waren die Bäume größer geworden und infolge des kleinen Baumabstandes ineinandergewachsen, was die Übersichtlichkeit äußerst erschwerte, um so mehr, als nicht zurückgeschnitten werden durfte, um nicht wieder in die sterile Jugendformzone zurückzukommen. Ein großer Teil der Sämlinge legte auch nach dem Umschlag ins Altersstadium noch keine Blütenknospen an,

indem bei denselben die Jugendsterilität durch jugendliches Vegetativbleiben abgelöst wurde. Die Fruchtbarkeit konnte in diesen Fällen durch Ringeln erzwungen werden.

Kobel, der Mitte der dreißiger Jahre mit der Züchtung neuer Apfelsorten begonnen hat, hielt es von Anfang an nicht für notwendig, die Sämlinge auf eigener Wurzel zu prüfen. Er ließ einen Teil der zweijährigen Sämlinge in der Buschobstanlage der Schweiz. Zentrale für Obstbau auf Spindelbüsche, die auf der schwachwüchsigen Veredelungsunterlage E.M. Typ IX stehen, veredeln. Damit war eine gleichmäßige Prüfung aller Sämlinge gewährleistet und die Möglichkeit, diese mit Sorten in jeder Beziehung zu vergleichen, gegeben, weil alle auf gleicher Unterlage standen, von der man weiß, wie sie das Edelreis beeinflußt. Zudem hoffte er den Raum gut ausnützen zu können und zufolge der Schwachwüchsigkeit der Unterlage die Sämlingsreiser zur baldigen Fruchtbarkeit zu zwingen. Aber auch dieses Vorgehen erwies sich nicht als zweckmäßig, weil die Reiser der Sämlinge in der Jugendform weiterwuchsen, bis die restlichen Jugendjahre absolviert waren. Es entstanden dadurch Kronen, die im Zentrum dauernd steril blieben und erst weit außen die ersten Früchte hervorbrachten. Die gleichen Erfahrungen wurden mit den Sämlingen gemacht, die zweijährig auf geprüfte und abgesprochene Sämlingshochstämme aus den Züchtungen von Zschokke aufgepfropft wurden.

An Hand der Erfahrungen, die durch das verschiedenartige Vorgehen der drei Züchter gewonnen werden konnten, und als Folgerung aus den vorliegenden Untersuchungen wird nun an der Versuchsanstalt in Wädenswil bei der Züchtung neuer Obstsorten folgender Weg eingeschlagen: Die Samen, die durch Bastardisierung zweier Elternsorten, deren Wahl besonders sorgfältig getroffen werden muß, gewonnen werden, sind zu stratifizieren, auszusäen und die Sämlinge zu pikieren. Die einjährigen Sämlinge werden in ziemlich engem Stand aufgeschult und so vier bis fünf Jahre wachsen gelassen, bis die Jugendzeit weitgehend absolviert ist. Erst dann erfolgt die Veredlung des obersten Triebes auf Spindelbüsche, die auf schwachwachsenden Unterlagentypen stehen. Man erhält so die ersten Früchte baldmöglichst, nämlich nach zirka acht Jahren, und hat die Möglichkeit, auf kleinem Raum eine große Zahl von Individuen zu prüfen, um so mehr man auf einen Spindelbusch mehrere Sämlinge zur ersten Prüfung aufpfropfen kann. Bäumchen, die als wertlos erkannte Sämlinge tragen, können ein zweitesmal Verwendung finden. Dieses Vorgehen hat zudem noch den Vorteil, daß man sich bei der Beurteilung der Wuchsform, der Ausbildung des Fruchtholzes, der Blattgröße usw. nicht von der Jugendform beeinflussen läßt, weil sonst Sämlinge mit großen Differenzen zwischen Jugendform und Altersform falsch beurteilt würden. Selbstverständlich müssen die als wertvoll befundenen Sämlinge nach dieser ersten Sichtung auch aufgepfropft auf

Hochstammunterlagen unter verschiedenen Bedingungen weiter geprüft werden.

II. Die Züchtung vegetativ vermehrbarer Unterlagentypen

Die gebräuchlichsten vegetativ vermehrbaren Unterlagentypen werden noch vielfach als besondere botanische Formen (Unterarten) oder als besonders charakteristische Individuen angesehen. Die bekannten Unterlagenforscher Hatton (10, 11), Sprenger (36) und Maurer (25) äußerten dagegen die Auffassung, daß dieselben durch generative Aufspaltung entstanden seien. Durch die vorliegenden Beobachtungen und Untersuchungen sind wir zur Überzeugung gelangt, daß die typisierten Unterlagen *fixierte Jugendformen* sind. Die Unterlagen-Mutterpflanzen sind in der Jugendform fixiert, weil die alljährlich am Stock aus schlafenden Augen entstandenen und angehäufelten Triebe (Abrisse) im Spätherbst von der Mutterpflanze abgetrennt werden. Dadurch ist der Mutterpflanze die Möglichkeit genommen, aus der Jugendform herauszuwachsen, weil sie das obligate Jugendholzgerüst nicht ablegen kann. Diese Feststellung ist allerdings nicht ausreichend, um das dauernde Fixiertbleiben der typisierten Unterlagen in der Jugendform zu begründen. Vielmehr müssen wir zur Erklärung dieser Tatsache auf die aufgestellte Hypothese, daß die Jugendformen durch den Einfluß eines oder mehrerer Phytohormone zustande kommen, zurückgreifen. Wir vermuten, daß durch die gebräuchliche Art der vegetativen Vermehrung, die den Unterlagen-Mutterpflanzen verunmöglicht, eine Krone anzulegen, die Bildung der Hormone, die den Umschlag in die Altersform bewirken, vereitelt wird.

Läßt man anderseits eine Mutterpflanze ungestört wachsen, so weisen alle Triebe, die während der ersten Jahre angelegt werden, deutlich die geschilderten Merkmale der Jugendform auf. Hierauf tritt nach fünf bis sechs Jahren der Umschlag in die Altersform in genau gleicher Weise ein wie beim Sämling. Die Unterschiede in bezug auf den Wuchs, den Habitus, die Ausbildung der Zweige, die Blattgröße und den Zeitpunkt des Austriebes zwischen den beiden Entwicklungsstadien sind ebenfalls genau gleich wie bei Sämlingen. Die Bildung vorzeitiger Triebe und die häufige Verdornung derselben kann nicht nur an den Standbäumen, sondern auch an den Abrissen im Vermehrungsquartier beobachtet werden. Wir haben den anatomischen Bau der Zweige aus den beiden Entwicklungsstadien von Standbäumen der E.M.-Typen auf gleiche Weise wie bei den Sämlingen untersucht. Die Ergebnisse einiger dieser Messungen und Auszählungen sind in Tabelle 17 aufgeführt. Sie stimmen mit den bei der Untersuchung des Sämlingsholzes (Tabellen 5 und 6) gemachten Feststellungen überein.

Solche Standbäume bringen frühestens im fünften Lebensjahr, also ebenfalls nach dem Umschlag in die Altersform, die ersten Früchte her-

vor, was auch schon Maurer (25) bei der Beschreibung derselben festgestellt hat.

Tabelle 17

Mikroskopische Untersuchungen an Zweigen von Standbäumen der typisierten E. M.-Unterlagen

(Entsprechend den Tabellen 5 und 6). Für jede Unterlage sind mehrere Serien von Messungen durchgeführt worden

a) Messungen an Zweigquerschnitten (sekundäre Rinde: Holzteil: Mark)

Material		Radius		Sekundäre Rinde		Holzteil		½ Mark	
E. M. Typ		μ	%	μ	%	μ	%	μ	%
I	Jugendform	1757,7	100	302,4	17,2	1001,7	56,9	453,6	25,7
	Altersform	1701,0	100	378,0	22,8	642,6	37,8	680,4	40,0
I	Jugendform	1852,2	100	378,0	20,4	945,0	51,0	529,2	28,5
	Altersform	1417,5	100	491,4	34,6	604,8	42,6	321,3	22,4
XVI	Jugendform	2381,4	100	529,2	22,2	1360,8	57,1	491,4	20,6
	Altersform	1814,4	100	623,7	33,8	661,5	36,4	529,2	29,5
XVI	Jugendform	2041,2	100	567,0	27,7	1171,8	57,4	302,4	14,8
	Altersform	1549,8	100	529,2	34,1	642,6	41,4	378,0	24,5
XIII	Jugendform	3099,6	100	491,0	15,8	2192,4	70,4	415,8	13,4
	Altersform	2835,0	100	869,4	30,6	1171,8	41,3	793,8	28,0
XIII	Jugendform	2570,4	100	604,8	23,5	1474,2	57,3	491,4	19,1
	Altersform	2324,7	100	718,2	30,8	793,8	34,1	812,7	34,9

b) Verhältnis der Zellen im Holzkörper auf einer Fläche von 0,22 mm²

Material	Jugendholz			Altersholz		
	Gefäße	Holzfasern	Markstrahlzellen + Parenchymzellen	Gefäße	Holzfasern	Markstrahlzellen + Parenchymzellen
E. M. Typ I . .	92	1270	140	147	917	197
I . .	107	1303	162	162	978	202
E. M. Typ XVI .	116	1237	286	240	867	427
XVI .	91	1431	143	142	1001	221
E. M. Typ XIII .	90	1268	135	147	917	189
XIII .	69	1386	153	150	1007	191

Als Parallelversuch zum beschriebenen Bewurzelungsversuch mit verholzten Steckhölzern steckten wir auch solche von einem Standbaum des E. M.-Types I. Die Steckhölzer aus der Altersformzone bildeten

keine Wurzeln und waren vollständig verjaucht wie diejenigen von Sorten oder solche aus der Altersformzone von Sämlingen. Dagegen wiesen 18 % der Steckhölzer aus der Jugendformzone Wurzeln auf. Die übereinstimmende Bewurzelungsfähigkeit der Triebe der Unterlagentypen und derjenigen der Jugendformen vieler Sämlinge bei Anwendung der Abrißmethode ist schon besprochen worden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die typisierten Unterlagen fixierte Jugendformen sind und sich deshalb in Gegensatz zu den sich im Altersstadium befindenden Sorten vegetativ vermehren lassen. Die üblichen Vermehrungsmethoden sorgen dafür, daß diese Unterlagentypen im Zustand der Jugendform fixiert bleiben. Läßt man hingegen eine Unterlagen-Mutterpflanze ungestört aufwachsen, so kann man bei älteren Pflanzen wie bei einem Sämling beide Entwicklungsstadien erkennen.

An der Eidg. Versuchsanstalt in Wädenswil ist vor einigen Jahren mit der Züchtung zweckmäßiger, vegetativ vermehrbarer Unterlagentypen für den Feldobstbau begonnen worden. In der Schweiz hat bis heute im Feldobstbau ausschließlich die Sämlingsunterlage Anwendung gefunden. Bei der Verwendung derselben muß aber mit großen Schwankungen in der Entwicklung und der Tragfähigkeit der Bäume auch innerhalb einer Anlage mit gleichaltrigen Bäumen, mit den gleichen Sorten und sonst gleichen Bedingungen gerechnet werden. Jeder Sämling unterscheidet sich in seinen Eigenschaften vom andern, weil jeder von seinen Eltern ein anderes Erbgut ererbt hat. Es ist uns bei jeder einzelnen Unterlage bekannt, ob sie das Edelreis günstig beeinflußt und ob sie sich im betreffenden Boden durchzusetzen vermag. In der Praxis sind oft Beispiele anzutreffen, die die Unausgeglichenheit und die Nachteile der Sämlingsunterlagen deutlich zeigen. Die Zahl der Junganlagen, in denen einzelne Bäume mit ungenügendem Wuchs festzustellen sind, ist groß und verursacht empfindliche Verluste. Neben anderen möglichen Ursachen, wie zum Beispiel Wurzelfraß durch Engerlinge oder Mäuse, Verletzungen, falscher Schnitt usw., handelt es sich vielfach und Bäume auf zu wenig robuster Unterlage, weil der Feldobstbaum oft im schweren, etwas nassen oder geweideten Wiesboden steht. Bei der Auspflanzung von alten Baumbeständen könnte eventuell die sogenannte Bodenmüdigkeit, die heute vielerorts beträchtliche Sorge bereitet, durch speziell robuste Unterlagentypen überwunden werden. Über die guten Ergebnisse, die anderseits mit der Vermehrung der typisierten E. M.-Unterlagen im Plantagen- und Gartenobstbau gemacht worden sind, berichten viele wertvolle Veröffentlichungen. Von den uns bis heute bekannten Unterlagentypen ist jedoch keiner genügend kräftig und robust, um im Feldobstbau allgemeine Anwendung zu finden.

Wir haben uns deshalb folgendes Zuchtziel gesetzt: typisierte Apfelunterlagen für den Feldobstbau zu finden, deren Abrisse sich gut

bewurzeln, die dem Edelreis kräftigen Wuchs und gute Fruchtbarkeit verleihen, die Fruchtausbildung günstig beeinflussen, die vor allem robust sind und sich in zähen und schweren Wiesböden durchzusetzen vermögen.

Bei dieser Arbeit sind zwei verschiedenartige Vorgehen gewählt worden. Einerseits sind durch Bastardierung bestimmter Sorten, von denen wertvolle Nachkommenschaft erwartet werden kann, eine große Anzahl von Sämlingen entstanden. Diese Sämlinge sind während Jahren in bezug auf ihre Wuchskraft, ihren Habitus, Blattausbildung, ihre Anfälligkeit usw. genau beobachtet worden. Die umfangreichen Aufzeichnungen über die Eigenschaften der zahlenmäßig großen Nachkommenschaft verschiedener Sortenkombinationen ermöglichen es, die Erbeigenschaften einiger Sorten etwas kennen zu lernen, um bei neuen Bastardierungen die Partnersorten noch erfolgreicher auswählen zu können. Aus diesem sehr großen, gut beobachteten Sämlingsmaterial, das ursprünglich zur Gewinnung neuer Sorten erzogen worden ist, können wertvolle Individuen für die Unterlagenzüchtung gewonnen werden. Die ausgelesenen Sämlinge sind während der Winterruhe knapp über dem Boden abgesägt und als Unterlagen-Mutterpflanzen verwendet worden, wie wir es im Kapitel D III beschrieben haben. Diese Mutterpflanzen sind jeweils im folgenden Herbst nach der Wuchskraft, dem Habitus, der Bewurzelung, der Anfälligkeit ihrer Abrisse weiter zu selektionieren. Die Abrisse der besten Mutterpflanzen werden aufgeschult und im Vergleich mit Abrissen der stärksten E. M.-Typen und verschiedenen Sämlingsunterlagen wiederum in bezug auf die aufgezählten Kriterien und auf das Anwachsen weiter geprüft. Von den Nummern, die auch diese Prüfung bestanden haben, werden neue Mutterpflanzen herangezogen, um den Anfall an Abrissen so zu erhöhen, daß die Prüfung auf Verträglichkeit mit Edelsorten erfolgen kann. Zudem müssen Hochstämme auf diesen neuen Typen für die Anlage von Versuchspflanzungen erzogen werden. In solchen Pflanzungen, die in verschiedenen Bodenverhältnissen und unter verschiedenen Bedingungen anzulegen sind, müssen die neuen Typen in Verbindung mit den wichtigsten Sorten geprüft werden. Bäume mit denselben Sorten auf Sämlingsunterlagen und den stärksten E. M.-Typen sind zum Vergleich in die Versuche einzubeziehen. Alle diese Arbeiten erheischen sehr viel Zeit und Mittel.

Die Prüfung eines neuen Unterlagentyps kann etwas verkürzt werden, wenn die Sämlingsunterlage eines älteren Baumes, der sich durch besonders kräftigen Wuchs, hohe und regelmäßige Ertragsfähigkeit, Robustizität usw. auszeichnet, gewonnen und vegetativ weiter vermehrt wird. Besonders wertvolle Gelegenheit für die Auslese solcher Bäume bieten Anlagen in extremen Bodenverhältnissen, wo sich nur Bäume mit ausgesprochen robusten Unterlagen gut entwickeln konnten. Gegen Ende der Winterruhe werden bei den ausgelesenen Bäumen einige gut ausgebildete, mittelstarke Wurzeln in der Nähe des Stammes abgetrennt

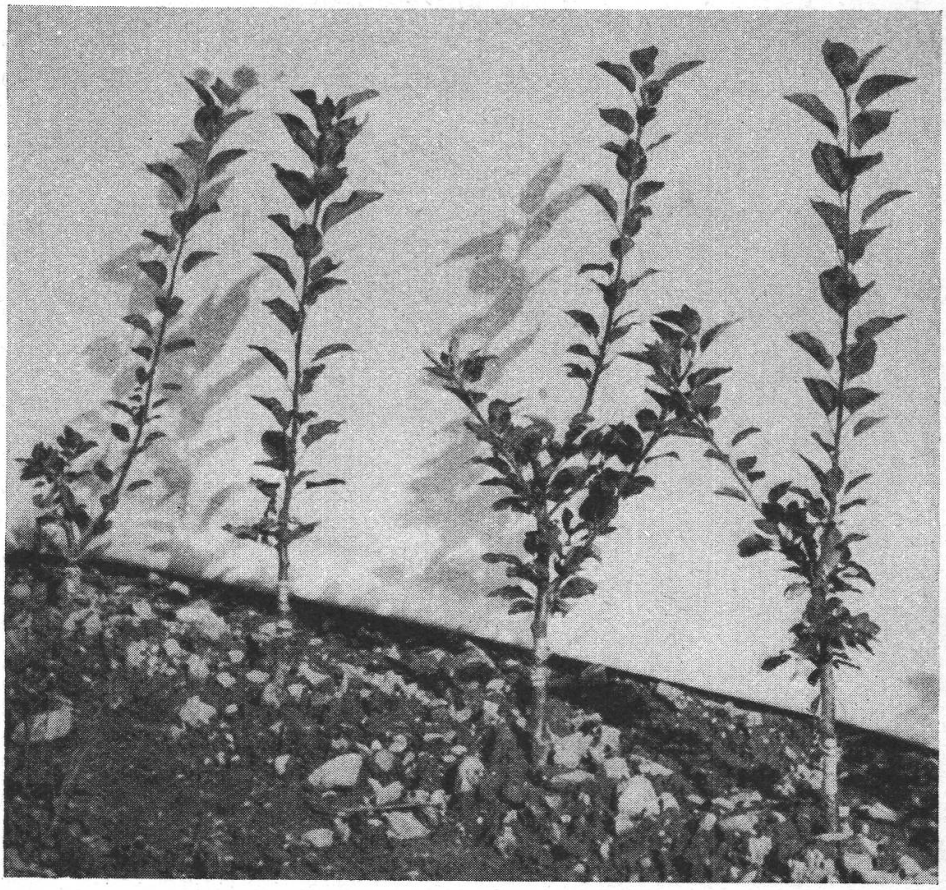


Abbildung 11a

Abbildung 11b

und die mit Baumwachs verstrichene Schnittstelle zirka 8 cm über die Erdoberfläche gehoben und in dieser Stellung fixiert. Mit einiger Verspätung entwickeln sich an den über der Erdoberfläche stehenden Wurzelteilen Holztriebe, die sich alle in der Jugendform befinden. Vor Vegetationsbeginn im folgenden Jahre werden die mit Trieben besetzten Wurzeln ausgegraben, eingekürzt und sofort im Vermehrungsquartier aufgeschult. Nachdem sich die Pflanzen zwei bis drei Jahre entwickelt haben, werden die Triebe knapp über dem Boden abgeschnitten, und hierauf kann mit der Vermehrung begonnen werden. Die auf diesem Wege neu gewonnenen typisierten Unterlagen müssen besonders noch auf das Verhalten bei der Vermehrung geprüft werden, währenddem die Verträglichkeit mit der Edelsorte und die Beeinflussung derselben weitgehend abgeklärt sind.

Auf Bild 11a sind verschulte und frisch okulierte Abrisse eines neuen Typs abgebildet und zum Vergleich auf Bild 11b solche des E. M.-Typs XVI. (Bild 11a und 11b sind unter genau gleichen Bedingungen mit gleichem Abstand photographiert.)

F. Zusammenfassung

Im ersten Teil der Arbeit wird der Nachweis erbracht, daß beim Apfel- und Birnbaum Jugendformen vorhanden sind. Als Jugendform bezeichnen wir ein erstes Entwicklungsstadium einer aus einem Samen hervorgegangenen Pflanze, während dessen Dauer sich in bezug auf den Habitus, den anatomischen und chemischen Aufbau sowie das physiologische Verhalten wesentliche Unterschiede gegenüber der erwachsenen Pflanze, der Altersform, feststellen lassen.

Es sind eingehende vergleichende Untersuchungen an der Jugendform und der Altersform durchgeführt worden. Folgende *Unterschiede im Wuchs und Habitus* zwischen den beiden Entwicklungsstadien sind festgestellt worden: Die Seitenzweige der Sämlinge stehen in der Jugendformzone senkrecht, oft sogar im stumpfen Winkel von der Hauptachse ab, während dieselben in der Altersformzone in der Regel im spitzen Winkel zur Achse stehen. Ganz charakteristisch für die Jugendform ist eine auffallend häufige Bildung von vorzeitigen Trieben, während diese Erscheinung bei der Altersformzone zur Ausnahme gehört. Die Triebe in der Jugendformzone sind viel härter und lassen sich weniger leicht biegen als diejenigen in der Altersformzone. Sie besitzen auch die glattere, gespanntere, hellere und meist weniger stark behaarte Rinde. Die Endknospen, besonders der vorzeitig enstandenen Seitentriebe, in der Jugendformzone sind nur schmächtig ausgebildet, so daß sie in der Folge vielfach eintrocknen und abfallen, worauf der Holzkörper als Dorn hervortritt. Der Knospenaustrieb erfolgt in der Jugendformzone etwas später, die sich entfaltenden Blätter sind glänzender, weniger filzig behaart,

drüsiger und weisen einen viel schärfer gesägten Blattrand auf als diejenigen der Altersform. Die erwachsenen Blätter der Jugendform sind im Durchschnitt bedeutend kleiner als diejenigen der Altersform.

Durch mikroskopische Untersuchungen verschafften wir uns Einblick in den *anatomischen Bau* der Zweige aus den beiden Entwicklungsstadien. Beim Jugendholz ist der Holzkörper verhältnismäßig mächtiger als beim Altersholz, bei diesem hingegen sind besonders die Rindenpartie sowie das Mark stärker entwickelt. Am Holzkörper sind ebenfalls ganz wesentliche Unterschiede zu beobachten. Beim Jugendholz sind weniger Gefäße vorhanden als im Altersholz, und diese sind zudem auf das Frühjahrsholz konzentriert, währenddem der später in der Vegetationsperiode angelegte Teil des Jahrringes sehr kompakt aufgebaut ist und vor allem aus Holzfasern besteht. Ebenfalls treten die Parenchymzellen sowie die Markstrahlzellen im Jugendholz weniger häufig auf als im Altersholz.

Die *chemischen Untersuchungen* ergaben, kurz zusammengefaßt, folgende Resultate: Das Altersholz weist im Durchschnitt einen mehr als doppelt so hohen Gehalt an direkt reduzierenden Zuckern auf als das Altersholz. Ebenfalls ist der leicht greifbare Kohlehydratreservestoff Stärke in den Zweigen des Altersholzes in bedeutend größeren Mengen enthalten als in denjenigen des Jugendholzes. Die Zuckerarten und Stärke sind an der Entscheidung, ob an Zweigen Blütenknospen oder bloße Blattknospen angelegt werden, maßgeblich beteiligt. Auch die Stickstoffverbindungen und die Mineralstoffe sind im Altersholz in größeren Quantitäten gefunden worden als im Jugendholz. Anderseits sind im Jugendholz bedeutend mehr Zellulose und Ligninstoffe enthalten. In der Pflanze wird Zellulose für die Anlage der Zellwände gebildet, die später durch Inkrustationen besonders mit Ligninstoffen verstärkt werden. Demzufolge muß das Jugendholz bedeutend membranreicher sein als das Altersholz, was mit den Resultaten der mikroskopischen Untersuchungen übereinstimmt. Die Hemizellulosen sind ebenfalls im Jugendholz in deutlich größeren Mengen enthalten, währenddem das Altersholz etwas pektinreicher ist.

Die *Dauer* des Jugendstadiums beträgt beim Apfelbaum im großen Durchschnitt etwas über fünf Jahre und beim Birnbaum sieben Jahre.

Über die *Physiologie* der Jugendformen sind folgende interessante Beobachtungen gemacht worden: Mit Hilfe von Ringelungsversuchen haben wir nachgewiesen, daß die Jugendform *völlig steril* ist. Die Sterilität der Jugendform ist eine eigentliche Jugendsterilität, die durch den besonderen anatomischen Bau der Jugendform, der durch keinerlei Kulturmaßnahmen verändert werden kann, verursacht wird. Die in nur spärlicher Zahl angelegten Gefäße, Siebröhren und Speicherzellen reichen offenbar nicht aus, um die für die Blütenbildung notwendigen Stoffe in genügenden Mengen bereitzustellen. So finden wir an den Kurztrieben,

wo sonst Blütenknospen angelegt werden, ein Verkümmern der Knospen, was oft zur Dornenbildung führt.

Die mit Trieben aus der Jugendform ausgeführten *Pfropfversuche* zeigten, daß dieselben auf der fremden Unterlage in der sterilen Jugendform weiterwachsen, bis die restlichen Jugendjahre absolviert sind, worauf der Umschlag ins Altersstadium eintritt.

Durch die Vermehrungsversuche ist gezeigt worden, daß sich Apfelsämlinge im Jugendstadium im allgemeinen vegetativ vermehren lassen. Mit Hilfe der Abrißmethode erhielten wir durchwegs eine Bewurzelung der Jugendformtriebe, währenddem bei den verholzten Steckhölzern nur eine kleine Ausbeute resultierte, die immerhin gleich groß war wie diejenige bei den E. M.-Malustypen. Hingegen ist es nicht gelungen, Triebe aus der Altersformzone zur Bewurzelung zu bringen. Dasselbe gilt von den Edelsorten, die sich selbstverständlich alle im Altersstadium befinden, weil ihre Jugendformen durch deren jahrelange Vermehrung durch Pfropfen und Okulieren verlorengingen.

An Hand unserer Beobachtungen glauben wir vermuten zu dürfen, daß die Jugendformen durch den Einfluß eines oder mehrerer *Phytohormone* zustande kommen.

Im letzten Abschnitt werden die *Konsequenzen für die Sorten- und Unterlagenzüchtung* besprochen. Die nachgewiesene Jugendsterilität der Apfel- und Birnsämlinge sowie das Weiterwachsen in der Jugendform auf fremder Wurzel sind für die Technik der Sortenzüchtung von Bedeutung. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß die typisierten Unterlagen fixierte Jugendformen sind und sich deshalb im Gegensatz zu den sich im Altersstadium befindenden Sorten vegetativ vermehren lassen. Die üblichen Vermehrungsmethoden sorgen dafür, daß diese Unterlagentypen im Zustand der Jugendform fixiert bleiben. Ferner wird in diesem letzten Abschnitt beschrieben, wie an der Eidg. Versuchsanstalt in Wädenswil bei der Züchtung neuer Apfelsorten und starkwüchsiger Unterlagen für den Feldobstbau vorgegangen wird.

Wir vermuten, daß nicht nur der Apfel- und der Birnbaum Jugendformen besitzen, sondern daß auch bei den übrigen Obstarten und eventuell der Weinrebe solche vorhanden sind.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung und unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. F. Kobel an der Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil ausgeführt. Für die großzügige Förderung der Arbeit und die vielen Anregungen spreche ich meinem hochverehrten Lehrer meinen besten Dank aus. Die meisten Photographien wurden von Herrn R. Isler, Photograph an der Versuchsanstalt in Wädenswil, angefertigt. Auch ihm, Herrn Bryner, Obstbautechniker an der Versuchsanstalt, sowie den übrigen Helfern danke ich.

G. Literaturverzeichnis

1 Beißner, L.: Über Jugendform von Pflanzen, speziell Coniferen. Berichte d. Deutschen Bot. Gesellschaft, Band VI, **1888.**

2 Beißner-Fitschen: Nadelholzkunde. Dritte Auflage, Berlin, **1930.**

3 Breviglieri, N.: Ricerche sulla «Topfisi» nella moltiplicazione agamica della piante arboree. Rivista No. 3—4/5—6, Volume XXXI, **1947.**

4 East Malling: Ann. Rep., 1938 bis 1943.

5 Fellenberg, Th., von: Eine direkte, allgemein anwendbare Stärkebestimmungsmethode. Mitteil. a. d. Gebiet der Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene, 7, 369—383, **1916.**

6 — Stärkebestimmung im Kindermehl. Ztschr. Untersuch. Lebensmittel, 55, 473—475, **1928.**

7 Fischenschlager, B.: Versuche über die Heranzucht von Unterlagen aus Wurzeln und die weitere Vermehrung derselben. Die Gartenbauwissenschaft, Band 12, 1938/**1939.**

8 Frey-Wyßling, A.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. Naturw. Bibliothek der Büchergilde Gutenberg, Zürich, **1945.**

9 Gäumann, E.: Der Stoffhaushalt der Buche im Laufe eines Jahres. Berichte d. Schweiz. Bot. Gesellschaft, Band 44, **1935.**

10 Hatton, R. G.: Paradise apple stocks. Journ. Roy. Hort. Soc., **1917.**

11 — A summary of the results obtained in selecting and propagating. East Malling Ann. Rep., **1919.**

12 — and Witt, A. W.: Some problems of propagation. East Malling Ann. Rep., **1923.**

13 — The standardisation of fruit tree stocks. East Malling Ann. Rep., **1931.**

14 — East Malling's experiences with apple rootstocks. East Malling Ann. Rep., **1934.**

15 Harvey, E. M., and Murneek, A. E.: The relation of carbohydrates and nitrogen to the behavior of apple spurs. Ebenda 176, **1921.**

16 Hilkebäumer, F.: Obstbau, Berlin, **1944.**

17 Hüni, K.: Physikalische und chemische Untersuchungen an Dürrfutter verschiedenen Gärungszustandes. Mitteilung aus dem Agrikulturchemischen Institut der ETH, Zürich, **1944.**

18 Klein, G.: Handbuch der Pflanzenanalyse, 3. Band, Seite 121, **1932.**

19 — Handbuch der Pflanzenanalyse, Band 2, Seite 786, **1932.**

20 Kobel, F.: Die verschiedenen Formen der Sterilität bei unseren Obstgewächsen. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, LXXV, **1930.**

21 — Lehrbuch des Obstbaues auf physiologischer Grundlage. Verlag von Julius Springer, Berlin, **1931.**

22 Kraybill, H. R.: Effect of shading and ringing upon chemical composition of apple and peach trees. New-Hampshire Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. 23, 2—27, **1923.**

23 — und Potter, G. F., und Mitarbeiter: Some chemical constituents on fruit spurs associated with blossom bud formation in the Baldwin apple. Ebenda 29, 3—41, **1925.**

24 Lüthke, M.: Über die Pektinstoffe des Holzes. Holz als Roh- und Werkstoff. 5. Jahrgang, 338, **1942.**

25 Maurer, E.: Die Unterlagen der Obstgehölze. Verlag von Paul Parey, Berlin, **1939.**

26 McCready, R. M., Swenson, H. A., and Maclay, W. D.: Determination of uronic acids. Industrial and Engineering Chemistry, Analytical Edition. Vol. 18, **1946.**

27 Mitra, S. K.: Seasonal changes and translocation of carbohydrat materials in fruit spurs on two year old seedlings of apple. Zit. aus Kobel, F. (21), Lehrbuch des Obstbaues, Seite 24.

28 Molisch, H.: Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 6. Auflage, Jena, **1930.**

29 Müller-Thurgau und Kobel, F.: Untersuchungen über den Blüten- und Fruchtansatz unserer Obstbäume. Ebenda 683—782, **1928.**

30 Passecker, F.: Jugend- und Altersformen bei der Aprikose und anderen Obstarten. Die Gartenbauwissenschaft, Band 14, **1940.**

31 — Jugend- und Altersformen bei den Obstgehölzen. Die Gartenbauwissenschaft, Band 18, Heft 1, **1944.**

32 — Ungeschlechtliche Vermehrung von Obstsämlingen. Die Gartenbauwissenschaft, Band 11, **1938.**

33 — Versuche über die ungeschlechtliche Vermehrung von Obst und Gemüse. Die Gartenbauwissenschaft, Band 11, **1938.**

34 — Warum bewurzeln sich Obststecklinge schlecht? Deutscher Obstbau, 58. Jahrgang, **1943.**

35 Pfirrmann, Th. W.: Wurzelechte Vermehrung von Obstbäumen. Deutscher Obstbau, 59. Jahrgang, **1944.**

36 Sprenger, A. M.: Standardisierung von Obstunterlagen. Die Gartenbauwissenschaft, 1. Band, **1929.**

37 Strepkov, S. M.: Apparat zur Extraktion der Kohlehydrate bei der Mikroanalyse der Pflanzenstoffe. Ztschr. f. anal. Chemie, 108, 406, **1937.**

38 Swingle, C. F.: Burrknot formations in relation to the vascular system of the apple stem. Journal of Agricultural Research, Vol. 34, No. 6, **1927.**

39 — The use of burrknots in the vegetative propagation of apple varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **1925.**

40 Tettamanzi, A.: Metodo rapido di determinazione della cellulosa. Atti del X° Congresso Internazionale di Chimica, Roma, 15—21, XVI, Volume III, **1938.**

41 Waksman, S. A.: Verhandlungen der dritten Kommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft, Vol. A, 101—119, **1939.**

42 Weber, F.: Untersuchungen über die Stabilität von Pektin in saurer, wässeriger Lösung. Mitteilung aus dem Agrikulturchemischen Institut der ETH, Zürich, **1944.**

43 Wiegner-Pallmann: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. 2. Auflage, S. 282, **1938.**

44 — do., Seite 284.

45 Wirth, P.: Membranwachstum während der Zellstreckung. Berichte der Schweiz. Bot. Gesellschaft, Band 56, **1946.**

46 Zschokke, Th., und Feurer, A.: Über vegetative Heranzucht zweckdienlicher Unterlagen. Schweiz. Landw. Jahrbuch, **1927.**