

**Untersuchungen zur Stecklingsvermehrung von
Prunus- und *Malus*-Unterlagen und Vergleich mit
konventionell vermehrten- und in-vitro-Unterlagen**

Fachbereich Gartenbau
der Universität Hannover
zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktors der Gartenbauwissenschaften

- Dr. rer. hort. -

genehmigte

Dissertation

von

Dipl.-Ing. agr. Gregor Osterc
geboren am 11. 11. 1968 in Ljubljana (Slowenien)

2000

Referent: Prof. Dr. W. Spethmann

Korreferent: Prof. Dr. G. Noga

Tag der Promotion: 21. Februar 2000

Meinen Eltern und Irena gewidmet

KURZFASSUNG

Die üblichen Vermehrungsmethoden (Abrisse, in-vitro) der Kirschen- und Apfelunterlagen sind mit mehreren Nachteilen verbunden (arbeitsaufwendig, teuer). Die Stecklingsvermehrung stellt eine einfachere und kostengünstigere Methode dar.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde den Fragen der Optimierung der Stecklingsvermehrung bei den Kirschenunterlagen und der Möglichkeit dieser Vermehrungsart bei den Apfelunterlagen nachgegangen. Bei den Kirschenunterlagen wurden weiterhin durch Vergleichsversuche im Versuchsfeld Wachstums- und Entwicklungsvergleiche zwischen Stecklings-, in-vitro-Pflanzen und Abriß-Unterlagen im Jahr nach der Verschulung und in der Zeit nach der Okulation durchgeführt. Mit markierter IES wurde versucht, die Auxin-Aufnahme, die Auxin-Verlagerung und Metabolisierung in den ersten Tagen nach dem Stecken zu verfolgen. Es wurden auch mit dem Wasser gesättigte Stecklinge in diese Versuche einbezogen.

Nach zwei Vermehrungsjahren 1995 und 1996 zeigte sich bei der Stecklingsvermehrung, daß die Kirschen- und Apfelunterlagen in leichtbewurzelbare (alle Kirschenklone , 'M27', 'PiS1', 'PiS2' und 'PiS3') und schwerbewurzelbare Klone ('M9'-Klone und 'Pi80') zu differenzieren sind. Bei den schwerbewurzelbaren Klonen wurden die Vermehrungsergebnisse durch Einsatz von juvenilem Mutterpflanzenmaterial und von IBS deutlich verbessert. Als die beste Kombination der Parameter pH und Dünger erwies sich "0,4g"- "Osmocote"-Düngung beim pH-Wert 4.5. Die Stecklingslängen zwischen 20 und 24 cm zeigten tendenziell bessere Bewurzelung und die Längen zwischen 25 und 30 cm signifikant mehr Hauptwurzeln, tendenziell längeres Wurzelsystem und stärkeres Seitentriebwachstum.

Im Jahr 1996 entwickelten die 'Colt'- und 'F12/1'-Unterlagen und als Vermehrungsart die Abriß-Pflanzen nach der Verschulung den stärksten Stammdurchmesser, im Jahr 1997 wurde der stärkste Durchmesser bei den 'Gisela'-Unterlagen und Abriß-Pflanzen gemessen. Das stärkste Triebwachstum 1996 wurde bei den 'Colt'-, 'Gisela 5'-Unterlagen und bei der Vermehrungsart Stecklinge gemessen, im Jahr 1997 wuchsen am stärksten die 'Gisela'-Unterlagen und die in-vitro-Pflanzen. Die Veredlungen 1996 und 1997 zeigten meistens den stärksten Unterlagen- und Edelreisdurchmesser, aber auch meistens den stärksten Triebwachstum auf der Unterlage 'Colt' und auf Abriß-Unterlagen.

SUMMARY

The commonly used methods for cherry and apple rootstocks propagation have a lot of disadvantages (they are costly and laborious). An efficient cutting propagation method would present a simpler and cheaper alternative.

The purpose of this work was to optimise the cutting propagation method of cherry rootstocks and to study the possibilities for efficient use of this method for apple rootstock propagation. With cherry rootstocks field experiments were also performed to compare growth and development of plants produced by cuttings, micropropagation and mound layering before and after grafting. Additionally auxin uptake, its translocation and metabolism in the first days after transplanting of cuttings to substrate was studied with marked IAA. Cuttings saturated with water were included in these experiments.

After two propagation's years (1995 and 1996) the studied rootstocks were divided into two groups according to their rooting ability. All cherry rootstocks, 'M27', 'PiS1', 'PiS2' and 'PiS3' were ascribed into a group of easy-to-root clones whereas 'M9' and 'Pi80' formed a group of difficult-to-root clones. The propagation results of clones which are difficult-to-root were much better when the cuttings were taken from young stock plants and when IBA was added. The best combination of pH-value and "Osmocote" fertilizer was "0.4g N"-level "Osmocote" at pH 4.5. Cuttings with the length from 20 to 24 cm showed the tendency of better rooting and cuttings with the length from 25 to 30 cm had significantly higher number of main roots and showed the tendency to produce longer root system and stronger side shoots.

In the year 1996 'Colt' and 'F12/1' as rootstocks and mound layering as propagation technique gave the highest trunk diameters. In 1997 the highest trunk diameters among clones and among production methods were found for the 'Gisela' rootstocks and for mound layering, respectively. The strongest growth in the year 1996 was recorded for 'Colt', 'Gisela 5' and cuttings. In the year 1997 'Gisela' rootstocks and micropropagated rootstocks were the strongest. The grafted plants in the years 1996 and 1997 showed the highest trunk diameters and the strongest growth when grafted on 'Colt' and rootstocks produced by mound layering.

Schlagworte: *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen, Vermehrungsmethoden, Stecklinge

Keywords: *Prunus*- and *Malus*-rootstocks, propagation methods, cuttings

INHALTSVERZEICHNIS

	VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	12
1	EINLEITUNG	13
2	VERBESSERUNG DER STECKLINGSVERMEHRUNG VON <i>PRUNUS</i>- UND <i>MALUS</i>-UNTERLAGEN.....	16
2.1	EINLEITUNG.....	16
2.1.1	Heutiger Stand der Methodenentwicklung	16
2.1.2	Begründung für die Auswahl der untersuchten Parameter	19
2.1.3	Auxinaufnahme bei <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Stecklingen	23
2.2	MATERIAL UND METHODEN	26
2.2.1	Versuchsanlage	26
2.2.1.1	Vermehrbarkeit der <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Unterlagen.....	26
2.2.1.2	Physiologischer Zustand der Mutterpflanzen	27
2.2.1.3	Stecklingslänge	27
2.2.1.4	Düngung des Substrates	28
2.2.1.5	Auxinaufnahme bei <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Stecklingen	30
2.2.2	Kulturbedingungen.....	33
2.2.2.1	Standort.....	33
2.2.2.2	Luftbefeuchtung	33
2.2.3	Pflanzenuntersuchungen	34
2.2.3.1	Pflanzenbonitur	34
2.2.3.2	Chemische Analysen des Pflanzenmaterials.....	37
2.2.4	Substratuntersuchungen.....	39
2.2.4.1	Bestimmung der Rohdichte	39
2.2.4.2	Bestimmung des Salzgehaltes.....	39
2.2.4.3	Bestimmung des pH-Wertes	40
2.2.4.4	Mineralstickstoffgehalt.....	40
2.2.5	Statistische Auswertung	40
2.3	ERGEBNISSE.....	42
2.3.1	Vermehrbarkeit <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Unterlagen (Versuche 1995 und 1996)	42
2.3.1.1	Kirschenklone	42

2.3.1.2	Apfelklone.....	47
2.3.2	Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung	54
2.3.2.1	Leichtbewurzelbare Klone ('Gisela 5')	54
2.3.2.2	Schwerbewurzelbare Klone ('M9-984').....	64
2.3.3	Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung	74
2.3.4	Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum.....	78
2.3.4.1	Ergebnisse in der Vermehrungsperiode.....	78
2.3.4.1.1	Leichtbewurzelbare Klone ('Gisela')	78
2.3.4.1.2	Schwerbewurzelbare Klone (M9-4/80)	84
2.3.4.1.3	Substratuntersuchungen.....	89
2.3.4.2	Ergebnisse nach der Verschulung der Stecklinge	91
2.3.5	Einfluß des pH-Wertes und der Düngung des Substrates.....	95
2.3.5.1	Leichtbewurzelbare Klone ('Gisela')	95
2.3.5.2	Substratuntersuchungen.....	114
2.3.6	Auxinaufnahme bei <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Stecklingen	119
2.3.6.1	Prüfung der Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins in der Pflanze	119
2.3.6.2	Auxinaufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung des Stecklings.....	123
2.3.6.3	Prüfung des aufgenommenen Auxins auf Metabolisierung.....	127
2.4	DISKUSSION	130
2.4.1	Vermehrbarkeit der <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Unterlagen.....	130
2.4.2	Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung	134
2.4.3	Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung	138
2.4.4	Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum....	139
2.4.5	Einfluß des pH - Wertes und der Düngung.....	144
2.4.6	Auxinaufnahme bei <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Stecklingen	150
3	WACHSTUMSVERGLEICH DER <i>PRUNUS</i>-STECKLINGS-PFLANZEN AUS KONVENTIONELLER UND IN-VITRO-VERMEHRUNG	158
3.1	EINLEITUNG.....	158
3.2	MATERIAL UND METHODEN	161
3.2.1	Versuchsanlage.....	161

3.2.1.1	Standort.....	161
3.2.1.2	Unterlagen - Bewirtschaftungsmaßnahmen.....	161
3.2.2	Bäume nach der Verschulung	163
3.2.2.1	Bestimmung des vegetativen Wachstums	163
3.2.3	Okulierte Bäume	164
3.2.3.1	Bestimmung des vegetativen Wachstums	164
3.2.3.2	Bestimmung des generativen Wachstums	165
3.2.4	Statistische Auswertung	166
3.3	ERGEBNISSE.....	166
3.3.1	Wachstum der Bäume nach der Verschulung.....	166
3.3.2	Wachstum und Entwicklung der okulierten Bäume.....	178
3.4	DISKUSSION	196
3.4.1	Wachstum der Bäume nach der Verschulung.....	196
3.4.2	Wachstum und Entwicklung der okulierten Bäume.....	199
4	GESAMTDISKUSSION MIT AUSBLICK.....	202
5	ZUSAMMENFASSUNG	205
6	LITERATURVERZEICHNIS	208
7	ANHANG.....	219

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

GD _{0,05}	Grenzdifferenz, Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%
IBS	Indolyl-3-Buttersäure
IES	Indolyl-3-Essigsäure
dpm	decays per million (Zerfälle pro Minute)

1 EINLEITUNG

In Europa ist die Kirsche eine der wichtigsten Steinobstarten und der Apfel die wichtigste Kernobstart. Im west- und mitteleuropäischen Apfelanbau ist es seit Mitte der sechziger Jahre zu einer Umstellung der Pflanzsysteme von stark- bis mittelstarkwachsenden auf schwachwachsende Unterlagen-/Sortenkombinationen gekommen (WINTER 1992). Ein ähnlicher Prozeß ist auch im Kirschenanbau zu beobachten. Erwähnte Pflanzsysteme zeichnen sich durch dichte Pflanzung der Bäume aus. Pro ha werden heutzutage wesentlich mehr Bäume benötigt als in der Vergangenheit, wodurch diese Anbausysteme mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Eine Möglichkeit, die Anlagekosten zu vermindern, wäre die Reduktion der Pflanzenkosten. Einen großen Anteil an den Pflanzenkosten haben die Unterlagen und ihre aufwendige Vermehrungsmethoden.

Methoden der Vermehrung von Kern- und Steinobstunterlagen

Die Vermehrung der Kern- und Steinobstunterlagen erfolgt größtenteils immer noch mit konventionellen autovegetativen Vermehrungsmethoden (Abriß, Ableger). Bei Steinobst und z.T. Birnen ist die Veredlung auf Sämlingsunterlagen noch immer die Regel. In den letzten Jahren wurde für Kirschen als Alternative zu den konventionellen Vermehrungsmethoden gerade bei einigen schwachwüchsigen Steinobstunterlagen ('Gisela', 'Weiroot') mikrovermehrtes Pflanzgut angeboten.

Abrisse

Die Abriß-Methode oder Vermehrung durch Anhäufeln ist bei der Anzucht von Kern- und Steinobstunterlagen die meist verbreitete Methode. Durch Anhäufeln mit Erde an den Stämmen der Mutterpflanzen wird die Bildung von Adventivwurzeln gefördert. Dieser Prozeß der Wurzelbildung ist in einem Jahr abgeschlossen, d.h. im Herbst können die neu entstandenen Pflanzen, auch Abrisse genannt, geerntet werden. Die verschulten Abrisse sind dann im nächsten Sommer okulationsfähig. Diese Methode der vegetativen Vermehrung hat bei der Anzucht der Obstunterlagen große Bedeutung erlangt, weil man dadurch eine große Anzahl verwendbarer Unterlagen vermehren kann. Keine andere Methode der

autovegetativen Vermehrung erwies sich bisher als erfolgreicher. Trotzdem besitzt diese Methode gewisse Nachteile (HOWARD 1966):

- längere Wartezeit bis die Mutterbeete in den Ertrag kommen,
- für einen wirtschaftlichen Anbau werden große Flächen benötigt,
- sehr arbeitsaufwendig (mehrfaches Anhäufeln der Mutterbeete/Jahr, sorgfältige Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und Schädlinge, vorsichtige Unkrautbekämpfung).

So ergab sich die Frage nach Alternativen.

Mikrovermehrung

Die Techniken der Mikrovermehrung sind in den letzten 20 Jahren sehr verbessert worden. Die Mikrovermehrung ist bei vielen Pflanzenarten, unter anderen auch bei vielen Gehölzarten, eine wichtige, jedoch noch nicht die wichtigste Vermehrungsart. Das gilt auch für einige Steinobstunterlagen, insbesondere für die neuen, schwachwüchsigen Kirschenunterlagen 'Gisela' und 'Weiroot'.

Als Ausgangspunkt der Mikrovermehrung dienen verschiedene Teile der Mutterpflanzen: Sproßspitzen (apikale Meristeme), Achselknospen (laterale Meristeme), Sproßsegmente. Diese Teile (Gewebe) werden *in vitro* etabliert (Etablierungsphase) und weiter durch Teilung vermehrt (Vermehrungsphase). Mikrostecklinge werden bewurzelt (Bewurzelungsphase) und in Erde bzw. Torf-Substrat pikiert (Überführung in Erde). Diese Pflanzen müssen im Gewächshaus abgehärtet werden. Alle diese Phasen nehmen etliche Zeit in Anspruch. In der Tabelle 1 ist nach Angaben von MEIER-DINKEL (1985) und YANG (1992) diese Zeit angegeben. Sie bezieht sich auf die Produktion von 1000 Pflanzen aus einem Ausgangsproß bis zum Verkauf an die Baumschulen.

Tabelle 1: Mittlere Produktionszeit für 1000 Pflanzen aus dem Ausgangsproß bei der in-vitro-Kultur (nach MEIER-DINKEL 1985 und YANG 1992)

Kulturphase	Dauer
Etablierungsphase in vitro	3 Monate
Vermehrungsphase in vitro	fast 6 Monate
Bewurzelungsphase in vitro/in vivo	2-3 Wochen
Abhärtung im Gewächshaus	6 Monate
Summe	fast 16 Monate

Die Pflanzen müssen danach noch ein Jahr im Gewächshaus kultiviert werden, bis sie verschulfähig sind. Erst im darauffolgenden Sommer sind die verschulnten Unterlagen okulationsfähig. Es werden also mindestens 3 Jahre Kulturzeit benötigt, bis die so gewonnenen Pflanzen okulationsfähig sind. Selbstverständlich sind in diesem Zeitraum parallel aus mehreren Ausgangsprossen mehrere Tausende Pflanzen zu produzieren, eine Verkürzung des Zeitraumes ist aber noch nicht möglich. Durch diese Methode erhält man zwar viele Pflanzen, die aber wegen der langen Produktionszeit und der kostenintensiven Produktion (umfangreiche Ausrüstung und großer Arbeitsaufwand in allen Phasen) sehr teuer sind. Die von Baumschulen geforderten Preise für 1-jährige Unterlagen von 'Gisela 5' schwanken zwischen 4,40 DM und 4,80 DM, für 2-jährige zwischen 4,50 DM und 4,90 DM (LODDER 1997). Bei den 'Weiroot'-Unterlagen sind die Preise ähnlich.

2 **VERBESSERUNG DER STECKLINGSVERMEHRUNG VON *PRUNUS*- UND *MALUS*-UNTERLAGEN**

2.1 **Einleitung**

2.1.1 **Heutiger Stand der Methodenentwicklung**

Stecklingsvermehrung (Grünstecklinge) von *Prunus* und *Malus* wurde häufig untersucht, ist aber im Bereich des Anbaus von Kirschen- und Apfelunterlagen wenig oder gar nicht verbreitet. DE HAAS und HILDEBRANDT (1967) betonten in ihrem Buch über Obstunterlagen, daß die Gewinnung von Unterlagen durch Grünstecklinge noch große Schwierigkeiten bereite (DE HAAS und HILDEBRANDT 1967).

Unter Sprühregen wurden in den letzten 30 Jahren mehrere Untersuchungen mit Stecklingen von Kirschen- und Apfelunterlagen durchgeführt.

SCHIMMELPFENG (1966) überprüfte in seinen Versuchen an mehreren Sauerkirschensorten verschiedene Wuchsstoffe, deren Konzentrationen und Applikation, verschiedene Stecktermine und Verwundungseffekte. Als Wuchsstoff brachte IBS (50ppm) nach 20h Einstellen der Stecklinge mit ca. 50% Bewurzelung die besten Ergebnisse. Juni war mit 38% Bewurzelung der beste Stecktermin. Die Verwundungsvariante "Entfernen eines etwa 2 cm langen, basalen seitlichen Rindenschildchens" mit IBS-Applikation (40 ppm) erbrachte mit 42,5% die höchsten Bewurzelungsraten.

MEYER (1964) berichtet über eine Reihe von Versuchen an der Versuchsanstalt Wädenswil mit verschiedenen Kirschen- und Apfelunterlagen. Es wurden untersucht: Substratmischung, Art des Steckens (im Kasten, in Schalen, im Multitopf), Jahres- und Tageszeitpunkt des Schneidens, Schnittart, Reifegrad der Stecklinge, Anwendung von Wuchsstoffen und Weiterkultur der bewurzelten Stecklinge. Als optimaler Steckzeitpunkt wurde die erste Juni-Hälfte empfohlen. Bei den großblättrigen Klonen erbrachte das Einkürzen der Blätter gute Ergebnisse. Als optimales Substrat wird die Mischung von Sand, Torf und Perlite im Verhältnis 3:3:2 beschrieben. Der Einsatz einer Bodenheizung wird für eine gute Bewurzelung als unumgänglich angesehen. Die Stecklingsversuche wurden bei den *Prunus*-Arten mit 1% IBS und bei den *Malus*-Arten mit 0,1% NES, beides in Talkumform, durchgeführt. Es wurden bei den *Malus*-Arten Bewurzelungsergebnisse über 90% und bei den

Prunus-Arten bis 85% erzielt. Die Pflanzen wurden im nächsten Herbst nach der Verschulung als verkaufsfertige Pflanzen geerntet.

GRUPPE und SCHMIDT (1977) führten Stecklingsversuche mit verschiedenen Kirschen-Hybriden und -Arten aus den Sektionen *Eucerasus* und *Pseudocerasus* der Untergattung *Cerasus* durch. Alle Stecklinge, an zwei Terminen geschnitten, erhielten die gleiche Behandlung: Wuchsstoffbehandlung mit 500 ppm IBS in 50% Alkohol, Substratgemisch aus Torf und Sand im Verhältnis 1:1, Bodenheizung mit einer Temperatur zwischen 20°C und 22°C im Basisbereich der Stecklinge. Nach 4 Wochen wurden alle Stecklinge in den Kasten ins Freiland gepflanzt. Bei den Kirschen-Hybriden aus Kreuzungen innerhalb der Sektion *Eucerasus* und zwischen den Sektionen *Eucerasus* und *Pseudocerasus* wurden 72 bzw. 74% Bewurzelung erreicht. Die Hybriden aus Kreuzungen zwischen den Sektionen *Pseudocerasus* und *Eucerasus* erzielten durchschnittlich eine Bewurzelung von 59% und diejenigen aus den Kreuzungen innerhalb der Sektion *Pseudocerasus* eine Bewurzelung von 89%.

SPETHMANN (1985) erzielte bei *Prunus avium*-Stecklingen unter Sprühregen Ende Juni die besten Ergebnisse (95%) mit 0,5% Kaliumsalz der IBS plus 15% Benomyl, beim Stecktermin Ende Nov. ohne Wuchsstoff sogar 95%. Als optimales Stecksubstrat im Sprühregen erwies sich Kies und Überwinterung im ungeheizten Folienhaus.

STRAUCH et al. (1985) berichten ebenso über Stecklingsversuche mit verschiedenen Kirschen-Hybriden. Auch hier bekamen alle Stecklinge eine identische Behandlung:

- Stecktermin etwa Mitte Juni
- alle Stecklinge wurden bis Ende August jede Woche (Beginn zwei Wochen nach dem Stecken) mit 0,2% Kamasol-Nährlösung (komplette Düngerlösung) gespritzt, vierzehntägig wurde zusätzlich als Fungizid 0,2% "Polyram Comby") beigemischt.

Es wurde eine sehr gute Bewurzelung bei 'Colt' und anderen Kreuzungen aus der Sektion *Pseudocerasus* erzielt. Schnell und leicht bewurzelten sich auch Stecklinge der Klone *Prunus mahaleb* 'St. Lucie', 'Weiroot' und insgesamt alle Klone von *Prunus cerasus*. *Prunus avium*-Klone bewurzelten sich schlecht. Gute Ergebnisse wurden mit IBS 1000 ppm erzielt. Bei einigen Klonen förderte eine Konzentration von 3000 ppm IBS die Bewurzelungsergebnisse, auch in den Fällen, wo der optimale Schnittzeitpunkt der Stecklinge bereits überschritten war. Klone, bei denen die Wurzelinitialen schon vorhanden waren (Sektion *Pseudocerasus*), bewurzelten sich auch ohne Auxinbehandlung erfolgreich. Die Stecklinge der starkwachsenden Mutterpflanzen, die oft zurückgeschnitten worden waren, bewurzelten sich in der Regel schwer. Im Gegensatz dazu bewurzelten sich die Stecklinge der mittelstarkwachsenden Mutterpflanzen, mit einer hohen Anzahl an Trieben, leicht.

Bei den *Malus*-Stecklingen wurde oft versucht, den Bewurzelungsprozess mit Etiolierung und/oder Ringeln zu erhöhen. DELARGY und WRIGHT (1978) konnten bei Sämlingen der Apfelsorte 'Bramleys' mit Etiolierung und Ringeln durchschnittliche Bewurzelungsprozente der Stecklinge zwischen 22 und 27%, maximal 83% erreichen. Dabei wurde meist nur eine Wurzel pro Steckling entwickelt. Die Etiolierung zusammen mit dem Ringeln brachte maximale Ergebnisse bis zu 98%.

Auch HARRISON-MURRAY (1981) erreichte bei Stecklingen der Unterlage 'M9' eine erhöhte Bewurzelung durch Etiolierung der Mutterpflanzen. Es konnten durchschnittliche Bewurzelungsprozente zwischen 11 und 78% erreicht werden. Die Zeit vor dem Stecken, in der die Mutterpflanzen wieder im Hellen wuchsen, war für den Bewurzelungserfolg wichtig.

HOWARD et al. (1985) berichten über Stecklingsvermehrung der Apfelunterlagen 'M9' und 'MM106'. Beide Unterlagen zeigten deutlich bessere Ergebnisse bei Stecklingen von nicht etiolierten und wenig geschnittenen Mutterpflanzen. Auch die Etiolierung verbesserte die Bewurzelungsergebnisse. Bei der Unterlage 'M9' erreichten die etiolierten Stecklinge von nicht mit Erde bedeckten Mutterpflanzen über 80%, während sich die etiolierten Stecklinge von mit Erde bedeckten Mutterpflanzen mit über 40% bewurzeln lassen.

SUN und BASSUK (1991) gelang mit Binden und Etiolierung der neuen Triebe sieben Tage vor der Stecklingsentnahme eine Verbesserung des Bewurzelungserfolges und die Erhöhung der Wurzelzahl bei der schwervermehreren Apfelunterlage 'MM 106'. Die Stecklinge wurden vor dem Stecken mit IBS zwischen 500 ppm und 2000 ppm behandelt. Das Ringeln der Triebe hatte hingegen keinen Einfluß auf die Bewurzelung der leichtvermehreren Unterlage *Franklinia alatamaha* Marsh.

Verschiedene Hormone (IBS und NES) in unterschiedlichen Konzentrationen wurden schon in den Versuchen von BURD und DIRR (1977) bei verschiedenen Wildapfelarten untersucht. Die beste Ergebnisse (bis 100%) wurden mit dem Hormon IBS in Konzentrationen von 2.500 und 10.000 ppm erreicht. Als Stecktermin erwies sich Ende Mai, Anfang Juli als am erfolgreichsten.

HOWARD (1985) fand, daß IBS in Puder-Form bei den Steckhölzern der Apfelunterlagen 'MM111' und 'M26' und bei der Pflaumenunterlage *Prunus cerasifera* cv Myrobalan B bessere Ergebnisse zeigte als in Granulat-Form.

NYOMORA und MNZAVA (1982) in Tanzania berichten über besten Bewurzelungsergebnisse bei Apfelstecklingen mit 0,8% IBS in Talkum und bei Pfirsichstecklingen mit 0,1% IBS ebenfalls in Talkum. Die juvenilen Apfelstecklinge erreichten über 90% Bewurzelung.

QUAMME und HOGUE (1994) erreichten bei Stecklingen der Apfelunterlage 'Ottawa 3' bessere Bewurzelungsprozente, wenn die Stecklinge von mikrovermehrten Mutterpflanzen stammten, als wenn diese von konventionell vermehrten Mutterpflanzen geschnitten wurden. Die Stecklinge von mikrovermehrten Mutterpflanzen entwickelten auch ein längeres Wurzelsystem. Insgesamt bewurzelten sich Triebstecklinge besser als Kopfstecklinge.

2.1.2 Begründung für die Auswahl der untersuchten Parameter

Die meisten dargestellten Untersuchungen enden mit Darstellung der Bewurzelungsergebnisse am Ende der Vegetationsperiode. Es gibt nur sehr wenige Angaben über die Überwinterung der bewurzelten Stecklinge (z.B. SPETHMANN 1985) und ihr weiteres Wachstum bis zum Veredlungszeitpunkt und danach.

Keine der dargestellten Untersuchungen führte zu einer Stecklingsmethode, die in der Unterlagenvermehrung für Apfel oder Kirsche eingesetzt wird.

Im folgenden soll versucht werden, die Auswahl der untersuchten Parameter zu begründen, und auch, weshalb andere Parameter nicht in die Untersuchungen einbezogen wurden.

Der wichtigste Einflußfaktor einer Stecklingsvermehrung von Gehölzen ist nach SPETHMANN (1990, 1986b, 1997a) der **Altersstatus der Mutterpflanzen**. Besonders bei schwer vermehrbaren Gehölzen sind nur juvenile Stadien zu bewurzeln. Für *Prunus* gibt SPETHMANN als Grenze 'sinnvoller' Vermehrung das Alter 5 an.

Der 'effektive Altersstatus' eines Stecklings ergibt sich nach SPETHMANN aus der Addition/Überlagerung der Effekte aus der zeitlichen, chronologischen Alterung (Cyclophysis) und der Effekte, die durch die Position am Baum (Topophysis) bestimmt ist. Basale Regionen eines Baumes zeigen danach juvenilere Eigenschaften als apikale. Auch negative Umwelteffekte oder ungeeignete Methoden können einen zusätzlichen Altersschub bewirken (Periphysis). Eine Rejuvenilisierung zu alter Mutterpflanzen ist durch verschiedene Methoden möglich. Die gebräuchlichste Methode in Baumschulen, das starke Zurückschneiden der Mutterpflanzen, führt zu einer kurzen physiologischen Verjüngung. Effektivere Verjüngung ist über in-vitro-Methoden oder 'repeated micrografting' möglich.

Bei der "Abriß"-Vermehrungsmethode von *Prunus* und *Malus* erfolgt also durch das Zurückschneiden der Mutterpflanzen keine echte Rejuvenilisierung (SPETHMANN 1990), sondern es kommt trotz häufigem Rückschnitt eines Abrißmutterquartiers zu einer

allmählichen Alterung der Mutterpflanzen. Diese Prozeß wird als “Klonalterung” bezeichnet. Da viele dargestellte Versuche mit üblichen *Prunus*- und *Malus*-Rißlings-Unterlagenpflanzen durchgeführt worden sind, kann vermutet werden, daß in diesen Versuchen mit klongealtertem Material gearbeitet wurde. Das ist mit Sicherheit einer der wichtigsten Gründe für die oft schlechten Ergebnisse. Erfolgversprechendere Versuche sind nur mit juvenilem Stecklingsmaterial möglich. Als juveniles Material könnten in-vitro-vermehrte Pflanzen verwendet werden, bei denen nach SPETHMANN (1990), in Versuchen mit *Prunus* F12/1 nachgewiesen, eine echte Rejuvenilisierung erfolgt. In den eigenen Versuchen wurde deshalb z.T. mit selber vermehrten in-vitro-Pflanzen geprüft, ob dieses juvenile in-vitro-Material gegenüber dem konventionellen Abriß-Mutterpflanzenmaterial eine Verbesserung der Stecklingsergebnisse ergibt.

Der richtige **Zeitpunkt der Stecklingsvermehrung** ist nach dem Mutterpflanzenalter als zweitwichtigster Faktor einzustufen (SPETHMANN 1997a). Zur Klärung der Frage über den richtigen Steckzeitpunkt bei unterschiedlichen Gehölzen und auch bei Kirsche wurden zahlreiche Versuche durchgeführt (SPETHMANN 1986a, 1986b, 1997a u.v.a.). Für Kirschenstecklinge wird als richtiger Steckzeitraum der Monat Juni empfohlen, bzw. der Punkt, wenn die diesjährigen Triebe mit der Verholzung beginnen. Da dieser Faktor unstrittig ist, wurde er in unseren Versuchen übernommen. Auch bei den sehr ähnlich reagierenden *Malus*-Stecklingen wurde zum Zeitpunkt des Verholzungsbeginns gesteckt. Der Termin lag meistens 14 Tage später als bei der Kirsche.

Bei der **Bewässerung/Luftbefeuchtung** von Stecklingsquartieren gab es den letzten Jahren neue Erkenntnisse. In der Vergangenheit durchgeführte Stecklingsversuche mit Kirschen- und Apfelunterlagen wurden überwiegend unter Sprühregen durchgeführt. Dabei wird mit Tropfengrößen von ca. 100µm (Wasserdurchsatz pro Düse 90-120 l/h) gearbeitet. Die Wassertropfen fallen gleichmäßig nach einigen Sekunden auf den Pflanzenbestand. Dabei kommt es oft zwischen den Wasserstößen zu einem kurzfristigen Abtrocknen der Blätter und wegen der insgesamt erheblichen Wassermengen bei langer Bewurzelungsdauer zur Auswaschung von Nährstoffen aus dem Blatt (SPETHMANN 1997a).

Die Entwicklung von Hochdrucknebel- bzw. Fog-Anlagen eröffnete erstmals die Möglichkeit, viele als “schwervermehrbar” geltende Arten (*Acer pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Hamamelis mollis*, *Prunus avium*, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, einige *Magnolia*- und *Rosa*-Arten) über Stecklinge zu vermehren (SPETHMANN 1986a, 1997a). Die

Hochdrucknebelanlagen mit ihren individuell einsetzbaren Rohrsystemen ermöglichen eine gleichmäßige Verteilung eines sehr feinen Nebels im gesamten Haus. Die Tropfengröße beträgt dabei 5-10µm (SPETHMANN 1990, 1997). Die häufig hohen Temperaturen bis zu 50°C - da in diesem System nicht gelüftet werden darf - und die konstant hohe Luftfeuchte in solchen Nebelhäusern scheinen eine fungizide Wirkung zu haben. Auch die Entwicklung von Lebermoos soll in Nebelhäusern reduziert sein (SPETHMANN 1997a). Da *Prunus* und *Malus* in die Gruppe der schwervermehrten Gehölzarten einzustufen sind, soll ihre Vermehrung bei den eigenen Versuchen generell unter Hochdrucknebel durchgeführt werden. Die bislang oft schlechten Ergebnisse bei *Prunus* und *Malus* könnten auch im dem für diese Gattungen nicht optimalen Sprühregenverfahren begründet sein. In eigenen Versuchen wurde die Vermehrbarkeit verschiedener *Prunus*- und *Malus*-Klone unter Einsatz von Hochdrucknebel geprüft.

Wie die dargestellten Versuche mit *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen zeigen, wurde in der Vergangenheit der **Wachsstoffbehandlung** der Stecklinge große Aufmerksamkeit zuteil. Gleiches gilt auch für andere Gehölzarten. Obgleich die Ergebnisse dieser Versuche auch bei Wiederholung zwischen den Jahren stark variieren, wurde mehrfach festgestellt, daß die Applikation des Hormons IBS in einer Konzentration von 0,5% zu den besten Ergebnisse führt. Z.T. wird der Hormonmischung ein Fungizid beigemischt. Als bei vielen Arten am geeignetsten wird Euparen (10%) empfohlen (SPETHMANN 1997a). Auch in anderen Versuchen wird bei der Abt. Baumschule nur diese eine Wachsstoffvariante eingesetzt. Deshalb wurden bei den eigenen Versuchen keine Wachsstoffvarianten getestet. Ein möglicher Einfluß einer Wachsstoffapplikation in Zusammenhang mit der Alterung der Mutterpflanzen wurde jedoch geprüft.

Vorversuche und auch die erste Versuchsserie zeigen, daß die Wachsstoffapplikation z.T. keine signifikante Verbesserung der Bewurzelung bewirkte. Es stellte sich die Frage, ob der Wachsstoff tatsächlich aufgenommen wird. Es wurden deshalb erste orientierende Versuche zur Aufnahme von Auxinen mit radioaktiv markierter IES durchgeführt.

Der Einfluß verschiedener **Substrate** auf den Erfolg der Stecklingsvermehrung wurde oft untersucht. Es zeigte sich, daß das Substrat nur eine untergeordnete Rolle bei der Stecklingsvermehrung spielt. Nach SPETHMANN (1997a) kann oft sogar bei schwerbewurzelbaren Arten/Klonen (auch bei Kirsche) eine breite Palette von Substraten mit gleichem Erfolg verwendet werden. Aus diesen Gründen werden weitere Versuche als nicht sinnvoll erachtet.

In den Versuchen wurde als Standardsubstrat eine Torf/Sand-Mischung im Verhältnis 3:1 verwendet, die insbesondere für Vermehrung unter “fog” geeignet ist (SPETHMANN 1997a).

Die **Düngung von Stecklingssubstraten** wurde lange eher negativ bewertet als positiv. Deswegen wurde in der Vergangenheit das Substrat für die Stecklingsvermehrung meist nicht gedüngt. Das zeigen auch oben beschriebene Versuche. Grund für die schlechten Erfahrungen mit der Substratdüngung sind die angewendeten schnellfließenden Dünger, die bei der Wurzelbildung oft Salzschäden verursachen. Erst der Einsatz von langsamfließenden Depotdüngern führte zu überraschend guten Ergebnissen (SPETHMANN 1997a). Für die Optimierung der Stecklingsvermehrung bei *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen sind deshalb Versuche mit verschiedenen Düngerarten und Dünger-Mengen unumgänglich nötig. Insbesondere der gute Durchtrieb bei den bewurzelten Stecklingen führt zu Pflanzen, die möglicherweise eher okulationsfähig sind.

Dem **pH-Wert des Substrats** wurde, wie die dargestellten aber auch Versuche bei anderen Gattungen zeigen, in der Vergangenheit keine Aufmerksamkeit geschenkt. Neue Versuche mit Eichenstecklingen bei der Abt. Baumschule zeigen jedoch, daß die Stecklinge bei niedrigen pH-Werten (3.2 – 4.5) bessere Bewurzelungs- und Wachstumsergebnisse sowie höhere Aufnahmeraten der Nährstoffe erzielten als bei höheren (SPETHMANN 1997a). Diese Ergebnisse bestätigen auch Angaben von HARBAGE et al. (1998), wonach die Mikrostecklinge zweier Apfelsorten beim niedrigeren pH-Wert des Substrats (4.0) mehr der applizierten IBS aufnahmen als beim höheren. Wegen dieser neuen Erkenntnisse wurde der pH-Wert des Substrats in die eigene Versuche einbezogen. Es wurde der Zusammenhang zwischen der Düngungsart und -menge und dem pH-Wert überprüft.

Dem Einfluß der **Stecklingslänge** auf die Stecklingsergebnisse wurde selten nachgegangen. Die gewählte Länge ist oft durch das verfügbare Material bedingt. Im allgemeinen werden Längen um 10 cm verwendet. Eine Überprüfung des Einflusses der Stecklingslänge auf die Vermehrbarkeit und Qualität der untersuchten Klone bei den *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen könnte deshalb wichtig sein, da große kräftige Stecklingspflanzen eher okulierfähig sein werden als sehr kleine.

Außer dem Abstreifen der basalen Blätter wird der Steckling nicht nachbehandelt durch z.B. Einkürzen der Blätter oder Verwundung der Stecklingsbasis. Im “fog” sind diese arbeitsaufwendigen Behandlungen nach vielfachen Versuchen in der Abt. Baumschule nicht notwendig.

Mit **Etiolierung der Mutterpflanzen** kurz vor dem Stecken wurde oft versucht, bei den schwerbewurzelbaren *Malus*-Klonen die Bewurzelungsergebnisse zu verbessern. Z.T. konnte tatsächlich durch diese Maßnahme der Bewurzelungserfolg bei diesen Klonen gering erhöht werden. Es handelt sich hier aber um eine enorm arbeitsaufwendige Methode, die auch wegen gering besserer Ergebnisse nicht gerechtfertigt ist. Eine Einbeziehung dieses Verfahrens in die eigenen Versuche wird nicht als sinnvoll erachtet.

In umfangreichen Versuchen wurde mit **Bodenheizung** experimentiert. Oft wurde besonders auf eine konstante Temperatur in der Wurzelschicht geachtet. Dieses Verfahren ist mit hohen Kosten verbunden, wirklich positive Ergebnisse blieben aus. Heutzutage wird Bodenheizung bei Winterstecklingen (zwischen 10°C und 20°C) verwendet, bei der Vermehrung im Sommer wird darauf verzichtet (SPETHMANN 1997a). Die Ergebnisse mit *Prunus avium*-Stecklingen bestätigen sogar, daß die beste Überwinterung im unbeheizten Gewächshaus im Grundbeet erfolgen kann (SPETHMANN 1985). Aus diesen Gründen wurde Bodenheizung nicht in die eigenen Versuche einbezogen.

Überwinterung und Weiterkultur scheitert oft trotz erfolgreicher Bewurzelung. Untersuchungen von SPETHMANN (1997a) zeigen, daß bei einer Überwinterung der bewurzelten Stecklinge im Bewurzelungsbeet im unbeheizten Gewächshaus kaum Ausfälle beobachtet werden, auch bei Auftreten stärkerer Fröste. Vorversuche mit *Prunus* bestätigten dieses Verhalten. Alle Stecklingsversuche wurden deshalb erst nach der Überwinterung ausgewertet. Das Weiterwachstum nach einer Verschulung erfolgt i.d.R. problemlos.

Eine Stecklingsvermehrungsmethode ist erst sinnvoll einsetzbar und praxisreif, wenn sichergestellt ist, daß die Stecklinge problemlos weiterkultiviert werden können und sie die gleichen (oder bessere) Eigenschaften wie mit anderen Methoden vermehrte Pflanzen aufweisen. Die **Weiterbeobachtung der Stecklinge bis zur Okulation und auch danach** bis zum Blühbeginn stellt deshalb einen weiteren Schwerpunkt der eigenen Untersuchungen dar.

2.1.3 Auxinaufnahme bei *Prunus*- und *Malus*-Stecklingen

Die Adventivwurzelbildung wird durch Auxine gesteuert. Sie sind wahrscheinlich mitverantwortlich für die Induktion von Adventivwurzeln. Die Teilung der ersten Zellen der

Adventivwurzelprimordien wird durch pflanzeigene Auxine und z.T. durch applizierte Auxine kontrolliert (HARTMANN et al. 1990). Leichtbewurzelbare Gehölzarten lassen sich von jungen wie alten Mutterpflanzen, zu verschiedensten Terminen, mit oder ohne Auxinapplikation, mit verschiedenen Vermehrungssystemen erfolgreich vermehren. Bei schwerer Vermehrbarkeit ist das Einhalten spezifischer, genau aufeinander abgestimmter Parameter unbedingt notwendig. Die Bewurzelung solcher Arten (Eiche, Kirsche, Apfel) kann durch den Auxineinsatz qualitativ verbessert werden (SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b). Die Adventivwurzelbildung erfolgt nach HARTMANN et al. (1990) und SPETHMANN (1997a) in zwei Phasen: der Induktionsphase und der Phase der Wurzelstreckung und des Wurzelwachstums. Die Induktionsphase teilt sich in die Auxin-aktive Phase und in die Auxin-inaktive Phase. Beide Unterphasen sind kurz - sie dauern jeweils nur vier Tage. In der Auxin-aktiven Phase, bis etwa vier Tage nach dem Stecken der Stecklinge ist für eine erfolgreiche Bewurzelung die Anwesenheit von Auxinen (entweder pflanzeigenes- oder appliziertes Auxin) in der Pflanze bzw. im Bereich der Wurzelbildung notwendig. In der folgenden Auxin-inaktiven Phase und in der Phase der Wurzelstreckung und des Wurzelwachstums ist Auxinanwesenheit unnötig. Die Stecklinge reagieren demnach auf Auxin nur in den ersten Tagen nach dem Stecken. Nach DE KLERK et al. (1995) verläuft die Adventivwurzelbildung bei in-vitro-Vermehrung des *Malus*-Klones 'Jork 9' in drei Phasen: Vordifferenzierungsphase, Induktionsphase und Differenzierungsphase. Die Vordifferenzierungsphase ist ein Tag nach dem Stecken beendet, die folgende Induktionsphase streckt sich zwischen einem Tag nach dem Stecken bis zum dritten bzw. vierten Tag nach dem Stecken, danach folgt die Differenzierungsphase. DE KLERK et al. (1995) zeigten, daß die Pflanzen auf das zugegebene Auxin (IBS) am besten zwischen einem und zwei Tagen nach dem Stecken reagieren. Nach HARBAGE et al. (1993) zeigen sich bei in-vitro-Stecklingen in der Zeit, in deren das Stecklingsgewebe auf das zugegebene Auxin reagiert, Unterschiede zwischen Klonen. Bei den Stecklingen des Klones 'Gala' erstreckt sich diese zwischen einem und vier Tagen.

Pflanzeigenes Auxin ist Indolyl-3-Essigsäure (IES) (GASPAR und HOFINGER 1988, DAVIS et al. 1995, KENDE und ZEEWAART 1997). Als appliziertes Auxin zeigt Indolyl-3-Buttersäure (IBS) im Vergleich zu IES nach zahlreichen Angaben (SPETHMANN und HAMZAH 1987, SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b) bei der Stecklingsbewurzelung, besonders hinsichtlich Wurzelwachstum und Wurzelqualität, deutlich bessere Ergebnisse. Die Erklärung dafür bleibt trotz mehrerer Untersuchungen zur Metabolisierung der Auxine in den Pflanzen nach ihrer Applikation noch unklar (WIESMAN et al. 1989).

Die Rolle des applizierten Auxins (Aufnahme und Metabolisierung in der Pflanze) wurde bei der in-vitro-Vermehrung der Gehölzen schon öfter untersucht (ALVAREZ et al. 1988, WIESMAN et al. 1989, HARBAGE et al. 1998). Alle Untersuchungen zeigen, daß das aufgenommene Auxin in der Pflanze schnell metabolisiert wird. Die wichtigsten Metabolite mit Asparaginsäure sind Indolyl-3-Acetyl-Asparaginsäure - IESsp oder Indolyl-3-Butryl-Asparaginsäure - IBSsp. Nach WIESMAN et al. (1989) konnte aus dem IBA auch die Entstehung zweier hochmolekularer Konjugate mit einem Molekulargewicht zwischen 580 und 1355 festgestellt werden.

Bei der Stecklingsvermehrung ist über die Auxinaufnahme, dessen Verteilung und Metabolisierung in der Pflanze nach der Aufnahme wenig bekannt. Nach HARTMANN et al. (1990) konnten Pflaumenblattstecklinge in einem Versuch innerhalb eines Tages das Auxin IBS aufnehmen und es durch den Steckling zu anderen Stecklingsteilen transportieren. Bei der basalen Auxin-Applikation blieb Auxin nach dieser Untersuchung trotzdem meist in der Basis der Stecklinge. Untersuchungen über mögliche Auxin-Metabolisierung bei den Stecklingen fehlen.

Im eigenen Versuch wurde versucht, das von den Stecklingen aufgenommene Auxin in den ersten Tagen nach dem Stecken in den Pflanzen zu verfolgen. Es wurden die Auxineinlagerung in den einzelnen Pflanzenteilen (Basis, Stiel, Blätter) und die Auxinmetabolisierung untersucht. Diesen Fragen wurden getrennt beim leichterbewurzelbaren *Prunus* Klon 'Gisela 4' und schwererbewurzelbaren *Malus* Klon 'M9-4/80' nachgegangen. Es könnte vermutet werden, daß die für das Stecken normal vorbereiteten Stecklinge trotz Maßnahmen gegen Feuchteverlust beim Stecken und kurz nach dem Stecken unter Wassermangel leiden. Deswegen wurde die Auxinbeweglichkeit bei den für das Stecken normal vorbereiteten - und bei mit Wasser gesättigten Stecklingen geprüft.

2.2 Material und Methoden

2.2.1 Versuchsanlage

Es wurden mehrere Teilversuche durchgeführt. Bei diesen Versuchen handelt es sich um Prüfung unterschiedlicher Faktoren und deren Variationen (Kapitel 2.2.1). Einige Kulturbedingungen blieben bei allen Versuchen konstant (Kapitel 2.2.2).

2.2.1.1 Vermehrbarkeit der *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen

Um die Stecklingsvermehrbarkeit einzelner Kirschen- und Apfelunterlagen zu prüfen, wurden in Jahren 1995 und 1996 zwei Versuche mit verschiedenen Klonen durchgeführt.

Die Versuche umfaßten folgende *Prunus*-Unterlagen: 'F12/I' (*Prunus avium* Typ), 'Colt' (*Prunus avium* x *Prunus pseudocerasus*), 'Gisela 5' (*Prunus cerasus* 'Schattenmorelle' x *Prunus canescens*), 'Weiroot 13' (*Prunus cerasus*-Selektion), 'Weiroot 158', 'Weiroot 53' und 'Weiroot 154' (alle Selektionen der Kreuzungen von 'Weiroot 11' und *Prunus avium*). Von den *Malus*-Unterlagen wurden folgende Klone im Versuch eingesetzt: 'M27', 'M9-4/80', 'PiS1' (bezeichnet als 'Pi-Au 7-33': 'M9' x *Malus baccata*, Bastard Geisenheim), 'PiS2' (bezeichnet als 'Pi-Au 9-16': 'M9' x *Malus micromalus*), 'PiS3' (bezeichnet als 'Pi-Au 9-82': 'M9' x *Malus micromalus*) und 'Pi80'.

Im Jahr 1995 wurden aus der Gruppe der 'M9'-Klone zusätzlich die Klone 'M9-984', 'M9-756' und 'M9-752' verwendet. Im Jahr 1996 wurde von den 'Weiroot'-Klonen statt Klon 'Weiroot 13' Klon 'Weiroot 72' (Selektion der Kreuzung von 'Weiroot 11' und *Prunus avium*) gesteckt. Zusätzlich wurde Klon 'Gisela 4' (*Prunus avium* x *Prunus fruticosa*) gesteckt.

Beide Versuche wurden als einfaktorieller Versuch mit Blockanlage mit 5 bzw. 6 Wiederholungen angelegt. Im Jahr 1995 wurden pro Wiederholung 40 Stecklinge, im Jahr 1996 20 Stecklinge gesteckt. Daraus ergaben sich 200 bzw. 240 Stecklinge pro Klon im Jahr 1995 und 100 Stecklinge pro Klon im Jahr 1996. Die Länge der Stecklinge beim Stecken variierte im Jahr 1995 zwischen 3 cm und 40 cm, im Jahr 1996 war sie einheitlich 20 cm. Im Jahr 1996 variierte die Dicke der Stecklinge zwischen 1 mm und 5 mm. Als Substrat diente in beiden Versuchen Torf/Quarz-Sand-Gemisch im Verhältnis 3:1. Das Substrat wurde aufgedüngt und aufgekalkt. In beiden Fällen wurde 2,0g Dünger/l Substrat und 3,0g

kohlensaurer Kalk (CaCO_3)/l Substrat (für pH 4.5) beigemischt. Im Jahr 1995 wurde als Dünger Osmocote-Plus 8-9M (16+8+12+2) verwendet und im Jahr 1996 Osmocote-Plus 3-4M (15+11+13+2). Im Jahr 1996 erfolgte eine zusätzliche Aufdüngung mit 0,1g Radigen (Mikronährstoffdüngung)/l Substrat.

2.2.1.2 Physiologischer Zustand der Mutterpflanzen

Zur Ermittlung des Einflusses des physiologischen Zustandes der Mutterpflanzen auf die Stecklingsvermehrbarkeit von *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen wurde im Jahr 1997 ein Versuch mit den Unterlagen 'Gisela 5' (leicht bewurzelbar) und 'M9-984' (schwer bewurzelbar) durchgeführt. Beide Unterlagen wurden in unterschiedlichen physiologischen Alters-Stadien gesteckt. Die Stecklinge der Unterlage 'Gisela 5' wurden von sechsjährigen in-vitro-Pflanzen, die auf siebenjährige Abrisse der Unterlage 'F12/1' veredelt waren, und von einjährigen in vitro Mutterpflanzen gewonnen. Die Stecklinge der Unterlage 'M9-984' wurden von einjährigen Abrissen und von fünfjährigen in vitro Pflanzen geschnitten. Der Versuch wurde als zweifaktorieller Versuch angelegt. Neben der Alterung wurde der Faktor Hormonbehandlung in die Untersuchung einbezogen. Es wurden die Wirkungen der Hormone Auxin und Ethrel in einer Konzentration von 0,5% geprüft. Nach einigen Versuchen (SPETHMANN 1997a) wirkte Ethrel positiv (auf die Wurzelbildung) auf ältere Eichen-Stecklinge, die starke Kallusbildung gezeigt hatten. In unserem Versuch sollte diese Wirkung auf das ältere Material geprüft werden.

Der Versuch wurde als zweifaktorieller Versuch mit jeweils 4 Wiederholungen angelegt. Die Anzahl der Stecklinge pro Wiederholung betrug 40 Stück, die Stecklinge waren beim Stecken 15 cm lang. Als Substrat diente ein Torf/Quarz-Sand-Gemisch im Verhältnis 3:1. Das Substrat wurde aufgedüngt mit 2,0g Osmocote 3-4M (14+14+14) und 0,1g Radigen/l Substrat. Aufkalkung erfolgte durch 3,1g kohlensaurer Kalk (CaCO_3)/l Substrat (für pH 4.5).

2.2.1.3 Stecklingslänge

Im Jahr 1997 wurde ein Versuch zur Überprüfung des Einflusses unterschiedlicher Ausgangslängen der Stecklinge durchgeführt. Als Versuchsklon diente der Kirschenklon 'Gisela' (Klon aus der 'Gisela'-Gruppe aus Ruthe). Es wurden folgende Längen-Klassen gebildet:

Klasse 1: 8 cm - 14 cm

Klasse 2: 15 cm - 20 cm

Klasse 3: 21 cm - 24 cm

Klasse 4: 25 cm - 30 cm

Der Stecklingsdurchmesser war bei allen Varianten einheitlich: zwischen 2 mm und 3 mm. Der Versuch wurde einfaktoriell mit jeweils 4 Wiederholungen angelegt. Das Substrat war ein Torf/Quarz-Sand-Gemisch im Verhältnis 3:1. Es wurde mit 2,0g Osmocote-Plus 3-4M (15+11+13+2)/l Substrat aufgedüngt und mit 3,1g kohlensaurer Kalk (CaCO_3)/l Substrat auf pH 4.5 aufgekalkt.

2.2.1.4 Düngung des Substrates

Inwieweit eine unterschiedliche Düngung die Stecklingsvermehrbarkeit und das weitere Wachstum der Kirschen- und Apfelunterlagen beeinflussen kann, wurde in zwei Versuchen geprüft.

Im Jahr 1996 wurde ein Versuch mit unterschiedlichen Düngern und im Jahr 1997 mit verschiedenen Düngermengen in Kombination mit 2 unterschiedlichen pH-Werten des Substrates angelegt.

Der Versuch im Jahr 1996 wurde mit vier verschiedenen Düngerarten durchgeführt. Bei allen Varianten (außer Kontrolle) wurde die Düngermenge auf die Reinstickstoffmenge, die die Pflanzen erhalten sollten, bezogen. Diese wurde mit 0,4g Rein-Stickstoff/ 1 Substrat festgelegt.

1. Hornspäne (3,08g): ein organischer Dünger (N in Amidform) ohne Zusatz von Mineralstickstoff. Hier obliegt die langsame Nährstofffreisetzung der Mikroorganismenaktivität. In unserem Versuch wurde Hornspäne mit 13% Stickstoff verwendet.

2. Nitrophoska Blau Spezial (3,33g): Nitrophoska Blau Spezial ist ein mineralischer Dünger mit wasserlöslichen Salzen und damit sofort verfügbar. In unserem Versuch wurde Nitrophoska Blau Spezial (12+12+17+2) verwendet.

3. Osmocote (2,67g): ist ein mit Kunststoff umhüllter Depot-Dünger. Die Freisetzung der Nährsalze aus diesen Hüllen erfolgt durch Diffusion über einen längeren Zeitraum und zwar durch kleine Poren (analog der Diffusion durch permeable Membranen) oder nach dem Platzen der Hüllen. Einflußfaktoren auf die Wirkgeschwindigkeit und -intensität sind hierbei

die Temperatur, die typische Löslichkeit der Salze, die Art und Dicke des Hüllenmaterials und die Bodenfeuchte. Verwendet wurde Osmocote-Plus 3-4M (15+11+13+2).

4. Plantosan (2,00g): hier wird der Stickstoff als ein Kondensationsprodukt von Harnstoff angeboten (schwer abbaubare Ketten- und Ringverbindungen). Er ist ein synthetisch-organischer Dünger, der schwer wasserlöslich ist. Die N-Freisetzung erfolgt durch mikrobielle Zersetzung und Hydrolyse. Wichtigste Einflußgrößen sind Temperatur, Bodenfeuchte und Korngröße des Düngers. Im Versuch wurde Plantosan 8-10 W (Wochen) (20+10+15+6) verwendet.

Neben den verschiedenen Düngerarten wurde eine Kontrolle ohne Substratdüngung in den Versuch einbezogen.

Alle Varianten (außer Kontrolle) wurden zusätzlich noch mit 0,1g Radigen/l Substrat aufgedüngt. Das Substrat war Torf/Quarz-Sand-Gemisch im Verhältnis 3:1. Es wurde bei allen Düngungsvarianten mit 3,0g Kohlensäurer Kalk (CaCO_3)/l Substrat auf pH 4.5 aufgekalkt. Der Versuch wurde als einfaktorieller Versuch mit 4 Wiederholungen und jeweils 40 Stecklingen pro Wiederholung angelegt. Die Versuchsvarianten wurden mit Stahlblechen gegeneinander abgegrenzt.

Für den Versuch im Jahr 1997 wurde als Dünger Osmocote-Plus 3-4M (15+11+13+2) gewählt. Der Faktor "Dünger" wurde nach drei Stickstoffmengen variiert: 0 g Rein-Stickstoff/l Substrat (Kontrolle), 0,2g Rein-Stickstoff/l Substrat, 0,4g Rein-Stickstoff/l Substrat und 0,6 g Rein-Stickstoff/l Substrat. Gleichzeitig erfolgte eine Aufkalkung des Substrates auf zwei pH-Werte: 4.5 und 7.3. Die zur Aufkalkung benötigten Mengen an Kohlensäurem Kalk (CaCO_3) wurden anhand einer Pufferkurve ermittelt: 3,1g CaCO_3 für pH 4.5 und 25,0g CaCO_3 für pH 7.3. Der Versuch wurde als zweifaktorieller Versuch mit 4 Wiederholungen und jeweils 40 Stecklingen pro Wiederholung angelegt. Die Abgrenzung der Versuchsvarianten erfolgte durch Stahlbleche.

Für beide Versuche wurden die Klone 'Gisela' (Klon aus der 'Gisela'-Gruppe aus Ruthe) und 'M9-4/80' verwendet. Die Länge aller Stecklinge betrug im Versuch im Jahr 1996 20 cm, im Jahr 1997 15 cm.

2.2.1.5 Auxinaufnahme bei *Prunus*- und *Malus*-Stecklingen

Versuchspflanzen und Stecklingsmethode

Versuche wurden mit den Unterlagen *Prunus*-'Gisela 4' und *Malus*-'M9-4/80' durchgeführt. Die Kirschenunterlage zeigte sich in Stecklingsversuchen bei optimiertem Verfahren ("Fog"-System, juveniles Material, angepaßter Steckzeitpunkt, angepaßte Düngung) als unproblematisch, also einfach vermehrbar. Die Apfelunterlage 'M9-4/80' hingegen bereitete bei der Stecklingsvermehrung Schwierigkeiten, ist also als schwerer vermehrbar einzustufen. Bei allen Versuchen wurden die Stecklinge vor dem Stecken auf einheitliche Länge von 15 cm geschnitten und bis auf die obersten drei, vier Blätter entblättert. Obgleich IBS das bessere Auxin für Gehölze ist, wurde für die Versuche IES verwendet, da nur für IES radioaktiv markiertes Material erhältlich ist. Die Basis der Stecklinge wurde ca. 5 sec. in die Hormonlösung (0,5% IES + 2,0 - 2,5×10⁴ dpm [¹⁴C]IES/5µl) getaucht ("Quick-Dip"-Methode). Die verwendete 0,5%ige Hormonkonzentration erwies sich in mehreren Versuchen als am besten (SPETHMANN 1986, SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b). Die Stecklinge wurden in Torf-Sand Gemisch (3:1) mit dem pH-Wert 4.5 und 2,5 g/l Substrat Osmocote-Plus (15+11+13+2) in 5l Container im Folienhaus mit der Hochdrucknebelanlage gesteckt. Die aus dem Substrat nach bestimmter Zeit entnommenen Stecklinge wurden in Alu-Folie eingewickelt und in Gefrierbeutel eingepackt. Die Pflanzen wurden in einem Tiefkühlraum bei -18°C eingefroren und bis zur Analyse eingelagert.

Prüfung der Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins in der Pflanze

Von beiden Klonen wurden jeweils 90 Stecklinge in den Versuch einbezogen. Je 10 der gesteckten Pflanzen wurden nach einer Stunde, 1 Tag, 2 Tagen, 4 Tagen und 6 Tagen dem Substrat entnommen und auf Radioaktivität analysiert. Die Analyse wurde an neun verschiedenen Positionen der Stecklinge durchgeführt (Abbildung 93):

- a) Basis der Stecklinge (0 – 3 cm)
- b) Stiel 1 (3 – 6 cm)
- c) Stiel 2 (6 – 9 cm)
- d) Stiel 3 (9 – 12 cm)
- e) Stiel 4 (12 – 15 cm)
- f) Blattstiel
- g) Blattbasis (erster Blatt Drittel)
- h) Blattmitte (zweiter Blatt Drittel)
- i) Blattspitze (letzter Blatt Drittel)

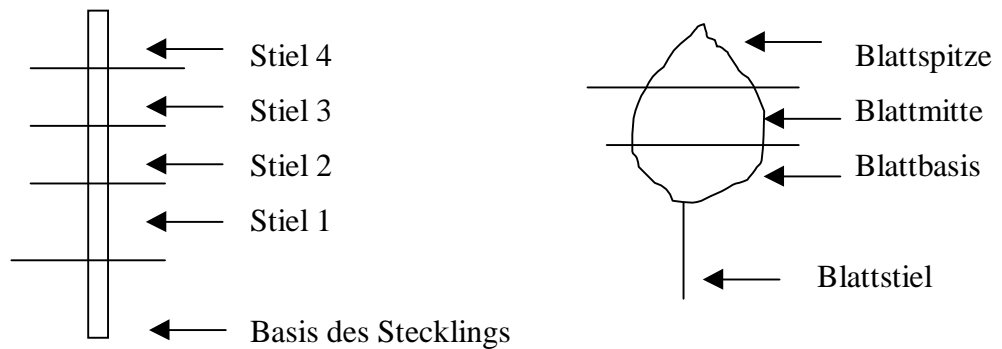


Abbildung 1: Positionen der Materialentnahme für die Analyse

Jeweils zwei Stecklinge wurden zusammen analysiert, jede Analyse wurde zweimal wiederholt.

40 der gesteckten Stecklinge wurden nach vier Wochen als Kontrolle auf Bewurzelungserfolg bonitiert.

Auxinaufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung der Stecklinge

Für diesen Versuch wurden Stecklinge der *Prunus*-Unterlage 'Gisela 4' eingesetzt. Es wurden zwei Behandlungen untersucht. Die Stecklinge der "Normal"-Variante wurden nach Stecklingsschnitt wie üblich (auf gleiche Länge geschnitten, mit Hormon-Lösung behandelt) vorbereitet. Bei der "Wasser"-Variante wurden die Stecklinge vor der Hormonbehandlung für eine halbe Stunde in Leitungswasser getaucht.

Für beide Behandlungen wurden jeweils 60 Stecklinge geschnitten. Je 4 der gesteckten Stecklinge wurde nach einer Stunde, 1 Tag, 2 Tagen, 4 Tagen und 6 Tagen auf Radioaktivität geprüft. Die Analyse wurde an den neun schon beim vorherigen Versuch beschriebenen Positionen durchgeführt. In die Analyse wurden jeweils zwei Pflanzen einbezogen, jede Analyse wurde in zwei Wiederholungen durchgeführt. 40 der gesteckten Stecklinge wurden nach vier Wochen als Standard auf Bewurzelungserfolg bonitiert.

Prüfung des aufgenommenen Auxins auf Metabolisierung

Die Pflanzen der Unterlagen 'Gisela 4' und 'M9-4/80' aus dem ersten Versuch wurden dünnschichtchromatographisch auf Auxin-Metabolisierung geprüft. Bei der Analyse wurden Basis, Stiel und Blätter getrennt untersucht. In die Analyse wurden jeweils zwei Pflanzen einbezogen.

Alle Versuche sind in der Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 2: Auflistung der Versuche

Versuchsart	Vermehrungs- jahr	Pflanzenart und Klon	Faktoren	Faktorstufen
Vermehrbarkeit der <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Unterlagen	1995 1996	-	<i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> -Klone	1995: 7 <i>Prunus</i> - und 9 <i>Malus</i> -Klone 1996: 8 <i>Prunus</i> - und 6 <i>Malus</i> -Klone
Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung	1997	<i>Prunus</i> -Klon 'Gisela 5' <i>Malus</i> -Klon 'M9-984'	Altersstatus der Mutterpflanzen Hormonbehandlung	Status: jung, alt Hormon: IBS, Ethrel, Kontrolle
Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung	1997	<i>Prunus</i> -Klon 'Gisela'	Stecklingslänge	8-14cm; 15-20 cm; 21-24 cm; 25-30 cm
Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum	1996	<i>Prunus</i> -Klon 'Gisela' <i>Malus</i> -Klon 'M9-4/80'	Düngerart	Hornspäne, Nitrophoska, Osmocote, Plantosan, Kontrolle
Einfluß des pH-Wertes und der Düngungsmenge des Substrates	1997	<i>Prunus</i> -Klon 'Gisela'	pH-Wert des Substrats Düngermenge ("Osmocote"- Dünger)	pH-Wert: 4.5, 7.3 Menge:0, 0,2, 0,4, 0,6gN/l Substrat
Auxinaufnahme bei den <i>Prunus</i> - und <i>Malus</i> - Stecklingen	1998	<i>Prunus</i> -Klon 'Gisela 4' <i>Malus</i> -Klon 'M9-4/80'	Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins Aufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung Metabolisierung des Auxins	-

2.2.2 Kulturbedingungen

2.2.2.1 Standort

Die Stecklingsversuche wurden in den Folienhäusern auf dem Versuchsgelände der Abteilung Baumschule des Institutes für Zierpflanzenbau, Baumschule und Pflanzenzüchtung in Ruthe durchgeführt. Die Grundbeete ($2 \times 3,5$ m) sind mit 25 cm hohen Kantensteinen seitlich begrenzt. Vor Versuchsbeginn wurden die Flächen gründlich gesäubert und mit einer wasserdurchlässigen Schwarzfolie bedeckt. Darauf wurde ca. 20 cm Substrat ausgebracht.

2.2.2.2 Luftbefeuchtung

Für die erfolgreiche Stecklingsvermehrung darf die Blattoberfläche der Stecklinge nicht abtrocknen. Gleichzeitig darf das Stecksubstrat nicht zu naß sein (SPETHMANN 1997a). Beides war durch den Einsatz einer Hochdrucknebelanlage (Fa. PLANTFOG) erfüllt. Die Anlage besteht aus einer Pumpe einer Regeleinheit, den verschraubten Edelstahlrohren und Düsen. Der Wasserdruck in der Anlage lag mit Hilfe der Pumpe bei 30-60 bar. Die Düsen ermöglichen wegen ihrer kleinen Öffnungen ($10\ \mu\text{m}$) **einen Wasserdurchsatz von nur 4,5 - 6,5l/Stunde und Düse.**

Die Hochdrucknebelanlage war im Zeitraum vom Steckzeitpunkt bis Oktober in der Regel zwischen 13 und 16 Stunden/Tag (6h - 19h bzw. 22h) im Betrieb, ca. 20 sec. Nebeldauer in Intervallen zwischen 2 und 5 min. je nach Wetterlage. Da im Nebel eine Hygrostat-Steuerung nicht möglich ist, wurde die Intervallschaltung manuell geregelt. An kalten, regnerischen Tagen wurden die Intervalle nach Bedarf verlängert bzw. während des Tags für kurze Zeit unterbrochen. Ab Oktober wurde die Betriebszeit der Anlage deutlich verkürzt (einige Stunden/Tag), später wurde die Anlage ausgestellt.

2.2.3 Pflanzenuntersuchungen

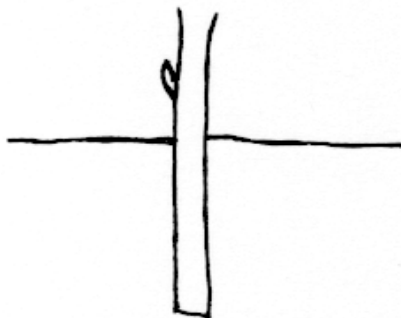
2.2.3.1 Pflanzenbonitur

- Überlebens- und Bewurzelungsrate

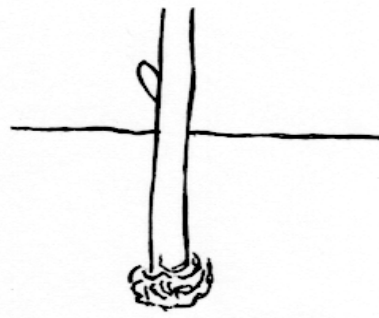
Es wurde die Anzahl der lebenden, bewurzelten Stecklinge nach der Überwinterung ermittelt. Aus dieser Zahl und aus der Zahl der gesteckten Stecklinge wurde die Überlebens- und Bewurzelungsrate (im %) errechnet. Es wurden auch die Zahl und der Anteil der bis zum Winter und im Winter abgestorbenen bewurzelten Stecklinge ermittelt.

- Bewurzelungserfolg

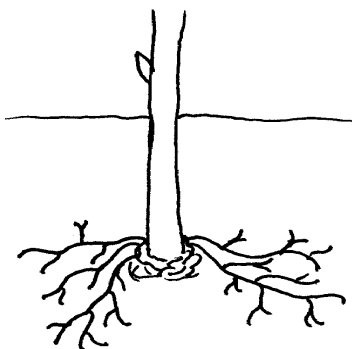
Die Art der Wurzel- und Kallusbildung wurde anhand von Boniturnoten ausgewertet (Abbildung 1). Die abgestorbenen, unbewurzelten Stecklinge (Note 1) und unbewurzelte Stecklinge mit Kallusausbildung (Note 2) wurden aussortiert.



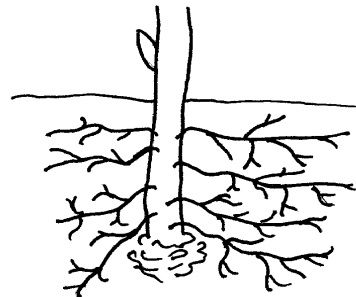
NOTE 1



NOTE 2



NOTE 3



NOTE 4

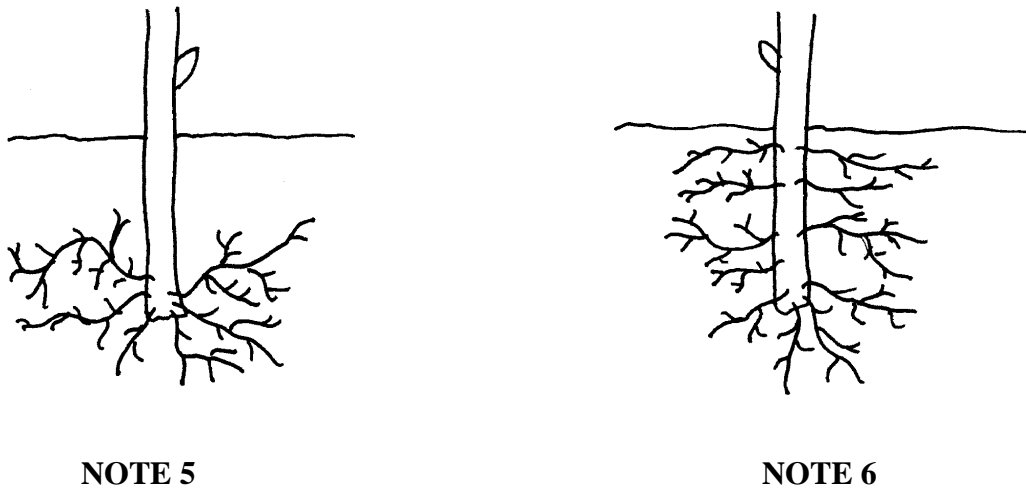


Abbildung 2: Boniturschema für Bewurzelungserfolg (verändert nach SPETHMANN 1986b)

Legende:

Note 1: unbewurzelte abgestorbene Stecklinge

Note 2: Kallusbildung

Note 3: basale Bewurzelung (Wurzeln nur an der Basis des Stecklings) mit Kallus

Note 4: akrobasale Bewurzelung (Wurzeln an der Basis des Stecklings und höher) mit Kallus

Note 5: basale Bewurzelung (Wurzeln nur an der Basis des Stecklings) ohne Kallus

Note 6: akrobasale Bewurzelung (Wurzeln an der Basis des Stecklings und höher) ohne Kallus

Aus der Zahl der gesteckten und der Zahl der bewurzelten Stecklinge (Note 3 – 6) wurde das Überlebens- und Bewurzelungsprozent berechnet.

Folgende Boniturparameter beziehen sich nur auf die überlebenden bewurzelten Stecklinge.

- Anzahl der Hauptwurzeln

Bei der Auswertung der Versuche wurde bei jedem Steckling die Anzahl der Hauptwurzeln (sproßbürtige Wurzeln) gezählt. In den Ergebnissen wurde die durchschnittliche Anzahl der Hauptwurzeln dargestellt. Bei einigen Versuchen mit überwiegend hoher Wurzelzahl wurde bewertet, ob ein Steckling mehr als 10 Hauptwurzeln hatte. Hier wurden die Anteile (im %) der Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln errechnet.

- Hauptwurzellänge

Bei den lebenden, bewurzelten Stecklingen wurde die Länge (in cm) des Wurzelsystems gemessen. In den Ergebnissen wurde die durchschnittliche Länge dargestellt.

- Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

Der WHD wurde einige cm oberhalb des Wurzelansatzes mit der Schieblehre gemessen (Abbildung 2). Die Stecklinge wurden nach folgenden Klassen sortiert:

Klasse 1: Die Stecklinge mit einem WHD kleiner oder gleich als 2,9 mm

Klasse 2: Die Stecklinge mit einem WHD zwischen 3,0 mm und 4,9 mm

Klasse 3: Die Stecklinge mit einem WHD zwischen 5,0 mm und 6,9 mm

Klasse 4: Die Stecklinge mit einem WHD größer als 7,0 mm

Es wurden die Anteile der Stecklinge zu jeder Klasse errechnet.

- Neutriebsdurchmesser

Der Sproßdurchmesser wurde am Neutrieb 2 cm oberhalb der Entstehung mit der Schieblehre gemessen. Es wurden durchschnittliche Werte errechnet (Abbildung 2).

- Sproßhöhe

Es wurde die Länge (in cm) des höchsten durchgehenden Sproßtriebes (Sproßhöhe) bei den lebenden, bewurzelten Stecklingen gemessen. Aus dieser Länge und aus der Ausgangslänge (Stecklingslänge) wurde der Neutriebzuwachs (in cm) errechnet. In den Ergebnissen wurde der durchschnittliche Neutriebzuwachs angegeben (Abbildung 2).

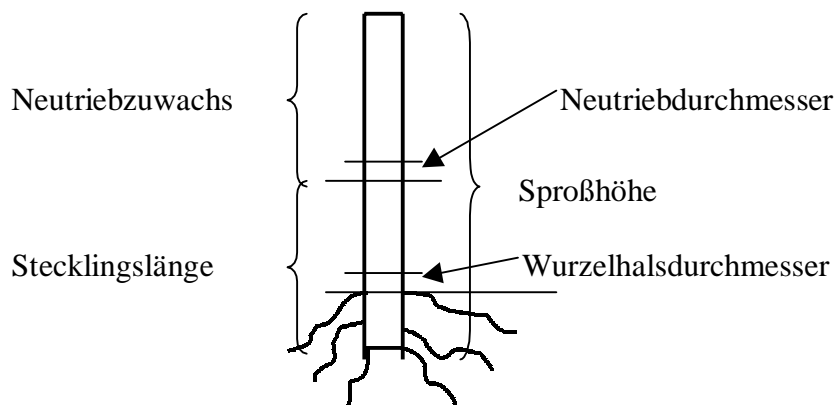


Abbildung 3: Darstellung der gemessenen Stecklingsparameter

- Anzahl der Seitentriebe

Die aus dem Haupttrieb wachsenden Triebe (Seitentriebe) wurden bei den lebenden, bewurzelten Stecklingen gezählt. Die durchschnittliche Zahl der Seitentriebe wurde errechnet.

- Länge der Seitentriebe (Seitentriebzuwachs)

Die Länge der Seitentriebe wurde gemessen. Weil die Seitentriebe diesjährig waren, war diese gemessene Länge gleichzeitig der Zuwachs der Seitentriebe. Der durchschnittliche Zuwachs wurde errechnet.

- Haupttriebverzweigung

Die Verzweigung des Haupttriebes wurde mit den folgenden Noten bewertet (verändert nach KAUSSMANN und SCHIEWER, 1989):

Note 1: unverzweigt; durchgehender, unverzweigter Haupttrieb

Note 2: monopodiale Verzweigung (Monopodium); durchgehender Haupttrieb mit Seitentrieben

Note 3: sympodiale Verzweigung (Sympodium); Primärsproß stellt Entwicklung ein, Seitentriebe übernehmen das Wachstum

- Blattfläche

Die vollentwickelten gesunden Blätter aus dem mittleren Bereich der Stecklinge wurden geerntet. Je Versuchsparzelle (Wiederholung) wurde 50 Blätter entnommen. Die Vermessung der Blätter erfolgte mit einem rechnergestützten Bildanalysegerät (Fa. DELTA-T DEVICES LTD., Cambridge, GB)

2.2.3.2 Chemische Analysen des Pflanzenmaterials

Bestimmung der Nährstoffgehalte in einzelnen Pflanzenteilen

Die Pflanzenteile für die Nährstoffanalysen wurden nach der Ernte unter Leitungswasser gespült und bis zum Analysezeitpunkt tiefgefroren (- 18°C). Vor der Analyse wurden die Proben bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C getrocknet. Nach der Trocknung wurden die

Proben mit einer Schlagmühle fein zermahlen und bis zur weiteren Analyse in Exsikkatoren zwischengelagert.

Die Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs erfolgte nach KJELDAHL. Zur Mineralstoffbestimmung wurde Pflanzentrockenmaterial im Muffelofen verascht. Die Bestimmung von Kalium erfolgte flammenphotometrisch, die von Calcium und Magnesium mit dem Atomabsorptionsspektralphotometer (AAS) und die von Phosphor spektralphotometrisch. Alle Makronährstoffe sind in % der Trockensubstanz (TS) angegeben.

Bestimmung der Kohlenhydrate in den Sprossen

Die Vorbereitung der Sprosse erfolgte wie die Vorbereitung für die Nährstoffanalyse mit dem Unterschied, daß hier die Trocknung des Materials bei 70°C erfolgte. Die Analyse wurde auf Bestimmung von Glukose, Fruktose und Saccharose beschränkt. Diese Kohlenhydratfraktionen wurden mit Hilfe modifizierter enzymatischer Analysemethoden nach BOEHRINGER MANNHEIM (1989) bestimmt.

Radioaktivitätsmessung

Das eingefrorene Pflanzenmaterial wurde mit einem Skalpell in die einzelnen Teile (siehe 4.2.1) aufgeteilt, möglichst klein zerschnitten, mit 1 ml 0,01N alkoholischer NaOH-Lösung min. 4 Stunden extrahiert und anschließend filtriert (SCHLEICHER&SCHUELL 595 ½ Faltenfilter Φ 90 mm). Die Radioaktivitätsmessung erfolgte mit Hilfe eines Szintillationszählers.

Dünnschichtchromatographie (DC)

Das eingefrorene Pflanzenmaterial wurde in Basis, Stiel und Blätter getrennt. Einzelne Teile wurden mit einem Skalpell möglichst klein zerschnitten, mit 90% Ethanol-Lösung 4 Stunden extrahiert und anschließend filtriert (SCHLEICHER&SCHUELL 595 ½ Faltenfilter Φ 90 mm). Als Ethanol-Lösung wurde jeweils die 10-fache Menge des Pflanzenmaterials eingesetzt. Das Filtrat wurde im Kühlschrank bei 4°C bis zur DC-Analyse aufbewahrt. Die DC-Analyse erfolgte auf Kieselgel-Platten (MERCK, "Kieselgel 60"-Platten) mit n-Hexan, Aceton und Essigsäure im Verhältnis 3:1:0,1 als Laufmittel. Neben den Proben wurde auf jeder Platte [¹⁴C]IES in der Konzentration von $1,1 \times 10^5$ dpm/ μ l als Standard analysiert. Die Ausgangsmenge der Proben für die DC betrug 3 μ l, beim [¹⁴C]IES-Standard wurde 1 μ l Lösung auf die DC-Platte aufgetragen. Die DC-Platten wurden unter langwelligem UV-Licht ausgewertet. Die Indol-Verbindungen zeigen unter UV-Licht einen Löschungseffekt und sind

dadurch erkennbar. Für jede Probe wurde die Entfernung des Probenmittelpunktes vom Start bis zur Laufmittelfront ermittelt. Die Kieselgelschicht wurde an unterschiedlich hoch transportierten Substanzflecken entfernt und auf Radioaktivität mit dem Szintillationszähler geprüft.

2.2.4 Substratuntersuchungen

Zur Ermittlung der Substrateigenschaften während des Bewurzelungsprozesses wurden im Verlauf des Versuches an mehreren Terminen (2- bzw. 4-wöchig) die Salzgehalte und pH-Werte gemessen.

Die Substratentnahme erfolgte mit einem kleinen Löffel an mehreren Stellen innerhalb der jeweiligen Versuchspartikeln. Da die weiteren Analysen meistens nicht am gleichen Tag erfolgten, wurde zunächst nur die Rohdichte der Substratproben bestimmt und diese anschließend tief gefroren (-18°C). Vor dem Einfrieren wurden die Düngerkörner der Depotdünger entnommen, weil ein Zerplatzen der Körner während des Einfrierens die Ergebnisse der Analysen verfälschen könnte.

2.2.4.1 Bestimmung der Rohdichte

Bei der Rohdichte handelt sich um das Volumengewicht des Substrates. Es ist bei den weiteren Berechnungen von Bedeutung (Substrateinwaagen, Nährstoffgehalte). Für die Rohdichte-Bestimmung dient ein plastischer Meßzylinder, der mit 200 ml lockerem Substrat gefüllt wird. Der Meßzylinder wird 10x aus einer Höhe von 10 cm frei auf den Boden fallen gelassen. Danach wird das gesetzte Volumen des Substrates abgelesen und das Substrat gewogen. Die Rohdichte ergibt sich aus der folgenden Formel:

$$\text{Rohdichte (g/l)} = \frac{\text{Gewicht des gesetzten Vol. (g)}}{\text{gesetztes Volumen des frisch. Substrates (ml)}} \times 1000$$

2.2.4.2 Bestimmung des Salzgehaltes

Es werden jeweils 20 g Substrat in Plastik-Schüttelflaschen eingewogen und mit 200 ml destilliertem Wasser übergossen. Diese Substratlösungen werden auf der Schüttelmaschine

2h geschüttelt und anschließend über Filter in Filtriergefäße überführt. Zur Ermittlung des Salzgehaltes wird anschließend die Leitfähigkeit dieses Filtrates mit Hilfe eines speziellen Meßgerätes bestimmt. Die Werte wurden in mg KCl/l Substrat umgerechnet.

2.2.4.3 Bestimmung des pH-Wertes

Für die Bestimmung des pH-Wertes werden jeweils 25 ml Substrat über das Volumengewicht definiert. Die Substratmenge (g) wird in Gläschen eingewogen, und anschließend mit 0,01 M CaCl₂ Lösung versetzt. Die pH-Werte wurden nach 2 Stunden mit dem pH-Meter bestimmt.

2.2.4.4 Mineralstickstoffgehalt

Für die Analyse des Mineralstickstoffs werden 10 g Substrat eingewogen. Zur Extraktion wird 1 M KCl Lösung verwendet. Die N-Bestimmung in der NO₃- und NH₄- Form erfolgt mit dem Autoanalyser-Gerät (Fa. ALPKEM, Rodgau).

2.2.5 Statistische Auswertung

Die Stecklingsversuche wurden mit dem Statistikprogramm NCSS ausgewertet. Je nach Versuchsanstellung wurden die Versuche als einfaktorielle bzw. zweifaktorielle Versuche ausgewertet. Bei den zweifaktoriellen Versuchen wurde auch die Wechselwirkung der beiden Faktoren getestet. Die Statistikanalyse erfolgte mit der Varianzanalyse (ANOVA), die Mittelwertvergleiche mit DUNCAN-Testverfahren. Alle Datensätze wurden auf Normalverteilung getestet und bei Nichtvorliegen dieser Bedingung nach der Formel \sqrt{x} transformiert. Daten, die trotz der Transformation nicht normal verteilt waren, wurden mit dem KRUSKAL-WALLIS Test der Medianen analysiert.

Für die Versuche wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ gewählt. Entsprechend werden in den Tabellen und Abbildungen die Grenzdifferenzen jeweils für eine Wahrscheinlichkeit von 95% (GD_{0,05}) dargestellt. Die signifikanten Unterschiede werden mit den unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Bei den Korrelationskoeffizienten (r) wurden neben 95%- auch höhere Wahrscheinlichkeiten getestet (99% und 99,9%). Diese Wahrscheinlichkeiten werden mit Sternchen gekennzeichnet.

Bei den Versuchen zur Auxin-Verteilung in der Pflanze ist die gemessene Radioaktivität im einzelnen Pflanzenteil angegeben. Die Werte wurden kumulativ dargestellt. Bei der DC-Analyse wurden Rf-Werte bzw. hRf-Werte ($100 \times R_f$) bestimmt. Sie ergaben sich (nach STAHL, 1967) aus der folgenden Formel:

$$R_f = \frac{\text{Entfernung des Fleckmittelpunktes vom Startpunkt}}{\text{Entfernung der Fließmittelfront vom Start}}$$

Je stärker ein Stoff vom Fließmittel gelöst wird, desto höher wandert er auf der Kieselgelplatte. Die Lösbarkeit hängt von mehreren Faktoren ab. Ein wichtiger Parameter ist die Zusammensetzung der Fließmittel, da ein Stoff sich in unterschiedlichen Mitteln unterschiedlich löst. Einen starken Einfluß auf die Lösbarkeit hat die Molekülgröße des Stoffes. Je kleiner die Molekülgröße ist, desto besser löst sich der Stoff und wandert demnach höher.

Die an den Fleckstellen der Proben gemessene Radioaktivität ist in den Ergebnissen dargestellt.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Vermehrbarkeit *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen (Versuche 1995 und 1996)

2.3.1.1 Kirschenklone

Bewurzelung

Die Auswertung der Versuche 1995 erfolgte nach der Überwinterung in März 1996. Die Bewurzelung der Kirschenklone war sortenabhängig. Die Anteile der lebenden bewurzelten Stecklinge lagen zwischen 37% ('Colt') und 70% ('Weiroot 154'). Gute Ergebnisse erzielten auch die Stecklinge der Unterlagen 'Gisela 5' und 'Weiroot 53' (über 60%) Die Ausfallrate der bewurzelten Stecklinge im Winter lag über 10 % bei allen Klonen, außer bei 'Weiroot 53' (6%). Die Stecklinge der Unterlagen 'Weiroot 154', 'Gisela 5' und 'Weiroot 13' erreichten weniger als 15% Ausfall. Die höchste Ausfälle zeigte die Unterlage 'F12/1'. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen waren nicht statistisch signifikant (Abbildung 4).

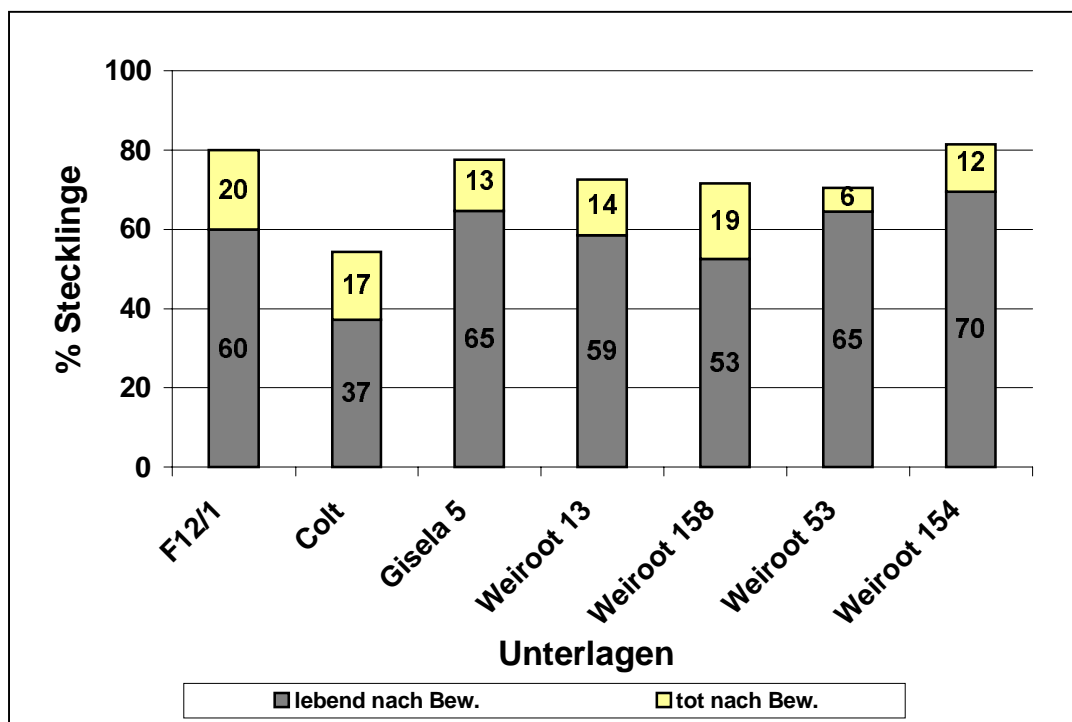


Abbildung 4: Bewurzelungs- und Überlebensergebnisse der Kirschenunterlagen im Jahr 1995

Die Überwinterung der Kirschenstecklinge im Versuchsjahr 1996 (Auswertung März 1997) fiel schlechter aus als im Vorjahr (Abbildung 5). Die Überlebensraten der 'Weiroot'-Klone schwanken zwischen 24% ('Weiroot 158') und 64% ('Weiroot 53'). Von den anderen Klone überlebten die Stecklinge der 'Gisela'-Klone am besten, diejenigen von 'F12/1' und 'Colt' deutlich schlechter. Die Anteile der abgestorbenen bewurzelten Stecklinge reichen von 4 bis 26%. Nur bei den drei Kirschenunterlagen 'Gisela 5', 'Weiroot 158', 'Weiroot 72' liegen die Ausfallraten unter 10 %. Bei den anderen Unterlagen sind die Prozentsätze höher, bei der Unterlage 'F12/1' sogar 26 %.

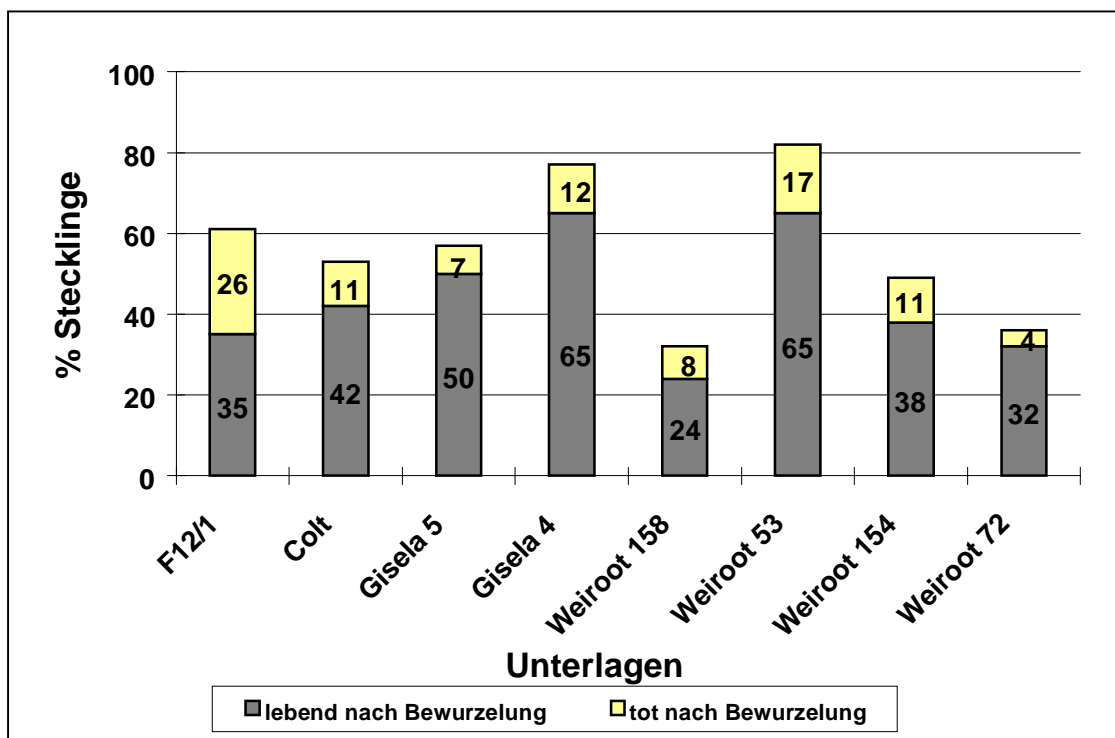


Abbildung 5: Bewurzelungs- und Überlebensergebnisse der Kirschenunterlagen im Jahr 1996

Kallusbildung und Wurzelentstehungsort

Die Kirschenklone entwickelten im Versuch des Jahres 1995 sehr selten Kallus (bis zu 6%). Der Wurzelentstehungsort war unterschiedlich. In der Regel entwickelten sich die Wurzeln, außer 'Weiroot 53' häufiger akrobasal als basal. Die herausragenden Ergebnisse zeigte die Unterlage 'Colt' mit fast nur akrobasaler Bewurzelung (Abbildung 6).

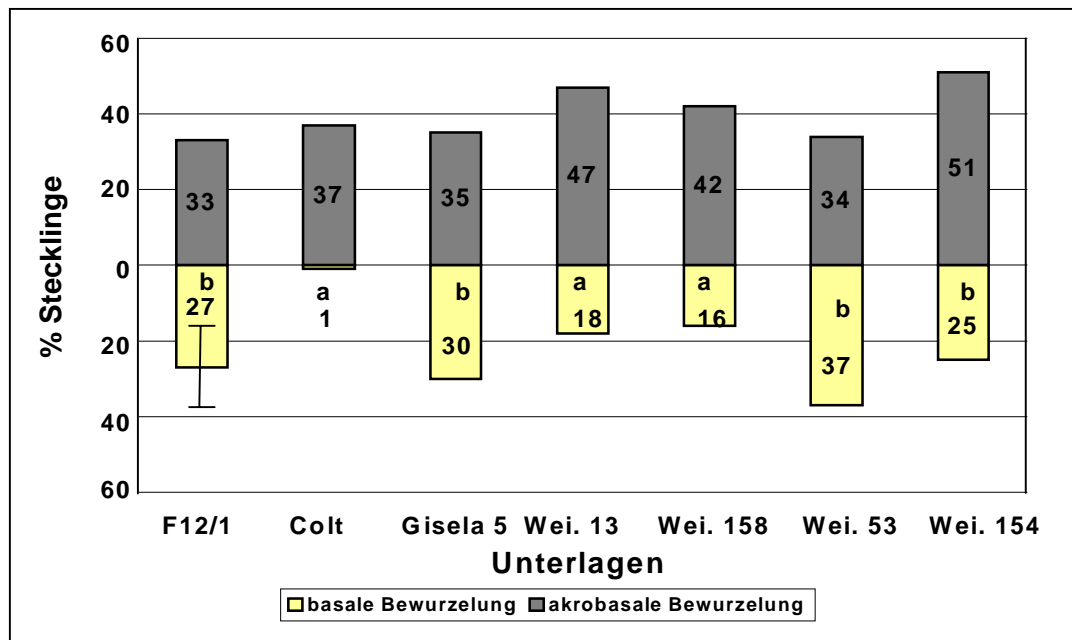


Abbildung 6: Wurzelentstehungsort bei Kirschenunterlagen im Jahr 1995

Im Jahr 1996 entwickelten die Stecklinge der Kirschenunterlagen keinen Kallus und fast 100% basale Bewurzelung, mit der Ausnahme von 'F12/1' und 'Colt'. Die Unterschiede waren statistisch signifikant (Abbildung 7).

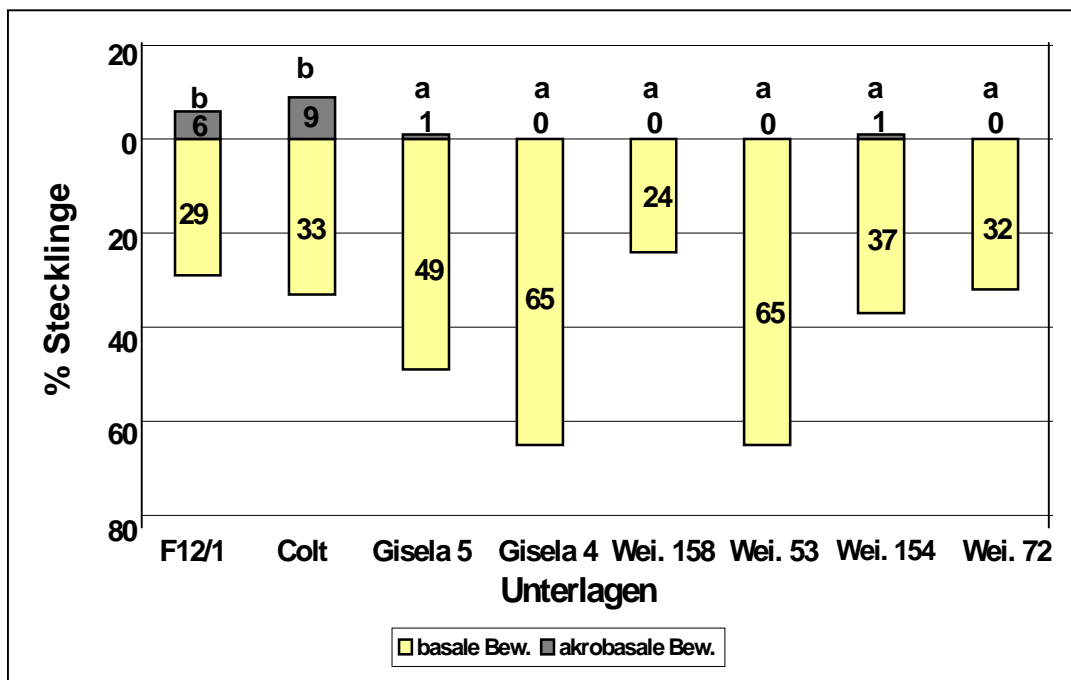


Abbildung 7: Wurzelentstehungsort bei Kirschenunterlagen im Jahr 1996

Hauptwurzelzahl

Bei allen Kirschenunterlagen, mit Ausnahme von 'Weiroot 53', entwickelten im Jahr 1995 mehr als 50% der Stecklinge mehr als 10 Hauptwurzeln, bei 'Weiroot 13' sogar fast 90%. Die Unterschiede zwischen einzelnen Unterlagen waren nicht statistisch signifikant. Im Jahr 1996 war die Entwicklung der Wurzeln bei den Kirschenunterlagen schlechter. Nur bei der Unterlage 'Colt' entwickelten mehr als 50% der Stecklinge ein Wurzelsystem mit mehr als 10 Wurzeln. Bei den anderen Klonen schwankten die Anteile der Stecklinge mit mehr als 10 Wurzeln zwischen 0% ('Weiroot 72') und 39% ('F12/1'). Die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen sind statistisch absicherbar (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anteile der lebenden bewurzelten Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln bei Kirschenunterlagen in Jahren 1995 und 1996

Unterlagen	Anteil (%)	
	1995	1996
F12/1	76,0	38,8 b
Colt	60,0	73,3 c
Gisela 5	59,0	21,1 ab
Gisela 4	-	7,3 a
Weiroot 13	87,0	-
Weiroot 158	69,8	10,0 a
Weiroot 53	47,4	8,4 a
Weiroot 154	59,1	1,8 a
Weiroot 72	-	0 a
GD _{0,05}	n.s.	21,9

Wurzellänge

Im Jahr 1995 schwankte die Länge des Wurzelsystems bei den Stecklingen zwischen 12,2 cm bei 'F12/1' und 19,7 cm bei 'Weiroot 158'. Die 'Weiroot'-Unterlagen besitzen generell größere Wurzellängen als die übrigen Kirschenunterlagen. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Unterlagen. Im Jahr 1996 lagen die Längen des Wurzelsystems zwischen 9,7 cm ('F12/1') und 22,7 cm ('Gisela 4'). Die Unterschiede zwischen einzelnen Klonen waren statistisch signifikant (Anhang 1).

Neutriebwachstum

Der Zuwachs des Neutriebes (1995) bei den Kirschenunterlagen (Versuch 1995) ist statistisch signifikant unterschiedlich (Abbildung 8).

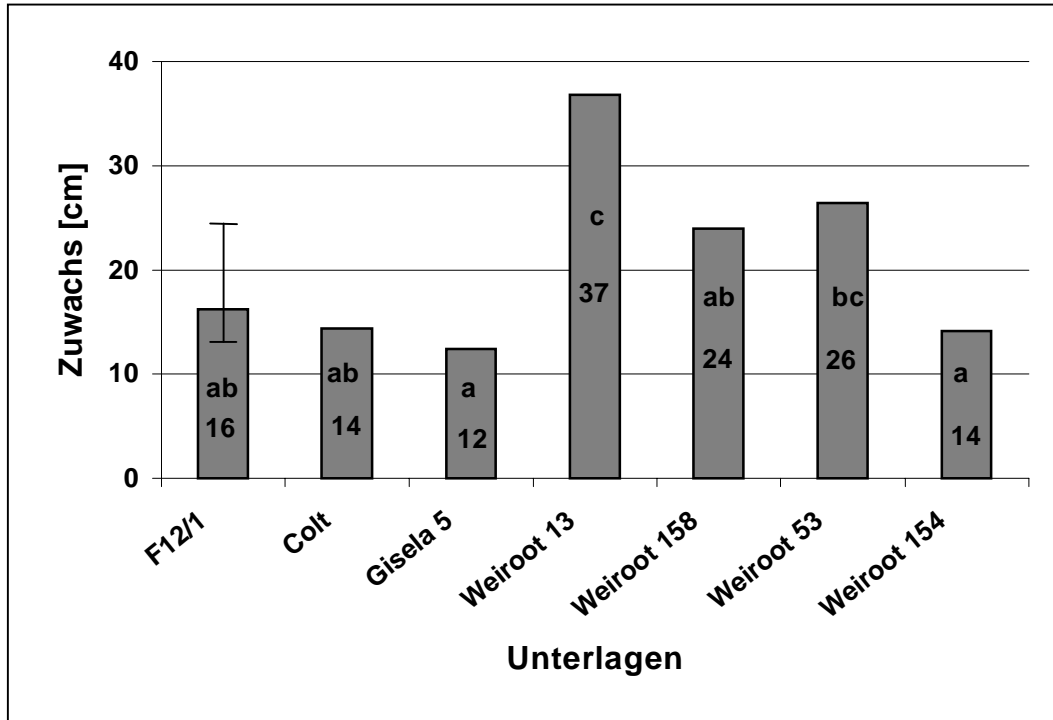


Abbildung 8: Zuwachs des Neutriebes bei Kirschenunterlagen im Jahr 1995

Das Wachstum des Neutriebes bei den Unterlagen 'F12/1', 'Colt' und 'Gisela 5' war geringer als bei 'Weiroot'-Unterlagen (außer 'Weiroot 154'). Die Stecklinge der Unterlage 'Weiroot 13' erzielten einen Zuwachs des Neutriebes von fast 37 cm, der signifikant höher ist als der Zuwachs aller anderer Unterlagen, außer der Unterlage 'Weiroot 53'. Die Unterlagen 'Weiroot 158' und 'Weiroot 53' wuchsen signifikant besser als die Unterlagen 'Weiroot 154' und 'Gisela 5'.

Das Neutriebwachstum (1996) der Stecklinge bei den Kirschenunterlagen (Versuch 1996) war ebenfalls klonspezifisch unterschiedlich (Abbildung 9). Die Unterlagen 'F12/1', 'Colt' und 'Weiroot 72' erzielten sehr kleine durchschnittliche Zuwächse. Die Unterlagen 'Weiroot 53' und 'Weiroot 154' wuchsen dagegen viel besser als im Vorjahr. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen sind statistisch signifikant.

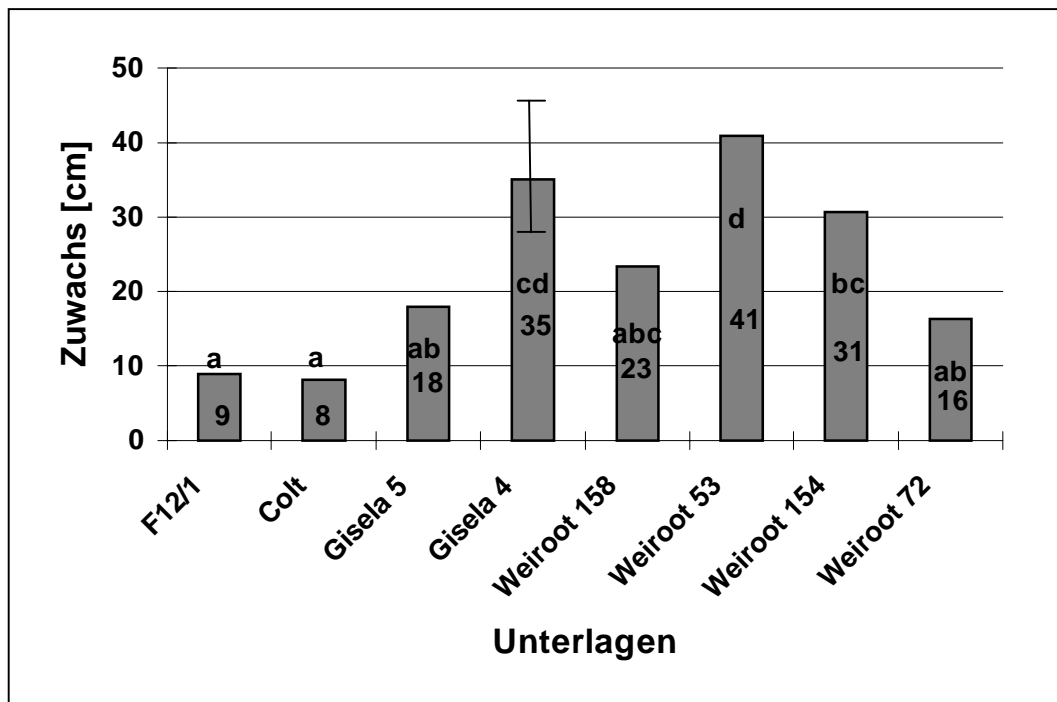


Abbildung 9: Zuwachs des Neutriebes bei Kirschenunterlagen im Jahr 1996

Den gleichen Trend zeigte im Jahr 1996 auch der Parameter Gesamtzuwachs (Anhang 2). Es wurden die gleichen signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Unterlagen festgestellt wie bei den Zuwächsen der Haupttriebe. Die Standards ('F12/1' und 'Colt') wuchsen deutlich am schlechtesten, die Unterlagen 'Gisela 4' und 'Weiroot 53' am besten. Es gab einen großen Unterschied zwischen den beiden 'Gisela' Klonen und zwischen 'Weiroot 72' und den restlichen 'Weiroot'-Unterlagen.

2.3.1.2 Apfelklone

Bewurzelung

Insgesamt bewurzelten Stecklinge der Apfelklone im Jahr 1995 weniger gut als die der Kirschenklone, die Ausfallrate war jedoch deutlich geringer. sie betrug bei den Apfelunterlagen < 5 % (Abbildung 10).

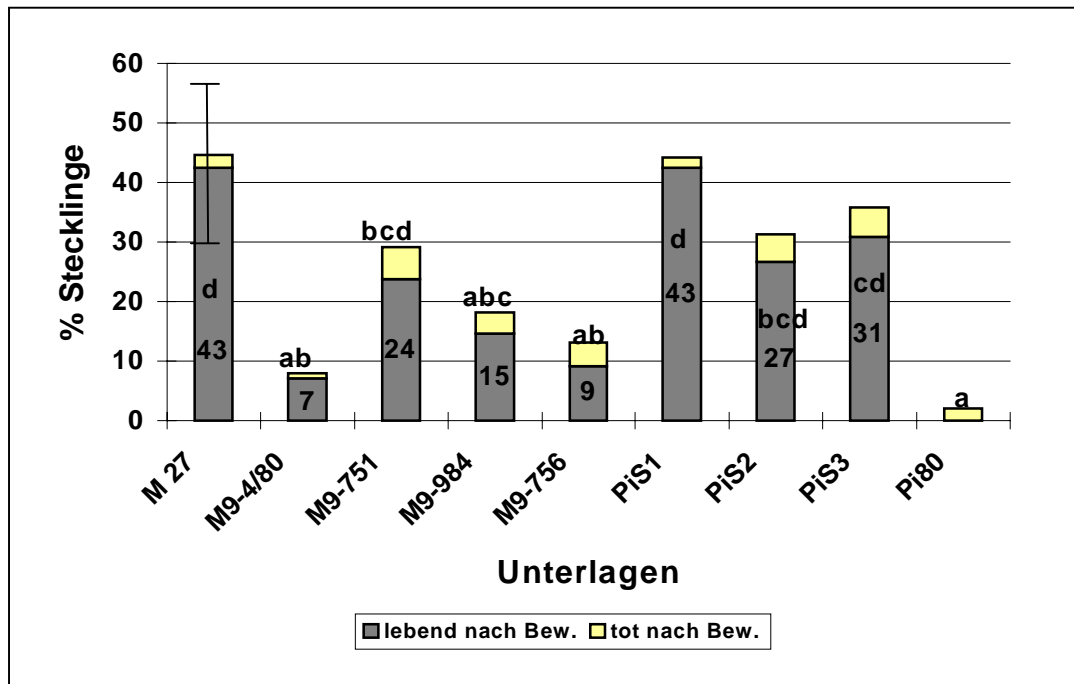


Abbildung 10: Bewurzelungs- und Überlebensergebnisse der Apfelunterlagen im Jahr 1995

Der größte Prozentsatz überlebender, bewurzelter Stecklinge wurde bei den Unterlagen 'M27' und 'PiS1' ermittelt, der kleinste bei der Unterlage 'Pi80', bei der alle bewurzelten Stecklinge abgestorben waren. Der Anteil der überlebenden, bewurzelten Stecklinge war auch bei allen 'M9'-Klonen ('M9-4/80', 'M9-751', 'M9-984', 'M9-756') sehr niedrig. Die Unterschiede in den Prozentsätzen der überlebenden, bewurzelten Stecklinge sind zwischen den Unterlagen statistisch signifikant. Die Unterlagen 'M27' und 'PiS1' hatten signifikant höhere Anteile an überlebenden, bewurzelten Stecklingen als die Unterlagen 'Pi80', 'M9-4/80', 'M9-984' und 'M9-756'. Die Unterlage 'PiS3' erzielte signifikant bessere Ergebnisse als die Unterlagen 'Pi80', 'M9-4/80' und 'M9-756', die Unterlagen 'M9-751' und 'PiS2' zeigten bessere Ergebnisse als die Unterlage 'Pi80'.

Im Jahr 1996 wurden deutlich bessere Bewurzelungsergebnisse erzielt (Abbildung 11). Im Frühjahr 1997 erreichte der Anteil der überlebenden bewurzelten Stecklinge bei der Unterlage 'PiS1' fast 60% und bei der Unterlage 'M27' 65%. Die anderen beiden Pillnitzer Unterlagen zeigten noch bessere Bewurzelungsergebnisse. Die Stecklinge der Unterlage 'PiS3' bewurzelten zu 77%, die Stecklinge der Unterlage 'PiS2' zu 81%. Die Bewurzelungsprozente erreichten bei den Stecklingen der Unterlage 'Pi80' 20% und bei der Unterlage 'M9-4/80' 23%. Die Stecklinge der beiden letztgenannten Unterlagen bewurzelten

signifikant schlechter als die Stecklinge der anderen vier Unterlagen. Die Ausfallraten der Apfelunterlagen blieben auch im Jahr 1996 auf einem niedrigen Niveau.

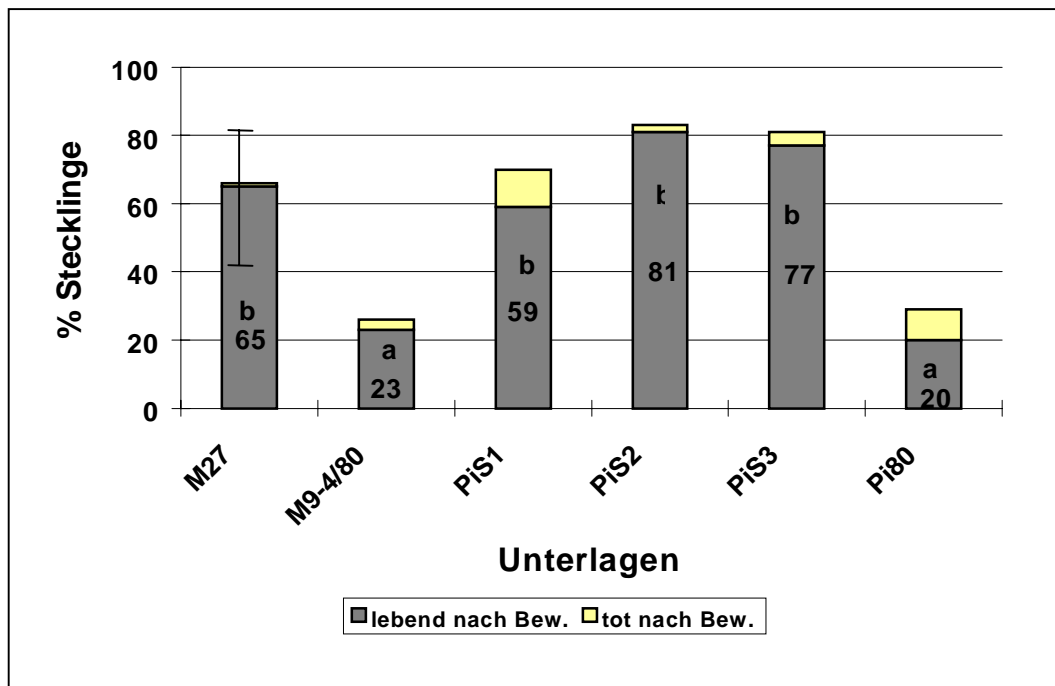


Abbildung 11: Bewurzelungs- und Überlebensergebnisse der Apfelunterlagen im Jahr 1996

Kallusbildung und Wurzelentstehungsort

Die Stecklinge der Apfelklone entwickelten im Jahr 1995 mehr Kallus als die Stecklinge der Kirschenunterlagen im gleichen Jahr. Die Kallusanteile betragen bei den 'M9'-Klonen bis zu 6%. 'M9'-Klone bildeten im Jahr 1995 auch einen größeren Anteil an basal bewurzelten Stecklingen als an akrobasal bewurzelten Pflanzen. Die Stecklinge der anderen Apfelklone bewurzelten sich in den meisten Fällen akrobasal. Der Unterschied ist statistisch absicherbar (Abbildung 12).

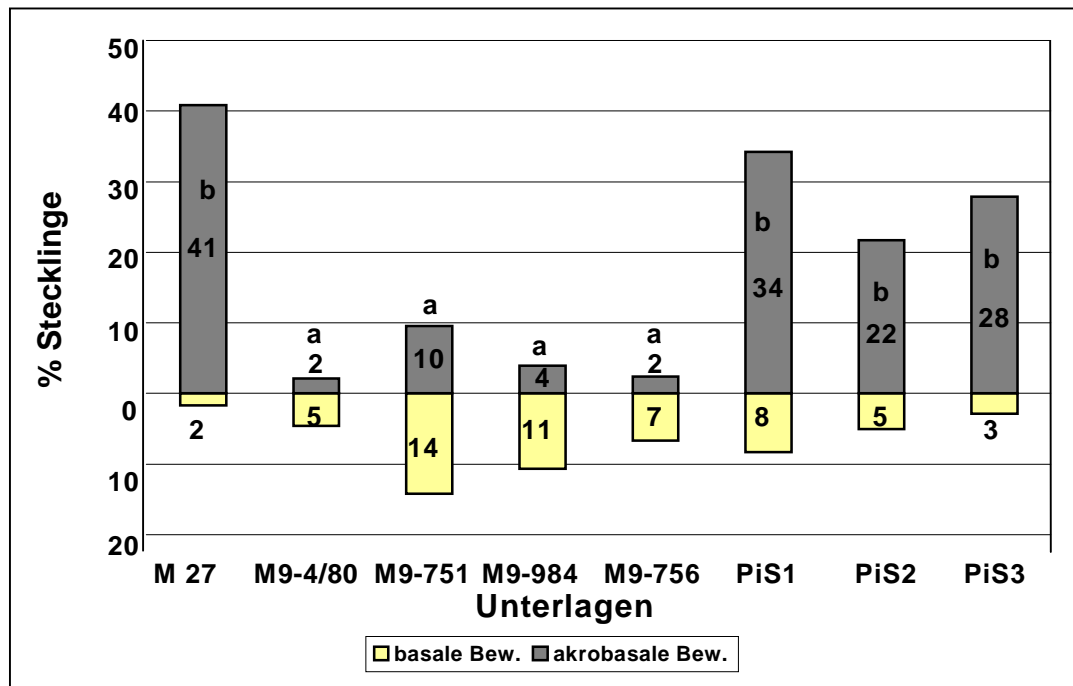


Abbildung 12: Wurzelentstehungsort bei den Apfelunterlagen im Jahr 1995

Der Anteil der Stecklinge mit Kallus nahm bei dem Klon 'M9-4/80' im Jahr 1996 noch zu, und erreichte einen Wert von 17%. Ähnliche hohe Werte zeigten auch die Stecklinge der Unterlage 'Pi80'. Die anderen Apfelunterlagen entwickelten weniger Kallus. Die Bewurzelung der Stecklinge der Unterlage 'M9-4/80' war auch im Jahr 1996 meistens basal (Abbildung 13). Bei den Unterlagen 'PiS1' und 'M27' entwickelten mehr als 39% der Stecklinge basale Wurzeln. Bei den restlichen Unterlagen ('PiS2' und 'PiS3') dominierte eine akrobasale Bewurzelung. Die Unterschied war statistisch signifikant.

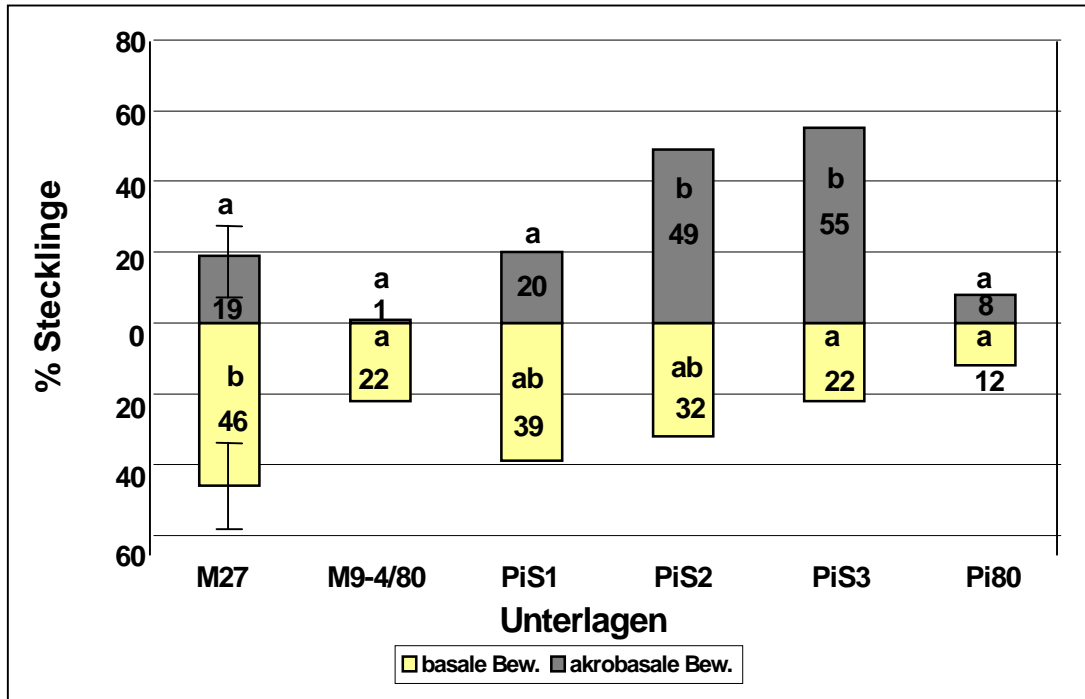


Abbildung 13: Wurzelentstehungsort bei Apfelunterlagen im Jahr 1996

Hauptwurzelzahl

Nur bei den Klonen 'M27', 'PiS1', 'PiS2', 'PiS3' entwickelten im Jahr 1995 durchschnittlich mehr als 40% der Stecklinge mehr als 10 Wurzeln. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen waren statistisch signifikant (Tabelle 4).

Tabelle 4: Anteile der Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln bei Apfelunterlagen im Jahr 1995

Unterlagen	Anteil (%)
M27	43,0 c
M9-4/80	0 a
M9-751	33,5 bc
M9-984	12,0 ab
M9-756	11,1 ab
PiS1	48,7 c
PiS2	40,3 c
PiS3	50,8 c
GD _{0,05}	25,8

Im Jahr 1996 entwickelten über 50% der Stecklinge bei den ‘Pillnitzer’ Klonen (‘PiS1’, ‘PiS2’ und ‘PiS3’) mehr als 10 Wurzeln. Der Anteil betrug bei der Unterlage ‘M27’ fast 20%, bei den Unterlagen ‘M9-4/80’ und ‘Pi80’ weniger als 10%. Diese Anteile waren signifikant geringer als die Anteile der übrigen Unterlagen. Die Unterlage ‘PiS1’ hatte einen signifikant geringeren Anteil an Stecklingen mit mehr als 10 Wurzeln als die Unterlagen ‘PiS2’ und ‘PiS3’ (Tabelle 5).

Tabelle 5: Anteile der Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln bei Apfelunterlagen im Jahr 1996

Unterlagen	Anteil (%)
M27	18,8 a
M9-4/80	1,8 a
PiS1	62,8 b
PiS2	80,3 c
PiS3	81,2 c
Pi80	6,7 a
GD _{0,05}	19,0

Wurzellänge

Statistisch signifikante Unterschiede zeigten sich auch bei der Länge der Hauptwurzeln. Die Apfelklone ‘M27’, ‘PiS1’ bis ‘PiS3’ hatten im Jahr 1995 signifikant längere Wurzeln (12,1 – 17 cm) als der Klon ‘M9-4/80’ (5,7 cm). Der Apfelklon ‘M27’ entwickelte dabei auch signifikant längere Wurzeln als die Unterlagen ‘M9-751’ und ‘M9-984’ (Anhang 3).

Im Jahr 1996 traten keine signifikanten Unterschiede in der Wurzellänge zwischen den verschiedenen Klonen auf (Anhang 4).

Neutriebwachstum

Durchschnittlich hatten die Stecklinge der Apfelklone im Jahr 1995 nur einen geringen Zuwachs des Neutriebes (6,8 cm) (Tabelle 6). Es gab statistische Unterschiede in den Zuwächsen einzelner Klone. Die Stecklinge der Unterlagen ‘M27’, ‘PiS1’, ‘PiS2’ und ‘PiS3’ wuchsen signifikant stärker als die Stecklinge der anderen Unterlagen (‘M9-4/80’, ‘M9-756’, ‘M9-984’ und ‘M9-751’).

Tabelle 6: Neutriebwachstum bei Apfelunterlagen im Jahr 1995

Unterlagen	Zuwachs (cm)
M27	13,4 b
M9-4/80	0,3 a
M9-751	1,1 a
M9-984	2,9 a
M9-756	2,5 a
PiS1	14,1 b
PiS2	11,4 b
PiS3	10,3 b
GD _{0,05}	5,9

Die Neutriebe der Stecklinge bei den Unterlagen 'PiS1', 'PiS2' und 'PiS3' wuchsen im Jahr 1996 signifikant stärker, als die Neutriebe der anderen Unterlagen. Ein ähnlicher Trend zeigte sich auch beim Gesamtwuchs. Auffällig ist, daß die Unterlage 'PiS1' 1996 ein signifikant schwächeres Wachstum aufweist als die beiden anderen 'Pillnitzer'-Unterlagen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Neutrieb- und Gesamtwachstum (Haupt- und Seitentriebe) bei Apfelunterlagen im Jahr 1996

Unterlagen	Neutriebzuwachs (cm)	Gesamtwuchs (cm)
M27	6,4 a	7,2 a
M9-4/80	3,6 a	3,6 a
PiS1	15,7 b	21,3 b
PiS2	21,1 b	39,9 c
PiS3	21,0 b	30,8 c
Pi80	1,6 a	1,6 a
GD _{0,05}	7,8	13,7

2.3.2 Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung

2.3.2.1 Leichtbewurzelbare Klone ('Gisela 5')

Bewurzelung

Die Stecklinge von jüngeren Mutterpflanzen bewurzelten sich zwar besser als die von älterem Material, die Unterschiede waren aber nicht statistisch abzusichern. Die Stecklinge der Variante ohne Hormoneinsatz bewurzelten sich besser als die mit "IBS"- und "Ethrel" behandelten Stecklinge. Die Unterschiede konnten nicht abgesichert werden.

Ein Teil der bewurzelten Stecklinge ist im Winter abgestorben. Die Stecklinge von jüngeren Mutterpflanzen zeigten bessere Bewurzelungsergebnisse, gleichzeitig aber größere Ausfälle als die Stecklinge von älteren Mutterpflanzen. Die Stecklinge der Kontrollvariante "ohne Hormoneinsatz" bewurzelten sich besser als die Stecklinge der anderen Hormonbehandlungen, hatten aber höhere Ausfälle als die Stecklinge der "IBS"-Variante. Die Stecklinge der "Ethrel"-Variante bewurzelten sich eindeutig am schlechtesten und zeigten die größten Ausfälle (Tabelle 8). Der Einfachheit halber wird im Folgenden juvenil als "jung" und adult als "alt" bezeichnet.

Tabelle 8: Bewurzelungsergebnisse der Stecklinge nach der Überwinterung in Abhängigkeit vom Altersstatus der Ausgangspflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	bewurzelt (%)	
		lebend	tot
Altersstatus	"Jung"	64,8	21,0
	"Alt"	59,6	18,5
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne	74,5	19,5
	Hormon		
	IBS	62,8	16,0
	Ethrel	49,3	23,7
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Die Analyse der Hormonwirkung nach einzelnen Altersstufen zeigt, daß die Kontrollvariante (ohne Hormoneinsatz) bei den beiden Altersstufen die besten Bewurzelungsergebnisse brachte und die schlechtesten bei dem jüngeren Material die "IBS"-Variante und bei dem älteren Material die Variante "Ethrel". Bei den älteren Mutterpflanzen ist der Unterschied zwischen der Kontrollvariante und der "Ethrel"-Variante besonders deutlich. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Hormonvarianten haben sich bis zum Frühjahr bei dem juvenilen Material verkleinert, die großen Unterschiede bei älterem Mutterpflanzenmaterial sind jedoch geblieben. Die Ergebnisse entsprechen denen vom Herbst, wo die beiden Kontrollvarianten (ohne Hormoneinsatz) die besten Ergebnisse erbrachten, die "Ethrel"-Varianten des älteren Materials die schlechtesten (Abbildung 14).

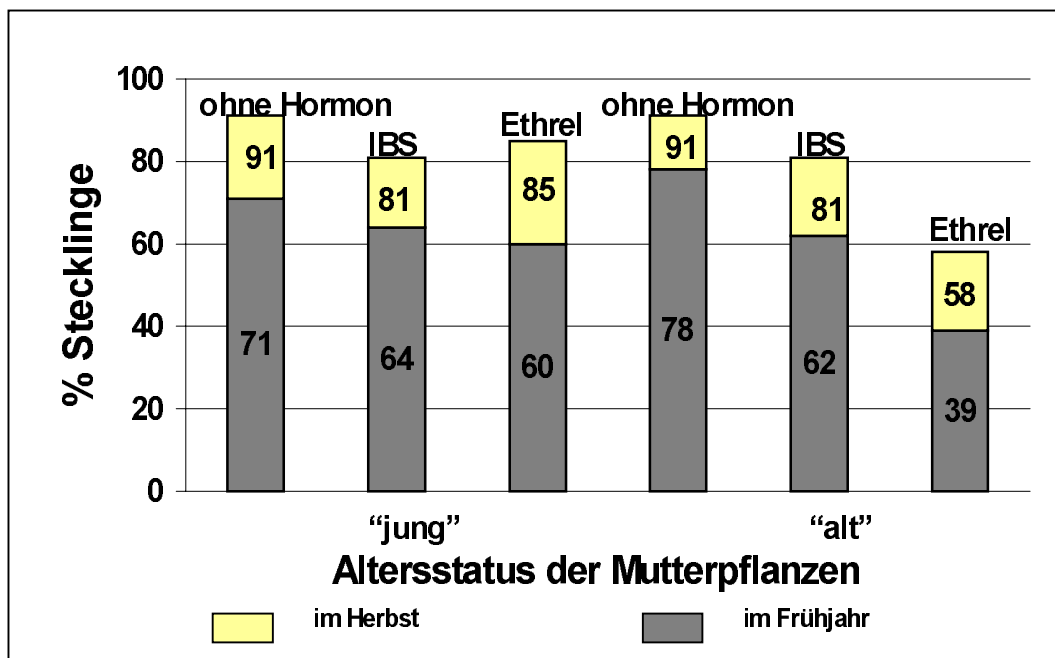


Abbildung 14: Anteile der bewurzelten Stecklinge im Herbst und nach der Überwinterung in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und Hormonbehandlung bei 'Gisela 5'

Bei den Stecklingen von jüngeren Mutterpflanzen waren die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge im Winter bei der "Ethrel"-Variante am größten und bei der Kontrollvariante am kleinsten. Die Stecklinge von älteren Mutterpflanzen zeigten bei der Kontrolle (ohne Hormoneinsatz) und bei der "Ethrel"-Variante fast gleiche Ausfälle an bewurzelten Stecklingen, die Ausfälle bei der "IBS"-Variante waren deutlich kleiner.

Kallusbildung

Weniger als Hälfte der Stecklinge bewurzelte sich ohne Kallus, bis 43% der bewurzelten Stecklinge entwickelten neben den Wurzeln auch Kallus (Anhang 5). Bei den Stecklingen der jüngeren Mutterpflanzen kam es im Vergleich zu den Stecklingen von älteren Mutterpflanzen zu einem leichten Anstieg der Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne Kallus. Etwa 40% der Stecklinge bewurzelte sich bei der hormonfreien- und IBS-Variante ohne Kallus, bei der Ethrel-Variante war der Prozent niedriger. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Faktoren.

In Abbildung 15 ist zu erkennen, daß das Hormon "IBS" die Kallusbildung am stärksten im Fall des juvenilen Stecklingsmaterials hemmt. Dies gilt nicht für das ältere Stecklingsmaterial. Hier entwickelten die "IBS"-behandelten Stecklinge sogar mehr Kallus als die anders behandelten Stecklinge. Bei den Stecklingen von älteren Mutterpflanzen wurde am wenigsten Kallus nach "Ethrel"-Behandlung festgestellt.

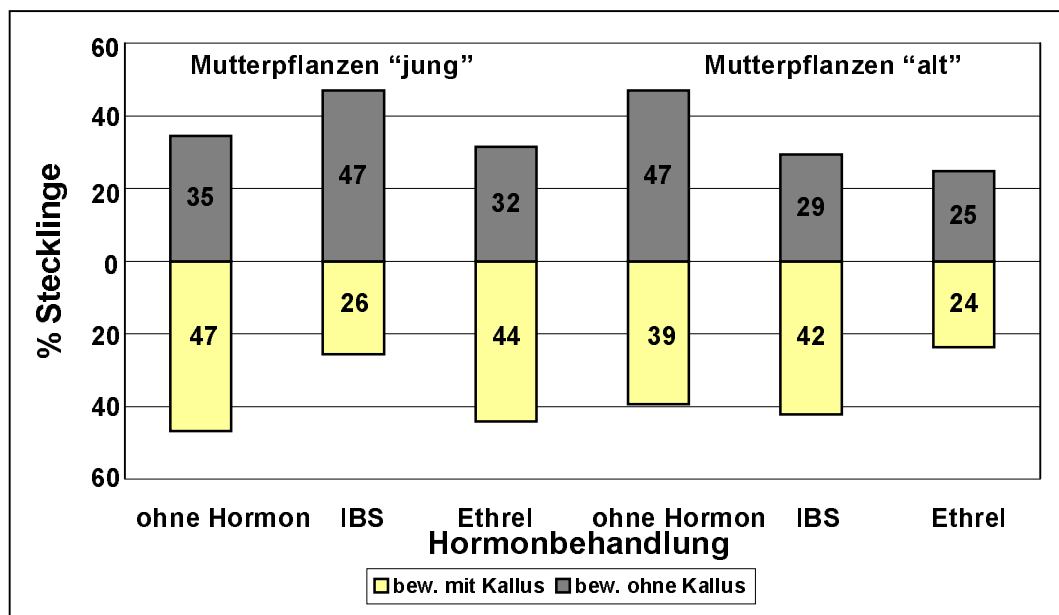


Abbildung 15: Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne- und mit Kallus in Abhängigkeit vom Altersstaus der Mutterpflanzen bei den einzelnen Hormonbehandlungen bei 'Gisela 5'

Wurzelenstehungsort

Die Stecklinge bildeten meistens eine basale Bewurzelung. Der Anteil der Stecklinge mit akrobasier Bewurzelung blieb bei beiden Faktoren unter 10%. Die Werte veränderten sich zwischen den beiden Altersstufen und Hormonvarianten kaum (Anhang 6). Es gab keine signifikanten Unterschiede.

Hauptwurzelzahl

Die Hauptwurzelzahl zeigt Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren Altersstatus und Hormonbehandlung (Abbildung 16). Durch die "IBS"-Behandlung werden nur die Stecklinge des juvenilen Materials zur Wurzelbildung angeregt. Die beide andere Varianten zeigten eine schlechtere Wurzelbildung. Bei dem älteren Ausgangsmaterial hingegen zeigte die "Kontrolle" die stärkste Wurzelbildung. Das zeigt erneut, daß bei physiologisch älterem Stecklingsmaterial die hormonfreie Behandlung möglicherweise einen positiven Einfluß auf die Wurzelbildung der Stecklinge besitzt, während IBS-Behandlung sich negativ auswirkt.

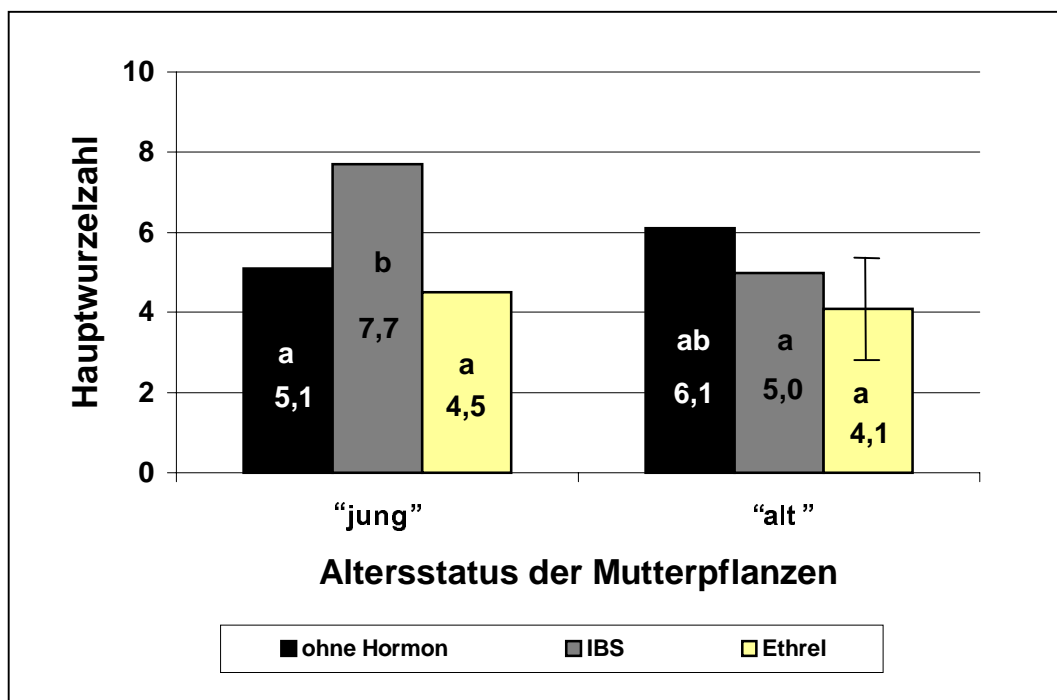


Abbildung 16: Anzahl der Hauptwurzeln in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei den einzelnen Hormonbehandlungen bei 'Gisela 5'

Wurzellänge

Die Stecklinge des älteren Ausgangsmaterials entwickelten ein fast gleich langes Wurzelsystem wie die Stecklinge des jüngeren Materials. Das längste Wurzelsystem wurde bei den Stecklingen der Kontrollvariante ermittelt, das kürzeste bei den Stecklingen der "Ethrel"-Variante. Die Längen waren im Frühjahr ca. 20% größer als im Herbst, was Wurzelwachstum im Winter oder frühen Frühjahr andeutet. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei den beiden Faktoren (Anhang 7).

Neutriebwachstum

Die Stecklinge der älteren Mutterpflanzen wiesen stärkere Zuwächse des Neutriebes auf als die Stecklinge der jüngeren Mutterpflanzen. Von den Hormonvarianten wuchsen die Stecklinge der "IBS"-Behandlung am besten, die Stecklinge der "Ethrel"-Variante weitaus am schlechtesten. Alle Unterschiede waren nicht statistisch absicherbar (Tabelle 9).

Tabelle 9: Neutriebzuwachs der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	Zuwachs (cm)
Altersstatus	"Jung"	14,1
	"Alt"	17,8
	GD _{0,05}	n.s.
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	16,7
	IBS	20,4
	Ethrel	10,8
	GD _{0,05}	n.s.

Abbildung 17 zeigt die Verhältnisse zwischen den Altersstufen und den Hormonvarianten.

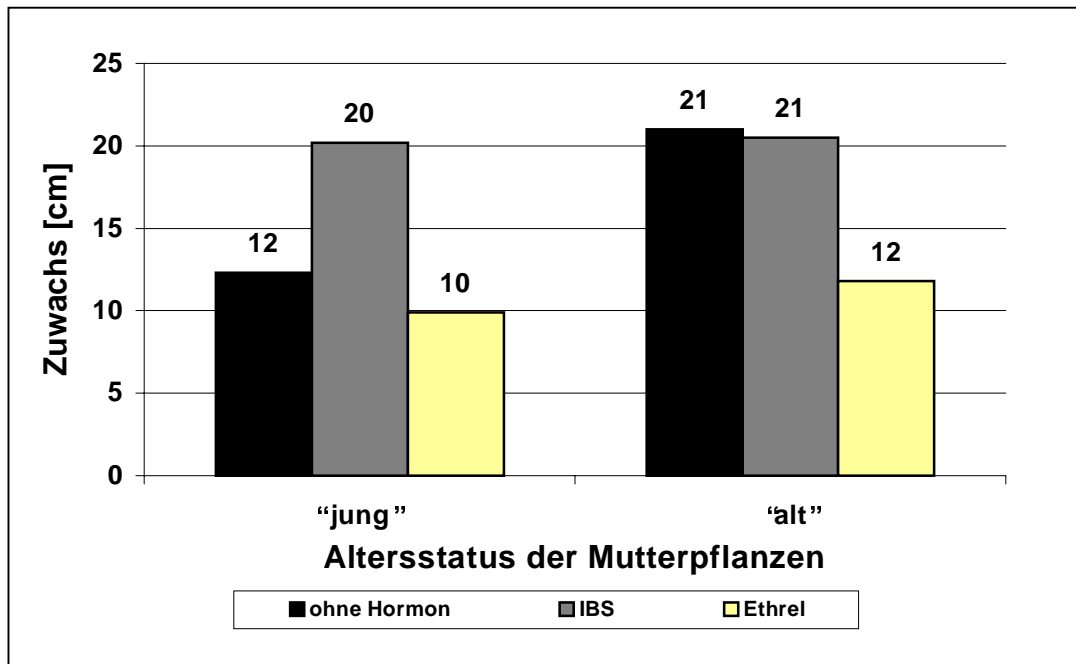


Abbildung 17: Neutriebzuwachs der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei einzelnen Hormonbehandlungen bei ‘Gisela 5’

Die mit IBS behandelten Stecklinge wuchsen bei Verwendung von juvenilem Ausgangsmaterial stärker als die mit “Ethrel” oder “ohne Hormon” behandelten. Bei den älteren Mutterpflanzen wurde dieser positive Einfluß des Hormons IBS nicht sichtbar. Die “ohne Hormon” behandelten Stecklinge zeigten gleich starke Zuwächse.

Seitentriebwachstum

Zur Feststellung des vegetativen Wachstums wurde auch der Zuwachs der Seitentriebe ermittelt, und daraus der durchschnittliche Zuwachs pro Seitentrieb errechnet. Die Stecklinge von älteren Mutterpflanzen hatten tendenziell größere Seitentrieb-Zuwächse als die von jüngerem Material. Der Seitentriebzuwachs war ohne Wuchsstoffbehandlung gering stärker als mit der Behandlung (Anhang 8).

Bei jüngerem Material führt die Applikation von IBS zu einer geringen Zunahme des Zuwachses der Seitentriebe, während bei älterem Material eine Zuwachssteigerung bei der hormonfreien Variante ermittelt wurde. Die “IBS”-Variante wirkte bei älterem Material wieder negativ auf das Wachstum (Abbildung 18).

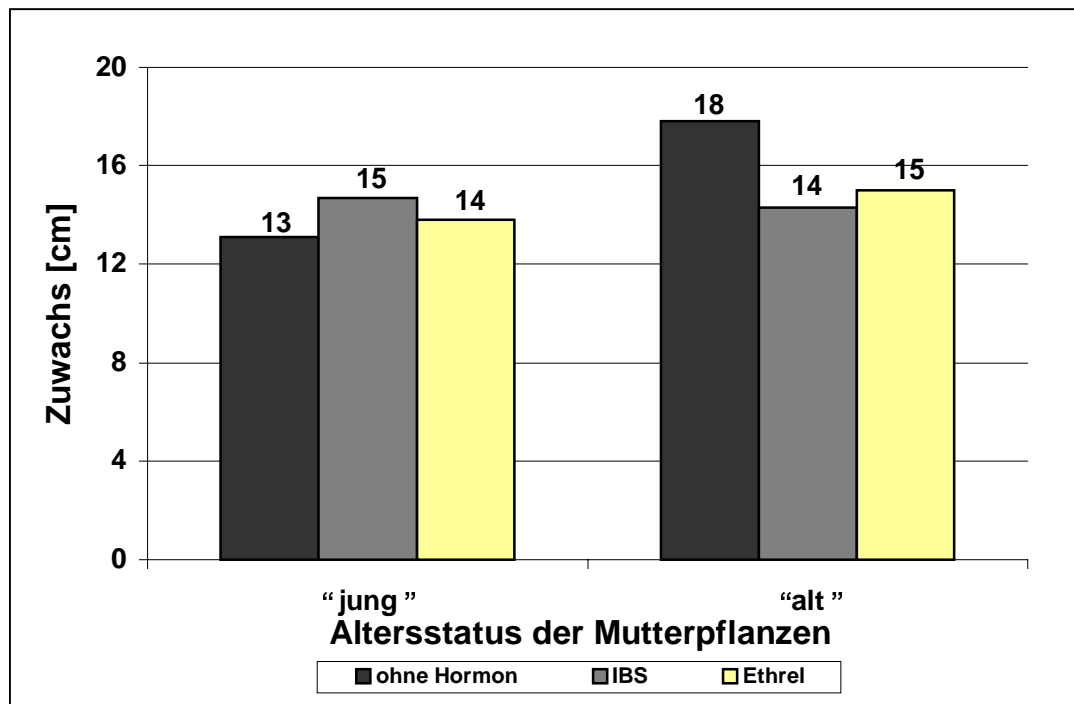


Abbildung 18: Mittlerer Zuwachs der Seitentriebe in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei den einzelnen Hormonbehandlungen bei ‘Gisela 5’

Verzweigungsart

Als Verzweigungsart wurde am häufigsten eine monopodiale Verzweigung beobachtet, d.h. ein durchgehender Haupttrieb mit einem oder mehreren Seitentrieben. Bei jüngerem Material sind monopodial oder sympodial gut verzweigte Stecklinge häufiger als unverzweigte, während bei älterem Material am meisten unverzweigte vorliegen. Ohne Hormon entwickeln sich am wenigsten unverzweigte Stecklinge. Ethrel führt zu den schlechtesten Verzweigungen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Art der Triebverzweigung in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei ‘Gisela 5’

Faktor	Behandlung	unverzweigt (%)	Verzweigung (%)	
			monopodiale	sympodiale
Altersstatus	“Jung”	23,4	44,8	31,9
	“Alt”	31,7	43,6	24,8
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	22,2	45,9 b	31,9
	IBS	29,7	51,1 b	19,3
	Ethrel	30,7	35,6 a	33,8
	GD _{0,05}	n.s.	9,1	n.s.

Blattfläche

Die Stecklinge von älteren Mutterpflanzen entwickelten größere durchschnittliche Blattflächen als die von jüngerem Material. Von den Hormonvarianten führte die Behandlung mit “IBS” zu den größten Blattflächen. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (Anhang 9).

Die “IBS”-Behandlung führt bei beiden Altersstufen zu den größten Blattflächen. Die Stecklinge der “Ethrel”-Variante entwickelten bei beiden Altersstufen die kleinsten Blattflächen (Abbildung 19).

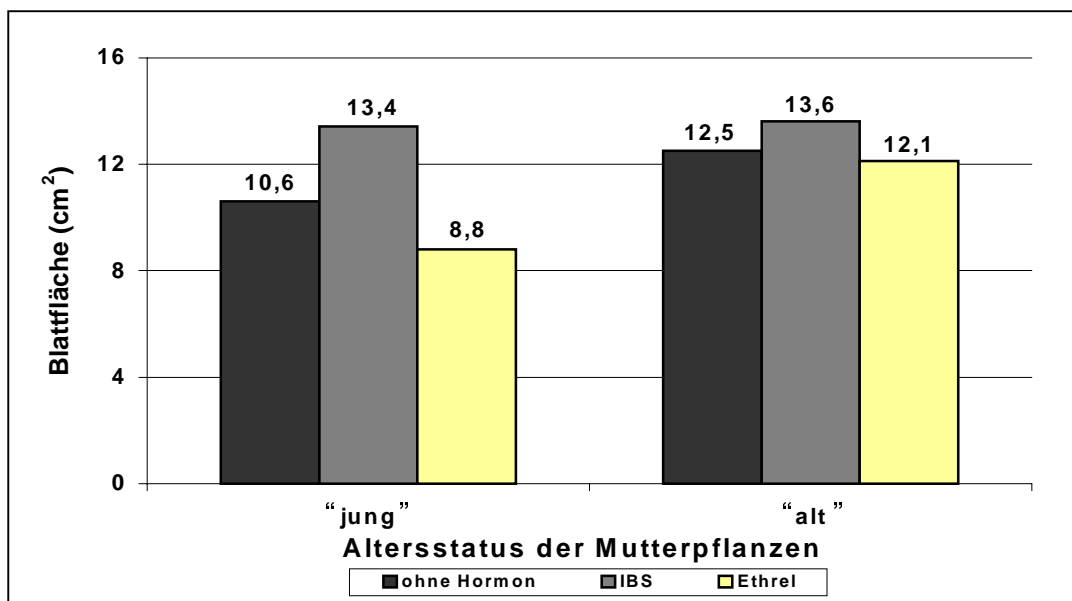


Abbildung 19: Mittlere Blattfläche der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung bei ‘Gisela 5’

MineralstoffgehalteSproß

Zur besseren Beurteilung der Ergebnisse sind in der Tabelle 11 mittlere Nährstoffmengen bei der *Malus*-Sorte ‘Gloster’ auf der Unterlage ‘M9’ in den diesjährigen Trieben angegeben. Werte für Kirsche liegen nicht vor.

Tabelle 11: Nährstoffgehalte in den diesjährigen Trieben bei der *Malus*-Sorte ‘Gloster’ auf der Unterlage ‘M9’ (WITTE, 1994)

N	P	K	Mg	Ca
(in % TS)				
0,70 - 1,50	0,11 - 0,23	0,50 - 1,10	0,08 - 0,30	0,90 - 1,65

Die eigenen gemessenen Stickstoffmengen waren in allen Varianten höher als die in der Tabelle 11 angegebenen, die Calciumgehalte waren deutlich niedriger. Die Kalium- und Magnesiumgehalte entsprechen den Werten des diesjährigen Holzes bei der Sorte ‘Gloster’ in der Tabelle 11.

Mit Ausnahme des Calciums wurden bei der Kirschenunterlage ‘Gisela 5’ höhere Mineralstoffgehalte festgestellt als bei der Apfelunterlage ‘M9-984’ (Tabelle 18). Darüber hinaus wurden bei der Kirschenunterlage in den Stecklingen von älteren Mutterpflanzen höhere Gehalte an Stickstoff und Phosphor und niedrigere an Kalium und Magnesium als in denjenigen von jüngeren Mutterpflanzen nachgewiesen. Die Calcium-Gehalte waren bei beiden Arten gleich. Es gab keine signifikanten Unterschiede.

Bei der Hormonbehandlung erreichten die Stecklinge der Variante “Ethrel” bei allen Nährstoffen mit Ausnahme des Calciums die höchsten Gehalte, während die Stecklinge der Kontrollvariante bis auf das Kalium und Calcium die insgesamt niedrigsten Nährstoffgehalte zeigten. Es gab keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 12).

Tabelle 12: Mineralstoffgehalte der diesjährigen Stecklingstriebe in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei ‘Gisela 5’

Faktor	Behandlung	N	P	K	Mg	Ca
Altersstatus	“Jung”	1,68	0,260	0,83	0,158	0,55
	“Alt”	1,90	0,267	0,78	0,156	0,55
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	1,59	0,249	0,79	0,153	0,55
	IBS	1,86	0,258	0,78	0,157	0,56
	Ethrel	1,91	0,284	0,84	0,161	0,53
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Wurzel

Die Mineralstoffgehalte in den Wurzeln waren bis auf Magnesium und Calcium höher als im Sproß. Abgesehen vom Stickstoff zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Stecklingswurzeln von älteren Mutterpflanzen enthielten signifikant höhere Stickstoffmengen als die Stecklinge von physiologisch jüngeren Mutterpflanzen. Auch für Phosphor und Calcium wurden in den Stecklingswurzeln von älteren Mutterpflanzen höhere Gehalte nachgewiesen als in den Stecklingswurzeln von jüngeren Mutterpflanzen. Die Kalium- und Magnesium-Gehalte erreichten höhere Werte in den Stecklingswurzeln von jüngerem Ausgangsmaterial.

Hinsichtlich der Hormonbehandlung wurden bei den Wurzeln von Stecklingen der “Ethrel”-Variante die höchsten Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Gehalte gemessen, die Magnesium-Gehalte waren bei der “IBS”-Variante, die Calcium-Gehalte bei der Kontrollvariante am höchsten (Tabelle 13).

Tabelle 13: Mineralstoffgehalte der Wurzeln in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	N	P	K	Mg	Ca
Altersstatus	“Jung”	2,11 a	0,335	0,99	0,145	0,33
	“Alt”	2,60 b	0,344	0,95	0,144	0,34
	GD _{0,05}	0,45	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	2,09	0,323	0,95	0,141	0,36
	IBS	2,42	0,342	0,95	0,147	0,32
	Ethrel	2,56	0,354	1,01	0,146	0,32
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Kohlenhydratgehalte im Sproß

Die Sproßgehalte an Saccharose waren bei allen Varianten deutlich geringer als die Gehalte an Glukose und Fruktose. Die Glukose- und Fruktose-Gehalte des juvenilen Materials waren signifikant höher als die Gehalte des älteren Stecklingsmaterials. Die Sprosse des älteren Materials enthielten hingegen mehr Saccharose. Der Unterschied konnte hier nicht abgesichert werden. Zwischen den Hormonvarianten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Stecklinge der Kontrollvariante (ohne Hormon) wiesen die höchste Gehalte an allen Kohlenhydraten auf (Anhang 10).

2.3.2.2 Schwerbewurzelbare Klone ('M9-984')

Bewurzelung

Die Überlebens- (lebende unbewurzelte + lebende bewurzelte) und Bewurzelungsraten (lebende bewurzelte) veränderten sich zwischen den beiden Altersstufen (Abbildung 20). Die Unterschiede zwischen den Altersstufen waren in beiden Fällen statistisch signifikant. Die Stecklinge der mikrovermehrten Mutterpflanzen überlebten und bewurzelten sich signifikant besser als die Stecklinge der Abriß-vermehrten Mutterpflanzen.

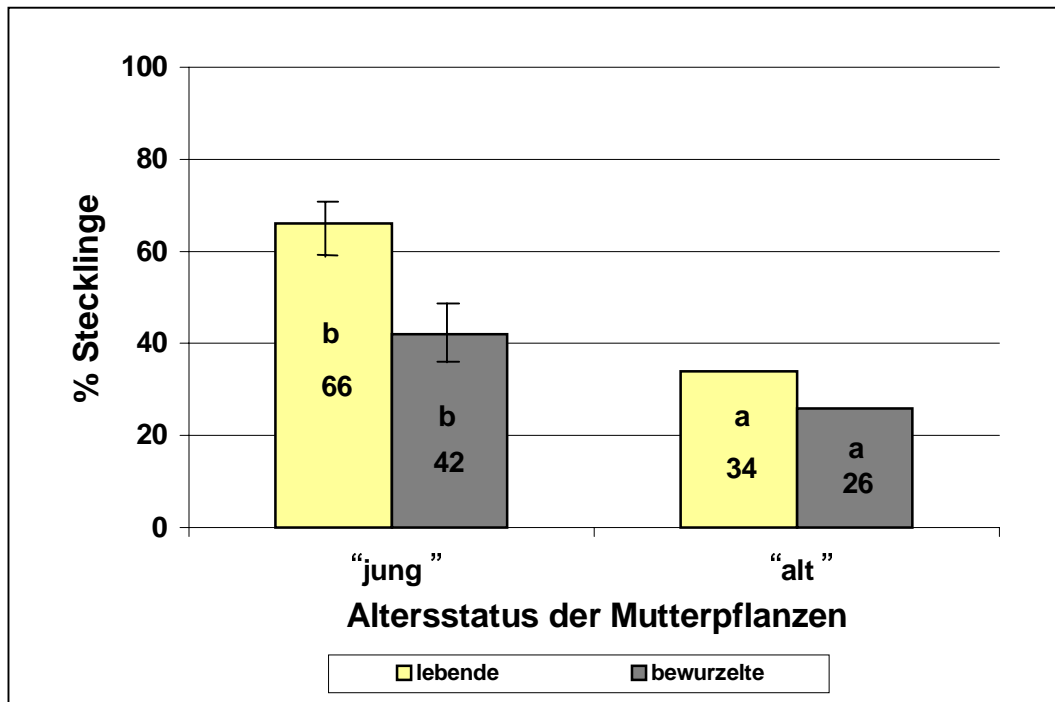


Abbildung 20: Überlebens- und Bewurzelungsergebnisse der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei ‘M9-984’

Zwischen den Hormonbehandlungen bestanden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der überlebenden und bewurzelten Stecklinge. Die Werte der überlebenden Stecklinge lagen bei etwa 50%; die Bewurzelungsraten erreichten bei der Kontrolle und “Ethrel”-Behandlung 30%, bei der “IBS”-Applikation 43% (Tabelle 14).

Tabelle 14: Überlebens- und Bewurzelungsergebnisse der Stecklinge in Abhängigkeit von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei ‘M9-984’

Behandlung	überlebende Stecklinge (%)	bewurzelte Stecklinge (%)
Ohne Hormon	50,0	29,6
IBS	54,6	42,9
Ethrel	45,4	29,6
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Kallusbildung

Die Kallusbildung war bei den allen Versuchsvarianten stark ausgeprägt. Wie die Abbildung 21 zeigt, entwickelten sich im Fall des juvenilen Stecklingsmaterials bei den beiden Hormonbehandlungen mehr bewurzelte Stecklinge mit Kallus als unbewurzelte mit Kallus. Im Fall der hormonfreien Behandlung wurden am meisten unbewurzelte Stecklinge mit Kallus gebildet. Die Kontrolle und die "IBS"-Variante entwickelten die höchsten Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne Kallus.

Bei dem Abriß-Stecklingsmaterial wurden nur wenige unbewurzelte Stecklinge mit Kallus ermittelt. Bewurzelte Stecklinge mit Kallus waren bei der Kontrolle und der "IBS"-Variante höher als bei der "Ethrel"-Variante. Bzgl. der Kallusbildung ist die "IBS"-Variante bei jüngerem Material als zu besten einzustufen. Bei den bewurzelten Stecklingen ohne Kallus gab es kaum Unterschiede zwischen den Hormonvarianten.

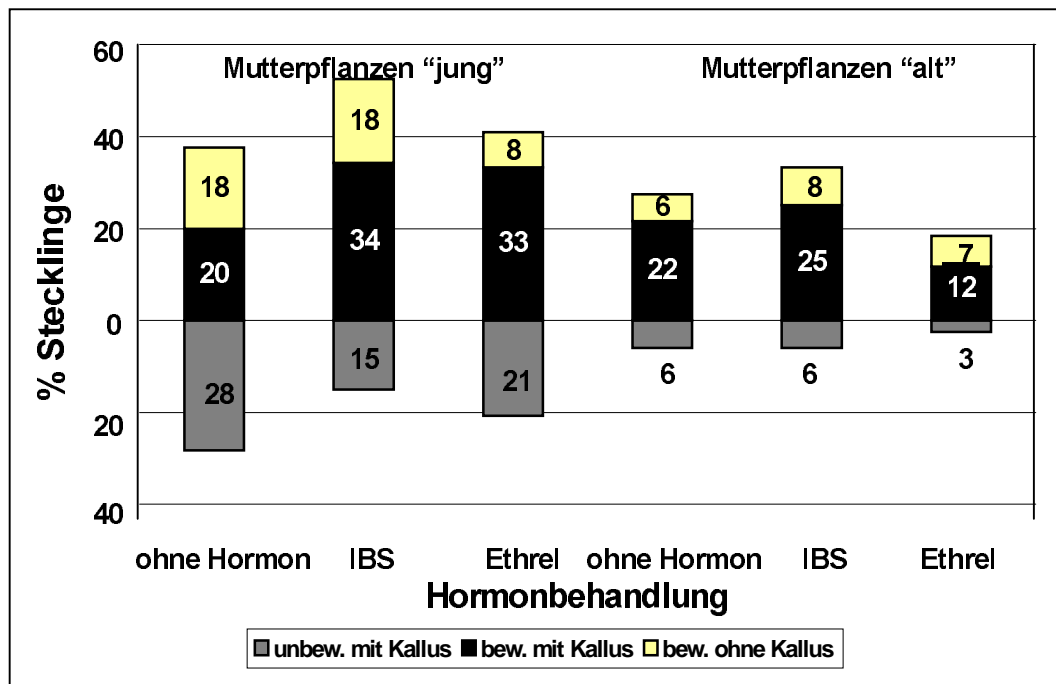


Abbildung 21: Wurzel- und Kallusbildung der Stecklinge in Abhängigkeit von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei unterschiedlichem Altersstatus der Mutterpflanzen bei 'M9-984'

Wurzelentstehungsort

Die Position der Wurzelbildung hing stark vom physiologischen Alter der Mutterpflanzen ab (Abbildung 22). Während die Stecklinge der physiologisch älteren Mutterpflanzen meistens eine basale Bewurzelung zeigten, entwickelten mehr als die Hälfte der bewurzelten Stecklinge von physiologisch jüngeren Mutterpflanzen eine positive akrobasale Bewurzelung. Die Unterschiede waren signifikant.

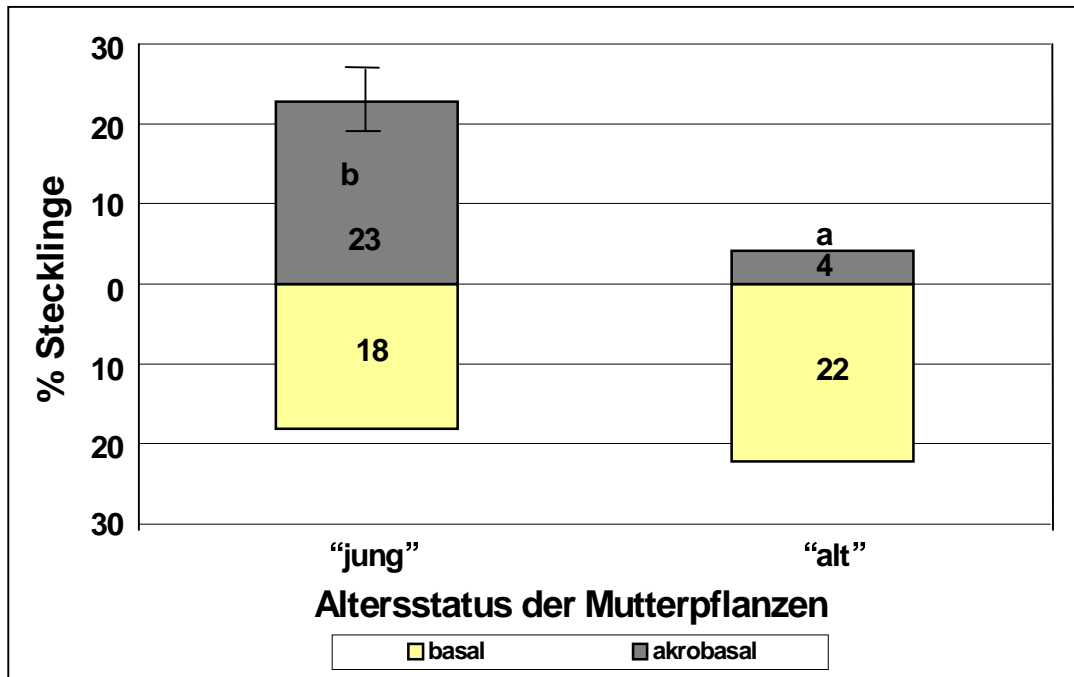


Abbildung 22: Wurzelentstehungsort bei den Stecklingen in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei ‘M9-984’

Die Hormonbehandlung zeigte keinen statistisch signifikanten Einfluß auf die Position der Wurzelbildung (Anhang 11).

Wurzelzahl und Wurzellänge

Die Stecklinge von physiologisch jüngeren Mutterpflanzen zeigten im Vergleich zu den Stecklingen von physiologisch älteren Mutterpflanzen ein deutlich stärkeres Wurzelwachstum. Dies ließ sich anhand der signifikanten Erhöhung der Hauptwurzelanzahl und deren Länge feststellen (Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl- und Länge der Hauptwurzeln in Abhängigkeit vom Altersstatus der Ausgangspflanzen und von der Hormonbehandlung bei ‘M9-984’

Faktor	Behandlung	Anzahl	Länge (cm)
Altersstatus	“Jung”	6,8 b	21,3 b
	“Alt”	4,3 a	12,6 a
	GD _{0,05}	1,4	3,0
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	5,1	18,1
	IBS	6,8	18,3
	Ethrel	4,9	14,3
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Der Hormoneinsatz erbrachte bezüglich der Anzahl an Hauptwurzeln und ihrer Länge keine signifikanten Unterschiede. Durch die “IBS”-Behandlung ist eine Erhöhung der Wurzelanzahl zu erkennen, während die “Ethrel”-Behandlung eine Verminderung der Länge der Hauptwurzeln zur Folge hat.

Neutriebwachstum

Wie schon aus den eigenen Versuchen im Jahr 1995 und 1996 (Tabellen 7 und 8) hervorgeht, erzielen Stecklinge der ‘M9’-Klone im Vermehrungsbeet sehr kleine Zuwächse des Neutriebes. Dagegen erreichten die Stecklinge in diesem Versuch mit dem Klon ‘M9-984’ durchschnittlich größere Zuwächse. Allerdings zeigen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich des Altersstatus der verwendeten Mutterpflanzen. Die Stecklinge der physiologisch jüngeren Mutterpflanzen zeigen signifikant höhere Zuwächse als die Stecklinge der älteren Mutterpflanzen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Neutriebwachstum der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'M9-984'

Faktor	Behandlung	Neutriebzuwachs (cm)
Altersstatus	“Jung”	21,1 b
	“Alt”	11,7 a
	GD _{0,05}	5,7
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	16,4
	IBS	18,6
	Ethrel	14,2
	GD _{0,05}	n.s.

Der Einsatz von Hormonen brachte keine signifikante Erhöhung der Zuwächse. Im Fall der Variante 'Ethrel' erzielten die Stecklinge sogar geringere Zuwächse als bei der hormonfreien Variante.

Seitentriebwachstum

Um das Seitentriebwachstum zu verfolgen, wurde die durchschnittliche Seitentrieblänge errechnet (Anhang 12). Die Stecklinge der physiologisch jüngeren Mutterpflanzen entwickelten signifikant längere Seitentriebe als die Stecklinge des älteren Ausgangsmaterials. Es traten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Seitentriebzuwachses zwischen den Hormonvarianten auf. Trotzdem ist zu erkennen, daß die mit IBS behandelten Stecklinge größere Seitentriebzuwächse erreichten, als die mit Ethrel bzw. nicht behandelten Stecklinge.

Verzweigungsart

Um den Habitus der Stecklinge zu ermitteln, wurde die Art der Verzweigung bestimmt. Allgemein konnte man feststellen, daß die Stecklinge des Klones 'M9-984' meistens einen unverzweigten Trieb entwickelten. Der Anteil der Stecklinge mit unverzweigtem Trieb war bei physiologisch jüngerem Material im Vergleich zum älteren Mutterpflanzenmaterial geringer. Dementsprechend stieg bei den Stecklingen der mikrovermehrten Mutterpflanzen besonders der Anteil der Stecklinge mit einer sympodialen Verzweigung des Triebes. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant (Abbildung 23).

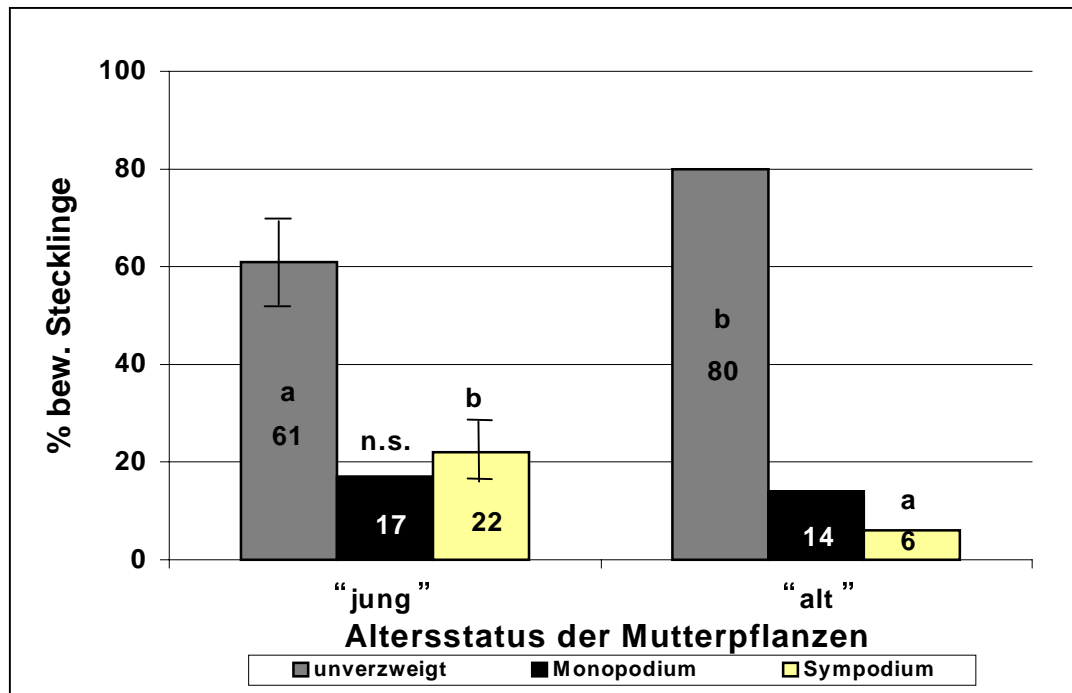


Abbildung 23: Art der Triebverzweigung bei den Stecklingen in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei 'M9-984'

Bezüglich der Hormonbehandlung ist zu erkennen, daß die Stecklinge der "IBS"-Variante am wenigsten unverzweigte Triebe aufweisen, dafür am meisten ein sympodiales Sproßsystem (Abbildung 24). Diese Unterschiede waren nicht statistisch absicherbar.

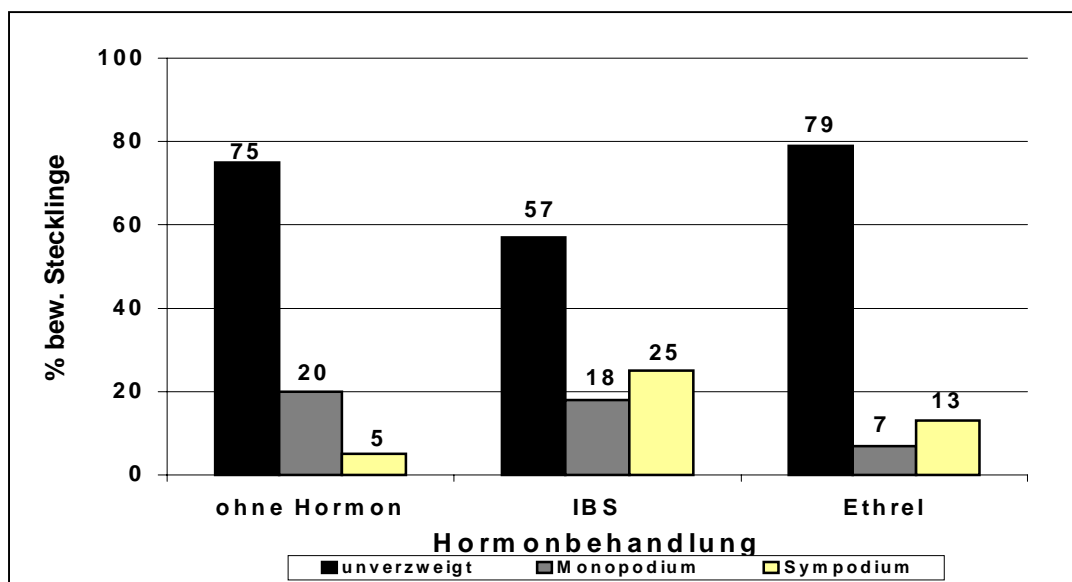


Abbildung 24: Art der Triebverzweigung bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Hormonbehandlung bei 'M9-984'

Blattflächen

Die statistische Auswertung der Daten der Blattflächenmessungen war bei der Apfelunterlage ‘M9-984’ aufgrund geringer Materialmengen nicht möglich. Dennoch zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Blattflächen jüngerer und älterer Mutterpflanzen. Die Stecklinge von physiologisch jüngeren Mutterpflanzen entwickelten größere Blattflächen als diejenigen von älterem Material. Zwischen den Hormonvarianten bestanden bezüglich der Blattfläche nur geringe Unterschiede. Die Stecklinge der Kontrollvariante und die der “IBS”-Variante entwickelten deutlich größere Blattflächen, als die Stecklinge der “Ethrel”-Variante (Tabelle 17).

Tabelle 17: Mittlere Blattfläche bei den Stecklingen in Abhängigkeit vom Altersstatus der Ausgangspflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei ‘M9-984’

Faktor	Behandlung	Blattfläche (cm ²)
Altersstatus	“Jung”	17,7
	“Alt”	12,2
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	15,1
	IBS	15,9
	Ethrel	13,9

Mineralstoffgehalte der Pflanzen im Herbst

Sproß

Zur besseren Beurteilung der Nährstoffversorgung der Pflanzen sind in der Tabelle 11 die Mineralstoffgehalte in den diesjährigen Trieben der *Malus*-Sorte ‘Gloster’ angegeben.

Die Stickstoffwerte von älterem Material und die bei der “Kontroll”- und “IBS”-Variante liegen höher als in der Tabelle 11, andere Stickstoffwerte und die Kalium- und Magnesiumgehalte entsprechen den Tabellenwerten. Alle Calciumwerte waren deutlich niedriger als in der Tabelle 11.

Die Mineralstoffgehalte im Sproß wurden durch den Altersstatus der Mutterpflanzen stärker beeinflusst als durch die Hormonbehandlung (Tabelle 18). Die Stecklinge der älteren Mutterpflanzen enthielten im Herbst signifikant höhere Mengen an Stickstoff, Phosphor und

Calcium als die Stecklinge von jüngeren Mutterpflanzen. Die Kalium- und Magnesiumgehalte hingegen waren in den Stecklingen der jüngeren Mutterpflanzen höher. Der Unterschied im Kaliumgehalt ließ sich statistisch absichern.

Für den Faktor "Hormoneinsatz" wurden die höchsten Mineralstoffgehalte, mit Ausnahme des Calciums bei der Kontrolle (Variante ohne Hormoneinsatz) ermittelt. Die Calciumgehalte waren bei der Variante "Ethrel" am höchsten. Es gab keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 18: Mineralstoffgehalte der Stecklingstriebe nach dem Abschluß der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'M9-984'

Faktor	Behandlung	N	P	K	Mg	Ca
		(in % TS)				
Altersstatus	"Jung"	1,33 a	0,204 a	0,71 b	0,105	0,67 a
	"Alt"	1,64 b	0,247 b	0,64 a	0,100	0,73 b
	GD _{0,05}	0,26	0,024	0,05	n.s.	0,05
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	1,58	0,234	0,68	0,104	0,70
	IBS	1,51	0,228	0,67	0,102	0,69
	Ethrel	1,37	0,214	0,68	0,101	0,71
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Wurzel

Allgemein wurden bei allen Mineralstoffen, mit Ausnahme des Calciums, in den Wurzeln höhere Gehalte festgestellt als in den Trieben. Die Unterschiede waren deutlicher zwischen den beiden Altersstufen erkennbar als zwischen den Hormonbehandlungen, allerdings nicht so stark ausgeprägt wie bei den Gehalten im Trieb. In den Wurzeln der Stecklinge von physiologisch älteren Mutterpflanzen wurden insgesamt höhere Gehalte an Mineralstoffen ermittelt als bei Stecklingen von jüngeren Mutterpflanzen. Diese Unterschiede ließen sich jedoch nur im Fall der Magnesium- und Calcium Gehalte statistisch absichern.

Die Stecklinge der Kontrolle (ohne Hormoneinsatz) enthielten in den Wurzeln die höchsten Stickstoff- und Phosphor-Gehalte. Die höchsten Kalium- und Magnesium-Gehalte wurden in den Stecklingswurzeln der "IBS"-Variante gemessen, die höchsten Calcium-Gehalte waren bei der Variante "Ethrel" festzustellen. Die Unterschiede konnten nicht statistisch abgesichert werden (Tabelle 19).

Tabelle 19: Mineralstoffgehalte in Stecklingswurzeln in Abhängigkeit vom Altersstatus der Ausgangspflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'M9-984'

Faktor	Behandlung	N	P	K	Mg	Ca
		(in % TS)				
Alterstatus	“Jung”	2,01	0,343	1,30	0,146 a	0,33 a
	“Alt”	2,10	0,360	1,34	0,159 b	0,48 b
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	0,012	0,03
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	2,21	0,368	1,32	0,153	0,39
	IBS	2,10	0,362	1,35	0,159	0,39
	Ethrel	1,86	0,325	1,29	0,147	0,43
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Kohlenhydratgehalte im Sproß vor dem Winter

Die Glukose- und Fruktose-Gehalte waren im Sproß des jüngeren Materials höher als im Sproß des älteren Materials. Der Unterschied war bei Glukose statistisch signifikant. Von den Hormonbehandlungen wurden bei der “Ethrel”-Variante die höchsten Glukose-Gehalte und bei der “IBS”-Variante die höchsten Fruktose-Gehalte festgestellt. Die Unterschiede konnten nicht gesichert werden (Anhang 13).

Bei den Saccharose-Gehalten kam es zu einer Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren. Die Stecklinge der Kontrollvariante beim jüngeren Material enthielten höhere Saccharose-Gehalte als die anderen Varianten, beim älteren Stecklingsmaterial waren Saccharose-Gehalte bei der Kontrollvariante gering (Tabelle 20).

Tabelle 20: Saccharose-Gehalte der Stecklinge vor dem Winter in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung bei 'M9-984'

Altersstatus	Hormonbehandlung	Saccharose (mg/g TS)
"Jung"	Ohne Hormon	2,07 b
	IBS	0,50 a
	Ethrel	1,20 ab
"Alt"	Ohne Hormon	0,92 ab
	IBS	1,42 ab
	Ethrel	1,13 ab
GD _{0,05}		1,23

2.3.3 Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung

Bewurzelung

Die Ausgangslänge des Stecklingsmaterials hatte keinen signifikanten Einfluß auf den Anteil der überlebenden bewurzelten Stecklinge. Die höchsten Prozente überlebender bewurzelter Stecklinge wurden bei den Stecklingen mit Ausgangslängen zwischen 20 und 24 cm erreicht. Die kürzesten Stecklinge erreichten die schlechtesten Bewurzelungsergebnisse und die größten Verluste in der Vegetationsperiode (Abbildung 25).

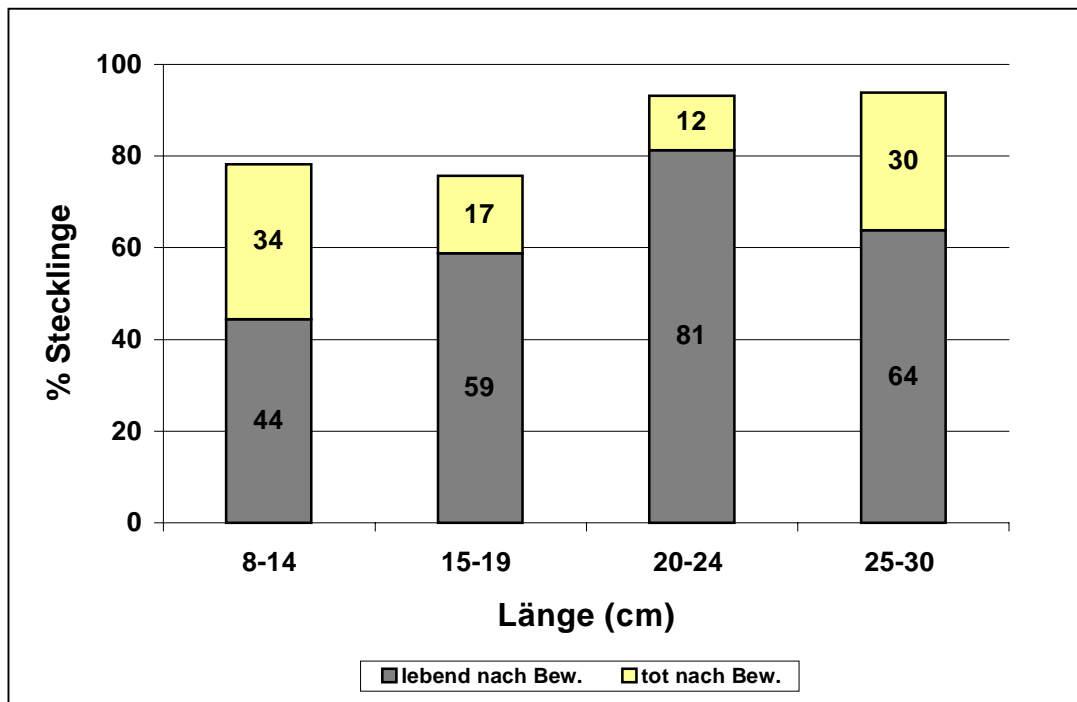


Abbildung 25: Anteile der bewurzelten Stecklinge in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Wurzelentstehungsort

Die meisten Stecklinge bewurzelten sich basal, bei den kürzeren Stecklingen nahm der Anteil der akrobasalen Bewurzelung anteilig gering zu. Die Werte konnten nicht statistisch gesichert werden (Anhang 14).

Hauptwurzelzahl

Die Stecklinge mit den höchsten Ausgangshöhen entwickelten mit mehr als 20 Hauptwurzeln signifikant mehr Wurzeln als kürzere Stecklinge. Die kürzeren Stecklinge entwickelten durchschnittlich 15 Hauptwurzeln (Abbildung 26).

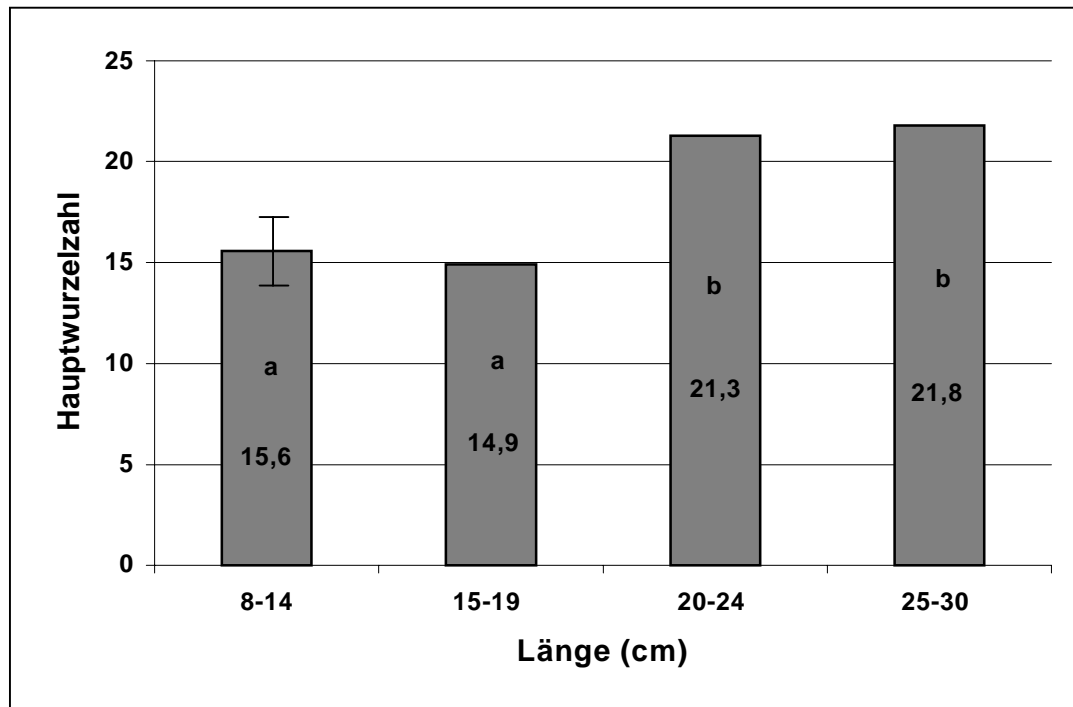


Abbildung 26: Anzahl der Hauptwurzeln bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Wurzellänge

Die Länge der Hauptwurzeln wurde nicht von der Ausgangslänge der Stecklinge beeinflusst. Die Stecklinge mit Höhen zwischen 20 und 24 cm bildeten die längsten Wurzeln ($\bar{x} = 23,7$ cm) und die kürzesten Stecklinge die kürzesten Wurzeln ($\bar{x} = 17,9$ cm) (Anhang 15).

Neutrieb- und Seitentriebwachstum

Der Neutriebzuwachs war gering stärker bei den kürzesten Stecklingen (über 32 cm) und signifikant schwächer bei den längsten Stecklingen (23 cm). Der Zuwachs der Seitentriebe war am stärksten bei den beiden längsten Varianten (über 35 cm). Die Unterschiede waren hier nicht statistisch signifikant. Tendenziell waren auch hier die 20 – 24 cm langen Stecklingen am besten (Tabelle 21).

Tabelle 21: Neu- und Seitentriebzuwachs der Stecklinge in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Ausgangshöhe (cm)	Neutrieb (cm)	Seitentriebe (cm)
8 - 14	32,2 b	20,5
15 - 19	29,7 b	27,5
20 - 24	29,8 b	42,2
25 - 30	23,5 a	35,2
GD _{0,05}	6,1	n.s.

Der Anzahl der Seitentriebe war nicht durch die Ausgangshöhe beeinflusst. Die kürzesten Stecklinge bildeten am wenigsten Seitentriebe (durchschnittlich 1), die anderen Varianten entwickelten durchschnittlich mehr als 2 Seitentriebe (Anhang 16).

Verzweigungsart

Aus der Abbildung 27 geht deutlich hervor, daß mit der zunehmenden Ausgangslänge der Stecklinge der Anteil der Stecklinge mit unverzweigtem Haupttrieb abnahm, der Anteil der Stecklinge mit monopodialer und sympodialer Triebverzweigung nahm aber zu. Die Unterschiede konnten allerdings nicht gesichert werden.

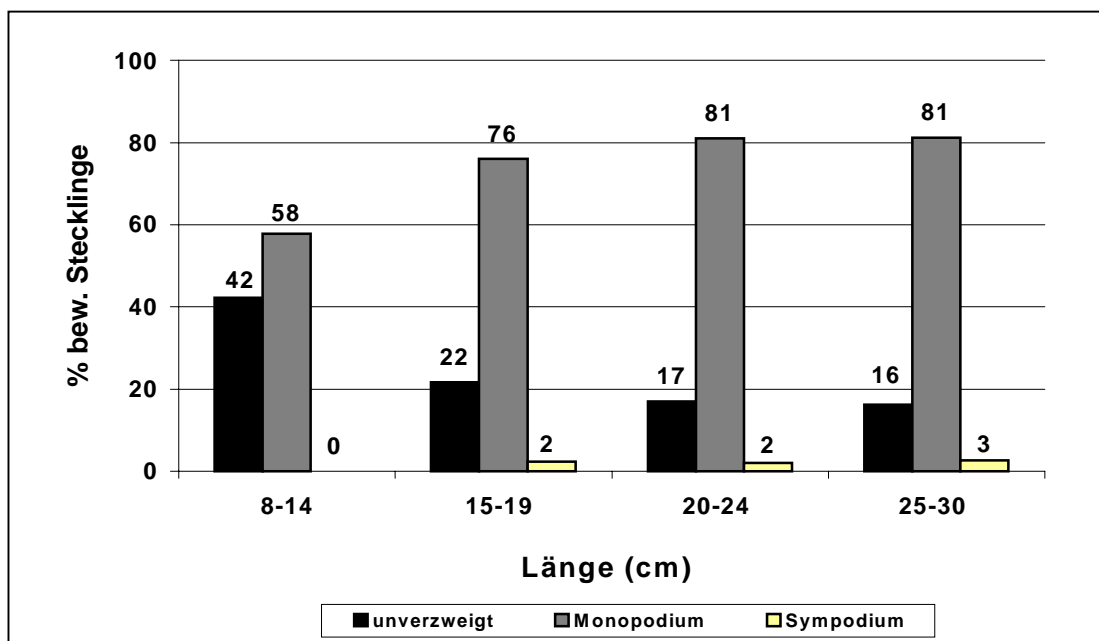


Abbildung 27: Art der Triebverzweigung bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

Die kürzeren Stecklinge entwickelten signifikant größere Anteile dünnerer Stecklinge (< 3 mm) als die längeren Stecklinge. Die Stecklinge mit der Länge zwischen 20 und 24 cm entwickelten am meisten Stecklinge >7 mm und weniger Stecklinge 3-5 mm als die anderen Varianten. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (Abbildung 28).

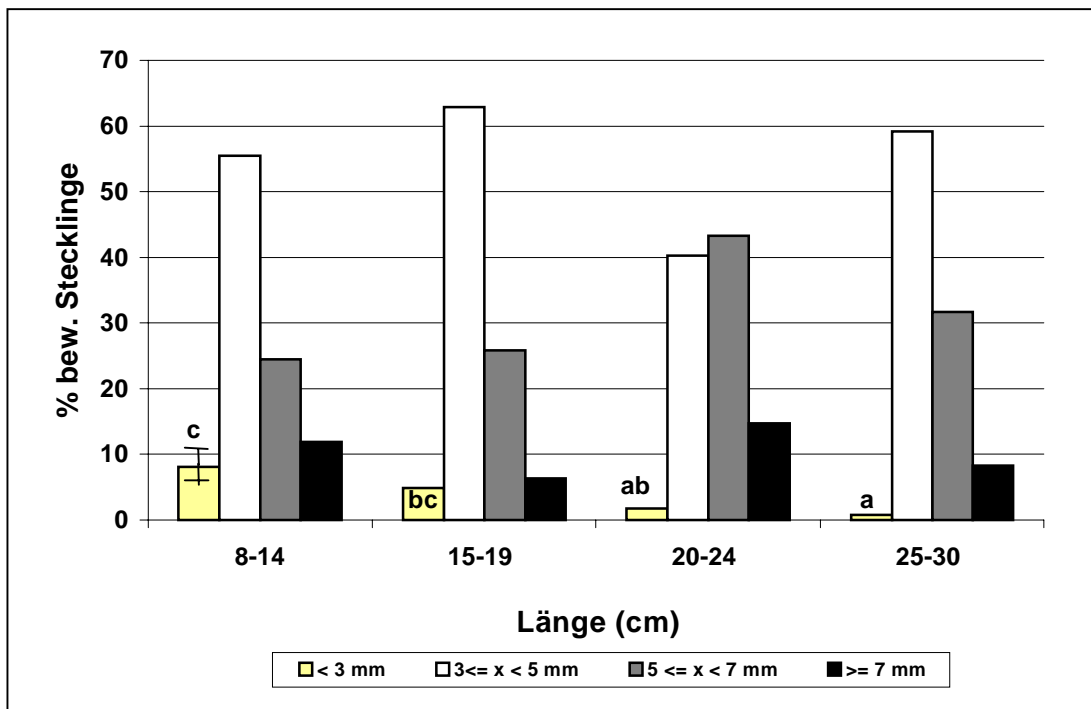


Abbildung 28: Prozentuale Aufteilung der bewurzelten Stecklinge in Durchmesserklassen in Abhängigkeit von der Ausgangshöhe der Stecklinge bei 'Gisela'

2.3.4 Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum

2.3.4.1 Ergebnisse in der Vermehrungsperiode

2.3.4.1.1 Leichtbewurzelbare Klone ('Gisela')

Bewurzelung

Die Bewurzelungsergebnisse im Herbst zwischen den einzelnen Düngerarten sind nicht statistisch signifikant, gewisse Trends sind jedoch zu erkennen (Abbildung 29).

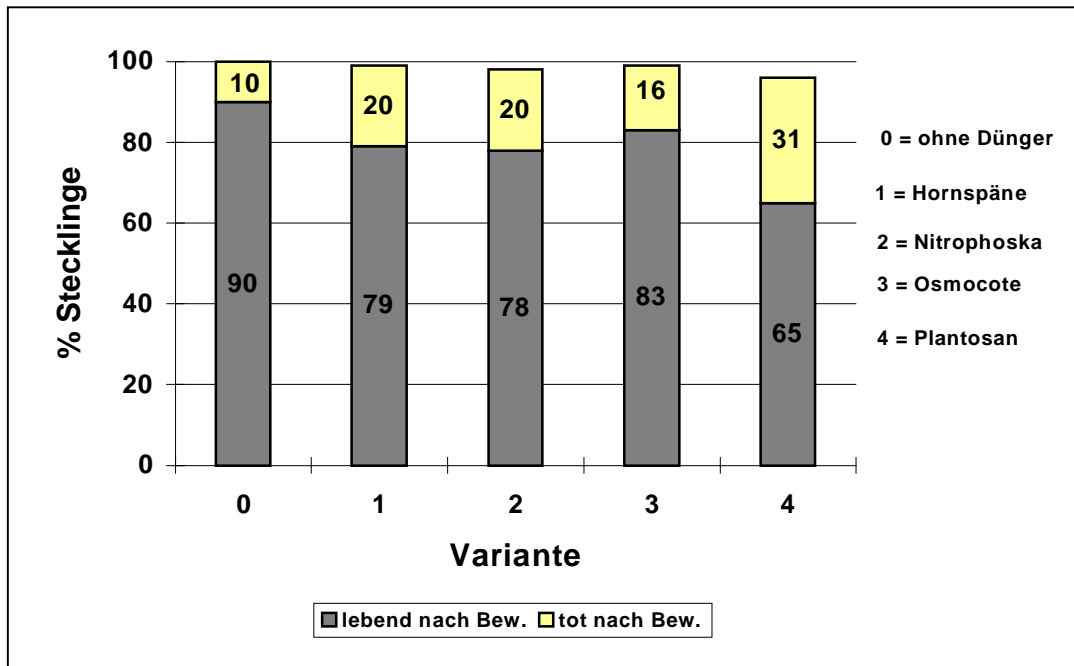


Abbildung 29: Bewurzelungserfolg bei den Stecklingen vor dem Winter in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'Gisela'

Die ungedüngte Variante (Kontrolle) zeigt mit 90% die höchsten Anteile lebender bewurzelter Stecklinge. Von den gedüngten Varianten wurden die besten Ergebnisse bei der Variante "Osmocote" (83%) festgestellt, etwas schlechtere Ergebnisse zeigten die Stecklinge der Düngervarianten "Hornspäne" und "Nitrophoska" mit fast 80%. Die Variante "Plantosan" zeigte mit 65% lebender bewurzelter Stecklinge die schlechtesten Bewurzelungsergebnisse.

Der Anteil bewurzelter, aber abgestorbener Stecklinge war bei der "Plantosan"-Variante (31%) am größten, während bei der Kontrolle (10%) die geringsten Ausfälle ermittelt wurden. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant.

Die Bonitur der Bewurzelung nach der Überwinterung zeigt ein ähnliches Bild wie die Bewurzelungsergebnisse vor dem Winter. Die Stecklinge der Kontrollvariante bewurzelten sich generell besser als die Stecklinge der gedüngten Varianten. Von den gedüngten Varianten zeigte die Variante "Hornspäne" die höchsten Bewurzelungsprozente, die schlechteste Bewurzelung zeigten die Stecklinge der Variante "Plantosan". Die Stecklinge der Kontrollvariante hatten im Winter etwas größere Ausfälle, während die Stecklinge der Variante "Plantosan" und "Hornspäne" gute Überwinterungsergebnisse zeigten (Tabelle 22).

Tabelle 22: Bewurzelungsergebnisse bei den Stecklingen nach der Überwinterung in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'Gisela'

Variante	Bewurzelung(%)	tot nach der Bewurzelung (%)
Kontrolle	77,5	8,8
Hornspäne	75,0	3,8
Nitrophoska	65,0	6,3
Osmocote	61,3	6,3
Plantosan	56,3	2,5
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Kallusbildung

Nur bei der Kontrolle wurde im Herbst eine sehr geringe Kallusbildung beobachtet. Fast alle Stecklinge bewurzelten sich basal, bei der Kontroll- und „Osmocote“-Variante sogar über 80% (Anhang 17).

Hauptwurzelzahl

Die 'Gisela'-Stecklinge entwickelten bei allen Düngervarianten ein gutes Wurzelsystem. Das läßt sich durch die hohen Anteile der Stecklinge mit mehr als 10 Wurzeln (Tabelle 23) und durch die große durchschnittliche Länge des Wurzelsystems belegen.

Die höchsten Anteile der Stecklinge mit mehr als 10 Wurzeln wurden bei den Variante "Osmocote" (98%), Kontrolle und "Hornspäne" (94%) erreicht. Bei den Düngervarianten "Nitrophoska" und "Plantosan" entwickelten weniger als 90% der Stecklinge mehr als 10 Hauptwurzeln. Die Unterschiede konnten nicht abgesichert werden.

Tabelle 23: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'Gisela'

Variante	Anteil (%)
Kontrolle	93,9
Hornspäne	93,8
Nitrophoska	88,1
Osmocote	98,0
Plantosan	88,8
GD _{0,05}	n.s.

Wurzellänge

Die Stecklinge der Düngervarianten “Hornspäne”, “Osmocote” und “Nitrophoska” entwickelten bis zum Herbst auch das längste Wurzelsystem. Das kürzeste Wurzelsystem entwickelten die Stecklinge der ungedüngten Variante.

Im Winter konnte ein weiteres Wurzelwachstum festgestellt werden. Die Stecklinge der “Nitrophoska”-Variante entwickelten bis zum März das längste Wurzelsystem (27 cm), gefolgt von den Stecklingen der “Osmocote”-Variante (24 cm). Die Stecklinge der “Kontrolle” entwickelten das kürzeste Wurzelsystem (21 cm). Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (Tabelle 24).

Tabelle 24: Hauptwurzellänge (cm) des Wurzelsystems bei den Stecklingen vor- und nach dem Winter in Abhängigkeit von den Düngerarten bei ‘Gisela’

Variante	Herbst	Frühjahr
Kontrolle	16,5	20,9
Hornspäne	20,3	22,5
Nitrophoska	18,3	26,5
Osmocote	18,7	24,3
Plantosan	17,0	21,2
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Neutriebwachstum

Die Ergebnisse der Neutriebzuwachsmessungen sind in der Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Neutriebzuwachs bei den Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten bei ‘Gisela’

Variante	Zuwachs (cm)
Kontrolle	20,6 a
Hornspäne	40,8 b
Nitrophoska	45,0 bc
Osmocote	57,7 c
Plantosan	41,8 b
GD _{0,05}	15,2

Den größten Neutriebzuwachs zeigten die Stecklinge der "Osmocote"-Variante (57,7 cm), den kleinsten Zuwachs hatten die Stecklinge der ungedüngten Variante (20,6 cm). Die Stecklinge der restlichen Düngervarianten wuchsen über 40 cm. Die Unterschiede waren statistisch absicherbar.

Verzweigungsart

Die Verzweigung der oberirdischen Teile der Pflanzen wurde in diesem Versuch nach der Anzahl der gleichwertigen Triebe bewertet (Abbildung 30).

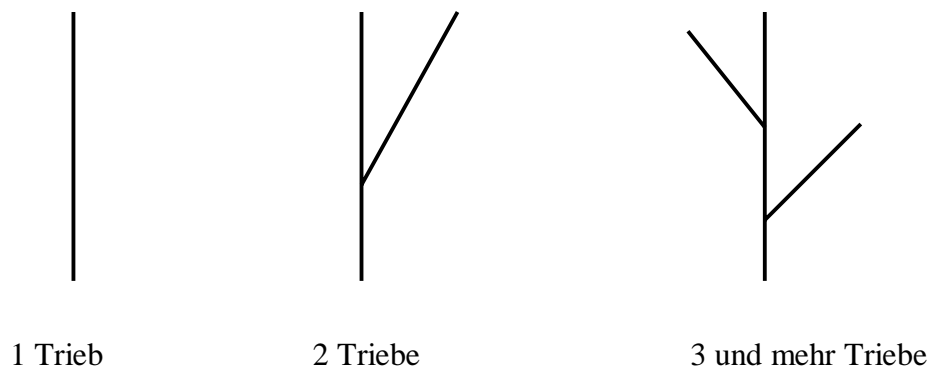


Abbildung 30: Auswertungsschema der Triebverzweigung bei den ‚Gisela‘-Stecklingen

Wie aus der Abbildung 31 hervorgeht, entwickelten die Stecklinge der ungedüngten Variante meistens nur einen Haupttrieb. Die meisten zweitriebigen Pflanzen wurden in der Variante "Hornspäne" gebildet. Die Unterschiede waren statistisch nicht absicherbar. Der Anteil der Stecklinge mit drei oder mehr Haupttrieben war bei der Variante "Osmocote" am größten. Der Wert war statistisch größer als derjenige bei der Variante "Hornspäne" und "Plantosan". In der ungedüngten Variante hatten signifikant weniger Stecklinge drei oder mehr Haupttriebe als in den anderen Versuchsvarianten.

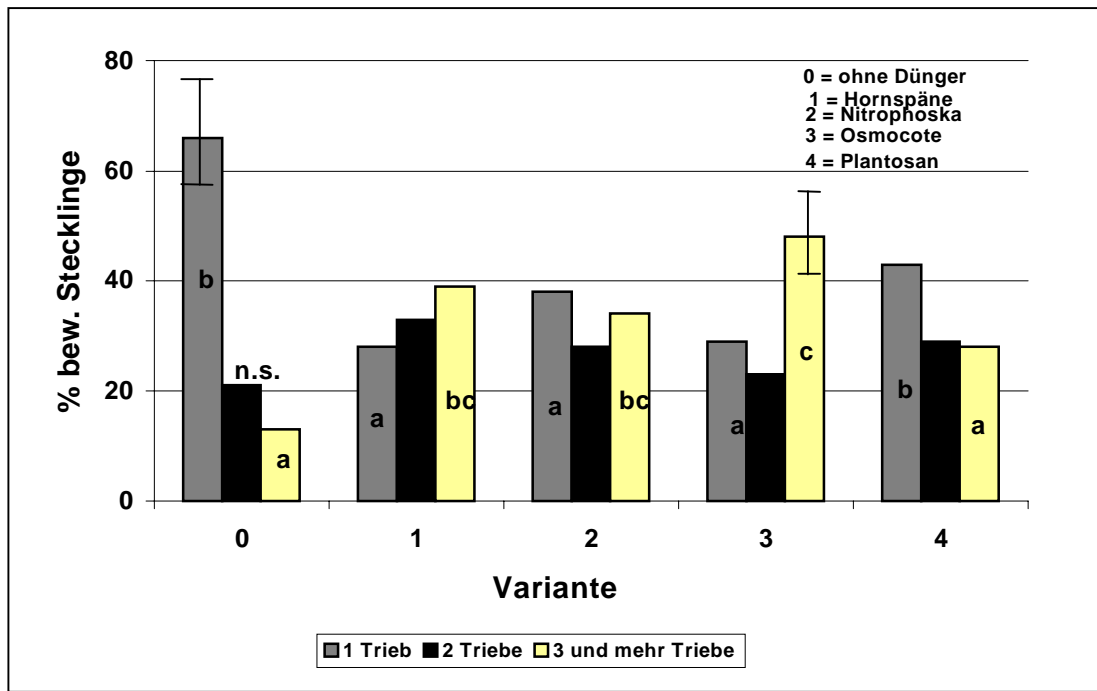


Abbildung 31: Verzweigung des Haupttriebes bei den Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten bei ‘Gisela’

Nährstoffstatus

Die Nährstoffgehalte im Sproß und die Stickstoffgehalte der Wurzeln bei den einzelnen Düngervarianten sind in der Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Nährstoffgehalte im Sproß und Stickstoffgehalte in den Wurzeln bei den Stecklingen vor dem Winter in Abhängigkeit von den Düngerarten bei ‘Gisela’

Düngerart	Nährstoffgehalte im Sproß (in % TS)					N-Gehalte in den Wurzeln (in % TS)
	N	P	K	Mg	Ca	
Kontrolle	1,35 a	0,18 ab	0,44 b	0,105 b	0,73 b	1,70 a
Hornspäne	1,81 a	0,15 a	0,28 a	0,095 a	0,64 a	2,29 ab
Nitrophoska	1,70 a	0,19 ab	0,37 b	0,100 ab	0,62 a	1,88 a
Osmocote	1,61 a	0,21 b	0,47 c	0,095 a	0,65 a	2,19 ab
Plantosan	1,91 a	0,24 c	0,42 b	0,110 c	0,64 a	2,71 b
GD _{0,05}	n.s.	0,06	0,09	0,008	0,08	0,65

Als Vergleich könnten die Nährstoffgehalte der diesjährigen Triebe bei der Apfelsorte ‘Gloster’ in der Tabelle 11 dienen. Die Stickstoffmengen im Sproß waren bei allen Varianten

(außer 'Kontrolle') höher als in der Tabelle 11. Es läßt sich feststellen, daß die Stecklinge der "Plantosan"-Variante im Sproß und auch in den Wurzeln die höchsten Gehalte an Stickstoff aufweisen. Die Stecklinge der ungedüngten Variante enthielten in beiden Fällen die geringsten Gehalte an Stickstoff. Die Unterschiede sind im Fall der Wurzeln statistisch signifikant. Die Stecklinge der "Plantosan"-Variante enthielten in den Wurzeln signifikant mehr Stickstoff als die Stecklinge der ungedüngten Variante und der Variante "Nitrophoska". Insgesamt waren die Stickstoffgehalte in den Wurzeln höher als im Sproß.

Die Kalium Werte sind bei der Varianten "Hornspäne" und "Nitrophoska" niedriger als in der Tabelle 11, die anderen Werte fallen in den angegebenen Bereich. Die Variante "Osmocote" wies von allen Versuchsvarianten signifikant die höchsten Kalium-Gehalte auf. Die Stecklinge der Variante "Hornspäne" wiesen im Sproß signifikant weniger Kalium auf, als die Stecklinge der ungedüngten-, "Nitrophoska"- und "Plantosan"-Variante.

Alle Magnesium Werte entsprechen den Werten der Tabelle 11. Die Stecklinge der ungedüngten Variante enthielten im Sproß signifikant mehr Magnesium als die Versuchsvarianten "Hornspäne" und "Osmocote", die höchsten Gehalte erzielten die Stecklinge der "Plantosan"-Variante.

Die Calcium-Sproßgehalte sind geringer als die Werte in der Tabelle 11. Die Calcium-Sproßgehalte waren bei Stecklingen der ungedüngten Variante signifikant höher als bei den anderen Düngervarianten.

Die Phosphor-Gehalte waren in unserem Versuch bei den allen Versuchsvarianten im Bereich der Werte der Tabelle 11. Die Stecklinge der "Plantosan"-Variante wiesen signifikant die höchsten Phosphor-Gehalte auf und die Stecklinge der Variante "Hornspäne" signifikant die niedrigsten Gehalte.

2.3.4.1.2 Schwerbewurzelbare Klone (M9-4/80)

Bewurzelung

Die Bewurzelungsraten der "*Malus*"-Stecklinge waren im Herbst bei der ungedüngten Variante deutlich höher als bei den gedüngten Varianten (Abbildung 32). Die höchsten Bewurzelungsprozente der gedüngten Varianten erreichte die Variante "Nitrophoska" (33%), die geringsten die Variante "Plantosan" (19%). Die Unterschiede waren nicht statistisch absicherbar.

Das Absterben der bewurzelten Stecklinge im Verlauf der Vegetationsperiode war minimal. Die Absterberate erreichte bei der "Osmocote"-Variante 6% und bei der "Nitrophoska"-Variante 2%.

Die zweite Hälfte der Stecklinge wurde erst nach der Überwinterung ausgewertet.

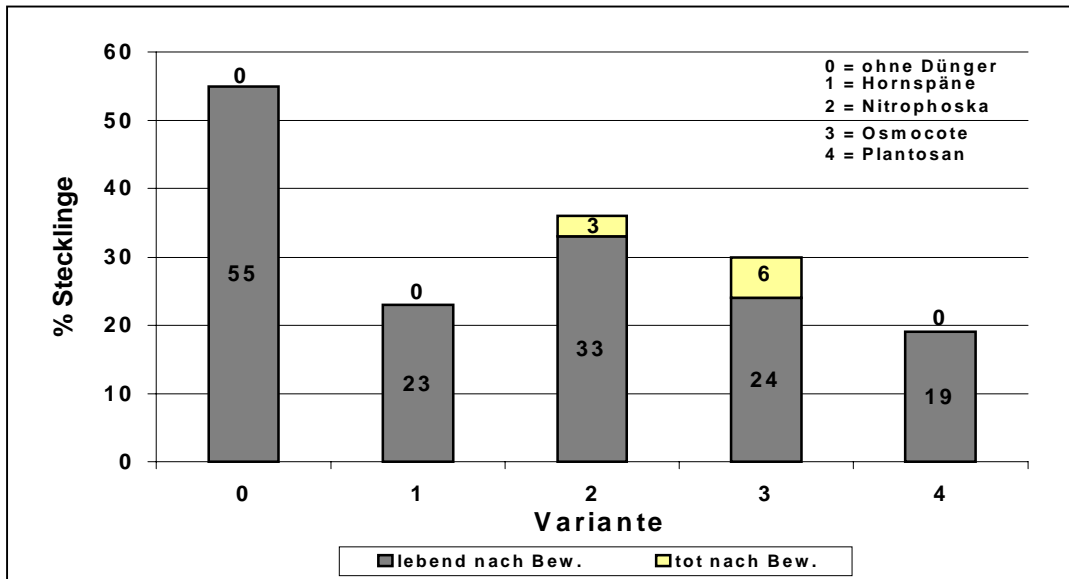


Abbildung 32: Bewurzelungsergebnisse bei den Stecklingen vor dem Winter in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Die Bewurzelungsprozente zeigten nach dem Winter niedrigere Werte als vor dem Winter (Abbildung 33). Die Stecklinge der "Plantosan"-Variante bewurzelten sich fast 30%. Während nach den Ergebnissen vor dem Winter die Stecklinge der ungedüngten Variante über 50% Bewurzelung erreichten, sank die Bewurzelungsrate nach dem Winter bei dieser Variante auf 23%. Eine deutliche Abnahme der Bewurzelungsergebnisse wiesen auch die Stecklinge der "Nitrophoska"- und "Osmocote"-Variante auf. Die Bewurzelung bei den Stecklingen der Variante "Hornspäne" änderten sich im Vergleich zu den Werten vor dem Winter kaum. Es gab keine signifikanten Unterschiede.

Die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge im Winter waren sehr gering.

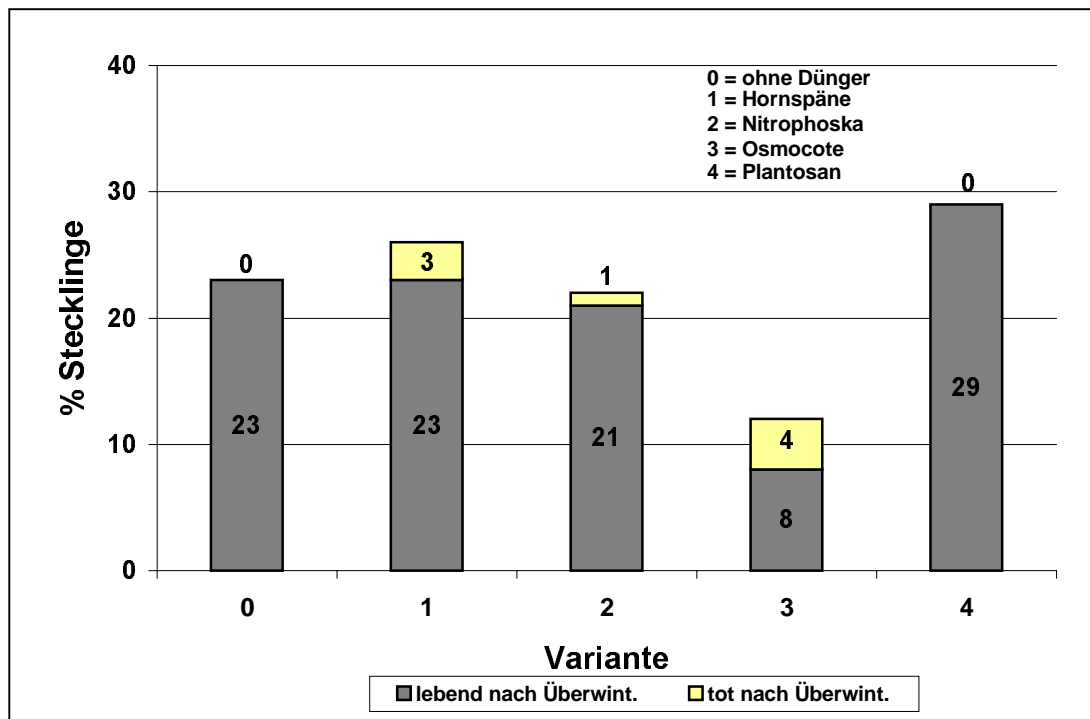


Abbildung 33: Bewurzelungsergebnisse bei den Stecklingen nach der Überwinterung in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Kallusbildung

Die Kallusbildung war bei den "*Malus*"-Stecklingen stark ausgeprägt. Die ungedüngte Variante und "Nitrophoska" wiesen hohe Anteile unbewurzelter Pflanzen mit Kallus auf (8,8 bzw. 6,3%). Auch der Prozentsatz der bewurzelten Stecklinge mit Kallus war bei der ungedüngten Variante sehr hoch (22,5%), bei der "Plantosan"-Variante blieb er unter 10%. Die Stecklinge der "Osmocote"-Variante dagegen bildeten nur wenige unbewurzelte Pflanzen mit Kallus (1,8%). Die Stecklinge der Variante "Plantosan" entwickelten insgesamt am wenigsten Kallus (10,6%). Die höchsten Anteile bewurzelter Stecklinge ohne Kallus wurden bei der Kontrolle erreicht (Tabelle 27).

Tabelle 27: Anteil der Stecklinge mit und ohne Kallus (%) bei den Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Variante	unbewurzelte	bewurzelte Stecklinge		Gesamt (mit Kallus)
	Stecklinge mit Kallus	mit Kallus	ohne Kallus	
Kontrolle	8,8	22,5	19,4	31,3
Hornspäne	3,1	13,8	10,6	16,9
Nitrophoska	6,3	11,3	13,1	17,6
Osmocote	1,8	14,4	10,6	16,2
Plantosan	4,3	6,3	10,6	10,6
GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Hauptwurzelzahl

Das Wurzelwachstum der Apfelstecklinge war insgesamt schlecht. Die bewurzelten Pflanzen entwickelten durchschnittlich zwischen 3 und 4 Wurzeln. Die geringste Wurzelzahl wurde bei der Variante "Hornspäne" festgestellt, die größte Zahl bei der Variante "Plantosan". Es gab keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 28).

Tabelle 28: Anzahl der Hauptwurzeln bei den Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Variante	Anzahl
Kontrolle	3,5
Hornspäne	3,3
Nitrophoska	3,6
Osmocote	3,5
Plantosan	4,0
GD _{0,05}	n.s.

Vor dem Winter konnten die längsten Wurzeln bei der Kontrollvariante festgestellt werden (5,5 cm) und die kürzesten bei den Varianten "Plantosan" (1,5 cm) und "Hornspäne" (1,9 cm). Die Stecklinge der Variante "Osmocote" wiesen nach dem Winter durchschnittlich das längste Wurzelsystem auf während die Stecklinge der Variante "Hornspäne" die kürzesten Wurzeln besaßen. Vom November bis März fand erhebliches Wurzelwachstum statt. Es gab keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 29).

Tabelle 29: Hauptwurzellänge (cm) vor- und nach dem Winter bei den Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Variante	Herbst	Frühjahr
Kontrolle	5,5	13,6
Hornspäne	1,9	9,3
Nitrophoska	3,0	11,5
Osmocote	2,6	12,8
Plantosan	1,5	11,9
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Neutriebzuwachs und Verzweigungsart

Die Apfelstecklinge entwickelten bei den allen Versuchsvarianten meistens einen Haupttrieb mit geringem Zuwachs (Tabelle 30).

Tabelle 30: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit nur einem Haupttrieb und gesamtes Neutriebwachstum der Stecklinge in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'M9-4/80'

Variante	Anteil (%)	Zuwachs (cm)
Kontrolle	100	0,7
Hornspäne	72,6	2,0
Nitrophoska	87,5	1,1
Osmocote	87,5	2,4
Plantosan	87,5	4,2
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Das stärkste Wachstum konnte bei den Stecklingen der "Plantosan"-Variante (4,2 cm) festgestellt werden und das schwächste bei der Kontrollvariante (0,7 cm). Die Unterschiede waren nicht statistisch abgesichert.

2.3.4.1.3 Substratuntersuchungen

Salzgehalte des Stecksubstrates

Es wurden im Laufe der Vegetationsperiode an fünf Terminen die Salzgehalte der Substrate gemessen. Die Salzgehalte wurden für die *Prunus*- und *Malus*-Parzellen getrennt gemessen. Für jede Versuchsvariante (Düngungsvariante) wurde eine Substratmischprobe erstellt.

Die Salzgehalte der *Prunus*-Parzellen sind bei allen Versuchsvarianten sehr niedrig mit Werten unter 0,5g KCl/l Substrat (Abbildung 34).

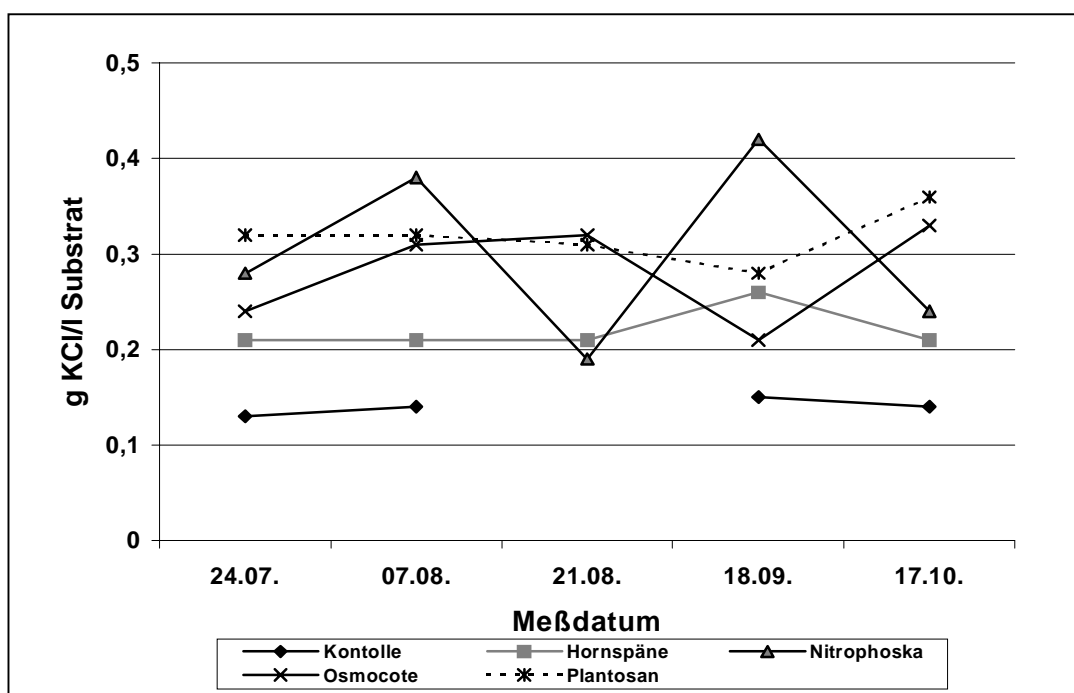


Abbildung 34: Salzgehalte (KCl) des Substrates bei den *Prunus*-Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten über die Vegetationsperiode

Die gemessenen Salzgehalte lagen an allen Terminen in dem für die Pflanzen unkritischen Bereich $< 0,5$ g KCl/l Substrat. Die Gehalte der Kontrollparzelle schwankten kaum und erreichten erwartungsgemäß die niedrigsten Werte. Sehr wenig schwankten auch die Salzgehalte der “Hornspäne”- und “Plantosan”-Variante, wobei die Gehalte der “Plantosan”-Variante jeweils um ca. 0,2g Salz/l Substrat höher als bei “Hornspäne” lagen. Die Salzgehalte der “Osmocote”-Variante und besonders die der “Nitrophoska”-Variante schwankten wesentlich stärker, wobei der Anstieg von “Nitrophoska” im September nicht erklärbar ist.

Die Salzgehalte der *Malus*-Unterlagen zeigen was die Parzellen “Kontrolle”, “Hornspäne” und “Plantosan” angeht, ein ähnliches Bild wie diejenigen des “*Prunus*”-Versuches (Abbildung 35).

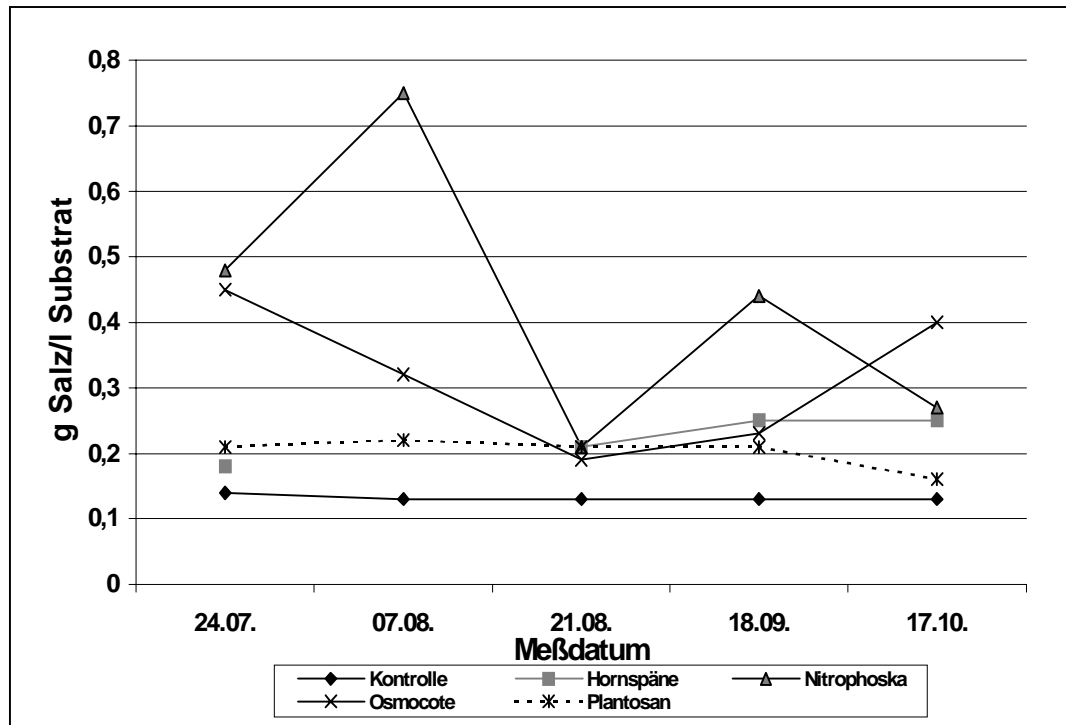


Abbildung 35: Salzgehalte (KCl) des Substrates bei den *Malus*-Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten über die Vegetationsperiode

Der Verlauf der Salzgehalte zeigte kaum Schwankungen. Bei der “Kontrolle” lagen die Werte sehr niedrig bei 0,12g KCl/l Substrat. Bei den Varianten “Hornspäne” und “Plantosan” waren die Werte höher - um 0,2g KCl/l Substrat (die Werte unterschieden sich untereinander nicht so deutlich wie bei der Kirschenunterlage). Bei der Variante “Osmocote” erreichte der Salzgehalt vier Wochen nach dem Stecken einen Wert von über 0,4g KCl/l Substrat, sank später stark ab und nahm wieder zu gegen Ende der Vegetationsperiode (bis zu 0,4g KCl/l Substrat). Der Verlauf der Salzgehalte bei der Variante “Nitrophoska” war ähnlich dem der Kirschenstecklinge. Es bestanden zwei Peaks, Anfang August und Mitte September.

pH-Wert des Stecksubstrates

Ähnlich wie die Salzgehalte wurde auch der pH-Wert des Substrates an fünf Terminen im Laufe der Vegetationsperiode getrennt für *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen gemessen. Für jede Düngungsvariante wurde eine Substratmischprobe erstellt.

Die Ergebnisse der pH-Messung bei den *Prunus*-Stecklingen sind in der Anhang 19 dargestellt.

Vom Steckzeitpunkt bis zum Herbst bleiben die pH-Werte fast unverändert. Alle pH-Werte außer der "Plantosan"-Variante bewegten sich zwischen pH 4.3 und pH 4.4. Bei der "Plantosan"-Variante wurde ein durchschnittlicher pH-Wert von 4.6 ermittelt. Es wurden also bei den *Prunus*-Stecklingen bei allen Versuchsvarianten während der Vegetationsperiode pH-Werte um 4.5 erreicht, was bei der Substratmischung ein erwünschtes Ziel war.

Bei den *Malus*-Stecklingen wurden vergleichbare pH-Werte erzielt wie bei den *Prunus*-Stecklingen. Die höchsten pH-Werte wurden wieder bei der "Plantosan"-Variante erreicht (Anhang 20).

2.3.4.2 Ergebnisse nach der Verschulung der Stecklinge

Es wurden wegen der zu kleinen Anzahl überlebender bewurzelter Stecklinge des Apfelklones 'M9-4/80' nur die Stecklinge des Klones 'Gisela' verschult.

Überlebensergebnisse

Ein wichtiger Parameter bei den verschulten Pflanzen ist das Überleben der aufgeschulten Pflanzen bis zum Herbst (Abbildung 36).

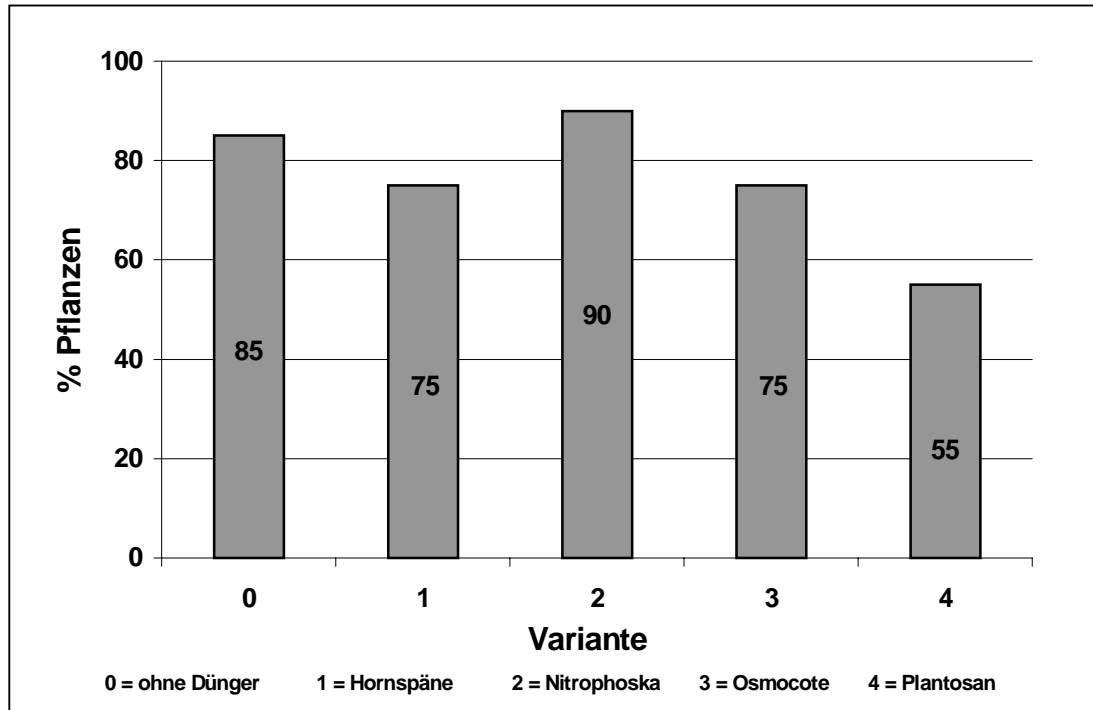


Abbildung 36: Überlebensergebnisse der Verschulung der Kirschenstecklinge in Abhängigkeit von den Düngerarten

Die Pflanzen der “Plantosan”-Variante überlebten mit nur 55% der aufgeschulten Pflanzen am schlechtesten. Die Pflanzen der “Osmocote”- und “Hornspäne”-Variante überlebten zu 75%. Die Pflanzen der ungedüngten Variante, die im Steckjahr vor dem Winter die geringsten Verluste aufwiesen, überlebten auch nach der Verschulung sehr erfolgreich (85%). Die Pflanzen der Variante “Nitrophoska” überlebten nach der Verschulung am besten (90%). Die Unterschiede waren nicht statistisch absicherbar.

Vegetatives Wachstum

Stammdurchmesser

Um das vegetative Wachstum der Pflanzen nach der Verschulung zu verfolgen, wurde der Durchmesserzuwachs des Stammes bei den Pflanzen ermittelt (Anhang 21).

Hierbei zeigten sich kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten. Die höchsten Zuwächse erreichten die Pflanzen der “Plantosan”- und “Osmocote”-Varianten (7,1/6,9 mm). Die Pflanzen der anderen drei Varianten erzielten nur geringfügig schlechtere Ergebnisse.

Einen besseren Einblick in das Wachstum der verschulten Pflanzen, was den Stammdurchmesser betrifft, zeigt die Häufigkeitsverteilung der Pflanzen nach Stammdurchmesser-Klassen am Ende des Versuljahres (Abbildung 37). Als Verteilungsgrundlage wurden folgende Klassen verwendet:

Klasse 1: < 7,0 mm Stammdurchmesser

Klasse 2: $\geq 7,0$ mm bis < 10,0 mm Stammdurchmesser

Klasse 3: > 10,0 mm Stammdurchmesser

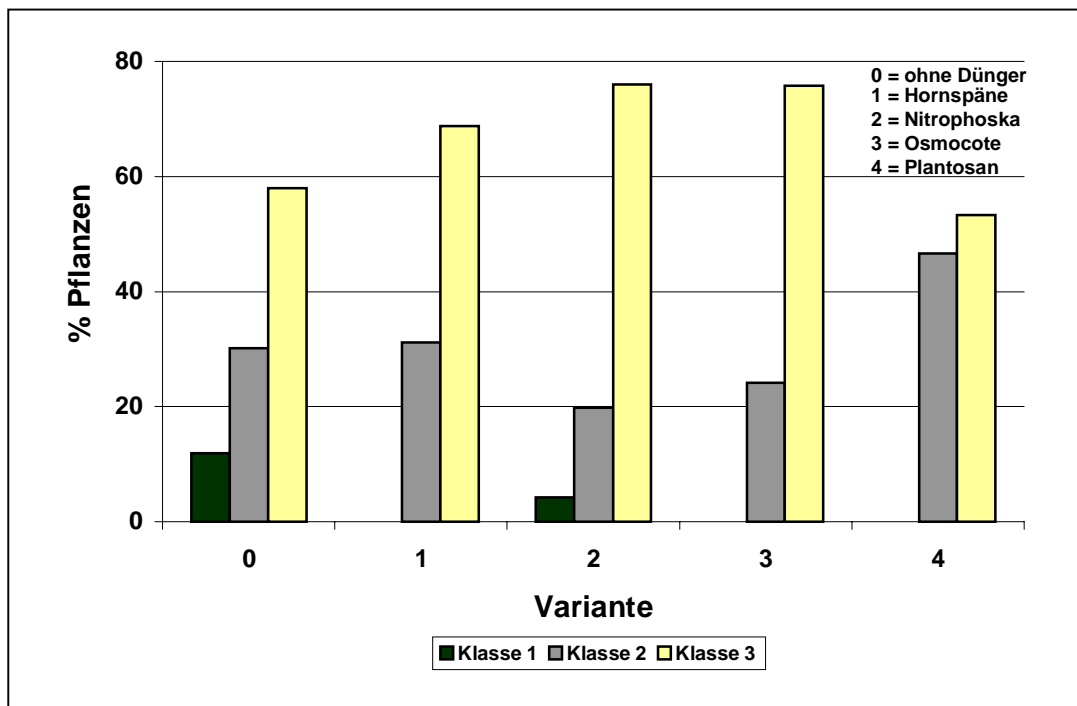


Abbildung 37: Prozentuale Aufteilung der aufgeschulten Kirschenstecklinge zu Durchmesserklassen in Abhängigkeit von den Düngerarten

Bei allen Versuchsvarianten fällt der größte Anteil verschulter Pflanzen in die Klasse 3, d.h. mehr als die Hälfte der überlebenden verschulten Pflanzen entwickelten einen Stamm, der dicker als 10 mm war. Die “Nitrophoska”- und “Osmocote”-Variante hatten mit > 70% recht hohe Anteile an Pflanzen in der Klasse 3. Bei der Variante “Plantosan” ist der Anteil der Pflanzen mit einem Stammdurchmesser zwischen 7 mm und 10 mm fast genauso groß wie der Anteil der Pflanzen mit einem Durchmesser größer als 10 mm – etwa 50%. Bei der “Nitrophoska”- und der ungedüngten Variante wurden Pflanzen mit einem Durchmesser kleiner als 7 mm festgestellt. Die Unterschiede konnten nicht statistisch abgesichert werden.

Zuwachs des Neutriebes

Um das vegetative Wachstum zu beurteilen, wurde bei den Pflanzen zusätzlich das Wachstum des Neutriebes ermittelt (Abbildung 38).

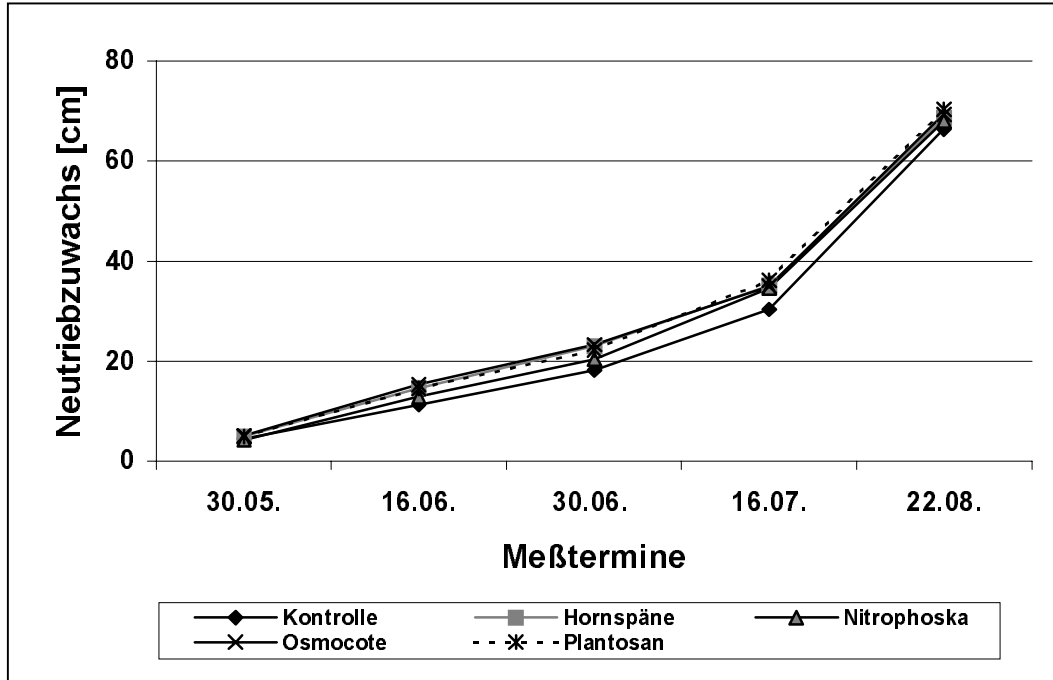


Abbildung 38: Neutriebzuwachs der aufgeschulten Kirschenstecklinge bis zur Okulation in Abhängigkeit von den Düngerarten

Es ist deutlich zu erkennen, daß der Wachstumsrhythmus bei allen Versuchsvarianten sehr ähnlich war. Im Juni ist ein sehr geringes Wachstum sichtbar. Im Juli und vor allem im August nahm das Wachstum deutlich zu. Der gesamte Neutriebzuwachs bis zum Veredlungszeitpunkt zeigte keine großen Unterschiede zwischen einzelnen Varianten. Die Unterschiede konnten nicht statistisch abgesichert werden.

Zuwachs der Seitentriebe

Weiterhin wurde bei den verschulten Pflanzen das Seitentriebwachstum beobachtet. Dazu wurde das mittlere Wachstum der Seitentriebe errechnet und in der Abbildung 39 dargestellt.

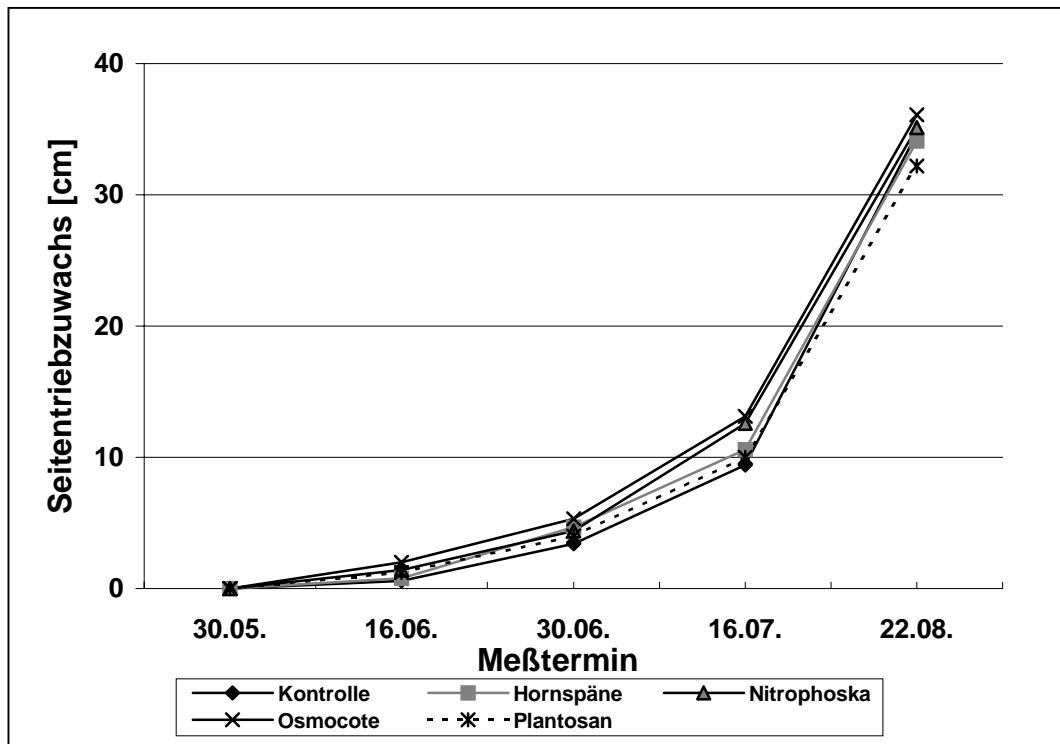


Abbildung 39: Mittlerer Seitentriebzuwachs der aufgeschulten Stecklinge bis zur Okulation in Abhängigkeit von den Düngerarten

Geringe Unterschiede zwischen einzelnen Varianten zeigt auch der mittlere Seitentriebzuwachs bis zum Veredlungszeitpunkt. Den stärksten Zuwachs erreichten die Pflanzen der “Plantosan”- und “Osmocote”-Variante und den schwächsten die Pflanzen der Variante “Hornspäne” und Kontrolle. Die Unterschiede konnten allerdings nicht abgesichert werden.

2.3.5 Einfluß des pH-Wertes und der Düngung des Substrates

2.3.5.1 Leichtbewurzelbare Klone (‘Gisela’)

Bewurzelung

Der Bewurzelungsprozeß ist sowohl abhängig vom pH-Wert als auch von der Düngung des Substrates. Die Stecklinge erreichten die höchsten Bewurzelungsprozente bei dem höheren pH-Wert und bei einer Düngung mit 0,4 g N pro l Substrat. Die Kontrollvariante zeigte die signifikant niedrigsten Bewurzelungsprozente. Das Absterben von bewurzelten Stecklingen

war bei dem niedrigen pH-Wert von 4.5 höher als bei pH 7.3 (Abbildung 40 und Abbildung 41).

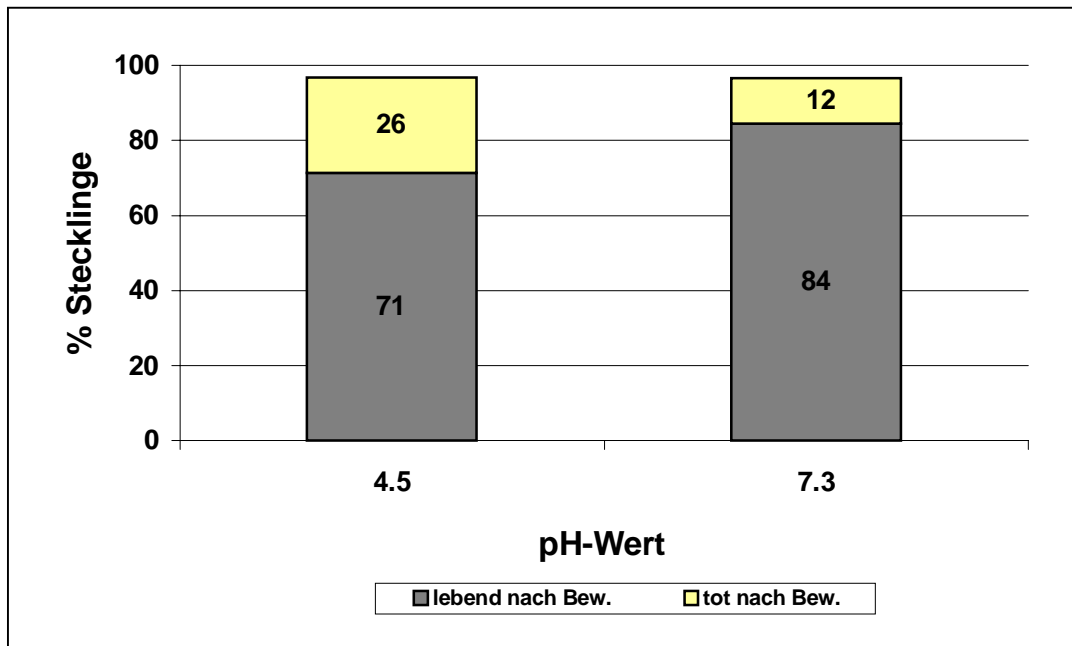


Abbildung 40: Bewurzelungsergebnisse bei zwei pH-Werten (im Prozent aller Stecklinge)

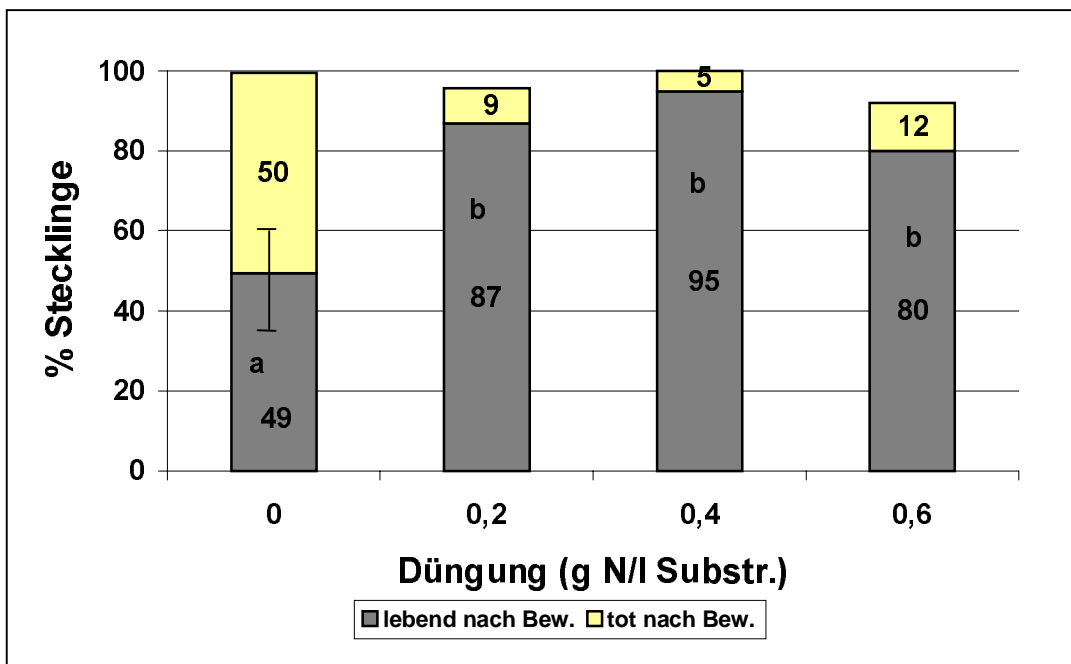


Abbildung 41: Bewurzelungsergebnisse nach Düngungsstufen (im Prozent aller Stecklinge)

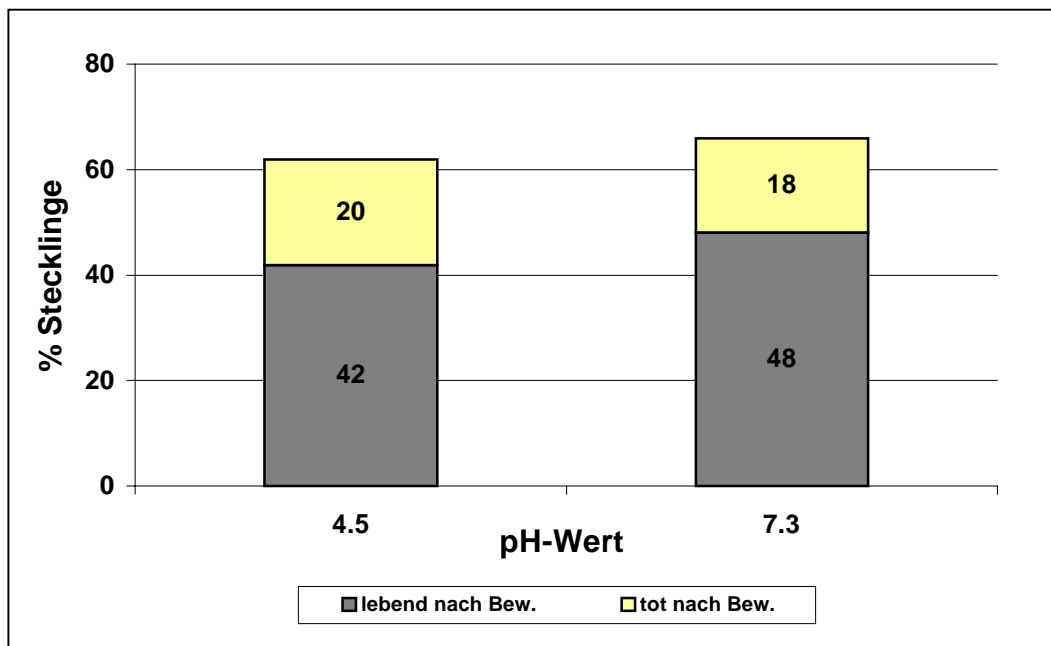
Zwischen den beiden Faktoren (pH-Wert und Düngung) zeigten sich keine signifikanten Wechselwirkungen hinsichtlich der Bewurzelung (Tabelle 31).

Tabelle 31: Bewurzelung der Stecklinge in Abhängigkeit von pH-Wert und Düngung (im Prozent aller Stecklinge)

pH-Wert	Düngung	Bewurzelung (%)
4.5	0	28,8
	0,2	86,3
	0,4	92,5
	0,6	77,5
7.3	0	70,0
	0,2	87,5
	0,4	97,5
	0,6	82,5
	GD _{0,05}	n.s.

Die Kontrolle zeigte beim niedrigen pH-Wert sehr schlechte Bewurzelung, während sich die ungedüngten Stecklinge beim höheren pH-Wert gut bewurzeln. Die beste Bewurzelung erreichten bei den beiden pH-Werten die Stecklinge der “0,4g”-Düngungsvariante.

Im Frühjahr 1998 überlebten etwas mehr bewurzelte Stecklinge bei höherem pH-Wert. Die Unterschiede waren nicht statistisch abzusichern (Abbildung 42).

**Abbildung 42:** Bewurzelungsergebnisse nach der Überwinterung im Frühjahr in Abhängigkeit vom pH-Wert

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Düngervarianten traten deutlicher hervor. Es handelte sich möglicherweise um einen Versuchsfehler (Abbildung 43).

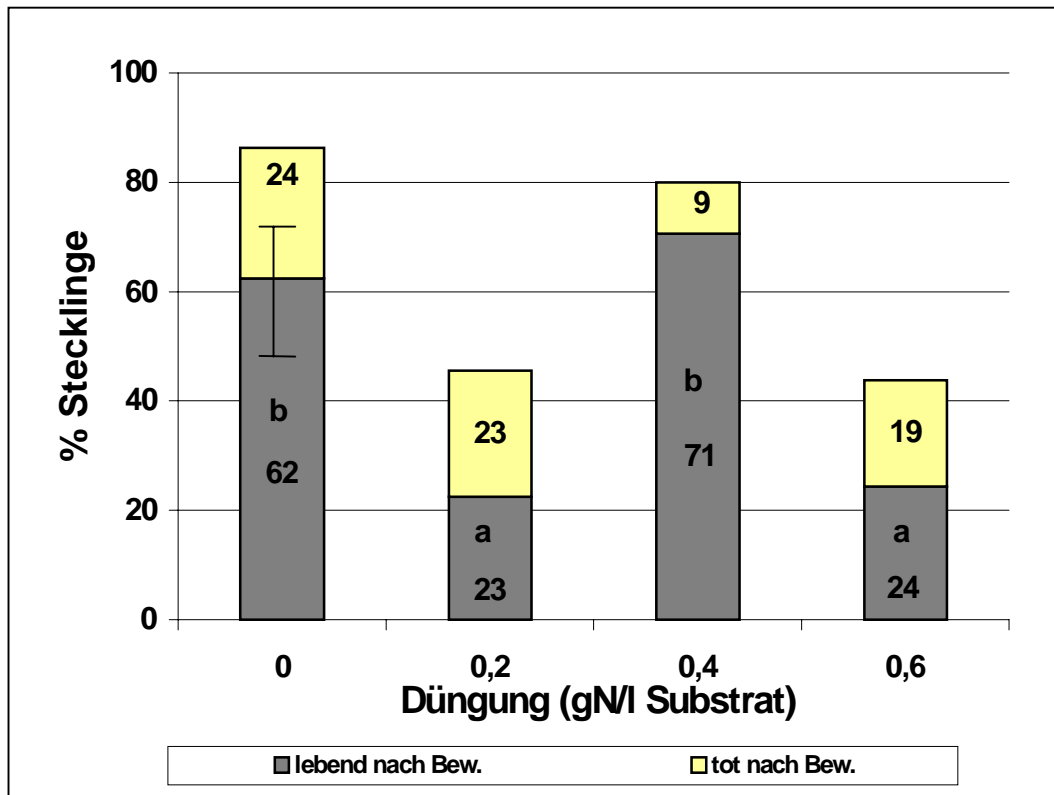


Abbildung 43: Bewurzelungsergebnisse nach der Überwinterung im Frühjahr in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten

Bei der Düngungsvariante “0,4g” überlebten die bewurzelten Stecklinge am besten. Etwas schlechter schnitten die Stecklinge der Kontrollvariante ab, zeigten aber im Vergleich zu der “0,4g”-Variante größere Ausfälle. Die Unterschiede bei den bewurzelten Stecklingen waren zwischen den Düngungsvarianten statistisch abzusichern.

Kallusbildung und Wurzelentstehungsort

Die Unterschiede in der Kallusbildung waren im Herbst weder zwischen den beiden pH-Stufen noch zwischen den Düngervarianten statistisch absicherbar. Aus Tabelle 32 geht hervor, daß sich bei niedrigem pH-Wert etwas weniger Stecklinge ohne Kallus bewurzelten als bei höherem pH-Wert. Mit steigendem pH-Wert nimmt der Anteil der Stecklinge mit akrobasierender Bewurzelung gering zu.

Tabelle 32: Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne Kallusbildung und mit akrobasierer Bewurzelung

pH-Wert	Bewurzelung (%)	
	ohne Kallus	akrobasale
4.5	49,4	10,2
7.3	55,5	12,3
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Der Anteil der Stecklinge ohne Kallus war signifikant am größten bei der “0,4g”-Düngungsvariante. Die Stecklinge der Kontrollvariante entwickelten fast keine akrobasierte Bewurzelung, dagegen stiegen die Prozente der akrobasierten Bewurzelung bei der “0,4g”-Variante signifikant auf 21%. Bei der “0,6g”-Variante entwickelten weniger Stecklinge eine akrobasierte Bewurzelung als bei den anderen gedüngten Varianten (Abbildung 44 und Abbildung 45).

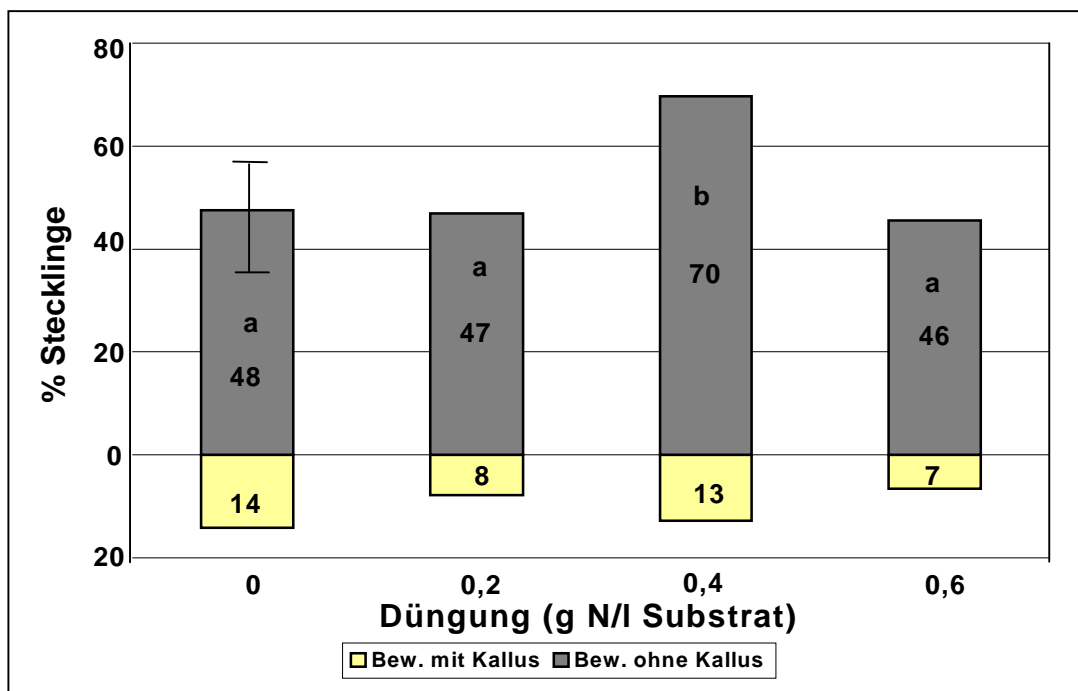


Abbildung 44: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit und ohne Kallusbildung in Abhängigkeit von der Düngungshöhe

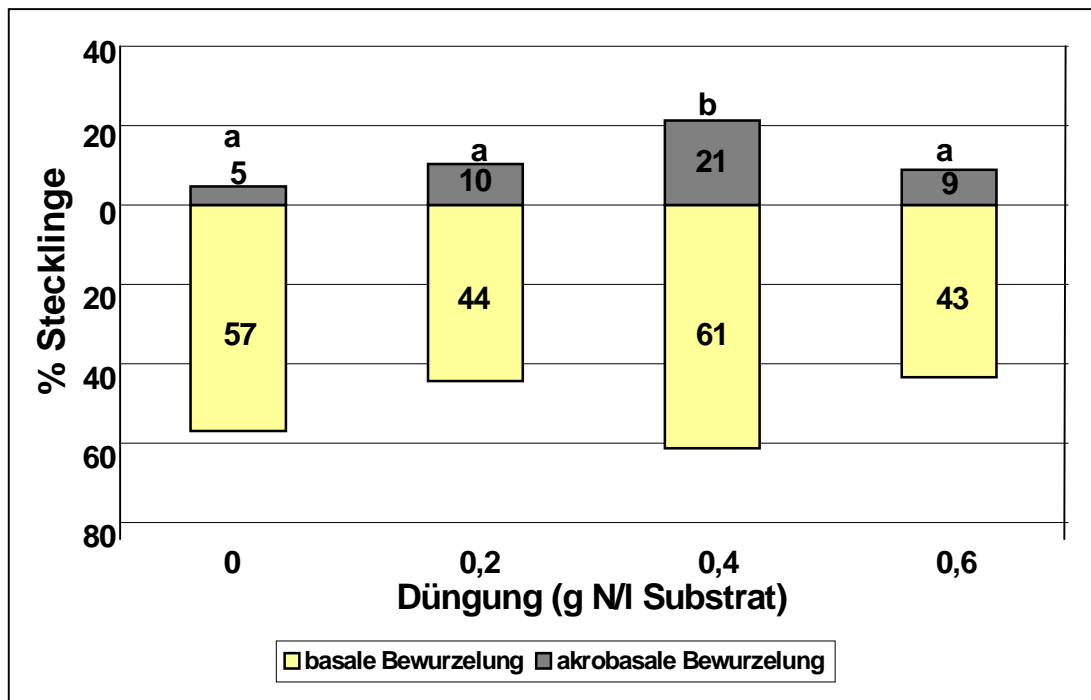


Abbildung 45: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit basaler und akrobasaler Bewurzelung in Abhängigkeit von der Düngungshöhe

Wegen der Interaktion zwischen pH-Wert und Düngung wurden die besten Ergebnisse (höchster Anteil der bewurzelten Stecklinge ohne Kallus und mit akrobasaler Bewurzelung) bei der “0,4g”-Variante im sauren Bereich erreicht. Die schlechtesten Ergebnisse erzielte die Kontrolle beim pH-Wert 4.5. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (Tabelle 33).

Tabelle 33: Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne Kallusbildung und mit akrobasaler Bewurzelung in Abhängigkeit von pH-Wert und Düngung

pH-Wert	Düngung	Bewurzelung (%)	
		ohne Kallus	akrobasale
4.5	0	33,8	3,1
	0,2	46,3	3,8
	0,4	75,6	25,0
	0,6	41,9	8,8
7.3	0	61,3	6,3
	0,2	47,5	16,9
	0,4	63,8	17,5
	0,6	49,4	8,8
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Hauptwurzelzahl

Die Stecklinge entwickelten durchschnittlich über 10 Hauptwurzeln. Die beiden pH-Werte zeigten keinen Einfluß auf die Hauptwurzelzahl. Bei den Düngungsvarianten bestanden signifikante Unterschiede. Die Stecklinge der Kontrollvariante bildeten signifikant weniger Hauptwurzeln als die Stecklinge der "0,4g"- und "0,6g"-Variante (Tabelle 34).

Tabelle 34: Durchschnittliche Zahl der Hauptwurzeln bei den Stecklingen nach einzelnen Varianten der Faktoren pH-Wert und Düngung

Faktor	Behandlung	Anzahl der Hauptwurzeln
pH-Wert	4.5	10,9
	7.3	11,0
	GD _{0,05}	n.s.
Düngung	0,0	9,5 a
	0,2	10,3 ab
	0,4	12,4 b
	0,6	11,8 b
	GD _{0,05}	2,3

Die "0,4g"-Variante zeigte sich bei pH 4.5 wieder als die beste Kombination der Faktoren, die "0,2g"-Variante erzielte beim niedrigen pH-Wert das schlechteste Ergebnis (Tabelle 35).

Tabelle 35: Durchschnittliche Zahl der Hauptwurzeln bei den Stecklingen in Abhängigkeit von pH-Wert und Düngung bei 'Gisela'

pH-Wert	Düngung	Anzahl der Hauptwurzeln
4.5	0	9,4
	0,2	8,8
	0,4	13,0
	0,6	12,6
7.3	0	9,5
	0,2	11,7
	0,4	11,8
	0,6	11,1
	GD _{0,05}	n.s.

Neutriebzuwachs

Der Zuwachs des Neutriebes nahm mit steigendem pH-Wert deutlich ab. Dagegen stiegen die Zuwächse der Stecklinge mit zunehmender Stickstoffmenge. Die Unterschiede waren sowohl zwischen den beiden pH-Stufen als auch zwischen den Düngungsvarianten statistisch signifikant (Tabelle 36).

Tabelle 36: Durchschnittlicher Neutriebzuwachs bei den Stecklingen nach einzelnen Varianten der beiden Faktoren pH-Wert und Düngung

Faktor	Behandlung	Zuwachs (cm)
pH-Wert	4.5	26,3 b
	7.3	19,4 a
	GD _{0,05}	3,8
Düngung	0,0	9,5 a
	0,2	25,9 b
	0,4	26,9 b
	0,6	29,0 b
	GD _{0,05}	5,9

In Abbildung 46 ist der Einfluß der Düngermenge auf den Zuwachs in Abhängigkeit von pH-Wert dargestellt.

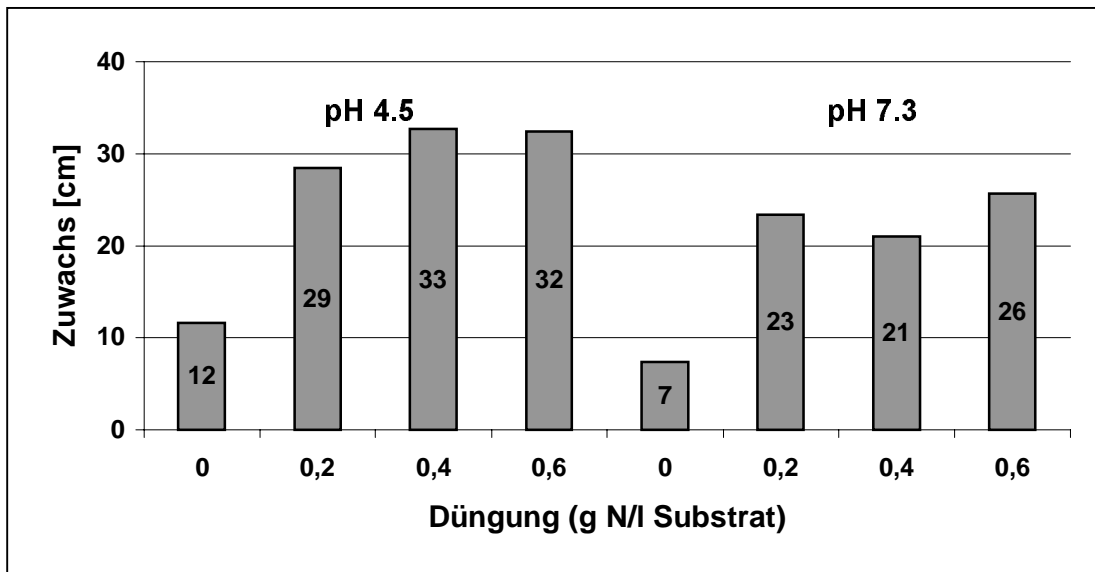


Abbildung 46: Neutriebzuwachs der Stecklinge nach einzelnen Varianten der beiden Faktoren pH-Wert und Düngung

Die höchsten Zuwächse sind bei allen Düngervarianten bei niedrigem pH-Wert erzielt worden. Der Einfluß einzelner Düngervarianten ist vom pH-Wert abhängig. Bei beiden pH-Stufen erzielten die Stecklinge der ungedüngten Variante die kleinsten Zuwächse. Die Stecklinge der “0,4g”-Variante wuchsen bei niedrigem pH-Wert stärker als die “0,2g”- und “0,6g”-Variante.

Verzweigungsart

Der Habitus der Pflanzen wurde ebenfalls vom pH-Wert und der Substratdüngung beeinflusst. Aus Abbildung 47 geht hervor, daß die Stecklinge im sauren Bereich signifikant häufiger eine Verzweigung aufweisen. Die Stecklinge bei höheren pH-Werten entwickelten hingegen signifikant öfter einen unverzweigten Sproß.

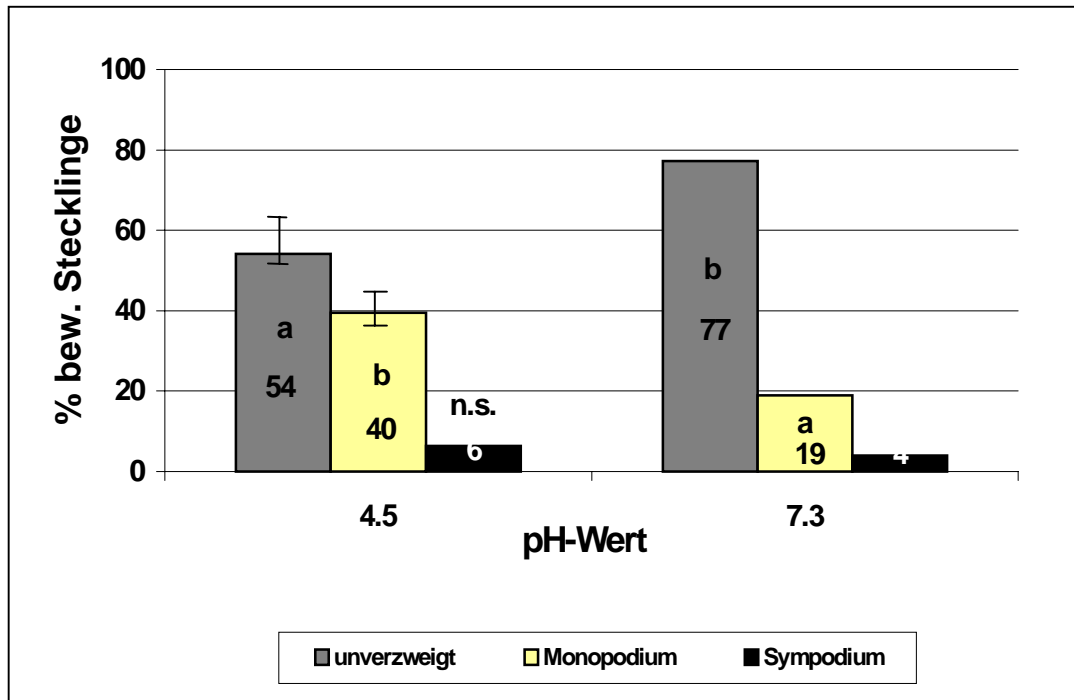


Abbildung 47: Häufigkeit der Art der Sproßverzweigung in Abhängigkeit von pH-Wert

Die Stecklinge der ungedüngten Variante bildeten gegenüber den “0,2g”-, “0,4g”- und “0,6g”-Varianten signifikant häufiger ein unverzweigtes Sproßsystem. Von den gedüngten Varianten entwickelten die Stecklinge mit 0,2g N und 0,6g N pro l Substrat öfter einen unverzweigten Sproß als Stecklinge aus “0,4g”-Varianten. Die Unterschiede waren nicht signifikant. Bei allen gedüngten Varianten trat die monopodiale Verzweigung signifikant häufiger auf als bei der Kontrolle. Aus Abbildung 48 ist ersichtlich, daß die Stecklinge der “0,4g”-Variante den höchsten Prozentsatz an monopodiale Verzweigung bildeten. Die sympodiale Verzweigung trat nur selten auf, mit dem höchsten Prozentsatz bei der Kontrollvariante. Die Unterschiede waren nicht statistisch abzusichern.

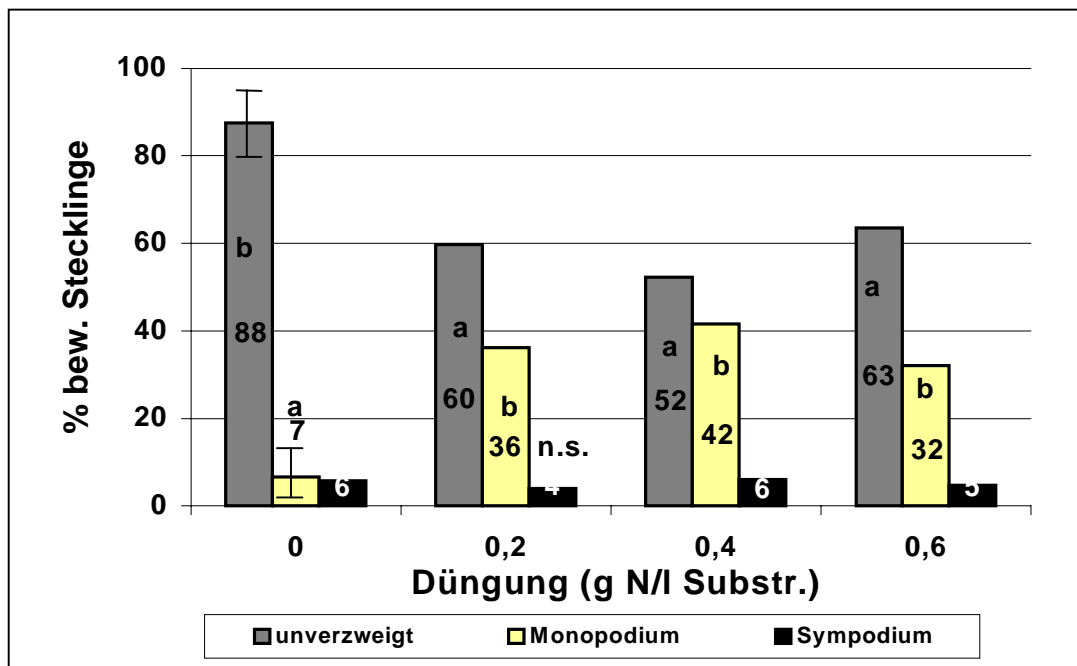


Abbildung 48: Häufigkeit der Art der Sproßverzweigung in Abhängigkeit von der Düngungshöhe

Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

Der mittlere WHD der bei pH 4.5 bewurzelten Stecklinge ist im Herbst größer (4,7 mm) als beim pH-Wert 7.3 (4,4 mm). Die Unterschiede konnten nicht abgesichert werden (Anhang 22).

Bei der ungedüngten Kontrolle traten mehr dünne Stecklinge auf als bei den gedüngten Varianten. Die Unterschiede sind statistisch abgesichert (Abbildung 49).

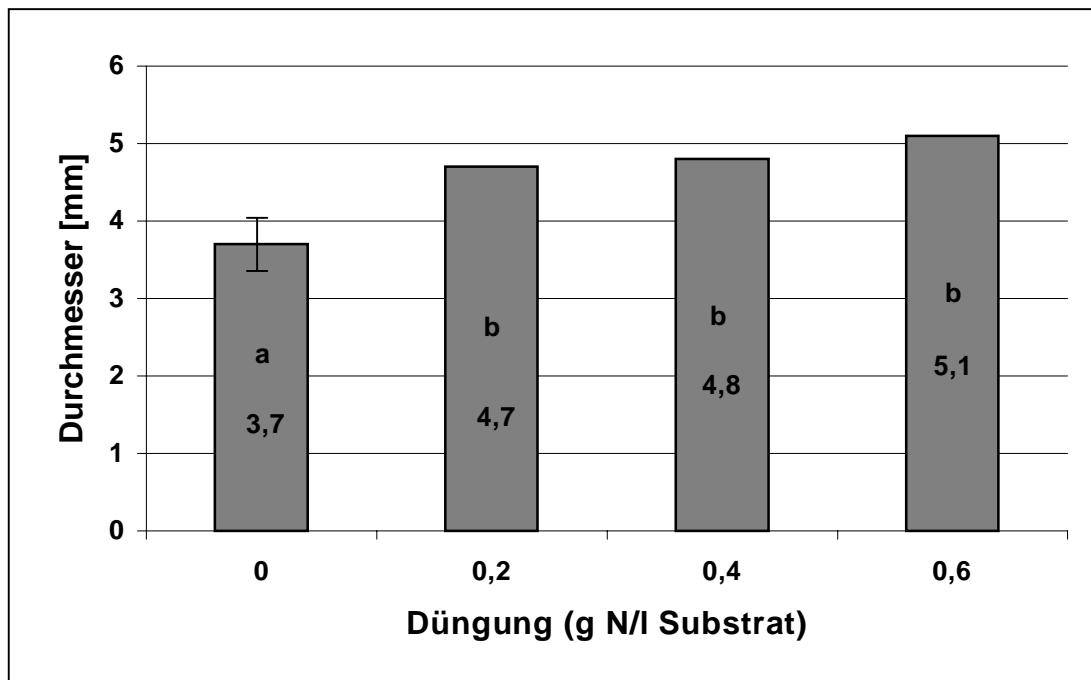


Abbildung 49: Wurzelhalsdurchmesser der bewurzelten Stecklinge in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten bei der Unterlage ‚Gisela‘

Die Interaktion zwischen den beiden Faktoren ist nicht signifikant. Die „0,6g“- und „0,4g“-Variante erreichten beim niedrigen pH-Wert tendenziell die größten WHD, beide Kontrollvarianten die kleinsten (Tabelle 37).

Tabelle 37: Wurzelhalsdurchmesser der bewurzelten Stecklinge in Abhängigkeit von pH-Wert und Düngungshöhe bei ‚Gisela‘

pH-Wert	Düngung	WHD (mm)
4.5	0	3,8
	0,2	4,8
	0,4	5,1
	0,6	5,3
7.3	0	3,7
	0,2	4,7
	0,4	4,6
	0,6	4,9
	GD _{0,05}	n.s.

Mineralstoffgehalte der PflanzenMineralstoffe im Sproß während der VegetationsperiodeStickstoff

Die Mineralstoffgehalte in den oberirdischen Pflanzenteilen wurden an zwei Terminen (vier Wochen (14. Juli) und sechzehn Wochen (8. Sept.) nach dem Stecken) während der Vegetationsperiode und am Ende der Vegetationsperiode (4. Nov.) gemessen. Beim letzten Termin wurden Pflanzenteile ohne Blätter in die Analyse einbezogen (Tabelle 38).

Tabelle 38: Stickstoffgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den einzelnen pH- und Düngungsstufen

Faktor	Behandlung	14. Juli	8. September	4. November
N (in % TS)				
pH-Wert	4,5	1,60 b	2,08 b	1,54
	7,3	1,51 a	1,91 a	1,63
	GD _{0,05}	0,09	0,15	n.s.
Düngung	0	1,38 a	1,61 a	1,51
	0,2	1,58 b	2,05 b	1,60
	0,4	1,54 b	2,03 b	1,45
	0,6	1,73 c	2,30 c	1,80
	GD _{0,05}	0,14	0,23	n.s.

Vier Wochen nach dem Stecken enthielten die Stecklinge bei dem niedrigen pH-Wert signifikant höhere Anteile an Stickstoff als die Stecklinge des höheren pH-Wertes. Die Stecklinge der Kontrollvariante wiesen den signifikant geringsten Anteil an Stickstoff in der Trockensubstanz auf, die Stecklinge der gedüngten Varianten zeigten dagegen deutlich höhere Gehalte.

Bis September nahmen die Stickstoffgehalte bei allen Versuchsvarianten zu. Wieder zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede sowohl zwischen den beiden pH-Stufen als auch zwischen den Düngungsvarianten. Die Stecklinge der niedrigen pH-Variante enthielten mehr Stickstoff als diejenigen der höheren pH-Stufe. Die Stecklinge der höchsten Düngungsvariante nahmen mehr Stickstoff auf als Pflanzen der anderen Düngungsvarianten.

Vor dem Winter waren bei den Stecklingen (ohne Blätter) der pH 7.3-Variante die Stickstoffgehalte gering höher als bei den Stecklingen der pH 4.5-Variante. Gleichzeitig wurden die höchsten Gehalte bei der stärksten Düngung festgestellt.

Phosphor

Vier Wochen nach dem Stecken zeigte sich bei den Phosphorgehalten in den Stecklingen eine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren (Tabelle 39).

Tabelle 39: Phosphorgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge am 14. Juli in Abhängigkeit von den pH- und Düngungsstufen

pH-Wert	Düngung	P (in % TS)
4.5	0	0,14 a
	0,2	0,18 c
	0,4	0,17 bc
	0,6	0,22 d
7.3	0	0,15 ab
	0,2	0,18 c
	0,4	0,17 bc
	0,6	0,18 c
	GD _{0,05}	0,03

Die Kontrollvariante zeigte insgesamt die geringsten Phosphorgehalte, die “0,6”-Variante die höchsten. Die Gehalte in den Stecklingen waren bei niedrigem pH-Wert höher als bei höherem pH-Wert.

Bis September nahmen die Phosphorgehalte der Stecklinge bei allen Versuchsvarianten zu. Die Gehalte unterschieden sich untereinander sowohl zwischen den pH-Stufen als auch zwischen den Düngungsvarianten. In den Stecklingen des niedrigen pH-Wertes wurden höhere Phosphorgehalte erreicht als in den Stecklingen des höheren pH-Wertes. Bei den “0,2g”- und “0,6g”-Düngungsvarianten wurde mehr Phosphor aufgenommen als bei der “0,4”- und Kontrollvariante.

Bis November sind die Unterschiede in den Phosphorgehalten zwischen den pH-Stufen geblieben. Von den Düngungsvarianten konnten die höchsten Phosphorgehalte bei der

Kontrollvariante festgestellt werden. Die Unterschiede konnten aber hier nicht gesichert werden. Alle Phosphorgehalte liegen im Bereich der Tabelle 11 (Tabelle 40).

Tabelle 40: Phosphorgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge an zwei Terminen in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den einzelnen pH- und Düngungsstufen

Faktor	Behandlung	P (in % TS)	
		8. September	4. November
pH-Wert	4,5	0,30 b	0,21 b
	7,3	0,23 a	0,16 a
Düngung	GD _{0,05}	0,02	0,02
	0	0,23 a	0,20
	0,2	0,29 b	0,18
	0,4	0,26 ab	0,17
	0,6	0,29 b	0,19
	GD _{0,05}	0,04	n.s.

Kalium

Im Juli wurden in den Stecklingen der beiden pH-Stufen gleiche Gehalte an Kalium festgestellt. Der Kaliumgehalt erreichte bei der "0,6g"-Variante bereits einen Wert von über 1% in der Trockensubstanz. Die anderen Düngervarianten hatten statistisch gesehen keinen Einfluß auf die Kaliumgehalte der Stecklinge (Tabelle 41).

Auch Kaliumgehalte nahmen bis September zu. Es zeigte sich zu diesem Zeitpunkt eine Wechselwirkung der beiden Faktoren. Die Gehalte waren beim höheren pH-Wert größeren Schwankungen unterworfen als bei niedrigem pH-Wert, erreichten aber zum Teil höhere Werte ("0,2g"- und "0,6g"-Variante). Die Stecklinge der Kontrollvarianten nahmen die geringsten Mengen an Kalium auf (Tabelle 42).

Zwischen den pH-Stufen zeigten sich vor dem Winter keine signifikante Unterschiede in den Kaliumgehalten der Stecklinge. Die Stecklinge der am stärksten gedüngten Variante enthielten im Sproß signifikant höhere Mengen an Kalium als die anderen Varianten. Alle Werte liegen im Bereich aus der Tabelle 11 (Tabelle 41).

Tabelle 41: Kaliumgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge an zwei Terminen in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den einzelnen pH- und Düngungsstufen

Faktor	Behandlung	14. Juli	4. November
		K (in % TS)	
pH-Wert	4,5	0,94	0,61
	7,3	0,94	0,63
	GD _{0,05}	n.s.	n.s
Düngung	0	0,84 a	0,53 a
	0,2	0,95 a	0,65 b
	0,4	0,90 a	0,59 ab
	0,6	1,10 b	0,72 c
	GD _{0,05}	0,14	0,06

Tabelle 42: Kaliumgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge am 8. Sept. in Abhängigkeit von den pH- und Düngungsstufen

pH-Wert	Düngung	K (in % TS)
4.5	0	1,20 ab
	0,2	1,81 c
	0,4	2,25 d
	0,6	2,18 cd
7.3	0	1,01 a
	0,2	2,28 d
	0,4	1,63 bc
	0,6	2,32 d
	GD _{0,05}	0,56

Magnesium

Die Unterschiede in den Magnesiumgehalten zwischen den einzelnen Faktorstufen waren an allen Terminen gering. Im September wurden meistens etwas höhere Gehalte erreicht als im Juli (Tabelle 43).

Tabelle 43: Magnesiumgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge an zwei Terminen in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den einzelnen pH- und Düngungsstufen

Faktor	Behandlung	14. Juli	8. September
		Mg (in % TS)	
pH-Wert	4,5	0,27	0,31 b
	7,3	0,26	0,27 a
Düngung	GD _{0,05}	n.s.	0,03
	0	0,24 a	0,37 b
	0,2	0,26 b	0,28 a
	0,4	0,27 bc	0,28 a
	0,6	0,28 c	0,24 a
	GD _{0,05}	0,02	0,05

Bei den Magnesiumgehalten im Sproß kam es vom Winter zu der Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren (Tabelle 44). Es ist zu erkennen, daß die Stecklinge der Kontrollvariante bei dem niedrigen pH-Wert signifikant den höchsten Gehalt aufwiesen. Die Stecklinge der "0,4"-Düngungsvariante enthielten beim pH 4.5 im Sproß den niedrigsten Mg-Gehalt. Alle Magnesiumwerte liegen in dem Bereich der Tabelle 11.

Tabelle 44: Magnesiumgehalte in den Stecklingssprossen am Ende der Vegetationsperiode (4. Nov.) in Abhängigkeit von den pH- und Düngungsstufen

pH-Wert	Düngung	Mg (in % TS)
4.5	0	0,20 c
	0,2	0,17 b
	0,4	0,15 a
	0,6	0,16 ab
7.3	0	0,17 b
	0,2	0,16 ab
	0,4	0,17 b
	0,6	0,16 ab
	GD _{0,05}	0,02

Calcium

Die Calciumgehalte der Stecklinge waren im Juli bei höherem pH-Wert gering höher als bei niedrigem pH-Wert, bei den gedüngten Varianten wurde in den Stecklingen signifikant mehr Calcium nachgewiesen als in der Kontrolle.

Im September war der Calciumgehalt in den Stecklingen bei der höheren pH-Stufe gering größer als bei niedrigem pH-Wert. Die Stecklinge der höchsten Düngervariante nahmen weniger Calcium auf als andere Düngervarianten. Diese Unterschiede wurden statistisch bestätigt.

Nach Blattfall waren die Ca-Gehalte deutlich niedriger. Die Stecklinge der höheren pH-Variante enthielten signifikant höhere Gehalte an Calcium als die Stecklinge der niedrigen pH-Stufe. Die Stecklinge der Kontrollvariante wiesen signifikant höhere Mengen an Calcium auf als diejenigen der übrigen Düngungsvarianten. Die Calciumgehalte sind bei den allen Varianten niedriger als die Werte in der Tabelle 11 (Tabelle 45).

Tabelle 45: Calciumgehalte in oberirdischen Teilen der Stecklinge in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den einzelnen pH- und Düngungsstufen

Faktor	Behandlung	14. Juli	8. September	4. November
		Ca (in % TS)		
pH-Wert	4,5	1,00	1,29	0,60 a
	7,3	1,06	1,40	0,79 b
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	0,10
Düngung	0	0,90 a	1,74 b	0,87 b
	0,2	1,00 ab	1,23 a	0,64 a
	0,4	1,07 bc	1,24 a	0,62 a
	0,6	1,15 c	1,16 a	0,65 a
	GD _{0,05}	0,13	0,26	0,15

Mineralstoffe in Wurzeln am Ende der Vegetationsperiode

Die Wurzeln wiesen im Herbst bei mehreren Mineralstoffen höhere Anteile auf als der Sproß (Tabelle 46).

Tabelle 46: Mineralstoffgehalte in Wurzeln der Stecklinge im Herbst (4. Nov.), vor dem Eintritt des Winters

Faktor	Behandlung	N	P	K	Mg	Ca
		(in % TS)				
pH-Wert	4.5	2,20	0,28 b	0,75	0,14 a	0,39 a
	7.3	2,15	0,23 a	0,73	0,16 b	0,93 b
	GD _{0,05}	n.s.	0,02	n.s.	0,01	0,09
Düngung	0	1,71 a	0,21 a	0,58 a	0,15 a	0,88 b
	0,2	2,32 bc	0,26 bc	0,81 bc	0,16 b	0,61 a
	0,4	1,99 ab	0,25 b	0,72 b	0,15 a	0,58 a
	0,6	2,68 c	0,28 c	0,85 c	0,15 a	0,59 a
	GD _{0,05}	0,52	0,03	0,09	0,01	0,14

Bei den Düngungsvarianten kam es zu signifikanten Unterschieden. Die Wurzeln der Stecklinge bei der "0,6g"-Variante zeigten signifikant höhere Anteile an Stickstoff als die Kontroll- und die "0,4"-Variante. Die Stickstoffgehalte in den Stecklingswurzeln bei pH 4.5 waren höher als bei pH 7.3, aber nicht statistisch signifikant. Die Anteile an Kalium waren in den Wurzeln leicht höher als im Sproß. Auch hier erreichte der Kaliumanteil in den Stecklingswurzeln der am stärksten gedüngten Variante signifikant höhere Werte als bei den anderen Düngungsvarianten. Die Magnesiumgehalte der Stecklingswurzeln bei der höheren pH-Variante waren signifikant höher als bei den Stecklingen der niedrigen pH-Variante. Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten waren klein, aber signifikant. In den Wurzeln der "0,2g"-Variante waren höhere Magnesiumgehalte festgestellt als in den anderen Varianten. Der Calciumgehalt der Stecklingswurzeln bei pH 7.3 war erheblich höher als bei den Stecklingen der pH 4.5-Variante. Die Kontrollvariante wies signifikant höhere Anteile auf als die anderen Düngungsvarianten.

Kohlenhydratgehalte im Sproß

Die Gehalte an Glukose und Fruktose im Sproß lagen zwischen 10 und 13 mg/g Trockensubstanz, die Saccharose-Gehalte waren deutlich kleiner, zwischen 1 und 4 mg/g Trockensubstanz. Die Stecklinge der Kontrollvariante enthielten im Sproß signifikant höhere Glukose-Gehalte als die anderen Varianten. Auch die Gehalte an Fruktose und Saccharose waren bei der Kontrollvariante am höchsten. Die Glukose-Gehalte lagen beim niedrigen pH-

Wert höher als beim höheren, die Fruktose- und Saccharose -Gehalte waren bei den Stecklingen des niedrigen pH-Wertes geringer als die des höheren (Anhang 23).

2.3.5.2 Substratuntersuchungen

Um die Untersuchungen durchzuführen, wurde für jede Versuchsparzelle (Wiederholung) eine Substratprobe entnommen. Neben Salzgehalten und pH-Werten wurde auch der Gehalt an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) ermittelt.

Salzgehalte

Die Salzgehalte veränderten sich sowohl in Abhängigkeit vom pH-Wert als auch von den Düngervarianten. Bei steigendem pH-Wert wurden höhere Salzgehalte festgestellt als bei niedrigem pH-Wert. Im Bereich von pH 4.5 blieben bei der Kontrolle die Salzgehalte praktisch während der gesamten Vegetationsperiode unverändert unter 0,2g KCl/l. Die Gehalte der "0,2g"-Variante stiegen bis maximal 0,7g KCl/l, der "0,4g"-Variante bis 0,9g KCl/l. Die Gehalte der "0,6g"-Variante stiegen bis maximal 1,4g KCl/l (Abbildung 50).

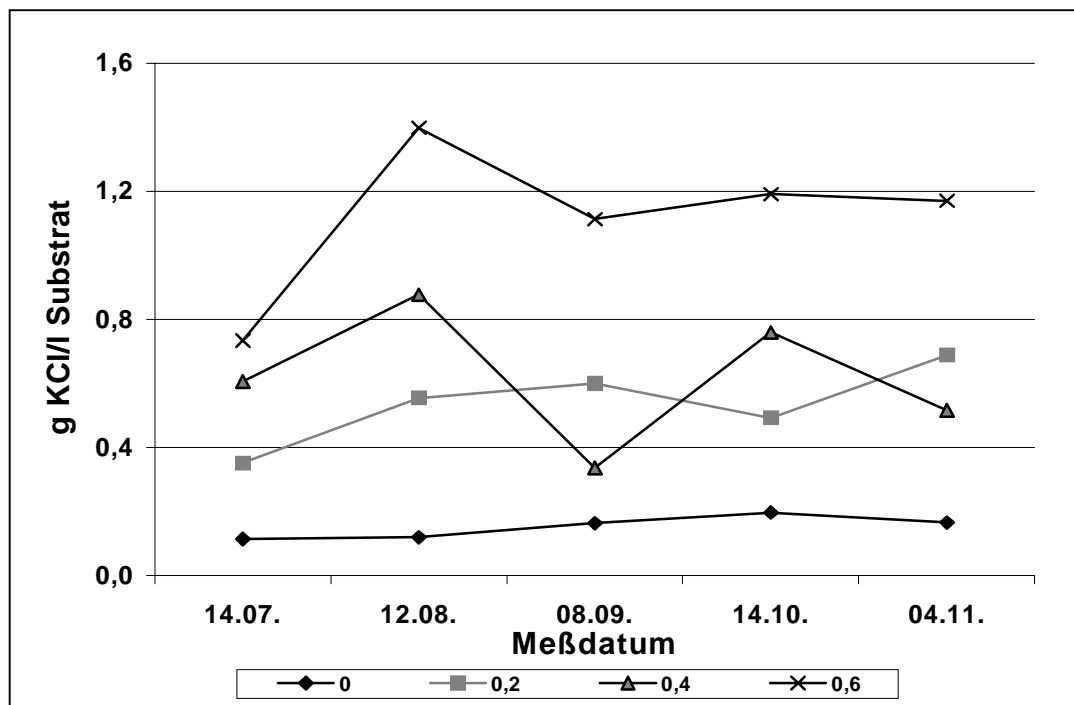


Abbildung 50: Salzgehalte des Substrates beim pH-Wert 4.5 über die Vegetationsperiode bei verschiedenen N-Düngungsstufen

Der Kurvenverlauf bei pH 7.3 lief auf höherem Niveau. Die Kurve der Kontrolle blieb während der gesamten Periode bei 0,5g KCl/l Substrat. Kurven der "0,2g"- und "0,4g"-Varianten schwankten weniger als beim niedrigen pH-Wert. Die "0,4g"-Kurve blieb unter der "0,2g"-Kurve. Kurve der "0,6g"-Variante stieg bis maximal 1,9g KCl/l Substrat (Abbildung 51).

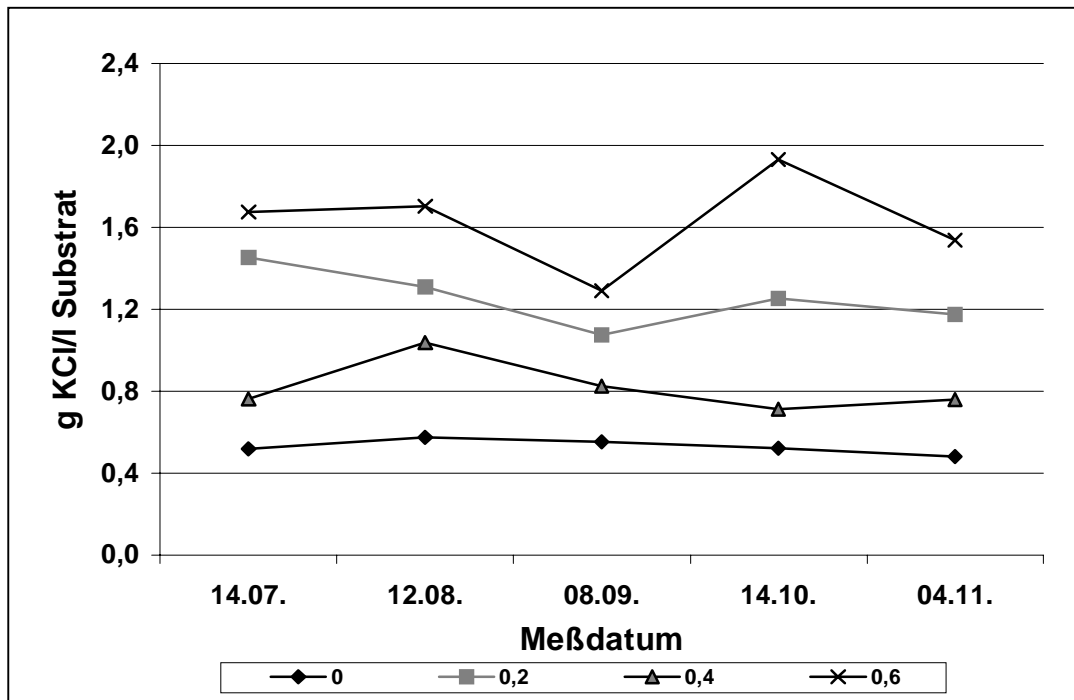


Abbildung 51: Salzgehalte des Substrates beim pH-Wert 7.3 über die Vegetationsperiode bei verschiedenen N-Düngungsstufen

pH-Wert

Die pH-Messungen erfolgten an vier Terminen. Wie aus der Tabelle 47 hervorgeht, wurde bei der niedrigen pH-Stufe an allen vier Terminen ein etwas höherer pH-Wert ermittelt, als ursprünglich angestrebt. Bei der höheren pH-Stufe wurden an den ersten zwei Terminen die erwünschten pH-Werte fast erreicht, später sank der pH-Wert etwas ab.

Tabelle 47: pH-Werte des Substrates nach einzelnen pH- und Düngungsstufen über die Vegetationsperiode

		15. 07. 1997		13. 08. 1997		08. 09. 1997		15. 10. 1997	
pH- -Wert	Düngung	Einzelwert	\bar{x}	Einzelwert	\bar{x}	Einzelwert	\bar{x}	Einzelwert	\bar{x}
4.5	0	4.70		4.75		5.08		4.91	
	0,2	5.00	4.96	4.84	4.83	4.87	4.93	4.89	4.77
	0,4	5.03		4.87		5.03		5.00	
	0,6	5.09		4.84		4.72		4.29	
0	7.47	7.45		7.08		7.36			
7.3	0,2	7.17	7.29	7.14	7.23	7.07	7.06	7.06	7.15
	0,4	7.37		7.31		7.06		7.24	
	0,6	7.15		7.02		7.04		6.95	

Nmin Veränderungen im Laufe der VegetationsperiodeNH₄⁺-N

Gehalte an NH₄⁺-N nahmen im Substrat gegen Herbst ab. Durch die ganze Vegetationsperiode konnten bei pH 4.5 höhere Anteile an Ammonium-Stickstoff festgestellt werden als bei pH 7.3. Von den gedüngten Varianten wurden die höchsten Anteile an Ammonium-Stickstoff bei der "0,6g"-Variante erreicht und die geringsten bei der Kontrolle. Im Oktober wurde eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt. Bei pH 4.5 wurden die höchsten Anteile an NH₄⁺-N bei der "0,4g"- und "0,6g"-Variante festgestellt, während beim pH 7.3 die "0,2g"-Variante die höchsten Werte erreicht (Tabellen 48 und 49)

Tabelle 48: NH_4^+ -N-Gehalte (mg/l Substrat) an drei Terminen in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Düngung

Faktor	Behandlung	14.Juli	12. August	8. September
pH-Wert	4.5	48,85	40,93 b	21,74
	7.3	45,42	14,47 a	17,16
Düngung	GD _{0,05}	n.s.	9,64	n.s.
	0,0	3,67 a	3,12 a	2,60 a
	0,2	43,59 b	26,00 b	22,41 bc
	0,4	50,22 b	32,79 b	17,30 ab
	0,6	95,14 c	48,90 c	35,50 c
	GD _{0,05}	32,66	14,76	18,17

Tabelle 49: NH_4^+ -N-Gehalte (mg/l Substrat) zu 14. Okt. in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Düngung

pH-Wert	Düngung	14. Oktober
4.5	0	2,00 a
	0,2	18,28 b
	0,4	34,73 c
	0,6	37,78 c
7.3	0	2,32 ab
	0,2	30,24 bc
	0,4	17,91 b
	0,6	24,60 bc
	GD _{0,05}	15,74

 NO_3^- -N

NO_3^- -N-Gehalte stiegen in der Vegetationsperiode kontinuierlich an. Beim pH 4.5 konnten an allen Terminen niedrigere Gehalte an Nitrat-Stickstoff festgestellt werden als beim pH 7.3. Die Unterschiede waren aber zu keinem Termin statistisch absicherbar. Die höchstgedüngte Variante zeigte während der ganzen Vegetationsperiode höhere Gehalte an NO_3^- -N als die anderen Varianten. Bei der "0,2g"-Variante wurden an den letzten beiden Terminen deutlich höhere Gehalte an NO_3^- -N erreicht als bei der "0,4g"-Variante (Tabelle 50).

Tabelle 50: NO₃⁻-N-Gehalte (mg/l Substrat) an vier Terminen in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Düngung

Faktor	Behandlung	14. Juli	12. August	8. September	14. Oktober
pH-Wert	4.5	19,25	24,84	46,68	47,13
	7.3	20,00	29,37	54,12	66,82
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Düngung	0,0	0,70 a	0,73	0,70	0,73 a
	0,2	4,95 a	8,66	65,56	63,72 ab
	0,4	5,25 a	9,35	26,18	31,98 a
	0,6	67,58 b	89,69	109,16	131,47 b
	GD _{0,05}	29,17	n.s.	n.s.	93,48

N_{min}

Für N_{min} wurden höhere Gehalte im Substrat bei pH 4.5 an den ersten zwei Terminen festgestellt, später wurden höhere Gehalte beim pH 7.3 festgestellt. Die Unterschiede konnten nicht abgesichert werden. In der ganzen Periode wurden die höchsten Gehalte an mineralischem Stickstoff im Substrat bei der “0,6g”-Variante erreicht und die geringsten Gehalte bei der Kontrolle. Die Unterschiede konnten abgesichert werden. Die “0,2g”-Variante zeigte geringere N_{min}-Gehalte als die “0,4g”-Variante nur am Anfang der Vegetationsperiode, später wurden höhere Gehalte bei der “0,2g”-Variante erreicht. Die Unterschiede wurden nicht statistisch abgesichert (Tabelle 51).

Tabelle 51: N_{min}-Gehalte (mg/l Substrat) an vier Terminen in Abhängigkeit vom pH-Wert und von der Düngung

Faktor	Behandlung	14. Juli	12. August	8. September	14. Oktober
pH-Wert	4.5	68,10	65,77	68,41	70,33
	7.3	67,46	43,84	71,28	85,59
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Düngung	0,0	4,38 a	3,85 a	3,30 a	2,89 a
	0,2	48,54 a	34,65 a	87,96 ab	87,98 ab
	0,4	55,48 a	42,14 a	43,48 ab	58,30 a
	0,6	162,72 b	138,58 b	144,66 b	162,66 b
	GD _{0,05}	58,26	81,99	102,18	96,22

2.3.6 Auxinaufnahme bei *Prunus*- und *Malus*-Stecklingen

2.3.6.1 Prüfung der Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins in der Pflanze

Vier Wochen nach dem Stecken wurden die Stecklinge bei der Unterlagen 'Gisela 4' und 'M9-4/80' auf Bewurzelung geprüft. Die Bewurzelungsrate vier Wochen nach dem Stecken lag beim Klon 'Gisela 4' bei 65%, die der *Malus*-Unterlage 'M9-4/80' betrug sie 17%. Die Hälfte der bewurzelten Kirschenstecklinge entwickelten auch Kallus, bewurzelte *Malus*-Stecklinge bildeten kein Kallus (Tabelle 52).

Tabelle 52: Bewurzelungsergebnisse der Versuchsklone 'Gisela 4' und 'M9-4/80' vier Wochen nach dem Stecken

Unterlage	Bewurzelung (%)	davon Bewurzelung ohne Kallus (%)	Bewurzelung mit Kallus (%)
Gisela 4	65,0	32,5	32,5
M9/4-80	17,1	17,1	0

Die Auxinaufnahme wurde über einen Zeitraum von sechs Tagen gemessen (Tabelle 53).

Tabelle 53: Die von den Pflanzen aufgenommene Radioaktivität (in Zerfälle/Minute) im unterschiedlichen Zeitraum bei den Klonen 'Gisela 4' und 'M9-4/80'

Zeit	Gisela 4	M9-4/80
nach 1 Stunde	2589	3313
nach 1 Tag	6113	5643
nach 2 Tagen	8507	7711
nach 4 Tagen	13050	10648
nach 6 Tagen	15280	13177
Anteil der applizierten Radioaktivität in %	33,6	26,8

Von dem Klon 'Gisela 4' wurde in den ersten sechs Tagen nach dem Stecken ein größerer Anteil an radioaktiv markierter IES aufgenommen als bei dem Klon 'M9-4/80'. Bei dem

Kirschenklon konnten nach einem und nach vier Tagen erhöhte Aufnahmen festgestellt werden. Die Stecklinge des Klones 'M9-4/80' nahmen hingegen das markierte Auxin in größerer Menge schon nach einer Stunde auf. Nach vier Tagen konnte zwar eine leicht erhöhte Aufnahme festgestellt werden, die jedoch geringer als beim Kirschenklon war.

Beim Vergleich verschiedener Pflanzenteile wurden bei der Unterlage 'Gisela 4' in dem Pflanzenstiel nach einer Stunde und nach einem Tag geringere Mengen an der aufgenommenen radioaktiv markierten IES nachgewiesen als in der Stecklingsbasis und in den Blättern. Ab dem zweiten Tag stiegen die Mengen der IES im Pflanzenstiel stark an.

Damit wurde in den ersten sechs Tagen in dem Pflanzenstiel mehr radioaktive IES nachgewiesen als in der Basis und den Blättern (Abbildung 52).

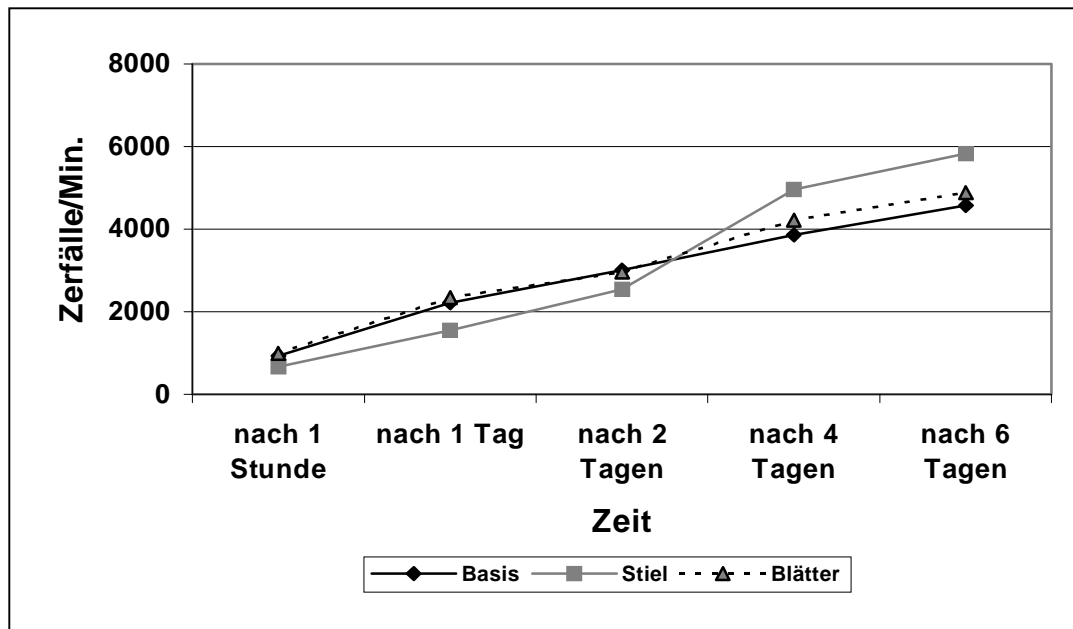


Abbildung 52: Aufnahme des radioaktiv markierten Auxins in die einzelnen Stecklingspositionen in Abhängigkeit von der Aufnahmezeit bei 'Gisela 4'

Bei der Unterlage 'M9-4/80' konnten nach eine Stunde in allen Pflanzenteilen etwa gleiche Mengen der aufgenommenen IES festgestellt werden. Später nahmen die Werte im Stiel stark zu, in der Basis stiegen die Werte nur leicht an. Die aufgenommene radioaktive IES in den Blättern näherte sich nach vier Tagen der Menge im Stiel, konnte diese aber nicht erreichen. Damit wurde nach sechs Tagen im Pflanzenstiel die größte Radioaktivitätsmenge festgestellt (Abbildung 53).

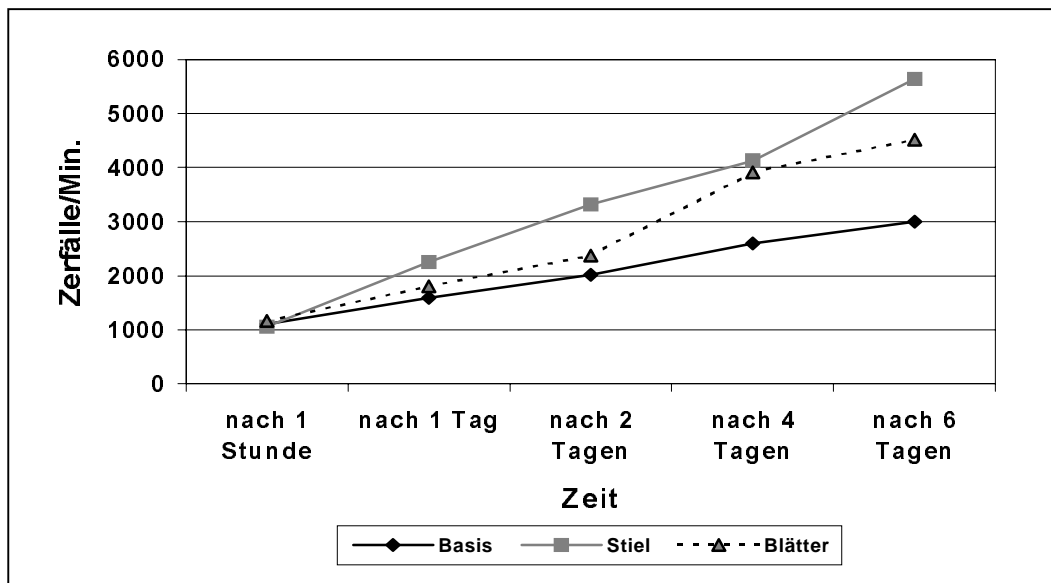


Abbildung 53: Aufnahme des radioaktiv markierten Auxins in die einzelnen Stecklingspositionen in Abhängigkeit von der Aufnahmezeit bei 'M9-4/80'

Nach 1 Stunde wurden bei allen Teilen geringere Aufnahmen als in der Basis festgestellt. Alle Stielteile außer dem Teil zwischen 9 und 12 cm wiesen nach vier Tagen bei der Unterlage 'Gisela 4' eine starke Erhöhung der Aufnahme der radioaktiv markierten IES auf. Der Teil zwischen 9 und 12 cm nahm in der ganzen Periode am wenigsten Auxin auf, die höchsten Werte wurden bei den Teilen von 6 bis 9 cm und von 12 bis 15 cm gemessen (Tabelle 54).

Tabelle 54: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach einzelnen Stielteilen bei der Unterlage 'Gisela 4'

	0 – 3 cm	3 - 6 cm	6 - 9 cm	9 - 12 cm	12 - 15 cm
nach 1 Stunde	922,8	158,1	333,1	78,5	99,1
nach 1 Tag	2222,7	364,1	545,5	221,8	419,9
nach 2 Tagen	3004,3	529,5	697,1	748,1	567,1
nach 4 Tagen	3866,6	768,4	1869,5	862,1	1467,4
nach 6 Tagen	4572,4	1056,7	2120,9	960,4	1688,7

Außer bei der Blattspitze konnte bei den Blatteilen nach vier Tagen eine starke Erhöhung der Aufnahme festgestellt werden. Bei der Blattspitze wurde die stärkste Aufnahme der

radoaktiven IES schon nach einer Stunde ermittelt. Insgesamt wurde die stärkste Aufnahme des Auxins in der Blattmitte und die schwächste im Blattstiel gemessen (Tabelle 55).

Tabelle 55: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle /Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach einzelnen Blatteilen bei der Unterlage 'Gisela 4'

	Blattstiel	Blattbasis	Blattmitte	Blattspitze
nach 1 Stunde	112,7	312,6	179,4	392,6
nach 1 Tag	306,8	577,9	893,4	560,9
nach 2 Tagen	433,8	764,3	966,9	795,2
nach 4 Tagen	698,5	1075,9	1489,1	952,1
nach 6 Tagen	858,4	1216,8	1719,6	1085,4

Bei der Unterlage 'M9-4/80' wurde nach vier Tagen bei den Stielteilen 9 bis 12 cm und 12 bis 15 cm die stärkste Auxinaufnahme festgestellt und bei den Teilen 3 bis 6 cm und 6 bis 9 cm die schwächste Aufnahme. Die letztgenannten Teile erreichten die höchsten Aufnahmen nach sechs Tagen. Außer beim Teil 6 bis 9 cm konnten schon nach einer Stunde hohe Werte des aufgenommenen Auxins festgestellt werden. Insgesamt nahmen die oberen beiden Teile mehr Auxin auf als die untersten Teile (Tabelle 56).

Tabelle 56: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach einzelnen Stielteilen bei der Unterlage 'M9-4/80'

	0 – 3 cm	3 - 6 cm	6 – 9 cm	9 - 12 cm	12 - 15 cm
nach 1 Stunde	1100,9	272,7	118,9	278,8	383,8
nach 1 Tag	1583,4	438,9	249,9	601,4	968,3
nach 2 Tagen	2022,2	557,2	481,4	980,6	1301,8
nach 4 Tagen	2592,4	891,6	565,6	1292,2	1382,6
nach 6 Tagen	3006,9	1105,7	987,1	1526,9	2030,8

Eine starke Auxinaufnahme konnte bei der Blattspitze schon nach einer Stunde festgestellt werden. Die Werte waren besonders beim Blattstiel und auch in der Blattmitte nach einer Stunde hoch, die höchsten Aufnahmen wurden aber von Tag 2 – Tag 4 erreicht. In der Blattbasis konnten die höchsten IES-Aufnahmen erst von Tag 4 – Tag 6 nachgewiesen werden. Während der sechs Tage wurden beim Blattstiel die stärksten Auxinaufnahmen

gemessen im Gegensatz zum Kirschenklon 'Gisela 4', wo der Blattstiel die schwächste Aufnahme aufwies (Tabelle 57).

Tabelle 57: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach den Blatteilen bei der Unterlage 'M9-4/80'

	Blattstiel	Blattbasis	Blattmitte	Blattspitze
nach 1 Stunde	487,7	52,9	270,4	346,5
nach 1 Tag	900,0	164,9	340,6	395,5
nach 2 Tagen	1195,7	190,4	425,8	555,4
nach 4 Tagen	1991,7	349,8	863,1	718,2
nach 6 Tagen	2187,6	602,5	933,7	794,8

2.3.6.2 Auxinaufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung des Stecklings

Zur Prüfung der Bewurzelung wurden die Bewurzelungsergebnisse bei den mit Wasser gesättigten und "normal" behandelten Stecklingen ermittelt. Aus der Tabelle 58 geht hervor, daß die "gesättigten" Stecklinge deutlich schlechtere Bewurzelung erzielten, als die "normal" behandelten Stecklinge. Die Stecklinge, die vor dem Stecken mit Wasser gesättigt wurden, entwickelten kein Kallus, von den unbehandelten Stecklinge bewurzelten sich 5% mit Kallus.

Tabelle 58: Bewurzelungsergebnisse der mit Wasser gesättigten und "normal" behandelten Stecklinge der Unterlage 'Gisela 4' vier Wochen nach dem Stecken

Behandlung	Bewurzelung (%)	davon Bewurzelung ohne Kallus (%)	Bewurzelung mit Kallus(%)
Wasser	5,0	5,0	0
Normal	50,0	45,0	5,0

Die Ergebnisse der Gesamtauxinaufnahme der Pflanzen während der ersten sechs Tage zeigten keine große Unterschiede zwischen den beiden Behandlungen. Die "gesättigten" Stecklinge nahmen mit 18629 Zerfälle/Minute etwas mehr Auxin auf, als die "normal" behandelten Stecklinge. Die mit Wasser behandelten Stecklinge erreichten ihren Höhepunkt der Aufnahme vier Tagen nach dem Stecken, die unbehandelten Stecklinge nahmen die höchste Auxin-Menge sechs Tagen nach dem Stecken auf (Tabelle 59).

Tabelle 59: Die von den Pflanzen aufgenommene Radioaktivität (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken bei den mit Wasser gesättigten- und unbehandelten Stecklingen von 'Gisela 4'

Zeit	Wasser	Normal
nach 1 Stunde	3345	3769
nach 1 Tag	6034	5713
nach 2 Tagen	9718	9785
nach 4 Tagen	15274	11522
nach 6 Tagen	18629	16892
Anteil der applizierten Radioaktivität in %	39,4	35,8

Insgesamt wurden bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen in allen sechs Tagen die geringste Aufnahme der radioaktiven IES in der Basis der Stecklinge gemessen. Die Werte waren besonders gering zwischen dem ersten und vierten Tag. Über die ganze Aufnahmeperiode übertragen die Radioaktivitätswerte im Stecklingsstiel diejenigen in den Blättern (Abbildung 54).

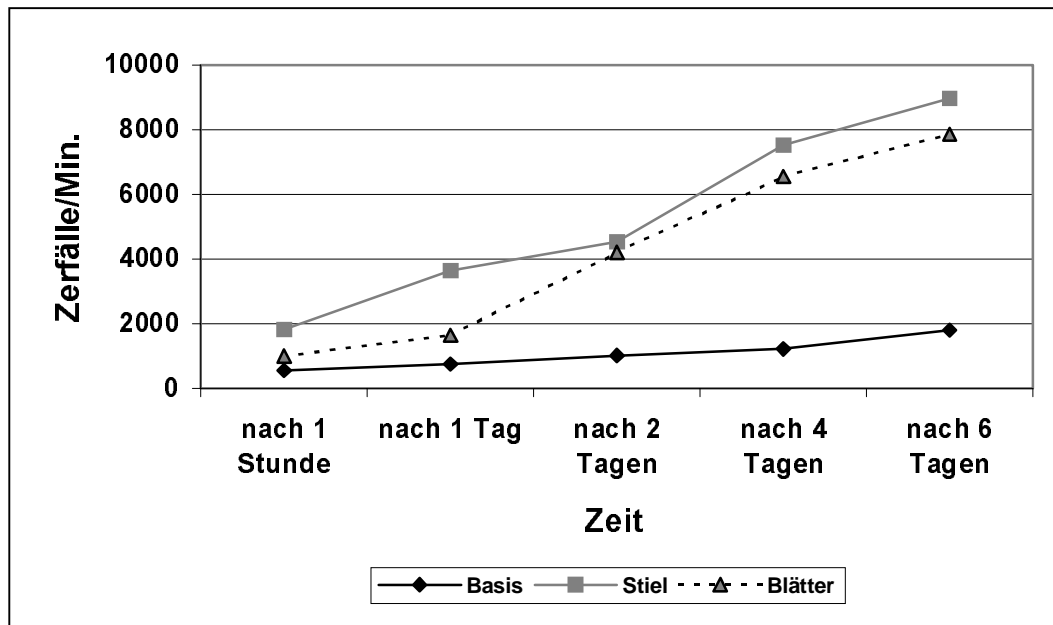


Abbildung 54: Aufnahme des radioaktiv markierten Auxins in die einzelnen Stecklingspositionen in Abhängigkeit von der Aufnahmezeit bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen von 'Gisela 4'

Auch bei den unbehandelten Stecklingen blieben die Werte der aufgenommenen radioaktiven IES in der Basis der Stecklinge während der ganzen Zeitperiode unter den Werten im Stecklingsstiel und in den Blättern. Die Werte im Stiel und in den Blättern waren nach einer Stunde und nach einem Tag etwa gleich, später nahm der Stiel mehr Auxin auf als die Blätter (Abbildung 55).

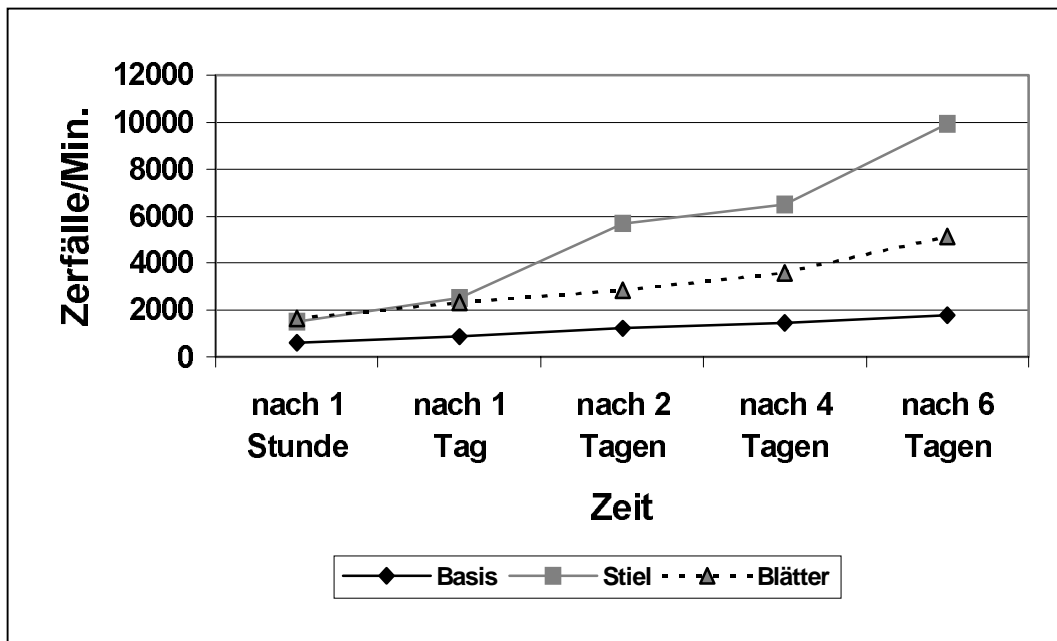


Abbildung 55: Aufnahme des radioaktiv markierten Auxins in den einzelnen Stecklingspositionen in Abhängigkeit von der Aufnahmezeit bei den unbehandelten Stecklingen von 'Gisela 4'

Aus Tabelle 60 geht hervor, daß die beiden mittleren Stielteile nach einer Stunde mehr radioaktiv markiertes IES aufnahmen als die anderen Stielteile. Die mittleren Stielteile nahmen während der sechs Tagen mehr IES auf als der Teil von 3 bis 6 cm aber weniger als der Teil von 12 bis 15 cm. Beim oberen Teil von 12 bis 15 cm konnte während der sechs Tagen ähnlich wie bei der schwervermehrbaaren Apfelunterlage 'M9-4/80' die stärkste Auxinaufnahme festgestellt werden.

Tabelle 60: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach Stielteilen bei mit Wasser behandelten Stecklingen von 'Gisela 4'

	0 – 3 cm	3 - 6 cm	6 - 9 cm	9 - 12 cm	12 - 15 cm
nach 1 Stunde	537,9	232,9	662,7	550,7	367,0
nach 1 Tag	752,5	341,1	1017,6	765,9	1513,4
nach 2 Tagen	1001,3	482,1	1128,0	1015,2	1899,2
nach 4 Tagen	1217,7	710,5	1499,3	1514,1	3781,8
nach 6 Tagen	1804,3	904,2	1771,4	2081,6	4214,3

Nach einer Stunde konnte bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen im Blattstiel die stärkste Auxinaufnahme festgestellt werden. Während der sechs Tage wurde wie bei der Apfelunterlage 'M9-4/80' die stärkste Aufnahme im Blattstiel gemessen, ähnlich hoch war allerdings auch die Auxinmenge in der Blattspitze (Tabelle 61).

Tabelle 61: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach Blatteilen bei den mit Wasser behandelten Stecklingen von 'Gisela 4'

	Blattstiel	Blattbasis	Blattmitte	Blattspitze
nach 1 Stunde	457,5	182,8	143,0	210,8
nach 1 Tag	661,7	320,2	294,0	368,0
nach 2 Tagen	1112,4	442,5	455,0	2183,1
nach 4 Tagen	2276,7	617,5	1319,2	2338,0
nach 6 Tagen	2881,1	923,3	1495,9	2553,8

Bei den unbehandelten Stecklingen konnten nach einer Stunde bei allen Stielteilen außer beim Teil von 6 bis 9 cm starke Auxinaufnahmen festgestellt werden. Beim Teil von 12 bis 15 cm wurde eine sehr starke Aufnahme von Tag 1 auf Tag 2 gemessen und beim Teil zwischen 9 und 12 cm von Tag 4 auf Tag 6. Die letztgenannten Teile wiesen während der ganzen Periode die stärkste Auxinaufnahme (auch stärker als Stecklingsbasis) auf (Tabelle 62).

Tabelle 62: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach Stielteilen bei den unbehandelten Stecklinge von 'Gisela 4'

	0 – 3 cm	3 - 6 cm	6 - 9 cm	9 - 12 cm	12 - 15 cm
nach 1 Stunde	618,2	312,7	101,9	426,4	667,2
nach 1 Tag	868,3	420,7	752,2	548,5	786,7
nach 2 Tagen	1229,4	576,7	1579,2	678,2	2871,3
nach 4 Tagen	1440,8	916,2	1663,9	925,3	2987,1
nach 6 Tagen	1789,2	1292,1	2426,1	2831,4	3394,8

Bei den unbehandelten Stecklingen wurde nach einer Stunde beim Blattstiel die höchste Auxinaufnahme festgestellt. Die Aufnahme des Blattstiels erwies sich während der sechs Tage als die stärkste. Die schwächste Aufnahme wurde bei der Blattspitze festgestellt (Tabelle 63).

Tabelle 63: Aufgenommene radioaktiv markierte IES (in Zerfälle/Minute) während der sechs Tage nach dem Stecken getrennt nach Blatteilen bei den unbehandelten Stecklingen von 'Gisela 4'

	Blattstiel	Blattbasis	Blattmitte	Blattspitze
nach 1 Stunde	1130,3	291,3	108,8	112,1
nach 1 Tag	1350,2	452,7	255,9	277,5
nach 2 Tagen	1471,6	598,0	422,9	357,2
nach 4 Tagen	1796,1	719,7	536,1	536,4
nach 6 Tagen	2344,7	1044,7	1016,5	752,0

2.3.6.3 Prüfung des aufgenommenen Auxins auf Metabolisierung

Die zeitliche Aufnahme des Auxins, wurde getrennt für den leichtvermehreren Klon 'Gisela 4' und für den schwervermehreren Klon 'M9-4/80' geprüft.

Bei dem Klon 'Gisela 4' wurde die aufgenommene Menge dünn-schichtchromatographisch auf Metabolisierung geprüft. Die höchste Radioaktivität verblieb im Form der IES. Nach einer Stunde konnten neben der IES in der Stecklingsbasis drei andere Metabolitgruppen festgestellt werden, im Stiel und in den Blättern befand sich nur eine Metabolitgruppe beim hRf-Wert von 4.

Nach einem Tag sind IES und alle drei Verbindungsgruppen sowohl in der Stecklingsbasis, als auch im Stecklingsstiel gefunden worden, in den Stecklingsblättern konnten nur IES und die Verbindungen mit den hRf-Werten 3 und 18 festgestellt werden.

Die letztgenannten Verbindungsgruppen wurden auch nach zwei Tagen noch in der Stecklingsbasis festgestellt. Im Stecklingsstiel wurde die Anwesenheit der Verbindungen mit den hRf-Werten 3 und 65 festgestellt und in den Stecklingsblättern wurden die Verbindungen mit den Werten 3 und 18 gefunden.

Nach vier Tagen wurden IES und je 3 Metabolitgruppen im Stiel und in den Blättern der Stecklinge nachgewiesen, in der Stecklingsbasis konnte keine Verbindung nachgewiesen werden.

Auch nach sechs Tagen konnte in der Stecklingsbasis keine der Verbindungen festgestellt werden, im Pflanzenstiel und in den Blättern wurde neben der IES nur die Verbindung mit dem hRf-Wert 3 bzw. 4 nachgewiesen (Tabelle 64).

Tabelle 64: Radioaktivmengen (in Zerfälle/Minute), gemessene an verschiedenen hRf-Positionen bei den verschiedenen Pflanzenteilen während der sechs Tage nach dem Stecken bei der Unterlage 'Gisela 4'

hRf	94 - 98	62 - 66	38	16 - 19	2 - 4	
	IES – Standard		Indol - Metabolite			
	([¹⁴ C]IES)					
Basis	1 Stunde	108,0	26,4	-	43,6	94,9
	1 Tag	81,3	19,3	-	71,6	52,8
	2 Tage	129,4	-	-	95,6	54,4
	4 Tage	-	-	-	-	-
	6 Tage	-	-	-	-	-
	Stiel	1 Stunde	775,1	-	-	-
1 Tag		56,2	0,1	-	1,6	48,5
2 Tage		64,2	23,3	-	-	8,8
4 Tage		94,8	55,4	-	5,0	10,2
6 Tage		152,4	-	-	-	1,6
Blätter		1 Stunde	441,1	-	-	-
	1 Tag	40,8	-	-	47,3	51,4
	2 Tage	65,9	-	-	43,7	60,1
	4 Tage	115,1	-	31,0	33,1	38,2
	6 Tage	141,9	-	-	-	2,0

Wie der Tabelle 65 zu entnehmen ist, konnte IES bei Klon 'M9-4/80' nur in den Blättern nachgewiesen werden. Das aufgenommene Auxin befand sich in den Blättern eine Stunde nach dem Stecken, danach war es bis zum vierten Tag nicht nachweisbar. Nach vier und nach sechs Tagen konnte das Auxin in den Blättern wieder festgestellt werden.

Bei der schwerbewurzelbaren Unterlage 'M9-4/80' wurden weniger andere Indol-Verbindungen festgestellt als bei der Unterlage 'Gisela 4'. Die Verbindungen, die nachgewiesen wurden, hatten hRf-Werte zwischen 50 und 83. In den Blättern konnten auch Verbindungen mit hRf-Werten 8 und 99 festgestellt werden. Diese beide Verbindungen wurden in hohen Mengen nachgewiesen, andere Indol-Verbindungen nur in kleinen Mengen.

Tabelle 65: Radioaktivmengen (in Zerfälle/Minute), gemessen an verschiedenen hRf-Positionen bei den verschiedenen Pflanzenteilen während der sechs Tage nach dem Stecken bei der Unterlage 'M9-4/80'

hRf	96 - 98	99	79 - 83	65 - 70	56 - 63	50 - 54	8
IES - Standard		Indol - Metabolite					
([¹⁴ C]IES)							
	1 St.	-	-	-	-	-	-
	1 Tag	-	-	6,2	-	-	-
Basis	2 Tage	-	-	-	-	1,6	-
	4 Tage	-	-	-	3,2	-	-
	6 Tage	-	-	-	-	13,1	-
	1 St.	-	-	10,9	-	-	-
	1 Tag	-	-	-	6,7	-	-
Stiel	2 Tage	-	-	-	-	12,4	-
	4 Tage	-	-	-	9,8	-	-
	6 Tage	-	-	-	-	11,2	-
	1 St.	124,1	-	17,9	-	-	-
	1 Tag	-	-	-	-	17,2	-
Blätter	2 Tage	-	-	-	-	9,7	-
	4 Tage	288,3	-	-	-	7,1	217,5
	6 Tage	239,6	249,5	-	-	-	-

2.4 Diskussion

Langjährige Stecklingsversuche mit vielen unterschiedlichen Gehölzarten unter anderen auch mit *Prunus avium* (SPETHMANN 1982, SPETHMANN 1985, SPETHMANN 1986a, SPETHMANN 1986b, SPETHMANN 1987, BEIER und SPETHMANN 1995, MLASOWSKY 1996) zeigen, daß sich verschiedene Gehölzarten erfolgreich durch Stecklinge unter Standardbedingungen (Fog-System, Überwinterung im unbeheizten Gewächshaus, Torf - Sand Mischung als Substrat, Substratdüngung) vermehren lassen. Es sollten zusätzlich bestimmte Parameter (Stecktermin, Düngerart, Düngermenge, pH-Wert des Substrates) an die bestimmte Pflanzenart angepaßt werden.

Aus diesen Gründen wurden die beiden unterschiedlichen Gattungen (*Prunus* und *Malus*) in allen Stecklingsversuchen unter Standardbedingungen vermehrt. Auch die Stecktermine waren bei den beiden Arten ähnlich - die *Malus*-Unterlagen wurden max. 1–2 Wochen später gesteckt als die *Prunus*-Unterlagen. Darüber hinaus wurde in den allen Versuchen leicht- und schwerbewurzelbare Klone verglichen.

2.4.1 Vermehrbarkeit der *Prunus*- und *Malus*-Unterlagen

Bei den Kirschenklonen wurden in den beiden Vermehrungsjahren (1995 und 1996) Bewurzelungsergebnisse bis zu 70% erreicht. Dabei hatten einzelne Klone keinen signifikanten Einfluß auf die Bewurzelungsergebnisse.

Bei den Stecklingen der 'F12/1' Unterlage, die nach GRUPPE und SCHMIDT (1977), STRAUCH et al. (1985) sehr schwer bewurzelbar sind, wurden im eigenen Versuch 1995 gute Ergebnisse erzielt. Auch SPETHMANN (1990) erzielte mit 'F12/1' nach Rejuvenilisierung (in-vitro-Pflanzen) im Fog-System sehr gute Ergebnisse. Die Ergebnisse aus dem Jahr 1996 waren etwas schlechter. Diese schlechteren Ergebnisse könnten eventuell auf die zweitägige Lagerung des geschnittenen Stecklingsmaterials zurückgeführt werden.

Mit den 'Weiroot' Klonen wurden auch schon unter Sprühregen gute Bewurzelungsergebnisse erzielt (STRAUCH et al. 1985). In eigenem Versuch wurden bei den wichtigsten 'Weiroot' Klonen sehr gute Bewurzelungsergebnisse erreicht. Geringeren Bewurzelungserfolg zeigte der Klon 'Weiroot 72', der aber nur in den 1996er Versuch einbezogen wurde, in dem alle Versuchsklone schlechter abschnitten. Dieser Klon gilt aber auch in der Praxis als schwer vermehrbar.

Mit den schwachwüchsigen **‘Gisela’** Unterlagen (‘Gisela 5’ und ‘Gisela 4’) wurden in unseren Versuchen sehr gute Ergebnisse erzielt. Da in der Praxis bei diesen neuen Kirschenunterlagen fast nur in-vitro-Vermehrung eingesetzt wurde, fehlen die Stecklingsversuche mit diesen Unterlagen. Stecklingsvermehrung wird heute von der Praxis noch als problematisch angesehen, was allerdings durch unsere Versuche nicht bestätigt werden konnte.

In den beiden Jahren erzielten die Stecklinge der Unterlage **‘Colt’**, die sich nach HARTMANN et al. 1990, STRAUCH et al. 1985 besonders leicht vermehren lassen, die schlechtesten Ergebnisse. In dem zweiten Versuchsjahr könnten die schlechten Ergebnisse bei dieser Unterlage und auch bei anderen Klonen auf das schlechtere Stecklingsmaterial (starker Läusebefall) zurückgeführt werden, die schlechten Ergebnisse bei ‘Colt’ im ersten Versuchsjahr (1995) bleiben ohne Erklärung.

In den beiden Versuchsjahren sind bei der Überwinterung max. 20% der bewurzelten Stecklinge abgestorben (‘F12/1’ über 20%). Das könnte zum Teil durch den starken Winter 1995/96 erklärt werden, bei der Unterlage ‘F12/1’ könnten möglicherweise aber auch schon von GRUPPE und SCHMIDT 1977, STRAUCH et al. 1985 angegebene Vermehrungsschwierigkeiten genannt werden.

Es wurde bei allen Klonen in den Versuchen kaum Kallus gebildet, was nach HARTMANN et al. (1990) und SPETHMANN (1997a) für gutes Mutterpflanzenmaterial und gute Versuchsbedingungen spricht.

Die Stecklinge bewurzelten sich im Jahr 1995 überwiegend akrobasal, im Jahr 1996 meist basal. Die akrobasale Bewurzelung ist besser als basale Bewurzelung, weil die Wurzeln bei der basalen Bewurzelung leichter abgerissen werden. Für den Bewurzelungsort sind mehrere Faktoren verantwortlich: Pflanzen Art/Klon, Vermehrungsbedingungen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Kirschenklone akrobasale Bewurzelung ausbilden können, daß aber unter schlechteren Bedingungen die basale Bewurzelung dominiert (Jahr 1996).

Die Qualität des Wurzelsystems (Anzahl der Hauptwurzeln und Wurzellänge) sind im Jahr 1995 deutlich besser als im Jahr 1996. Im Jahr 1995 entwickelten mehr als 50% der Stecklinge aller Unterlagenklone (außer ‘Weiroot 53’) mehr als 10 Hauptwurzeln. Die durchschnittliche Länge des Wurzelsystems betrug bis zu 20 cm (‘Weiroot 158’). Die Unterschiede zwischen einzelnen Klonen waren jedoch weder bei der Anzahl der Hauptwurzeln noch bei der Länge des Wurzelsystems statistisch signifikant. Im Jahr 1996 zeigte nur die Unterlage ‘Colt’ mehr als 50% Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln; es wurden Längen des Wurzelsystems über 22 cm (‘Gisela 4’) erzielt. Die Unterschiede konnten

bei den beiden Parametern statistisch gesichert werden. Als Maßstab für eine gute Bewurzelung wurden 10 Wurzeln gewählt. Die Anzahl der Hauptwurzeln ist nach SPETHMANN (1986b, 1990, 1997a) ein wichtigerer Parameter als die Wurzellänge für die Beurteilung des physiologischen Zustandes des Stecklingsmaterials. Im Jahr 1995 war der physiologische Zustand bei den Stecklingen aller Klone besser als im Jahr 1996. Fehlende signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Klonen im Jahr 1995 deuten auf einheitliches Stecklingsmaterial hin. Der schlechtere Zustand der Stecklinge im Jahr 1996 konnte auf den bereits erwähnten Läusebefall zurückgeführt werden. Die statistischen Unterschiede zwischen einzelnen Klonen im Jahr 1996 zeigen, daß sich die Stecklinge einzelner Klone in besserem Zustand befanden: Stecklinge der Unterlage 'Gisela 4' wurden von jüngsten in-vitro-Pflanzen (1-jährige) geschnitten und bei den Stecklingen der Unterlage 'Weiroot 53' war der Läusebefall nicht so stark wie bei den anderen Unterlagen.

Die bessere Vitalität der Stecklinge im Jahr 1995 gegenüber 1996 zeigte sich auch durch stärkeres Sproßwachstum der Stecklinge. Die Stecklinge erreichten im Jahr 1995 eine stärkere Sproßverzweigung und größere Zuwächse des Haupttriebes als im Jahr 1996. Die Stecklinge der Unterlage 'Weiroot 13' wuchsen 1995 signifikant stärker als die der Unterlage 'Weiroot 154'. Das ist zweifellos auf das bekanntlich stärkere Wachstum der Unterlage 'Weiroot 13' beim späteren Anbau zurückzuführen (SEIPP 1989, STEHR 1995). Die signifikant stärkeren Haupttrieb- und Seitentriebzuwächse von zwei Klonen im Jahr 1996 beruhen auf dem besseren physiologischen Zustand der Stecklinge, bedingt durch juvenileres Material ('Gisela 4') und schwächeren Läusebefall ('Weiroot 53').

Die Stecklinge der Apfelklone bewurzelten sich in den beiden Vermehrungsjahren insgesamt schlechter als die Stecklinge der Kirschenunterlagen. Die *Malus*-Unterlagen scheinen aus der Sicht der Stecklingsvermehrung problematischer zu sein (NYOMORA und MNZAVA 1982, HOWARD et al. 1985, WEBSTER und JONES 1992, QUAMME und HOGUE 1994).

Die Bewurzelungsergebnisse der eigenen Versuche brachten in den beiden Jahren statistisch gesicherte große Unterschiede zwischen einzelnen Klonen. Die Stecklinge der Unterlagen 'M27' und der neuen 'Pillnitzer' Unterlagen ('PiS1', 'PiS2' und 'PiS3') bewurzelten sich deutlich besser als die Stecklinge der verschiedenen 'M9'-Klone und 'Pi80'. Die Unterschiede könnten durch stärkere Klonalterung (SPETHMANN 1990, SPETHMANN 1997) erklärt werden. 'M9'-Klone und 'Pi80' sind schon ältere Klone (längere Zeit in der Produktion), deren Mutterpflanzen in den Baumschulen in der Regel nicht verjüngt werden. Durch ständige Nutzung als Abriß-Quelle bleiben diese Pflanzen in einem physiologisch

alten Zustand. Auffällig ist allerdings, daß die Bewurzelungsergebnisse bei den *Malus*-Stecklingen im Jahr 1996 deutlich besser waren als im Jahr davor. Das ist im Vergleich zu den Kirschenunterlagen auf das gesündere Stecklingsmaterial (ohne Läusebefall) zurückzuführen. Der Anteil der Ausfälle im Winter war bei den Apfelunterlagen im Vergleich zu den Kirschenunterlagen sehr niedrig.

Die Apfelstecklinge entwickelten in den beiden Versuchsjahren deutlich mehr Kallus als die Kirschenstecklinge. Die Kallusanteile waren besonders groß bei den 'M9' Klonen und der Unterlage 'Pi80'. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, daß die Stecklinge dieser Unterlagen physiologisch alt waren (SPETHMANN 1990, SPETHMANN 1997). Die Stecklinge der 'M9' Klone und der Unterlage 'Pi80' entwickelten auch in beiden Jahren mehr basale Bewurzelung als akrobasale. Die Stecklinge der anderen Unterlagen bildeten im Jahr 1995 meist akrobasale Bewurzelung, im Jahr 1996 entwickelten nur die Stecklinge der Unterlagen 'PiS2' und 'PiS3' überwiegend akrobasale Bewurzelung. Auf Grund dieser Ergebnisse wird bestätigt, daß die Tendenz zur basalen Bewurzelung ebenfalls ein Zeichen für physiologisch älteres Material darstellt.

Auch bei den Apfelunterlagen war der Anteil der Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln ein Maßstab für gute Bewurzelung. Die Stecklinge der 'M9' Klone und der Unterlage 'Pi80' bildeten sehr selten mehr als 10 Hauptwurzeln. Im Jahr 1996 lag der Anteil der Stecklinge mit mehr als 10 Hauptwurzeln auch bei der Unterlage 'M27' sehr niedrig. Damit bestätigten sich die Ergebnisse von MLASOWSKY (1996), daß basal bewurzelte Stecklinge weniger Wurzeln entwickeln als akrobasal bewurzelte.

Der physiologische Alters-Zustand der 'M9' Klone und der Unterlage 'Pi80' zeigte sich auch in der schlechteren Triebverzweigung und dem schlechteren Triebwachstum. Im Jahr 1996 wuchsen auch die Stecklinge der Unterlage 'M27' schlechter als im Vorjahr. Damit bestätigte sich auch das Ergebnis von MLASOWSKY (1996), daß wenig Hauptwurzeln und basale Bewurzelung in schlechtem Zuwachs resultiert. Die Zuwächse der Apfelstecklinge waren in beiden Jahren (besonders 1995) geringer als die der Kirschenunterlagen.

Alle in den Versuch einbezogenen Kirschenklone und einige Apfelklone ('M27', neue 'Pillnitzer' Klone) zeigten unter den gewählten Vermehrungsbedingungen ("Fog"-System, richtiger Steckzeitpunkt, Substratdüngung) gute Vermehrungsergebnisse. Diese Ergebnisse bedeuten, z.T. sogar bei den schwachwüchsigen Unterlagen ('Gisela', 'Weiroot'), daß diese nach einjähriger Anzucht im ersten Versuchsjahr okulationsfähig sind. Es zeigte sich sowohl bei den Kirschenunterlagen als auch bei den Apfelunterlagen die Bedeutung von juvenilen

Mutterpflanzen für die erfolgreiche Bewurzelung und Wachstum der Stecklinge. Besonders deutlich war dies bei den in-vitro-Mutterpflanzen von 'Gisela 4' und bei den neuen 'Pillnitzer' Unterlagen, bei denen ein Klonalterungsprozess noch nicht stattgefunden hat. Besonders schlechte Ergebnisse bei den 'M9'-Unterlagen und 'Pi80' sind z.T. diesem Prozess zuzuschreiben. Eine in-vitro-Verjüngung der Mutterpflanzen bei diesen Unterlagen würde deswegen auch eine deutliche Verbesserung der Vermehrungsergebnisse bewirken.

2.4.2 Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung

Das physiologische Alter der Pflanzen ist die Folge der zeitlichen Alterung der Pflanzen, die auch als Cyclophysis bezeichnet wird (FORTANIER und JONKERS 1976, OLESEN 1978, SPETHMANN 1997a). Dieser Alterungsprozeß läuft bei allen Gehölzarten nicht gleichmäßig, mit gleicher Geschwindigkeit. Er ist arten/sorten- bzw. klonspezifisch (SPETHMANN 1997a). Auch der ganze Baum altert nicht gleichmäßig. Am Wurzelhals ist ein Baum physiologisch am jüngsten, am Rand der Baumkrone am ältesten. Dieser Positionseffekt wird als Topophysis bezeichnet (OLESEN 1978, SPETHMANN 1997a). Eine endogene Alterung der Meristeme führt in der Konsequenz auch zu einer gleichmäßigen Alterung aller vegetativen Nachkommen, was man unter dem Begriff der "Klonalterung" zusammenfaßt (LYR et al. 1992). Diesem Prozeß der Klonalterung sind in den Baumschulen in der Regel auch alle Unterlagenmutterpflanzen, die zur Gewinnung der Abrisse dienen, ausgesetzt. Das gilt besonders für die Unterlagen, die schon längere Zeit bekannt sind.

Im eigenen Versuch wurde der Einfluß der Klonalterung bei Kirschen- und Apfelunterlagen auf die Stecklingsvermehrbarkeit und das Wachstum der Stecklinge geprüft. Dazu wurde auch der Einfluß des Hormoneinsatzes beobachtet. In den beiden Fällen wurde jeweils ein Klon ausgewählt, bei dem juveniles- und älteres Material zur Verfügung stand. Bei den Kirschenunterlagen wurde als Versuchsklon 'Gisela 5' gewählt. Es handelt sich um einen Klon, der relativ neu ist und ausnahmsweise in-vitro vermehrt wird. Das juvenile Material wurde von zweijährigen selbst produzierten in-vitro-Pflanzen geschnitten. Das ältere Stecklingsmaterial wurde von fünfjährigen in-vitro-Mutterpflanzen, die auf die Unterlage 'F12/1' veredelt worden waren, geschnitten.

Bei den Apfelunterlagen wurde als Versuchspflanze der Klon 'M9-984' gewählt. Durch langjährige Nutzung dieses Klones für die Abriß-Vermehrung sind Mutterpflanzen und deren Abrisse klongealtert. Das ältere Material stammte von solchen Unterlagen. Erste Zeichen der Klongalterung wurden schon in eigenem Versuch mit Stecklingen aus der gleiche Baumschule im Jahr 1995 festgestellt. Als Quelle des juvenilen Materials dienten fünf jährige in-vitro-Pflanzen. Die Ergebnisse zeigen, daß Bewurzelung und Überleben der gesteckten Stecklinge beim juvenilen Material signifikant höher war als bei dem älteren. Damit wurden mehrere Literaturangaben bestätigt (MORGAN und MCWILLIAMS 1976, NYOMORA und MNZAVA 1982, SPETHMANN 1986b, HACKETT 1988, WEBSTER und JONES 1992, QUAMME und HOGUE 1994, SPETHMANN 1997a).

Auch bei der Unterlage 'Gisela 5' wurde bei dem juvenilen Material, sowohl im Herbst, als auch nach der Überwinterung ein besserer Vermehrungserfolg festgestellt. Der Unterschied konnte hier allerdings nicht gesichert werden. Der Altersstatus von 2- und 5-jährigen Pflanzen ist offenbar nicht sehr verschieden.

IBS führt nur im Fall der Unterlage 'M9-984' zu besseren Bewurzelungs- und Überlebensergebnissen, die nicht gesichert werden konnten. Bei der Kirschenunterlage 'Gisela 5' wurden dagegen die besten Ergebnisse ohne Hormonapplikation erzielt, sowohl bei dem jüngeren- als auch bei dem älteren Stecklingsmaterial und zwar vor und nach der Überwinterung. Auch bei anderen *Rosaceae* wie bei *Rosa* stellte SPETHMANN (1997a) fest, daß Auxinzufuhr nicht notwendig ist. Allerdings zeigte das ältere Material eine gering bessere Überwinterung als das jüngere. Das ist gegen die Erwartungen, da in der Regel juveniles Material besser überwintert (SPETHMANN 1986b, SPETHMANN 1997a). Die "Ethrel"-Variante zeigte in den beiden Fällen (juveniles- und älteres Material) die schlechtesten Ergebnisse. Die "IBS"-Variante brachte bei juvenilem Material ein schlechteres Ergebnis als die Kontrollvariante. Diese Ergebnisse zeigen, daß beide Altersstufen noch relativ juvenil sind.

Bei der Unterlage 'M9-984' bildeten die Stecklinge des juvenilen Materials mehr bewurzelte Stecklinge ohne Kallus, aber auch bewurzelte und unbewurzelte mit Kallus als die Stecklinge des älteren Materials. Einerseits bestätigen diese Ergebnisse die guten Bewurzelungsergebnisse beim juvenilen Material (MORGAN und MCWILLIAMS 1976, NYOMORA und MNZAVA 1982, SPETHMANN 1986b, HACKETT 1988, WEBSTER und JONES 1992, QUAMME und HOGUE 1994, SPETHMANN 1997a), andererseits widersprechen sie den

Angaben über geringere Kallusbildung bei juvenilem Material (SPETHMANN 1990, SPETHMANN 1997a).

Bei der 'Gisela 5'-Unterlage entwickelten die Stecklinge 1997 weniger bewurzelte ohne Kallus als in den Versuchen in den Jahren 1995 und 1996. Bei jungem wie älterem Material wurde ähnlich häufig Kallusbildung festgestellt. Dies unterstützt die schon vorher angenommene Vermutung, daß noch keine "Alterungseffekte" bei dem älteren Material festzustellen sind. Da ohne Auxingabe die besten Ergebnisse erzielt werden, ist wahrscheinlich der endogene Auxinlevel für die Bewurzelung ausreichend. Zusätzliches Auxin wirkt sich dann auch bzgl. der Kallusbildung negativ aus (SPETHMANN 1997a).

Die Stecklinge der juvenilen Apfelunterlage bildeten signifikant öfter akrobasale Bewurzelung als die Stecklinge der älteren Mutterpflanzen. Die Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen aus den Jahren 1995 und 1996, wo bei physiologisch älteren Klonen ('M9' Klone) nur selten akrobasale Bewurzelung erzielt wurde. Die Ergebnisse der Apfelunterlage zeigten den stärksten Einfluß der "IBS"-Variante auf die akrobasale Bewurzelung der Stecklinge. Damit wurden die Literaturangaben über positive Wirkung der IBS hinsichtlich des Bewurzelungsortes bestätigt (SPETHMANN 1986b, SPETHMANN und HAMZAH 1987, SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b).

Das Wurzelwachstum, sowohl die Anzahl der Hauptwurzeln als auch die Wurzellänge, wurde bei der Unterlage 'M9-984' in juvenilem Stecklingsmaterial positiv beeinflußt. Bei der Kirschenunterlage erreichten die juvenilen Stecklinge signifikant die höchste Anzahl der Hauptwurzeln nur nach "IBS" Applikation. Diese Ergebnisse bestätigten die Angaben über besseres Wurzelwachstum bei juvenilem Material von SPETHMANN (1986b, 1997a), WEBSTER und JONES (1992). Die Stecklinge der "IBS"-Variante entwickelten die höchste Zahl an Hauptwurzeln und das längste Wurzelsystem bei der Apfelunterlage, bei der Kirschenunterlage allerdings nur die höchste Zahl an Hauptwurzeln bei juvenilem Material. Damit wurden die Ergebnisse über den positiven Einfluß von IBS auf die Wurzelzahl bestätigt (SPETHMANN 1986b, 1997a, 1997b).

Die Stecklinge des juvenilen Materials wiesen bei der Unterlage 'M9-984' deutlich stärkeres Wachstum der oberirdischen Teile der Pflanzen auf als die Stecklinge des älteren Materials. Die Unterschiede konnten hinsichtlich aller Parameter (Haupt- und Seitentriebzuwachs, Verzweigungsart) statistisch gesichert werden. Bei der Kirschenunterlage wurden bei dem

juvenilen Material höhere Anteile an Stecklingen mit verzweigtem Sproß (monopodiale und sympodiale Verzweigung) erzielt. Die Unterschiede hier konnten nicht gesichert werden. Damit werden alle Angaben über stärkeres Wachstum der Stecklinge von juvenilen Mutterpflanzen (MORGAN und MCWILLIAMS 1976, SPETHMANN 1986b, WEBSTER und JONES 1992, QUAMME und HOGUE 1994, SPETHMANN, 1997a) generell bestätigt.

Bei "IBS"-Applikation zeigte sich bei der Unterlage 'M9-984' das stärkste Triebwachstum. Die Stecklinge dieser Variante wiesen das stärkste Haupttrieb-Seitentriebwachstum und die stärkste Triebverzweigung auf. Die Unterschiede konnten in keinem Fall statistisch gesichert werden. Damit werden die Angaben über den positiven "Auxin"-Effekt hinsichtlich des Triebwachstums der Stecklinge tendenziell bestätigt (SPETHMANN 1986b, 1997a, 1997b). Bei der Unterlage 'Gisela 5' zeigte sich dieser Einfluß von IBS nur im Fall des Neutriebzuwachses, wo sich nach "IBS"-Applikation die stärksten Zuwächse zeigten. Die Unterschiede waren nicht gesichert. Beim Seitentriebwachstum von 'Gisela 5' war der "IBS"-Effekt nicht so deutlich wie bei den Apfelunterlagen.

Die Stecklinge der juvenilen Mutterpflanzen entwickelten bei der Unterlage 'M9-984' deutlich größere Blattflächen als die Stecklinge der älteren Mutterpflanzen. Das könnte im Zusammenhang mit der Angabe vom HACKETT (1988) über die Vitalitätsunterschiede zwischen den Stecklingen mit unterschiedlichem Altersstatus der Mutterpflanzen stehen. Dieses Ergebnis bestätigte sich allerdings bei den Kirschenstecklingen nicht, was bei der Kirschenunterlage auf die geringen Altersunterschiede zurückzuführen ist. Bei den Stecklingen der beiden Unterlagen kam es zu den größten Blattflächen bei der "IBS"-Variante.

Bei der Apfelunterlage wurden im Herbst im Sproß mit der Ausnahme von Kalium und Magnesium bei dem jungen Material niedrigere Gehalte an Mineralstoffen festgestellt als bei dem älteren Material. Die Unterschiede waren statistisch gesichert. Es kam also bei dem älteren Stecklingsmaterial meist zu stärkerer Mineralstoffaufnahme als bei dem juvenilen Material oder zu stärkerer Rückverlagerung aus den Blättern.

Bei der Kohlenhydratanalyse wurde festgestellt, daß die Stecklinge des juvenilen Materials sowohl bei der Apfel- als auch bei der Kirschenunterlage (hier Saccharose) höhere Gehalte an Glukose, Fruktose und Saccharose aufwiesen als die Stecklinge des älteren Materials. Wie gezeigt, bewurzelten sich gleichzeitig die jüngeren Stecklinge besser als die älteren. Gute

Bewurzelung und ein insgesamt gutes Wurzelsystem bei dem jüngeren Material führt sehr wahrscheinlich zu besserer Kohlenhydratbildung und ihrer Einlagerung als Reservestoffe.

2.4.3 Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung

Die Ausgangslänge der Stecklinge hat auf die Bewurzelung und das Wachstums der Stecklinge nur modifizierende Wirkung (SPETHMANN 1997a). Allgemein werden in der Praxis Längen zwischen 5 und 15 cm empfohlen (SPETHMANN 1986a, 1997a). Längere Stecklinge sind bei den schwächer wachsenden Arten kaum vorhanden.

Mit unserem Versuch sollten mögliche Einflüsse verschiedener Ausgangslängen der Stecklinge auf Bewurzelung und Wachstum von Kirschenstecklingen geprüft werden.

Die Bewurzelungsergebnisse (Anteile der lebenden und abgestorbenen bewurzelten Stecklinge) wurden nicht signifikant durch unterschiedliche Ausgangslänge beeinflusst. Damit wurden auch die Angaben von MILLER et al. 1982 bestätigt. Die besten Ergebnisse wurden bei Längen zwischen 20 und 24 cm und die schlechtesten bei Längen zwischen 8 und 14 cm erreicht. Die längsten Stecklinge zeigten zwar gute Bewurzelung, dann aber hohe Verluste der bewurzelten Stecklinge.

Die kürzeren Stecklinge bildeten häufiger eine akrobasale Bewurzelung und damit qualitativ ein besseres Wurzelsystem als die längeren Stecklinge. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant. Signifikante Unterschiede wurden bei der Zahl der Hauptwurzeln ermittelt. Die Stecklinge länger als 20 cm entwickelten signifikant mehr Hauptwurzeln als kürzere Stecklinge. Auch das Wurzelsystem war bei den längeren Stecklingen länger als bei den kürzeren. Diese Unterschiede konnten nicht gesichert werden. Solche Ergebnisse wurden auch von MILLER et al. (1982) festgestellt. Die größte Anzahl der Hauptwurzeln erreichten 26 cm lange Stecklinge, die längsten Wurzeln wurden bei 22 cm langen Stecklingen ermittelt.

Der Sproß der kürzeren Stecklinge wuchs stärker als bei den längeren Stecklingen. Die Unterschiede waren statistisch signifikant. Diese Unterschiede könnten mit den Ergebnissen von MILLER et al. (1982) über eine stärkere Knospenaktivität bei den kürzeren Stecklingen erklärt werden. Das Seitentriebwachstum (Zuwachs und Anzahl der Seitentriebe,

Neutriebverzweigung) war stärker bei den längeren Stecklingen. Diese Stecklinge haben wegen ihrer Länge mehrere Seitenknospen, die bald nach dem Stecken (wenn die Wurzeln entwickelt und aktiv sind) mit ihrer Entwicklung beginnen. Kürzere Stecklinge müssen zuerst den Neutrieb entwickeln, und erst danach ist das Seitentriebwachstum möglich. Deswegen war das Neutriebwachstum bei den kürzeren Stecklingen stärker als bei den längeren, das Seitentriebwachstum aber schwächer.

Die Stecklinge mit den Längen zwischen 20 und 24 cm bildeten den stärksten Durchmesser. Bei den kürzesten Stecklingen wurden am meisten dünne Stecklinge festgestellt. Das starke Wachstum und die Entwicklung bei den längeren Stecklingen steht im Zusammenhang mit der größeren Wurzelzahl und -länge. Kürzere Stecklinge zeigten aufgrund ihrer stärkeren Knospenaktivität (MILLER et al. 1982) und ihres stärkeren Neutriebwachstum z.T. auch gute Ergebnisse. Dabei sind die kürzesten Stecklinge (um 10 cm) den mittleren (zwischen 15 und 20 cm) überlegen.

Insgesamt könnte festgestellt werden, daß die Stecklingslänge wegen weniger signifikanter Unterschiede keinen Einfluß auf die Stecklingsvermehrbarkeit darstellt. Trotzdem zeigten sich tendenziell beste Ergebnisse bei den Stecklingen mit Längen zwischen 20 und 25 cm und können deswegen für Kirschenstecklinge empfohlen werden. Oft sind jedoch solche Längen wenig vorhanden oder sie bereiten Schwierigkeiten beim Stecken. In solchen Fällen könnten auch mit kürzeren Stecklingen (um die 10 cm) gute Ergebnisse erzielt werden. Kürzere Stecklinge werden auch dann empfohlen, wenn Pflanzen mit nur einem starken Austrieb ohne Seitentriebe erwünscht sind.

Es werden auch weitere Versuche mit anderen Klonen empfohlen, um die richtige Entscheidung für das jeweilige Material zu treffen.

2.4.4 Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum

Die Bewurzelungsergebnisse der leichtvermehrbaren 'Gisela' Unterlage waren am besten bei der Kontrollvariante (ohne Dünger), obwohl statistisch nicht signifikant. Diesen Ergebnissen folgten die Ergebnisse der "Osmocote"-, "Hornspäne"- und "Nitrophoska"-Variante und die schlechtesten Bewurzelungsergebnisse wurden bei der "Plantosan"-Variante erreicht. Hier zeigte sich deutlich, daß sich Stecklinge auch ohne Dünger gut, in unserem Fall sogar am

besten, vermehren lassen. Das wurde auch von SPETHMANN (1997a) festgestellt. Von den Düngerarten zeigt "Osmocote" die beste Wirkung, was auch schon MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) feststellten bei *Cornus*. Die langsame Freisetzung insbesondere von Stickstoff bei "Osmocote" spielt hier im Vergleich zu den anderen Mineralstoffen die entscheidende Rolle. Die Anwesenheit von Mineralstoffen nach der Bewurzelung ist wichtig. Nach BLAZICH (1988) sind niedrigere und mittlere Mengen an Stickstoff am besten für die Bewurzelung. Damit könnten auch die eigenen Ergebnisse gut erklärt werden. Bei der Kontrolle und der "Osmocote"-Variante, wo die Stickstoffmengen am Anfang relativ gering waren, wurden die besten Bewurzelungsergebnisse erzielt. Mit "Plantosan", bei dem Stickstoff als Harnstoffderivat vorliegt, und die Freisetzung des Stickstoffes schneller durch Mikroorganismenaktivität erfolgen kann, wurden schlechtere Bewurzelungsergebnisse erzielt.

Die Stecklinge der Kontrollvariante zeigten bis zum Winter die geringsten Ausfälle bei bewurzelten Stecklingen. Die Anteile der während des Winters abgestorbenen bewurzelten Stecklinge waren bei der Kontrollvariante am höchsten. Die "Plantosan"-Variante zeigte die größten Ausfälle an bewurzelten Stecklingen aber nur geringe Ausfälle im Winter. Die "Osmocote"- und "Nitrophoska"-Variante wiesen mit 6,3% relativ geringe Verluste an den bewurzelten Stecklingen während des Winters auf. SPETHMANN (1997a) berichtet bei der Eiche, anders als im eigenen Versuch, vor dem Winter über äußerst geringe Ausfälle an bewurzelten Stecklingen, während die Ausfälle nach dem Winter Werte von 5-20% erreichten.

Wie schon erwartet waren die Bewurzelungsergebnisse bei der schwervermehrbaeren Unterlage 'M9-4/80' deutlich schlechter als bei der Unterlage 'Gisela'. Auch hier wurden bei der Kontrollvariante die besten Ergebnisse erreicht und die schlechtesten mit "Plantosan". Es zeigte sich, ähnlich wie bei den Kirschen, daß der schnell freigesetzte Stickstoff zu schlechteren Bewurzelungsergebnissen führt. Die Stecklinge der "Osmocote"-Variante wiesen hier im Vergleich zu den anderen Varianten schlechtere Ergebnisse auf als bei der Kirschenunterlage. Nach der Bewurzelung starben bei allen Varianten weniger als 10%.

Bei der Kirschenunterlage wurde das signifikant schlechteste Sproßwachstum bei der Kontrolle und das beste bei der "Osmocote"-Variante beobachtet. Die Bewurzelung der Stecklinge war bei der ungedüngten Variante zwar gut, aber das weitere Wachstum und die

Entwicklung der Stecklinge war schlecht. Ziel bei der Stecklingsvermehrung sind nicht nur die bewurzelten Stecklinge, sondern auch eine gute Weiterentwicklung. Deswegen ist die Bewertung einer Stecklingsmethode nur auf Grund der Bewurzelung der Stecklinge sehr einseitig und nicht angemessen. Diese Einschätzung wird auch von MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) und SPETHMANN (1997a) bestätigt. Von den Düngungsvarianten zeigte "Osmocote" die besten Ergebnisse insgesamt. Die Stecklinge entwickelten signifikant öfter drei und mehr Triebe als bei anderen Varianten und der Triebzuwachs war am stärksten. Dieser positive Einfluß von "Osmocote" wurde von mehreren Autoren festgestellt (MAC CARTHAIGH und PRZERADSKY 1988, MAC CARTHAIGH und EBLE 1989, SPETHMANN 1997a).

Da die Nährstoffmengen bei den Laubgehölzen (auch bei Obstbäumen) meistens in den Blättern gemessen werden, sind Angaben über Nährstoffmengen im Holz von Stecklingen in der Literatur nicht zu finden. Deshalb wurden die Werte der Kirschenunterlage mit den Werten von gleichaltrigem Holz jüngerer Bäume der Apfelsorte 'Gloster' verglichen (Tabelle 11).

Die Stickstoffwerte waren bei allen Varianten außer der Kontrolle höher als die Vergleichswerte in Tabelle 11. Bei allen gedüngten Varianten kam es zu starker Stickstoffaufnahme. Die höchsten N-Werte wurden bei der "Plantosan"-Variante ermittelt und die niedrigsten bei der "Osmocote"-Variante. Die Stecklinge der "Plantosan"-Variante bewurzelten sich am schlechtesten und die Stecklinge der "Osmocote"-Variante (neben der Variante "Kontrolle") am besten. Die Stecklinge der "Osmocote"-Variante erzielten auch das beste Wurzel- und Sproßwachstum. Es ist daraus zu schließen, daß die unterschiedliche Stickstofffreisetzung der Dünger und daraus folgend unterschiedlicher Stickstoffaufnahme der Stecklinge eine entscheidende Rolle, sowohl bei der Bewurzelung der Stecklinge als auch beim Wachstum und der Entwicklung der Stecklinge, spielt. Nach BLAZICH (1988) hat die Substratdüngung (entweder langsam freisetzende- oder wasserlösliche Düngung) nur geringen oder keinen Einfluß auf die Wurzelentstehung. Die Stecklinge der "Plantosan"-Variante wiesen im Herbst auch die höchsten Phosphor- und Magnesium Gehalte auf.

Die Salzgehalte im Substrat im Laufe der Stecklingsperiode wurden getrennt bei der Kirschen- und Apfelunterlage gemessen. Nach MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) besteht gerade bei den Düngern, bei denen eine schnelle Freisetzung erfolgt, die Gefahr zu hoher Salzkonzentration im Substrat. Die eigenen Ergebnisse zeigen, daß sowohl bei der

Kirschenunterlage als auch bei der Apfelunterlage die Werte der Salzgehalte im niedrigen Bereich blieben - die Werte überschritten keineswegs 1,0g KCl/l Substrat, was auch von empfindlichsten Pflanzenarten vertragen wird. Die Werte der Kontrolle blieben in der ganzen Vegetationsperiode am niedrigsten. Niedrige Salzgehalte wurden in den beiden Fällen auch bei dem organischen Dünger "Hornspäne" gemessen. Diese Werte zeigten ähnlich wie die Kontrolle und bei der Variante "Plantosan" kaum Schwankungen während der Stecklingsperiode. Die erreichten Salzgehalte der Variante "Plantosan" lagen bei der Kirschenunterlage deutlich höher als bei der Variante "Hornspäne". Schon vier Wochen nach dem Stecken wurden hier bei allen Varianten die höchsten Gehalte gemessen. Bei der "Plantosan"-Variante zeigte sich also eine schnelle und besonders am Anfang die stärkste Nährstofffreisetzung. Die Angaben von MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) wurden damit bestätigt. Sehr schnelle und starke Verfügbarkeit der Nährstoffe wurde auch bei der Variante "Nitrophoska" festgestellt. Hier wurden die höchsten Salzgehalte (bei der Kirschen- und Apfelunterlage) acht Wochen nach dem Stecken gemessen. Die schnelle und stärkere Nährstofffreisetzung bei "Plantosan" kann möglicherweise auch durch die hohen Bodentemperaturen (Anhang 18) in dieser Zeit verstärkt wurde (MAC CARTHAIGH und EBLE 1989). Die starke Abnahme der Salzgehalte gegen Ende August bei der "Nitrophoska"-Variante konnte wahrscheinlich im Zusammenhang mit der stärkeren N-Aufnahme der Stecklinge in dieser Zeit gebracht werden oder aber mit Auswaschung. Bei den Apfelstecklingen ist natürlich die erste Erklärung wegen des deutlich schlechteren Wachstums dieser Stecklinge nicht wahrscheinlich. Trotzdem wurde bei den Apfelstecklingen in dieser Zeit (gegen Ende August) auch im Fall der Variante "Osmocote" ein starker Rückgang der Salzgehalte festgestellt. Bei der Kirschenunterlage kam es bei der "Osmocote"-Variante erst Mitte September zu diesem Rückgang. Bei den Kirschenstecklingen war die Aufnahme stärker und führte auch noch im September zur Abnahme der Salzgehalte bei der "Osmocote"- und "Plantosan"-Variante.

Die gemessenen pH-Werte des Substrates lagen sowohl bei der Kirschenunterlage als auch bei der Apfelunterlage während der ganzen Periode im Bereich zwischen 4.2 und 4.6. Das erwünschte Ziel bei der Substratvorbereitung, einen pH-Wert des Substrates um 4.5 zu erreichen, war damit erfüllt. Der pH-Wert des Substrates spielt nach MLASOWSKY (1996) eine wichtige Rolle bei der Bewurzelung und dem Wachstum der Stecklinge. Die besten Ergebnisse (auch bei *Prunus avium*) wurden beim pH-Wert zwischen 3.2 und 4.5 erreicht. Bei den Apfelstecklingen konnten bei diesem pH-Wert keine gute Bewurzelungsergebnisse

erreicht werden. Der Anstieg des pH-Wertes bei der "Plantosan"-Variante, sowohl bei den Kirschenstecklingen als auch bei den Apfelstecklingen, könnte durch die basisch wirkende Freisetzung des Harnstoffs erklärt werden (MENGEL 1992).

Die überlebten bewurzelten Stecklinge aller Versuchsvarianten wurden im Frühjahr 1997 verschult, um das weitere Wachstum der Bäume zu beobachten.

Im Abhängigkeit von den Versuchsvarianten überlebten die Bäume bis Ende August (Ende der Veredlungsperiode) unterschiedlich, obwohl die Unterschiede nicht statistisch gesichert werden konnten. Die Bäume der "Plantosan"-Variante überlebten am schlechtesten. Es kann festgestellt werden, daß die Stecklinge der "Plantosan"-Variante, die im Bewurzelungszeitraum die höchsten Werte an Stickstoff aufwiesen, sowohl in der Stecklingsperiode als auch nach Verschulung am schlechtesten überlebten. Die Stecklinge der Kontrolle enthielten im Herbst weniger Stickstoff als die Stecklinge der anderen Varianten und überlebten die Stecklings- und Verschulperiode sehr gut. Hohe Stickstoffentzüge der Stecklinge in der Stecklingsperiode resultierten insgesamt in schlechtem Überleben sowohl in der Stecklings- als auch in der Verschulperiode.

Das Stammwachstum bei den verschulten Bäumen war am stärksten bei den Bäumen der "Plantosan"- und "Osmocote"-Varianten. Dabei wurden bei der "Osmocote"-Variante deutlich mehr für die Veredlung geeignete dickere Bäume (≥ 10 mm) festgestellt als bei der "Plantosan"-Variante. Den größten Anteil an Bäumen mit weniger als 7 mm Durchmesser zeigte die Kontrolle. Die Bäume der "Osmocote"-Variante erreichten auch den stärksten Neutrieb- und Seitentriebzuwachs und waren den Bäumen der "Plantosan"-Variante überlegen. Die Bäume der Kontrolle wuchsen am schlechtesten.

Die Unterschiede zwischen einzelnen Varianten in der Verschulungsperiode der Stecklinge konnten allerdings nicht gesichert werden. Trotzdem läßt sich aus diesen Ergebnissen schließen, daß die Auswahl der Düngungsart in der Bewurzelungsperiode sich auch noch in der Verschulungsperiode auswirkt. Die Stecklinge der "Nitrophoska"-Variante und der Kontrolle überlebten in der Verschulungsperiode zwar am besten, das Wachstum und die Entwicklung der Bäume war aber schlechter als bei "Osmocote" und "Plantosan". Die Bäume der "Osmocote"-Variante überlebten und wuchsen hinsichtlich der Stammdurchmesser besser als die Bäume der "Plantosan"-Variante. Daraus folgend zeigte sich die "Osmocote"-Variante auch in der Verschulungsperiode als die beste.

2.4.5 Einfluß des pH - Wertes und der Düngung

Die Kirschenstecklinge bewurzelten sich bei höherem pH-Wert (7.3) und überlebten bis zum Herbst etwas besser als die Stecklinge bei niedrigem pH-Wert (4.5). Die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge bis zum Herbst waren bei dem höheren pH-Wert deutlich kleiner als bei dem niedrigen pH-Wert. Gleiches zeigten auch die Ergebnisse nach dem Winter, die insgesamt deutlich schlechter waren als die Ergebnisse vor dem Winter. Im Frühjahr waren die Unterschiede (besonders bei den Ausfällen) zwischen den Stecklingen des niedrigen- und höheren pH-Wertes nicht mehr so groß wie im Herbst. Diese Ergebnisse widersprechen den Ergebnissen von MLASOWSKY (1996). Sie erzielte bei den Pflanzenarten *Quercus robur* und *Prunus avium* deutlich bessere Bewurzelungsergebnisse bei den niedrigen pH-Werten (3.2 und 4.5). Auch nach HARBAGE (1998) sollten die in-vitro-Stecklinge zweier Apfelsorten bei niedrigen pH-Werten (Optimum bei 4.0) signifikant mehr IBS aufnehmen als im Bereich der höheren pH-Werte (pH 6.0 und 7.0). Entsprechend bewurzelten sich die beiden Sorten bei den niedrigen pH-Werten (am besten bei pH 4.0) signifikant besser als bei den höheren (pH 6.0, 7.0). Diese Ergebnisse unterstützen wieder die Ergebnisse von MLASOWSKY (1996). Bei Berücksichtigung aller bewurzelten Stecklinge (überlebende- + abgestorbene bewurzelte Stecklinge) zeigen sich im eigenen Versuch sowohl im Herbst als auch im Frühjahr keine Unterschiede zwischen den beiden pH-Werten.

Beim Vergleich der Düngerstufen erzielten wir im Herbst die besten Ergebnisse bei der Gabe von 0,4g N/l Substrat und signifikant die schlechtesten bei der Kontrollvariante (0g N/l Substrat). Auch der Ausfall der bewurzelten Stecklinge bis zum Herbst war am größten bei der Kontrollvariante und am kleinsten bei der "0,4g"-Düngungsvariante. Die "0,4g"-Variante zeigte beim niedrigen pH-Wert die besten Bewurzelungsergebnisse. Im Frühjahr zeigten sich signifikant bessere Bewurzelungsergebnisse bei der Kontrolle und der "0,4g"-Düngungsvariante als bei den beiden anderen Düngungsvarianten. Die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge waren aber bei der "0,4"-Düngungsvariante deutlich kleiner als bei allen anderen Varianten. Nach MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) konnten bei der Zugabe von "Osmocote" (bis 1,0g N/l Substrat) keine Unterschiede hinsichtlich der Bewurzelungsrate festgestellt werden. Unterschiede wurden aber festgestellt bei den Eichenstecklingen (HARMS 1992, MLASOWSKY 1996). Auch JOHNSON (1977) ermittelte bei *Juniperus conferta* bessere Bewurzelung bei Zugabe von "Osmocote" im Vergleich zur Kontrolle. Die Bewurzelung war schneller bei den niedrigen "Osmocote"-Stufen (0,15g N/l

Substrat) sowohl bei *Juniperus conferta* als auch bei *Ligustrum japonicum*. Die Zugabe von "Osmocote" verringerte deutlich die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge in der Stecklingsperiode und dadurch waren auch die Anteile der überlebenden bewurzelten Stecklinge bei den "Osmocote"-Varianten deutlich höher als bei der Kontrolle. Dünger selbst hat keinen Einfluß auf den Ansatz der Wurzeln (BLAZICH 1988). Das wurde auch von CARNEY und WHITCOMB (1983) bei drei Gehölzarten bestätigt. WILLIAMS und BILDERBACK (1980) erzielten bei Versuchen mit *Rhododendron maximum* L. und *Kalmia latifolia* L. mit Einsatz von "Osmocote"-Dünger (0,2g N/l Substrat) allerdings schlechtere Bewurzelungsergebnisse als ohne Düngerzugabe.

Die Ausfälle der bewurzelten Stecklinge im Winter waren besonders niedrig bei der "0,4g"-Düngungsvariante. Die Ausfälle der beiden anderen Düngungsstufen ("0,2g"- und "0,6g"-Variante) waren ähnlich wie die Kontrollvariante. Insgesamt zeigte sich die Bedeutung der Optimierung von Düngermenge und pH-Wert bei der Stecklingsvermehrung.

Die Ergebnisse zeigen, daß die bewurzelten Stecklinge im Bereich des niedrigen pH-Wertes seltener Kallus bildeten als bei dem höheren pH-Wert. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von MLASOWSKY (1996) überein. Auch dort wurden mehr bewurzelte Stecklinge ohne Kallus bei den niedrigeren pH-Werten ermittelt. Nach diesen Ergebnissen bewurzelten sich die Stecklinge beim niedrigen pH-Wert öfter akrobasal als beim höheren, was in eigenem Versuch nicht der Fall war. Die Stecklinge der Kontrollvariante entwickelten öfter Kallus als die Stecklinge der gedüngten Varianten; bei der "0,6g"-Düngungsvariante wurde ein größerer Anteil bewurzelter Stecklinge mit Kallus ermittelt als bei den beiden anderen Düngungsvarianten. Die Stecklinge der "0,4g"-Variante bewurzelten sich öfter akrobasal als die Stecklinge der anderen Varianten. Die Bewurzelung bei der Kontrollvariante war fast nur basal. Nach SPETHMANN (1990, 1997a) tritt Kallusbildung bei gestörtem Wurzelwachstum verstärkt auf.

Die Anzahl der Hauptwurzeln war bei den Stecklingen des höheren pH - Wertes leicht erhöht. Diese Ergebnisse stehen wieder im Widerspruch zu den Ergebnissen von MLASOWSKY (1996). Dort bildeten die Stecklinge im niedrigen pH-Bereich mehr Wurzeln als im höheren Bereich. Auch die Ergebnisse von HARBAGE (1998) mit der besseren Auxinaufnahme bei dem niedrigen pH - Wert widersprechen unseren Ergebnissen. Nach

Ermittlungen von HARBAGE (1998) werden bei niedrigem pH-Wert mehr Hauptwurzeln erwartet. Damit könnten die Ergebnisse von MLASOWSKY (1996) erklärt werden.

Die Stecklinge der "0,4g"-Düngungsvariante erreichten die höchste Hauptwurzelzahl. Die Unterschiede konnten gesichert werden. Nach BLAZICH (1988) hat die Mineraldüngung keinen Einfluß auf die Wurzelentstehung und Wurzelzahl. Eine leichte Erhöhung der Wurzelzahl bei den höheren Düngergaben ist jedoch sichtbar, besonders bei der "0,4g"-Düngungsvariante, die insgesamt gute Ergebnisse zeigte. Stärkeres Wurzelwachstum durch langzeitfließende Dünger wurde von mehreren Autoren bestätigt (MAC CARTHAIGH und PRZERADZKI 1988, MAC CARTHAIGH und EBLE 1989, SPETHMANN 1997a). Nach MAC CARTHAIGH und PRZERADZKI (1988) und MAC CARTHAIGH und EBLE (1989) erwiesen sich jedoch höhere Mengen an "Osmocote" (ab 0,5g N/l Substrat) im Zusammenhang mit der Bildung von Wurzelrockensubstanz eher als nachteilig.

Die Stecklinge des niedrigen pH-Wertes zeigten signifikant stärkere Neutriebzuwächse als die Stecklinge im höheren pH-Bereich. Stärkeren Zuwachs bei Stecklingen des niedrigen pH-Bereiches bestätigen die Ergebnisse von MLASOWSKY (1996). Nach HARBAGE (1998) kommt es bei unterschiedlichem pH-Wert des Nährbodens nicht zu unterschiedlicher Metabolisierung des Auxins in der Pflanze. Der Unterschied im Haupttriebzuwachs könnte dadurch nicht verursacht werden. Wahrscheinlicher ist eine unterschiedliche Stickstoffaufnahme der Stecklinge in der Abhängigkeit vom pH-Wert des Substrates (MENGEL und PILBEAM, 1992). Die Pflanzen nehmen im sauren Bereich den Stickstoff meist als Nitrat auf, was nach mehreren Angaben zu deutlich besserem Wachstum führt, als wenn der Stickstoff als Ammonium aufgenommen wird (bei höherem pH-Wert) (MENGEL und PILBEAM, 1992). Es zeigten sich, zwar keine gesicherten, aber doch deutliche Wechselwirkungen im Neutriebzuwachs zwischen pH-Wert und Düngung. Aus der Abbildung 48 geht hervor, daß die Wirkung des Düngers bei dem niedrigen pH-Wert deutlicher war, als bei höherem. Dieser Unterschied war besonders stark bei der Variante mit 0,4g N/l Substrat. Auch das konnte durch Angaben von MENGEL und PILBEAM (1992) erklärt werden. Die Stecklinge der gedüngten Varianten wuchsen signifikant stärker als die Stecklinge der Kontrollvariante. Von den gedüngten Varianten zeigte die "0,6g"-Variante die größten Zuwächse. Das bessere Stecklingswachstum durch Anwendung von Dünger im Stecksubstrat wurde von mehreren Autoren ermittelt (CARNEY 1983, MAC CARTHAIGH und PRZERADZKI 1988, MAC CARTHAIGH und EBLE 1989, SPETHMANN 1997a). Einige Autoren

berichten, daß zu große Düngermengen zu schlechterem Zuwachs führen als kleinere Mengen (MAC CARTHAIGH und PRZERADZKI 1988, MAC CARTHAIGH und EBLE 1989).

Alle Mineralstoffwerte nahmen in der Zeit von Juli bis September in den Stecklingen zu. Das ist eine logische Folge der Aufnahme der Nährstoffe und des Pflanzenwachstums. Die Stickstoffmengen waren an beiden Analyseterminen (Mitte Juli und Anfang September) bei niedrigem pH-Wert signifikant höher als bei höherem pH-Wert. Das deckt sich mit den Feststellungen von MENGEL und PILBEAM (1992) und MLASOWSKY (1996). Die Pflanzen nehmen bei niedrigem pH-Wert Stickstoff überwiegend in Nitrat-Form auf. Nitrat wird meistens transportiert im Xylem in die oberirdischen Teile und umgeformt in Ammonium im Sproß und in den Blättern. Bei höherem pH-Wert nehmen die Pflanzen den Stickstoff meist als Ammonium auf, der überwiegend in den untersten Teilen der Pflanzen bleibt. Eigene Ergebnisse zeigten in der Vegetationsperiode höhere Stickstoffgehalte im Sproß und in den Blättern (Wurzeln wurden nicht analysiert) als bei niedrigem pH-Wert. Bei diesem pH-Wert nahmen die Pflanzen meist NO_3^- auf. Ergebnisse vor dem Winter zeigten in Trieben (ohne Blätter) bei niedrigem pH-Wert niedrigere Stickstoffgehalte und in Wurzeln höhere als bei höherem pH-Wert. Das stellt in Widerspruch zu der vorher zitierten Annahme von MENGEL und PILBEAM (1992).

Am ersten Analysetermin zeigten sich bei den anderen Nährstoffen keine große Unterschiede zwischen den beiden pH-Werten. Bei den Phosphorgehalten kam es zu Wechselwirkungen zwischen dem pH-Wert und der Düngung. Der höchste Phosphorgehalt wurde bei dem niedrigen pH-Wert bei der "0,6"-Variante gemessen. Die Calciumgehalte waren bei niedrigem pH-Wert leicht geringer als bei höherem. Im September wurden bei dem pH-Wert 4.5 signifikant höhere Phosphor- und Magnesiumgehalte festgestellt als bei pH 7.3. Die Calciumgehalte waren bei niedrigem pH-Wert geringer als bei höherem, bei Kalium wurde eine Wechselwirkung festgestellt. Die "0,2g"- und "0,6g"-Düngungsvarianten erzielten bei höherem pH-Wert höhere Gehalte als bei dem niedrigen pH-Wert, die Kontrolle und die "0,4g"-Variante erreichten höhere Kaliumgehalte bei niedrigem pH-Wert. Nach MENGEL und PILBEAM (1992) wurde die Aufnahme mehrere Nährstoffe (Calcium, Phosphor, Kalium, Magnesium) bei niedrigem pH-Wert erschwert. Die Aufnahme dieser Stoffe ist am besten bei den pH-Werten um die 6.0, bei höherem pH-Wert nimmt die Aufnahme wieder ab. Diese Feststellungen wurden bei einem Versuch mit *Beta vulgaris* (MENGEL und PILBEAM 1992) bestätigt, bis auf Magnesium, dessen höchste Werte wurden bei niedrigem pH-Wert

festgestellt. Letztes und auch unsere anderen Ergebnisse stimmen meist mit den Ergebnissen von MENGEL und PILBEAM (1992) überein. Nach HAYNES und SWIFT (1986) nahm die Austauschbarkeit verschiedener Nährstoffe (Calcium, Magnesium, Kalium) mit zunehmendem pH-Wert zu. Auch diese Feststellung könnte unsere, meist höheren Gehalte an verschiedenen Nährstoffen bei höherem pH-Wert erklären.

Die Stickstoffmenge in den Stecklingen war in der ganzen Vegetationsperiode (an beiden Terminen, an denen die Pflanzenproben genommen wurden) signifikant am größten bei der "0,6g"-Variante. Die Stecklinge dieser Variante enthielten auch vor dem Winter (Werte in Wurzeln statistisch signifikant) die größten Stickstoffgehalte. Bei der "0,6g"-Variante wurde den Stecklingen in der ganzen Periode die größte Stickstoffmenge angeboten (signifikant die höchsten N_{\min} -Werte). Die Kontrollvariante (ohne Düngung) wies in der ganzen Periode die geringsten Stickstoffgehalte auf. Die höchste Düngungsvariante wies nur vier Wochen nach dem Stecken in den Stecklingen auch die höchsten Gehalte an anderen Nährstoffen (beim Phosphor nur bei niedrigem pH-Wert) auf. Die Werte waren zu diesem Zeitpunkt am kleinsten bei der Kontrolle. Im September wurden in den Stecklingen der "0,6g"-Variante nur noch die höchsten Phosphorgehalte und beim höheren pH-Wert die höchsten Kaliumgehalte erreicht. Die zu diesem Zeitpunkt und auch am Ende der Vegetationsperiode (auch in Wurzeln) signifikant höchsten Calciumgehalte bei der Kontrolle könnten durch den früheren Vegetationsabschluß bei diesen Stecklingen erklärt werden. Vor dem Abschluß der Vegetationsperiode erfolgt bei den Pflanzen eine abschließende Verstärkung der Zellwände, wobei Calcium eine wichtige Rolle spielt (ZOCCHI und MIGNANI 1995, DAVIS 1996). Die hohen Ca-Gehalte bei höherem pH-Wert während der ganzen Vegetationsperiode sind durch die Aufkalkung des pH-Wertes mit CaCO_3 erklärbar. Die gleichen Ergebnisse wurden auch bei MLASOWSKY (1996) beim hohen pH-Wert erreicht. Am Ende der Vegetationsperiode wurden in Trieben und auch in Wurzeln bei der "0,6g"-Variante wieder die höchsten Nährstoffgehalte erreicht. Es scheint also die höchste Düngungsvariante auch die stärkste Nährstoffaufnahme zu bewirken. Trotzdem muß insgesamt die Nährstoffaufnahme bei unterschiedlichen Düngungsstufen zusammen mit dem pH-Wert betrachtet werden (MENGEL und PILBEAM 1992).

Die Kohlenhydratanalyse zeigte, daß die Stecklinge bei niedrigem pH-Wert höhere Mengen an Fruktose und Saccharose und etwas geringere Mengen an Glukose enthielten als die Stecklinge bei höherem pH-Wert. Stärkeres Wachstum der Pflanzen und dadurch stärkere

Kohlenhydratbildung bei niedrigem pH-Wert könnte diese Ergebnisse - besonders bei Fruktose und Saccharose erklären. In diesem Sinne überraschend zeigten die Stecklinge der Kontrollvariante (ohne Düngung) höhere Gehalte an Kohlenhydraten als die anderen Düngungsvarianten. Diese Ergebnisse könnten möglicherweise durch einen schnelleren Abschluß des Wachstums erklärt werden. Der schnellere Abschluß der Vegetationsperiode bei diesen Pflanzen würde zu der frühzeitigen und stärkeren Einlagerung der Reservestoffe führen.

Die Salzgehalte im Substrat waren insgesamt bei höherem pH-Wert höher als bei niedrigem. Bei der "0,6g"-Düngungsvariante wurden dabei auch Werte bis zum 2,0g Salz/l Substrat erreicht. Solche Werte können bei empfindlichen Arten schon zu Verbrennungen im Wurzelbereich führen. In unserem Versuch zeigten sich solche Symptome allerdings nicht. Anscheinend kann ein hoher pH-Wert auch bei dem Langzeitdünger eine schnellere Freisetzung bewirken, was besonders für salzempfindliche Arten nachteilig sein kann. In diesem Zusammenhang erwies sich die "0,4g"-Variante als am positivsten. Die pH-Werte blieben in der ganzen Periode meist auf dem ursprünglich angestrebten Niveau. Das ist sehr wichtig, weil die Ergebnisse zeigen, daß die Veränderung des pH-Wertes großen Einfluß auf den Erfolg der Stecklingsvermehrung haben kann. Mit der Erhaltung des pH-Wertes in der Vegetationsperiode auf dem angestrebten Niveau, bestätigte sich die Notwendigkeit des Einbezugs der pH-Kurve in die Versuchsplanung (MLASOWSKY 1996, SPETHMANN 1997a). Die Ergebnisse zeigen, daß der pH-Wert des Stecksubstrates ein äußerst wichtiger Versuchsparameter ist, der in der Vergangenheit kaum beachtet wurde.

Die N_{\min} -Gehalte in der ganzen Vegetationsperiode waren am höchsten bei der "0,6g"-Variante. Ganz hohe Werte bei dieser Variante noch im Oktober zeigen, daß ein großer Teil des Stickstoffs von den Stecklingen nicht aufgenommen werden konnte. Dabei wurde festgestellt, daß die Stecklinge in dieser Variante die höchsten Stickstoffmengen aufnahmen und dabei im Vergleich zu den anderen Varianten trotzdem schlechtere Ergebnisse erzielten. Diese Variante wurde somit überdüngt. Zwischen den "0,2g"- und "0,4g"-Varianten bestanden in der Vegetationsperiode (besonders am Anfang) keine großen Unterschiede in den N_{\min} -Mengen im Substrat. Bei der "0,4g"-Variante erfolgte in der Vegetationsperiode die beste Stickstoffaufnahme und am Ende der Vegetationsperiode ergaben sich geringere N_{\min} -Restmengen. Die N_{\min} -Ergebnisse zeigen weiter, daß sich der Stickstoff am Anfang der Vegetationsperiode meist in Ammonium-Form befand, später war er als Folge der Nitrifikation meist als Nitrat im Substrat vorhanden.

2.4.6 Auxinaufnahme bei *Prunus*- und *Malus*-Stecklingen

Prüfung der Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins in der Pflanze

Die Kontrollpflanzen zeigten, wie erwartet, beim Klon 'Gisela 4' deutlich bessere Bewurzelungsergebnisse, als bei der Unterlage 'M9-4/80'. Die Gesamtanteile des aufgenommenen markierten Auxins während der sechs Tage nach dem Stecken lagen bei beiden Unterlagen um 30%. Der Wert ist gering höher aber vergleichbar mit den Werten, die von EPSTEIN et al. (1993) im Versuch mit in-vitro-Pflanzen zweier *Prunus*-Klone mit IBS als appliziertem Auxin erreicht wurden. Der Vergleich ist begrenzt möglich, weil die Bedingungen, besonders bezüglich der Luftfeuchte, in beiden Versuchen ähnlich waren. Die Luftfeuchte ist sowohl in den in-vitro-Versuchen von EPSTEIN et al. (1993), als auch in den eigenen Versuchen im "Fog"-System relativ konstant und liegt in beiden Fällen zwischen 90 und 100%. In dem Versuch von EPSTEIN et al. (1993) wurden beim leichtbewurzelbaren Klon etwas höhere Aufnahmewerte festgestellt, als beim schwerbewurzelbaren Klon. Dieses Ergebnis stimmt mit den eigenen Ergebnissen überein. Beim leichterbewurzelbaren Klon 'Gisela 4' konnte leicht erhöhte Auxin-Aufnahme gegenüber dem Klon 'M9-4/80' festgestellt werden. Die Aufnahmeanteile waren bei beiden Klonen auf alle sechs Tage etwa gleichmäßig verteilt - die Aufnahme rate war schon nach eine Stunde etwa so groß wie nach sechs Tagen.

Die Verteilung der Radioaktivität in der Pflanze zeigte bei den beiden Unterlagen, daß der Auxin-Fluß schon nach einer Stunde in etwa gleicher Menge alle Teile bis auf die Blätter erreichte. Die Auxin-Verlagerung fand also gleich nach dem Stecken statt. Sie verlief akrobasal – von der Basis bis zur Triebspitze und zu den Blättern. Dieser Auxintransport verlief umgekehrt als der normale polare Auxintransport in der Pflanze. Der polare Auxintransport erfolgt basipetal und findet im Phloem statt (LOMAX et al. 1995). Es kann vermutet werden, daß die Auxinbewegungen gleich nach dem Stecken in Xylem stattfinden. Diese starke Auxin-Verlagerung gleich nach dem Stecken steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von EPSTEIN et al. (1993), bei denen die meiste aufgenommene Radioaktivität (80%) in der Basis der Stecklinge blieb. Auch die Ergebnisse von WIESMAN et al. (1988) mit *Vigna radiata* L. und die Angabe von HARTMANN et al. (1990) zeigten, daß die radioaktiv markierte IES nach dem Stecken meist im untersten Teil der Stecklinge blieb. In unserem Versuch konnte festgestellt werden, daß die Radioaktivität in der Stecklingsbasis und in den Blättern der Unterlage 'Gisela 4' nach einer Stunde und nach einem Tag höher war als im Stiel. Die Radioaktivitätsanteile im Stiel stiegen hier erst ab dem zweiten Tag. Bei der

schlechterbewurzelbaren Unterlage 'M9-4/80' waren die Radioaktivitätsanteile im Pflanzenstiel schon eine Stunde nach dem Stecken höher als in der Basis und in den Blättern. Das könnte die bessere Bewurzelung bei der Unterlage 'Gisela 4' erklären, da nach HARTMANN et al. (1990) und SPETHMANN (1997a, 1997b) die ersten Tage nach dem Stecken als die Auxin-aktiven Tage gelten. Auch die Ergebnisse von DE KLERK et al. (1995) und HARBAGE et al. (1993), die die Zeit zwischen einem und zwei- bzw. vier Tagen als die effektivste Zeit für die Wirkung von appliziertem Auxin ermittelten, könnten die bessere Bewurzelung beim Klon 'Gisela 4' erklären. Wie sich bei der DC-Analyse zeigte, war bei 'Gisela 4' der größte Teil dieser Radioaktivität im Form des freien Auxins (IES) vorhanden. Im Stiel der Stecklinge wurde besonders hohe Radioaktivität gegen Ende des Beobachtungszeitraums gemessen. Das zeigen auch die Ergebnisse der einzelnen Stielsegmente. Die Radioaktivität wurde bei 'Gisela 4' besonders stark in den unteren Stielsegmenten (6 – 9 cm) erhöht. Bei der Unterlage 'M9-4/80' konnten hingegen am ersten und am zweiten Tag nach dem Stecken in der Stecklingsbasis die niedrigsten Radioaktivitätswerte gemessen werden und auch im Stecklingsstiel blieben die Werte zu dieser Zeitpunkt auf einem niedrigen Niveau. Erst zum sechsten Tag stiegen die Werte im oberen Teil des Stiels deutlich an. Dieser Unterschied in der Radioaktivität und damit in der Auxin-Konzentration im Wurzelentstehungsbereich zwischen den beiden Klonen während der Auxin-aktiven Phase (HARTMANN et al, 1990; HARBAGE et al, 1993; DE KLERK et al, 1995; SPETHMANN, 1997a; SPETHMANN, 1997b) könnte die Ursache für die schlechteren Ergebnisse bei der Apfelunterlage 'M9-4/80' darstellen.

Weitere Versuche müßten jedoch klären, ob die Unterschiede korrelieren mit der unterschiedlichen Bewurzelung oder aber Art- bzw. Genotyp bedingt sind.

Auxinaufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung

Beim leichtbewurzelbaren Klon 'Gisela 4' wurde die Auxinbeweglichkeit bei den für das Stecken normal vorbereiteten – und bei mit Wasser gesättigten Stecklingen geprüft. Es wurde vermutet, daß die für das Stecken normal vorbereiteten Stecklinge trotz Maßnahmen gegen Feuchteverlust beim Stecken und kurz danach unter Wassermangel leiden. Andererseits wird beim Wasserdefizit ev. mehr Auxin über das aufgenommene Wasser aufgenommen.

Die Stecklinge, deren Wasseraufnahme direkt vor dem Stecken durch Tauchbehandlung gesättigt war, zeigten gegenüber den normal gesteckten Stecklingen (ohne "Wasser"-Vorbehandlung) deutlich schlechtere Bewurzelungsergebnisse. Die Gesamtradioaktivitätsaufnahme während der ersten sechs Tagen nach dem Stecken zeigte

zwischen den beiden Behandlungen keine großen Unterschiede. Die Stecklinge der "Wasser"-Variante nahmen insgesamt sogar leicht mehr Radioaktivität als die Stecklinge der "Normal"-Variante auf. Hier spielt ein, wegen der Wassersättigung, schwächeres "mass-flow" bezüglich der Auxinaufnahme keine Rolle. Es müssen für die Auxinaufnahme somit auch andere

Faktoren wichtig sein. Die Aufnahmeverteilung während der Versuchszeit war bei den beiden Varianten sehr ähnlich. Nach vier Tagen konnte bei den mit Wasser-behandelten Stecklingen der höchste Anteil der aufgenommenen Radioaktivität gemessen werden, während der Anteil der aufgenommenen Radioaktivität bei den "Normal"-behandelten Stecklingen zu diesem Zeitpunkt am geringsten war. Nach diesem Ergebnis sind die "Wasser"-Stecklinge mehr den 'Gisela 4'-Stecklingen im vorherigen Versuch vergleichbar, die aber gute Bewurzelungsergebnisse zeigten.

Die Stecklinge der beiden Varianten zeigten in ihrer Basis nach einer Stunde hohe Radioaktivitätsanteile, die bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen gleich danach in der Basis abnahmen. Die Abnahme war bei den "Normal"-behandelten Stecklingen nicht so deutlich. Bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen kam es also schneller zur Auxin-Verlagerung in Richtung oberer Pflanzenteile. Das bestätigte auch die Radioaktivitätsmessung nach einem Tag, bei der im Stiel ein höherer kumulativer Wert gemessen wurde als bei den unbehandelten Stecklingen. Bei den unbehandelten Stecklingen wurden im Stecklingsstiel nach zwei Tagen auch hohe Radioaktivitätsanteile gemessen, bei den mit Wasser behandelten Stecklingen kam es zu den Verlagerungen in Richtung Blätter. Nach zwei Tagen wurden in den Blättern und im Stiel ähnliche kumulative Werte gemessen. Die untersten Stielsegmente zeigten bei den "Normal"-behandelten Stecklingen in den ersten zwei Tagen nach dem Stecken leicht höhere Radioaktivitätswerte, als bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen. Die deutlichsten Unterschiede zwischen beiden Varianten zeigten sich im Blatt schon nach zwei Tagen und verstärkten sich bis zum sechsten Tag. Bei gesättigten Stecklingen zeigten Blatt-Mitte und Blatt-Spitze zusammen 4000 Zerfälle/Minute, während der Wert bei den unbehandelten Stecklinge nur 1800 Zerfälle/Minute erreichte.

Diese Ergebnisse zeigten stärkere bzw. längere Auxinanwesenheit bei den "Normal"-behandelten Stecklingen in den untersten Stecklingsteilen (Wurzelbildung) während der Auxin-aktiven Phase (HARTMANN et al. 1990, HARBAGE et al. 1993, DE KLERK et al. 1995, SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b) und könnten damit die besseren Bewurzelungsergebnisse bei den "Normal" gesteckten Stecklingen erklären. Schnellere

Bewegungen des Auxins von der Basis bis zur Pflanzenspitze bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen könnten nicht mit der Kraft des Massenflusses erklärt werden, da die Transpiration bei diesen Stecklingen wegen der Sättigung mit Wasser und Vermehrung im Fog-System minimal war. Wie schon angenommen muß der Grund für die Auxinverlagerung bei den Stecklingen in anderen Mechanismen gesucht werden.

Prüfung des aufgenommenen Auxins auf Metabolisierung

Für die Induktion der Wurzelbildung ist die Frage wie Auxin in den Steckling aufgenommen wird von großer Bedeutung. Es wurde gezeigt, daß das aufgenommene Auxin sehr schnell in der Pflanze transportiert wird. Die Frage über dabei mögliche Metabolisierung dieses Auxins bleibt. NORDSTRÖM et al. (1991) zeigten, daß IES in wäßriger Lösung extrem instabil ist. Schon nach 2 Tagen bei Zimmertemperatur konnte IES nicht mehr nachgewiesen werden. Bei vielen Untersuchungen zur IES-Metabolisierung in Stecklingen, meist unter in-vitro-Bedingungen, wurde gezeigt, daß IES auch in der Pflanze sehr schnell umgebaut wird (ANDREAE und GOOD 1957, NORCINI und HEUSER 1988, WIESMAN et al. 1988, NORDSTRÖM et al. 1991). LOMAX et al. (1995) berichten über mehrere Untersuchungen, die nachweisen konnten, daß IES beim polaren Transport in der Pflanze meist in Form von IES transportiert wird. In unserem Versuch konnte über DC-Analyse mit [¹⁴C]IES-Standard nachgewiesen werden, daß ein großer Teil der applizierten IES in den Kirschenstecklingen auch nach sechs Tagen noch in Form der freien Säure vorliegt. In der Basis der Stecklinge konnten hier nach vier und sechs Tagen keine IES oder Indol-Metabolite nachgewiesen werden.

Bei schwerbewurzelbaren Apfelstecklingen konnte freie IES nur in den Blättern nach einer Stunde, nach vier Tagen und nach sechs Tagen nachgewiesen werden. Bei diesen Stecklingen wurden also in den ersten vier Tagen - in der auxin-aktiven Phase (HARTMANN et al. 1990, SPETHMANN 1997a, SPETHMANN 1997b) keine freie IES, sondern mehrere Indol-Metabolite nachgewiesen. Die Abwesenheit von IES könnte ein Grund für die schlechteren Bewurzelungsergebnisse dieses Klones darstellen. EPSTEIN et al. (1993) berichten über einen Versuch mit leicht- und schwerbewurzelbaren Klonen bei *Prunus avium*. Hier konnte ebenfalls eine sofortige Metabolisierung des Auxins (IBS) nach dem Stecken beim schwerbewurzelbaren Klon festgestellt werden. Beim leichtbewurzelbaren Klon war einen Tag nach dem Stecken die freie IBS noch nachweisbar, erst später wurde sie auch metabolisiert. Nach vier Tagen konnte IBS wieder nachgewiesen werden. Von den Autoren wurde vermutet, daß der leichtbewurzelbare Klon hydrolytische Enzyme besitzt, durch welche die IBS nach vier Tagen durch Hydrolyse wieder freigesetzt wird. Die wichtigste

Unterschied zwischen den leicht- und schwerbewurzelbaren Klonen liegt demnach in der Anwesenheit dieser hydrolytischen Enzyme, die bei den leichtbewurzelbaren Klonen eine Freisetzung der Auxine und damit gute Bewurzelungsergebnisse ermöglichen.

Bei Versuchen mit IES (ANDREAE und GOOD 1957, NORCINI und HEUSER 1988, WIESMAN et al. 1988, NORDSTRÖM et al. 1991) wurde gezeigt, daß die IESsp der häufigste IES-Metabolit bei den Stecklingen nach dem Stecken ist. Von BIALEK und COHEN (1986) wurden bei *Phaseolus vulgaris* L. beim IES-Metabolismus auch hochmolekulare Peptid-Konjugate analysiert. Die Untersuchung von NORCINI und HEUSER (1988) zeigte bei *Vigna radiata* L. die Entstehung zweier Substanzen mit niedrigeren Rf-Werten. Auch die Untersuchungen mit IBS als appliziertem Auxin bei Stecklingen zeigten nach der Auxin-Metabolisierung in der Pflanze neben der IBSsp die Anwesenheit eines hochmolekularen Konjugates (WIESMAN et al. 1989). Gemäß dieser Ergebnisse kann möglicherweise im eigenen Versuch mit der Unterlage 'Gisela 4' bezüglich der hRf-Werte zwischen 2 und 4 ebenfalls auf die Entstehung eines hochmolekularen Konjugates geschlossen werden. Auch bei den hRF-Werten zwischen 16 und 18 handelt sich wahrscheinlich um ein hochmolekulares Konjugat der IES. Bei den Stecklingen der Kirschenunterlage wurde auch eine Verbindung mit einem hRf-Wert größer als 60 nachgewiesen. Nach den erwähnten Literaturangaben könnte es sich hier um die Anwesenheit der IESsp handeln, die eine niedrigere Molekülmasse besitzt und deswegen bei der DC-Analyse höhere hRf-Werte erreicht. Die Konzentration dieser Substanz in unserem Versuch war entgegen die Untersuchungen von NORCINI und HEUSER (1988) und WIESMAN et al. (1988) im Vergleich zu der freien IES sehr gering. Es zeigte sich, daß der Anteil der beiden hochmolekularen Substanzen und auch der IESsp in eigenem Versuch ab dem zweiten Tag nach dem Stecken (bei IESsp ab dem vierten Tag) abnahm. Nach BANDURSKI (1982) könnte es sich hier um die Reservesubstanzen handeln, aus denen später für den Bewurzelungsprozess IES freigesetzt wird.

Bei der *Malus*-Unterlage 'M9-4/80' konnten, außer in den Blättern vier Tage nach dem Stecken keine hochmolekularen Metabolite nachgewiesen werden. Es wurden mehrere Substanzen mit hRF-Werten zwischen 50 und 83 nachgewiesen. Bei den Werten zwischen 61 und 67 handelt sich wahrscheinlich um IESsp. Neben dieser Substanz könnte es sich um einige Ester-Konjugate der IES handeln (EPSTEIN et al. 1993).

Eine synoptische Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zeigt Tabelle 66.

Tabelle 66: Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Versuchsart	Ergebnisse
<p>Vermehrbarkeit der <i>Prunus</i>- und <i>Malus</i>-Unterlagen</p>	<p>Einstufung der <i>Prunus</i>- und <i>Malus</i>-Klone:</p> <p>Leichtbewurzelbare Klone: alle Kirschen- ('F12/1'; 'Colt'; 'Gisela 5'; 'Gisela 4'; 'Wei. 13'; 'Wei. 158'; 'Wei. 53'; 'Wei. 154'; 'Wei. 72') und Apfelunterlagen 'M27'; 'PiS1'; 'PiS2'; 'PiS3'</p> <p>Schwerbewurzelbare Klone: Apfelunterlagen 'M9'-Klone ('M9-4/80'; 'M9-984'; 'M9-756'; 'M9-751') und 'Pi80'</p>
<p>Einfluß des physiologischen Alters der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung</p>	<p>Leichtbewurzelbare Klone (Bsp.: 'Gisela 5'): juveniles Material führte tendenziell zur besseren Bewurzelung und größeren Zahl der Hauptwurzeln</p> <p>IBS bewirkte tendenziell stärkere Kallusbildung, mehr Hauptwurzeln und stärkere Zuwächse</p> <p>Schwerbewurzelbare Klone (Bsp.: 'M9-984'): juveniles Material zeigte signifikant bessere Bewurzelung, stärkere basale Bewurzelung, mehr Hauptwurzeln, längeres Wurzelsystem, stärkeres Triebwachstum</p> <p>IBS bewirkte tendenziell bessere Bewurzelung, stärkere akrobasale Bewurzelung, mehr Hauptwurzeln, längeres Wurzelsystem, stärkeres Triebwachstum</p>
<p>Einfluß der Stecklingslänge auf die Bewurzelung</p>	<p>Längen zwischen 20 und 24 cm zeigten tendenziell bessere Bewurzelung, mit den Längen zwischen 25 und 30 cm signifikant mehr Hauptwurzeln, tendenziell längeres Wurzelsystem und stärkeres Seitentriebwachstum</p>

Tabelle 66 (Fortsetzung)

<p>Einfluß verschiedener Düngerarten auf Bewurzelung und Sproßwachstum</p>	<p>Leichtbewurzelbare Klone (Bsp.: ‘Gisela-Ruthe’): “Osmocote” führte tendenziell mit der Kontrolle zur besseren Bewurzelung vor dem Winter, zu stärkerer Wurzelbildung, signifikant stärkerem Triebwachstum in der Stecklingsperiode, mit “Plantosan” auch tendenziell zu stärkerem Pflanzenwachstum nach der Verschulung</p>
	<p>Schwerbewurzelbare Klone (Bsp.: ‘M9-4/80’): Kontrolle zeigte tendenziell bessere Bewurzelung vor dem Winter, “Plantosan” nach dem Winter, “Plantosan” führte tendenziell zur besseren Wurzelbildung und zum stärkeren Triebwachstum</p>
<p>Einfluß des pH-Wertes und Düngung des Substrates</p>	<p>Leichtbewurzelbare Klone (Bsp.: ‘Gisela-Ruthe’)</p>
	<p>niedrigerer pH-Wert (4.5) bewirkte tendenziell schlechtere Bewurzelung, größere Ausfälle während des Winters, geringere Kallusbildung, schwächere akrobasale Bewurzelung, schwächere Wurzelbildung und stärkeres Triebwachstum</p>
	<p>“0,4g”-Düngung zeigte signifikant bessere Bewurzelung, geringere Kallusbildung, stärkere akrobasale Bewurzelung, mehr Hauptwurzeln und mit der “0,6g”-Variante stärkeres Triebwachstum</p>
	<p>Als die beste Kombination erwies sich “0,4g”-Düngung beim pH-Wert 4,5</p>

Tabelle 66 (Fortsetzung)

	<p>Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung des Auxins in der Pflanze</p>	<p>Bei den beiden Unterlagen (‘Gisela 4’ und ‘M9-4/80’) fand gleich nach dem Stecken die Auxin-Verlagerung in akrobasale Richtung statt. Beim leichtbewurzelbaren Klon ‘Gisela 4’ verblieb in den ersten Tagen nach dem Stecken ca. 40% gemessener Radioaktivität in der Basis, beim schwebewurzelbaren Klon ‘M9-4/80’ betrug der Anteil ca. 30%.</p>
<p>Auxinaufnahme bei <i>Prunus</i>- und <i>Malus</i>-Stecklingen</p>	<p>Auxinaufnahme bei unterschiedlicher Wassersättigung des Stecklings</p>	<p>Bei den mit Wasser gesättigten Stecklingen fand eine schnellere Verlagerung der Radioaktivität in die akrobasale Richtung statt als bei den “Normal”-behandelten Stecklingen, die Bewurzelung war schlechter. “Mass-flow” spielt bei der Auxinaufnahme keine Rolle.</p>
	<p>Prüfung des aufgenommenen Auxins auf Metabolisierung</p>	<p>‘Gisela 4’: die aufgenommene Radioaktivität verblieb meist im Form der IES, zusätzlich wurden noch einige Metabolitgruppen geformt. ‘M9-4/80’: wenig der aufgenommenen Radioaktivität verblieb im Form der IES, auch andere Metabolitgruppen (weniger als bei ‘Gisela 4’) konnten festgestellt werden.</p>

3 WACHSTUMSVERGLEICH DER *PRUNUS*-STECKLINGS-PFLANZEN AUS KONVENTIONELLER UND IN-VITRO-VERMEHRUNG

3.1 Einleitung

Um eine Vermehrungsmethode objektiv bewerten zu können, sind die mit dieser Methode vermehrten Pflanzen mit den durch andere Methoden vermehrten Pflanzen zu vergleichen.

Neben SPELLERBERG (1985) konnte auch SPETHMANN (1997a) feststellen, daß sich unzählige Stecklingsversuche nur mit der Bewurzelung der gesteckten Stecklinge befassen. Das komplexe System „Stecklingsvermehrung“ wird dann durch solche Teil-Ergebnisse bewertet, was zu falschen Schlüssen führen kann.

Die Wachstumsvergleiche zeigen die Eigenschaften der durch die verschiedenen Vermehrungsmethoden vermehrten Pflanzen. Es kann festgestellt werden, wie schnell eine erwünschte Pflanzenqualität bei diesen Pflanzen erreicht wird. Die gewünschte Pflanzenqualität hängt mit dem späteren Verwendungsbereich zusammen.

Im forstlichen Bereich ist es von Interesse, daß die jungen Bäume möglichst schnell gerade Stämme ausbilden. Bei der Eiche wurden deswegen in der Vergangenheit parallel mit der Entwicklung des Verfahrens für Stecklingsvermehrung auch Wachstumsvergleiche zwischen den Stecklingspflanzen und Sämlingen durchgeführt. MÜLLER (1991) und SPETHMANN (1986b, 1997a) berichteten, daß die Stecklingspflanzen in der Wachstumsstärke oft den Sämlingen gleichen oder denen sogar überlegen sind.

Bei den Ziergehölzen sollen die erwünschten Ziereigenschaften der Mutterpflanzen (z.B. das Blühverhalten) bei der Nachkommenschaft in möglichst großem Maße beibehalten werden. Bei den in-vitro-Pflanzen ist das oft nicht der Fall, da durch in-vitro-Rejuvenilisierung die Blütenanlage ausbleibt. In langjährigen Feldversuchen werden deswegen die in-vitro-vermehrten Pflanzen mit den durch konventionelle Methoden vermehrten Pflanzen und mit den Veredlungen verglichen (PLIETZSCH, 1998).

Bei der Vermehrung von Obstunterlagen stellt sich die Frage, wie schnell okulationsfähige Unterlagen produziert werden und welchen Einfluß diese Unterlagen und deren Vermehrungsmethoden auf das Wachstum und die Entwicklung der darauf veredelten Bäume

haben. Beide Fragen sind aus ökonomischen Gründen von großer Bedeutung. Die Optimierung der Vermehrungsmethode umfaßt hier deswegen auch die Wachstumsvergleiche der durch die verschiedenen Methoden vermehrten Pflanzen.

WEBSTER und SCHMIDT (1996) stellten fest, daß die Wahl einer Unterlage die effektivste und auch eine kontinuierliche Methode der Wachstumskontrolle der Kirschbäume ist. Sie berichten, daß mehrere Süßkirschenklone auf der Unterlage 'Colt' keinen Minderwuchs im Vergleich zu den Bäumen mit 'F12/1' zeigten. Dagegen gibt es Ergebnisse aus England über schwächeres Baumwachstum mit dieser Unterlage als mit der Unterlage 'F12/1',

FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985) berichten über eine signifikante Korrelation ($r = 0,39$) zwischen der Kronengröße der unveredelten Unterlagen und der Kronengröße der Veredlungen. Die Kronengrößen der Veredlungen waren nach 6 Jahren deutlich geringer als die der unveredelten Unterlagen nach 8 - 10 Jahren. Es konnte keine Korrelation zwischen den Frischmassen der grünen Teile bei den unveredelten und veredelten Bäume festgestellt werden.

FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985) zeigten, daß die Veredlungen 'F12/1' und 'Colt' größere Bäume (größere Krone) mit größerem Umfang und größerer Frischmasse entwickelten als auf *Prunus cerasus*-Unterlagen ('Weiroot'-Unterlagen) und auf Unterlagen *Prunus cerasus* × *Prunus incisa* und *Prunus cerasus* × *Prunus canescens* ('Gisela'-Unterlagen). Nach den Autoren kennzeichnet die Frischmasseproduktion die Wuchsstärke am besten. In mehreren großen Versuchen konnte GRUPPE (1985) feststellen, daß die Sorte 'Hedelfinger' auf den Unterlagen der Kreuzungen *Prunus cerasus* × *Prunus fruticosa*, *Prunus fruticosa* × *Prunus cerasus*, *Prunus cerasus* × *Prunus avium*, *Prunus fruticosa* × *Prunus avium* und *Prunus cerasus* × *Prunus canescens* (Gisela-Unterlagen) eine deutlich geringere Baumkrone entwickelt als auf der Unterlage 'F12/1'.

PENNELL et al. (1983) berichten über schwaches Wachstum und geringere Erträge der Kirschensorten 'Merton Glory' und 'Merton Bigarreau' auf schwachwuchsinduzierenden Sämlingsunterlagen der *Prunus avium*. Auf den Unterlagen *Prunus mugus*, *Prunus canescens*, 'Colt' und auf vegetativ vermehrtem *Prunus avium*-Klon Fd1/57/4/13 erreichten diese Sorten hohe Erträge.

In Belgien wurden mehrere schwachwuchsinduzierende Unterlagen mit der Bezeichnung "GM" selektiert (TREFOIS 1984). Sorten auf diesen Unterlagen zeigten deutlich schwächeres Wachstum und bessere Erträge als auf der Unterlage 'F12/1'.

Trotz mehrerer Wachstumsvergleiche zwischen Unterlagen und Sorten veredelt auf diese Unterlagen bleiben Wachstums- und Entwicklungsverhältnisse zwischen Pflanzen auf eigener Wurzel und Veredlungen auf diese Unterlagen in bestimmtem Maße noch unbekannt (FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE 1985). Wenig ist bekannt über das Übertragen unterschiedlicher Effekte von der Unterlage auf das Wachstum und die Erträge der Veredlungen (WEBSTER und SCHMIDT 1996). Es fehlen Vergleiche der durch unterschiedliche Vermehrungsmethoden vermehrten Unterlagen in der Verschulperiode und in den Jahren nach der Okulation. Es gibt keine Informationen über die benötigte Zeit bis zur Okulation bei den Abriß-, Stecklings- und in-vitro-Pflanzen. Sind die Merkmale des vegetativen Wachstums bei allen drei Gruppen ähnlich oder bestehen gravierende Unterschiede? Bestehen bezüglich der Verschulung Unterschiede zwischen "Standards" ('F12/1, 'Colt') und den neueren schwachwuchsinduzierenden Unterlagen ('Gisela', 'Weiroot')? Weiter stellt sich die Frage, ob die eventuellen Unterschiede zwischen den unterschiedlich vermehrten Pflanzen in der Verschulungsperiode auch in der Zeit nach der Okulation bei den Veredlungen auf diesen Unterlagen bestehen bleiben. Dieser Frage ist auch unter dem Aspekt des Blütenansatzes nachzugehen.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchsanlage

3.2.1.1 Standort

Die beiden Vergleichsversuche wurden auf dem Versuchsgelände Ruthe der Abteilung Baumschule der Universität Hannover durchgeführt. Der Boden ist eine Parabraunerde, die sich aus einer bis zu 1,5 m mächtigen Lößdecke über fluviatilem Sand und Kies der Leine-Mittelterrasse entwickelt hat. Diese liegt etwa 10 bis 12 m oberhalb des mittleren Wasserstandes des Leine, so daß der Standort grundwasserfern ist. Die Bodenart ist toniger Schluff bis schluffiger Lehm. Die Bodenzahl liegt zwischen 74 und 82. Die mittlere Höhe über NN beträgt 73 m (HORNIG, 1995).

3.2.1.2 Unterlagen - Bewirtschaftungsmaßnahmen

Für die Vergleichsversuche wurden über unterschiedliche Vermehrungsmethoden herangezogene Kirschenunterlagen benötigt. Die Stecklinge und in-vitro-Pflanzen für das Jahr 1996 wurden selber in der Abteilung Baumschule produziert. "Abriß"-Pflanzen und in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Gisela 5' im Jahr 1997 stammten aus der Baumschule "Lodder" bei Münster, die 'Weiroot'-in-vitro-Pflanzen stellte die Baumschule "Herr" aus Meckenheim zur

Verfügung. Die in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Gisela 4' wurden von der Baumschule "Linke" geliefert. Von den 'Gisela'- und 'Weiroot'-Unterlagen waren keine Abriß-Pflanzen erhältlich, von 'Colt' keine in-vitro-Pflanzen (Tabelle 67).

Tabelle 67: Darstellung der in den Vergleichsversuchen einbezogenen Unterlagen

Unterlage	Vermehrungsart	Versuchsjahr	Produktionsjahr	Lieferant
F12/1	Abriß	1996	1995	Lodder
F12/1	Steckling	1996	1995	Ruthe
F12/1	in vitro	1996	1995	Ruthe
F12/1	Abriß	1997	1996	Lodder
F12/1	Steckling	1997	1996	Ruthe
Colt	Abriß	1996	1995	Lodder
Colt	Steckling	1996	1995	Ruthe
Colt	Abriß	1997	1996	Lodder
Colt	Steckling	1997	1996	Ruthe
Gisela 5	Steckling	1996	1995	Ruthe
Gisela 5	in vitro	1996	1995	Ruthe
Gisela 5	Steckling	1997	1996	Ruthe
Gisela 5	in vitro	1997	1995	Lodder
Gisela 4	Steckling	1997	1996	Ruthe
Gisela 4	in vitro	1997	1995	Linke
Weiroot 154	Steckling	1996	1995	Ruthe
Weiroot 154	in vitro	1996	1994	Herr
Weiroot 154	Steckling	1997	1996	Ruthe
Weiroot 154	in vitro	1997	1995	Herr
Weiroot 53	Steckling	1997	1996	Ruthe
Weiroot 53	in vitro	1997	1995	Herr

Die erwähnten Unterlagen wurden im April 1996 bzw. März 1997 ins Freiland ausgepflanzt. Der Abstand betrug $0,40 \times 1,20$ m. Die Unterlagen wurden auf eine möglichst einheitliche Höhe eingekürzt (zwischen 50 und 100 cm). Die unveredelten Unterlagen aus dem Pflanzjahr 1996 wurden im Frühjahr 1997 weitestgehend unbeschnitten gelassen, nur einige im Jahr 1996 sehr schlecht wachsende Pflanzen wurden zurückgeschnitten. Die Bewässerung der Versuche erfolgte nach Bedarf. In allen Jahren wurden Pflanzenschutzmaßnahmen gegen Läuse durchgeführt. Eine Düngung von 333 kg/ha "Blau Foska Spezial" (12-12-17-2) (40 kg N/ha) erfolgte im Frühjahr 1997 (Mitte Mai) bei den Bäumen aus dem Jahr 1996 nach vorheriger Bodenanalyse. Im Frühjahr 1998 (Anfang Juli) wurden die Bäume auf den beiden

Parzellen wieder mit 333 kg/ha “Blau Foska Spezial (12-12-17-2) (40 kg N/ha) gedüngt. Zusätzlich erfolgte in diesem Jahr wegen Kalium-Mangel eine Düngung mit 333 kg/ha “Kalimagnesia” (0-0-30-2) und wegen Eisen-Mangels bei den Bäumen aus dem Jahr 1996 eine Düngung mit 50 kg/ha “Basafer” (Eisen-Dünger). In den Jahren 1996 und 1997 erfolgte Ende Juli die Okulation (Sommerveredlung) der einjährigen Kirschenunterlagen mit der Kirschensorte ‘Hedelfinger’. Die Reiser stellte das Pflanzenschutzamt in Hannover zur Verfügung. Im Jahr 1997 wurde auch eine Sommernachveredlung der zweijährigen Bäume (Versuch 1996) durchgeführt.

3.2.2 Bäume nach der Verschulung

3.2.2.1 Bestimmung des vegetativen Wachstums

- Stammdurchmesser

Im Sommer 1996 wurde bei den im Frühjahr 1996 verschulten Unterlagen der Stammdurchmesser gemessen. Die Messung erfolgte in einer Höhe von 10 cm (Veredlungshöhe) über dem Boden.

Im Jahr 1997 erfolgte die Messung an den im Frühjahr 1997 verschulten Unterlagen zweimal. Der Stammdurchmesser wurde im Frühjahr nach der Verschulung und im Sommer vor der Veredlung bestimmt. Die Messung erfolgte in einer Höhe von 10 cm (Veredlungshöhe) über dem Boden. Der Stammdurchmesser wurde an jedem Baum immer an der gleichen Stelle gemessen. Dafür wurde bei der Messung im Frühjahr die Meßstelle mit Farbe markiert. Aus jeweils 2 Messungen des Stammdurchmessers im Winkel von 90° versetzt wurde ein mittlerer Wert des Stammdurchmessers gebildet.

- Triebwachstum

Um das Triebwachstum zu verfolgen, wurde im Jahr 1996 vor der Veredlung an den im gleichen Jahr verschulten Unterlagen die Länge der diesjährigen Triebe gemessen. Im Jahr 1997 wurde die Länge der Triebe (getrennt Haupttrieb und Seitentriebe) an den im Frühjahr 1997 verschulten Unterlagen im vierzehntägigen Rhythmus bis zur Veredlung gemessen. Der Triebzuwachs (Haupttrieb- und Seitentriebzuwachs) ergab sich aus der Differenz der Trieblänge zwischen den Meßterminen. Der Meßwert am letzten Meßtermin wurde als der Gesamtriebzuwachs (Gesamthaupttrieb- und Gesamtseitentriebzuwachs) betrachtet.

- Anzahl der Triebe

Im Jahr 1996 wurde vor der Veredlung die Anzahl der Seitentriebe gezählt. Um das Wachstum der Seitentriebe zu verfolgen, wurde im Jahr 1997 bei den im gleichen Jahr verschulten Unterlagen, die Anzahl der Seitentriebe in einem vierzehntägigen Rhythmus bis zur Veredlung gezählt. Die Zahl am letzten Termin in der Vegetationsperiode wurde als die Anzahl der im jeweiligen Versuchsjahr entwickelten Seitentriebe betrachtet.

- Nodienzahl

Im Jahr 1997 wurde in vierzehntägigen Abständen die Nodienzahl des Hauptsprosses ermittelt. Die Zunahme der Nodienzahl ergab sich aus der Differenz zwischen den einzelnen Meßterminen. Der Meßwert am letzten Meßtermin in der Vegetationsperiode wurde als die Gesamtnodienzahl im jeweiligen Versuchsjahr betrachtet.

3.2.3 Okulierte Bäume

3.2.3.1 Bestimmung des vegetativen Wachstums

- Stammdurchmesser der Unterlage

Im Frühjahr, vor dem Vegetationsbeginn, und im Herbst, nach dem Vegetationsabschluß, wurde bei den Veredlungen der Stammdurchmesser der Unterlage gemessen. Der Stammdurchmesser wurde immer an der gleichen Stelle (Markierung mit Farbe), einige cm unter der Veredlungsstelle mit der Schieblehre gemessen. Die Messung erfolgte wie bei den verschulten Bäumen (Kapitel 3.2.2.1). Aus der Differenz zwischen den beiden Messungen ergab sich der Zuwachs der Unterlage im jeweiligen Versuchsjahr.

- Stammdurchmesser des Edelreises

Zu Beginn der Vegetationsperiode und nach ihrem Abschluß wurde bei den Veredlungen der Stammdurchmesser des Edelreises gemessen. Der Stammdurchmesser wurde immer an der gleichen Stelle (Markierung mit Farbe), 10 cm oberhalb der Veredlungsstelle mit der Schieblehre gemessen. Die Messung erfolgte wie bei den verschulten Bäumen (Kapitel 3.2.2.1). Aus der Differenz zwischen den beiden Messungen ergab sich der Zuwachs des Edelreises im jeweiligen Versuchsjahr.

- Haupttrieblänge

Bei den Veredlungen wurde in vierzehntägigem Rhythmus die Länge des Haupttriebes gemessen. Die Meßwerte am letzten Meßtermin in der Vegetationsperiode wurden als der Gesamthaupttriebzuwachs im jeweiligen Versuchsjahr betrachtet.

- Nodienzahl

Die Nodienzahl des Hauptsprosses wurde in vierzehntägigen Abständen ermittelt. Der Meßwert am letzten Meßtermin in der Vegetationsperiode wurde als die Gesamtnodienzahl im jeweiligen Versuchsjahr betrachtet.

- Seitentrieblänge

Die Seitentrieblänge wurde bei den okulierten Bäume in vierzehntägigem Rhythmus verfolgt. Die Meßwerte am letzten Meßtermin in der Vegetationsperiode wurden als der Gesamtseitentriebzuwachs betrachtet.

- Anzahl der Seitentriebe

In vierzehntägigem Rhythmus wurde die Anzahl der Seitentriebe bei den Veredlungen ermittelt. Als die Zahl der im jeweiligen Versuchsjahr entwickelten Seitentriebe wurde der Meßwert am letzten Meßtermin genommen.

- Seitentriebansatz

Es wurde die Ansatzhöhe der Seitentriebe, ab welcher das Seitentriebwachstum beginnt, bei den einjährigen Veredlungen ermittelt.

- Ausgangswinkel

Während der Vegetationsperiode wurde bei den einjährigen Veredlungen der Ausgangswinkel des untersten Seitentriebes gemessen.

3.2.3.2 Bestimmung des generativen Wachstums

- Blütenbildung

Bei den Veredlungen im zweiten Standjahr wurden im Frühjahr die Bäume mit Blüten markiert und als die Anteile von allen lebenden Bäumen dargestellt.

3.2.4 Statistische Auswertung

Die Vergleichsversuche wurden als einfaktorielle Versuche mit 4 bzw. 5 Wiederholungen angelegt. Als Faktoren wurden Unterlagen-Sorte und Vermehrungsart (Abriß, Steckling und in vitro) variiert. Bei den Veredlungen 1996 wurde wegen der zu geringen Pflanzenzahl (nach der Veredlung) keine statistische Auswertung vorgenommen. Bei den Wachstumsparametern, die in vierzehntägigem Rhythmus gemessen wurden, wurden nur Gesamtwerte statistisch verrechnet.

Die varianzanalytische Verrechnung erfolgte mit dem Statistikprogramm NCSS. Die Statistikanalyse erfolgte mit der Varianzanalyse (ANOVA), die Mittelwertvergleiche mit DUNCAN-Testverfahren. Für die Versuche wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ gewählt. Entsprechend werden in den Tabellen und Abbildungen die Grenzdifferenzen jeweils für eine Wahrscheinlichkeit von 95% ($GD_{0,05}$) dargestellt. Die signifikanten Unterschiede werden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Wachstum der Bäume nach der Verschulung

Die Pflanzenbonitur erfolgte Mitte Juli 1996, kurz vor der Okulation. Die Überlebensergebnisse in der Tabelle 68 zeigen eine gute Überlebensrate (jeweils über 85%) von der Verschulung in Frühjahr bis zur Okulation im Sommer 1996. Alle in-vitro-Pflanzen hatten recht gute Überlebensprozente, Stecklingspflanzen hatten leicht geringere Prozente als Abriß-Pflanzen.

Tabelle 68: Anteile (%) der bis Sommer 1996 überlebten Unterlagen, getrennt nach Unterlage und Vermehrungsmethode

Unterlage	Methode	Anteil (%)
F12/1	Steckling	96
F12/1	Abriß	97
F12/1	in vitro	99
Colt	Steckling	89
Colt	Abriß	97
Gisela 5	Steckling	88
Gisela 5	in vitro	100
Weiroot 154	Steckling	86
Weiroot 154	in vitro	98

Die Überlebensrate der 1997 verschulten Unterlagen zeigt z.T. schlechtere Ergebnisse als 1996. Das gilt vor allem für die Stecklingspflanzen der Unterlagen 'Colt' (37,5%) und 'F12/1' (60,0%), aber auch für die Stecklingspflanzen der Unterlage 'Weiroot 53 (74,0%)). Die Pflanzen der anderen Varianten überlebten mit über 80,0 Prozent (Tabelle 69).

Tabelle 69: Anteile (in %) der bis Sommer 1997 (Veredlungszeitpunkt) überlebten Unterlagen, getrennt nach Klonen und Vermehrungsmethoden

Unterlage	Methode	Anteil (%)
Gisela 5	in vitro	100,0
Gisela 5	Steckling	85,0
Gisela 4	in vitro	96,0
Gisela 4	Steckling	96,0
Weiroot 154	in vitro	95,0
Weiroot 154	Steckling	85,0
Weiroot 53	in vitro	92,0
Weiroot 53	Steckling	74,0
F12/1	Abriß	90,0
F12/1	Steckling	60,0
Colt	Abriß	97,5
Colt	Steckling	37,5

Die Pflanzen der Unterlage 'F12/1' erreichten 1996 die höchsten Überlebensprozente, gefolgt von der Unterlage 'Gisela 5', 'Colt' und 'Weiroot 154'.

Die Darstellung der Überlebensergebnisse 1997 getrennt nach Klonen zeigte eine geringere Überlebensrate der Standards - 'F12/1' und 'Colt'. Über 90,0 Prozent der 'Gisela'-Klone und der 'Weiroot'-Klone (außer 'Weiroot 53') überlebten. Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (Tabelle 70).

Tabelle 70: Anteile (in %) der bis Sommer 1996 und 1997 überlebten Unterlagen in Abhängigkeit von den einzelnen Klonen

Unterlage	1996	1997
F12/1	97,3	76,4
Colt	93,0	68,9
Gisela 5	94,0	93,9
Gisela 4	-	96,0
Weiroot 154	92,0	91,4
Weiroot 53	-	83,0
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Hinsichtlich der Vermehrungsmethoden überlebten 1996 und 1997 die Stecklinge schlechter als in-vitro-Pflanzen bzw. Reißlinge. Die Unterschiede sind statistisch abzusichern (Tabelle 71).

Tabelle 71: Anteile (in %) der bis Sommer 1996 und 1997 überlebten Unterlagen in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Methode	1996	1997
Steckling	89,8 a	75,2 a
Abriß	97,0 b	96,0 b
in vitro	99,0 b	96,6 b
GD _{0,05}	3,8	11,3

Bei den Unterlagen wurde 1996 der Stammdurchmesser vor der Veredlung Ende Juli gemessen, dies zeigt daher den Zustand vor der Okulation. Es sollte berücksichtigt werden, daß die Unterschiede schon durch das z.T. inhomogene Pflanzenmaterial verursacht wurden.

Wie aus der Abbildung 56 hervorgeht, variiert der Durchmesser sowohl zwischen einzelnen Klonen als auch zwischen den Vermehrungsmethoden.

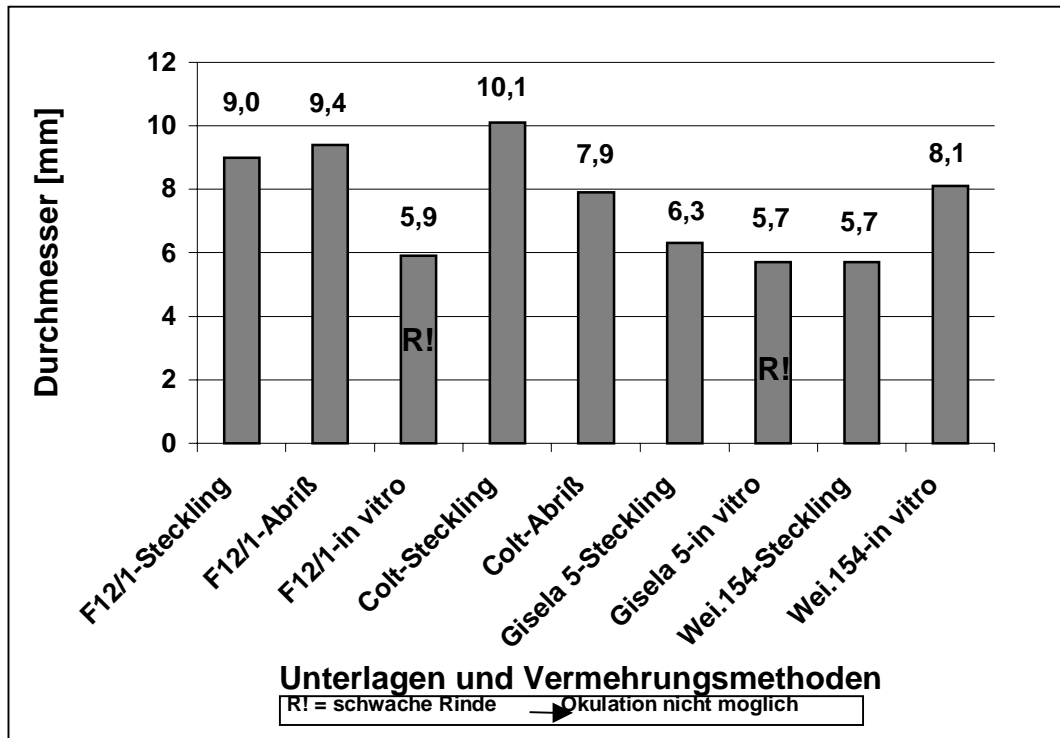
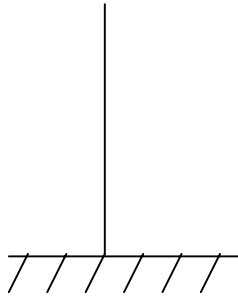
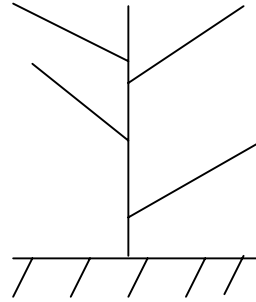


Abbildung 56: Stammdurchmesser der Unterlagen im Sommer 1996 (vor der Veredlung), getrennt nach den Klonen und Vermehrungsmethoden

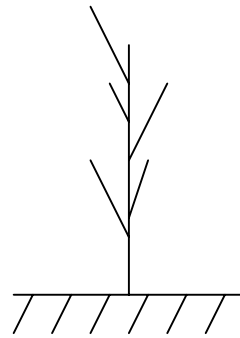
Der geringste Durchmesser wurde bei den in-vitro-Pflanzen der Klone 'F12/1' und 'Gisela 5' und bei den Stecklingspflanzen der Unterlage 'Weiroot 154' ermittelt. Die in-vitro-Pflanzen der beiden erwähnten Klone wurden als einjährige Pflanzen im Mai 1996 im Freiland gepflanzt und konnten trotz starken Wachstums nicht den Entwicklungszustand der anderen Pflanzen (z.B. der zweijährigen in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Weiroot 154') erreichen. Die Okulation war hier deswegen nicht möglich. Die einjährige Stecklingspflanzen der Unterlage 'Weiroot 154' zeigten schwaches Wachstum im ersten Jahr. Die zweijährigen in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Weiroot 154' zeigten stärkeres Wachstum und erreichten im Mittel einen größeren Durchmesser als die Abriß-Pflanzen der stärker-wüchsigen Unterlage 'Colt'. Die Stecklinge der Unterlage 'Colt' wuchsen am stärksten (Abbildung 57).



'Gisela 5' - und 'F12/1' - in vitro



'Weiroot 154' – in vitro



'Colt' - Abriß

Abbildung 57: Habitusvergleich in-vitro-Pflanzen der schwachwüchsigen Unterlagen und Abriß-Pflanzen der Unterlage 'Colt'

Im Jahr 1997 wurde der Stammdurchmesser vor der Okulation und der Durchmesserzuwachs bis zur Okulation gemessen. 'Gisela 4'-Pflanzen und 'Gisela 5'-in-vitro-Pflanzen zeigten den größten Durchmesser und 'Gisela 4'-Pflanzen auch den größten Durchmesserzuwachs (Abbildung 58).

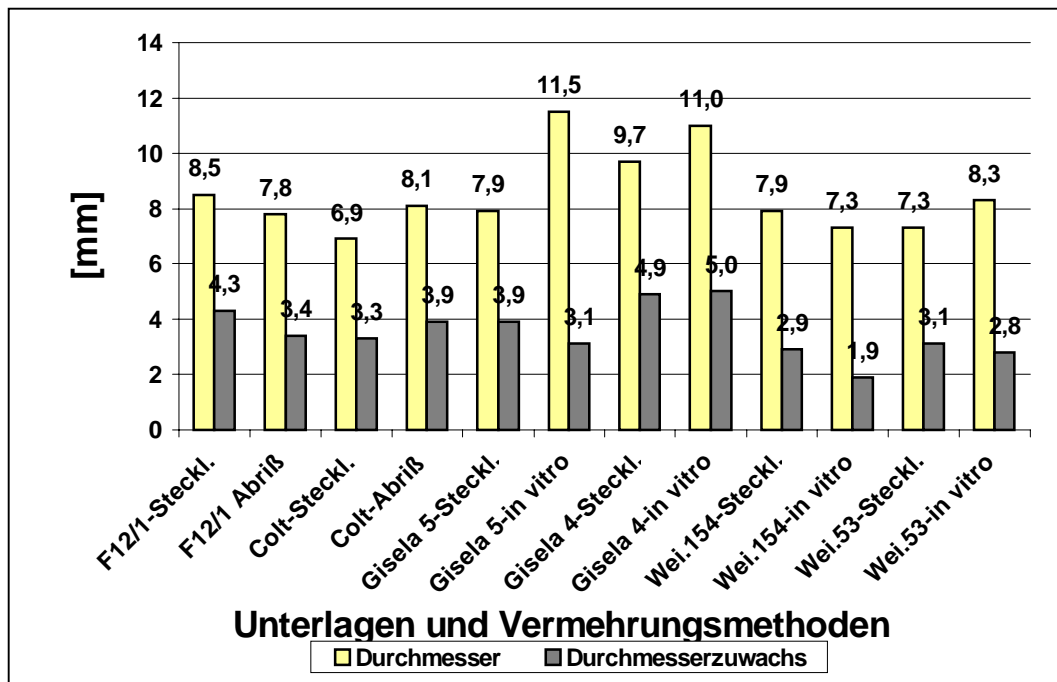


Abbildung 58: Stammdurchmesser der Unterlagen im Sommer 1997 (vor der Veredlung), getrennt nach Klonen und Vermehrungsmethoden

Die Abbildung 59 stellt die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen dar.

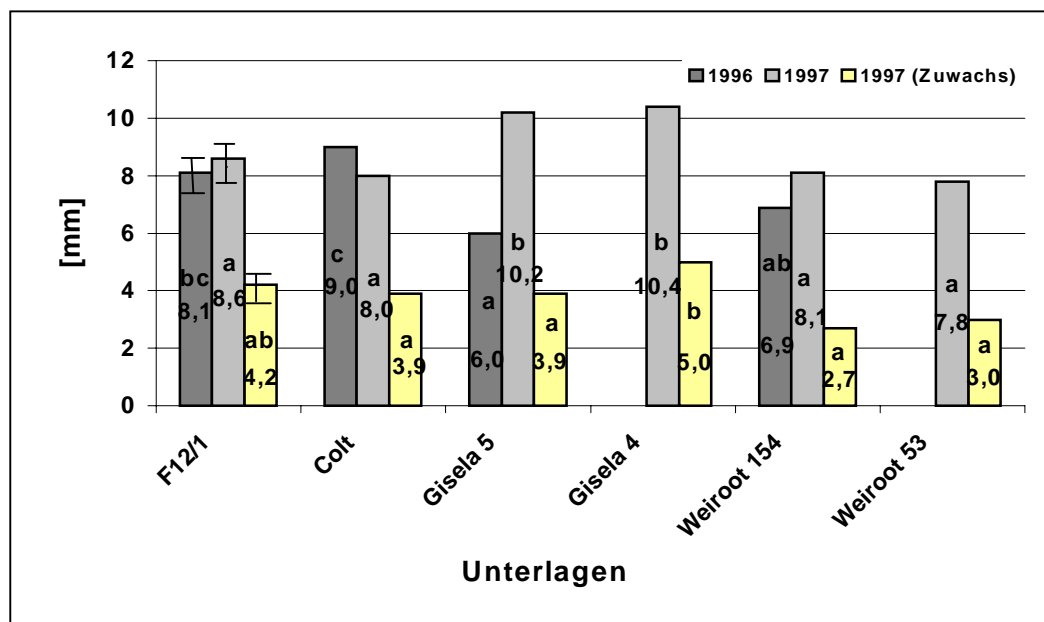


Abbildung 59: Stammdurchmesser der Unterlagen im Sommer 1996 und 1997 (vor der Veredlung) und –zuwachs 1997 in Abhängigkeit von den einzelnen Klonen

Die Klone 'Gisela 5' und 'Weiroot 154' zeigten 1996 deutlich schwächeres Durchmesserwachstum als die Klone 'F12/1' und 'Colt', wobei die Unterlage 'Colt' den stärksten Durchmesser ausbildete.

Die Pflanzen der Unterlage 'Gisela 4' wuchsen 1997 signifikant am besten. Die Standards ('F12/1' und 'Colt') und 'Gisela 5' erreichten einen ähnlichen Zuwachs, 'Gisela 5' auch den ähnlichen Durchmesser. Die Pflanzen der beiden 'Weiroot' Klone zeigten den signifikant geringsten Zuwachs.

Beim Vergleich der verschiedenen Vermehrungsmethoden zeigt sich 1996 ein schlechteres Wachstum der in-vitro-Pflanzen im Vergleich zu den Abriß- und Stecklingspflanzen. Die Abriß-Pflanzen erreichten im Mittel einen leicht größeren Durchmesser als die Stecklingspflanzen.

Beim Vergleich der Vermehrungsmethoden 1997 sind die Stecklingspflanzen und Abrisse bezüglich der Stammzuwächse wenig besser als die in-vitro-Pflanzen, die allerdings den größten Durchmesser erreichten (Tabelle 72).

Tabelle 72: Stammwachstum der Unterlagen im Jahr 1996 bzw. 1997 (bis zur Veredlung) in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Methode	1996		1997
	Durchmesser (mm)	Durchmesser (mm)	Durchmesser- Zuwachs (mm)
Steckling	7,8 ab	8,4 a	4,0
in vitro	6,6 a	9,7 b	3,5
Abriß	8,7 b	8,4 a	4,0
GD _{0,05}	1,2	0,9	n.s.

Das stärkste Triebwachstum 1996 zeigten die Stecklingspflanzen der Unterlage 'Colt'. Sehr gutes Wachstum zeigten auch 'Gisela 5' (Steckling), 'Weiroot 154' (in-vitro) und 'F12/1' (Steckling) (Abbildung 60).

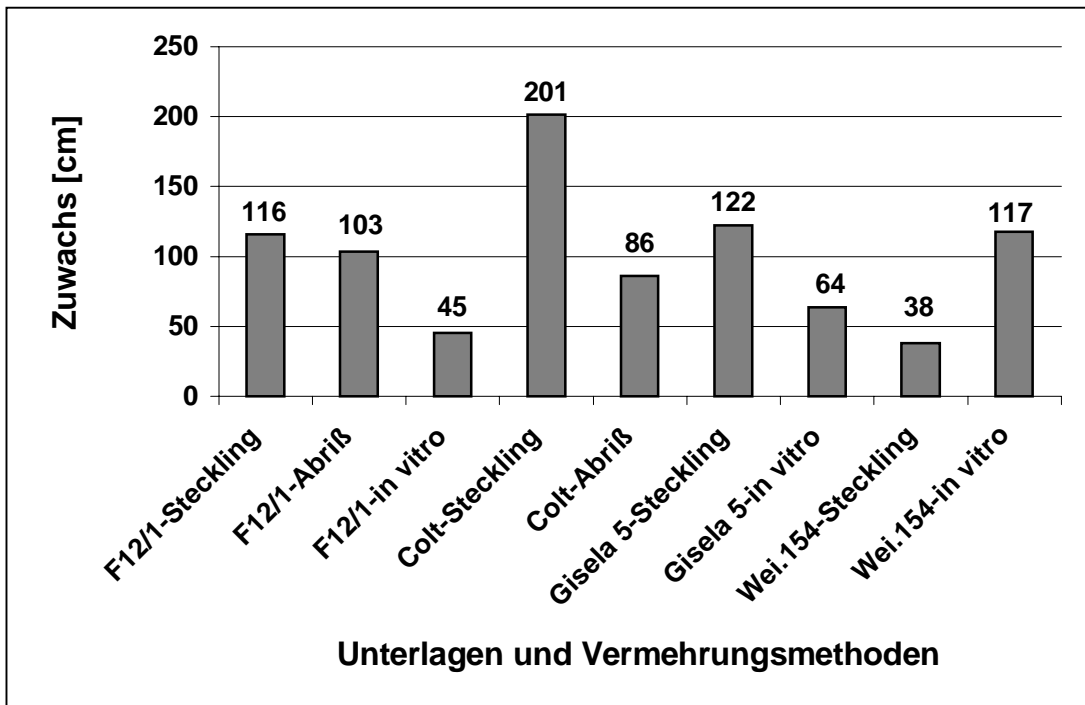


Abbildung 60: Triebwachstum der Unterlagen im Jahr 1996 (bis zur Veredlung), getrennt nach Klonen und Vermehrungsmethoden

Im Jahr 1997 wurde bei den ‘Gisela’-Unterlagen das stärkste Haupttrieb- und besonders starkes Seitentriebwachstum festgestellt. ‘Weiroot’-Unterlagen zeigten stärkeres Seitentriebwachstum als die Standards (‘F12/1’ und ‘Colt’) (Abbildung 61).

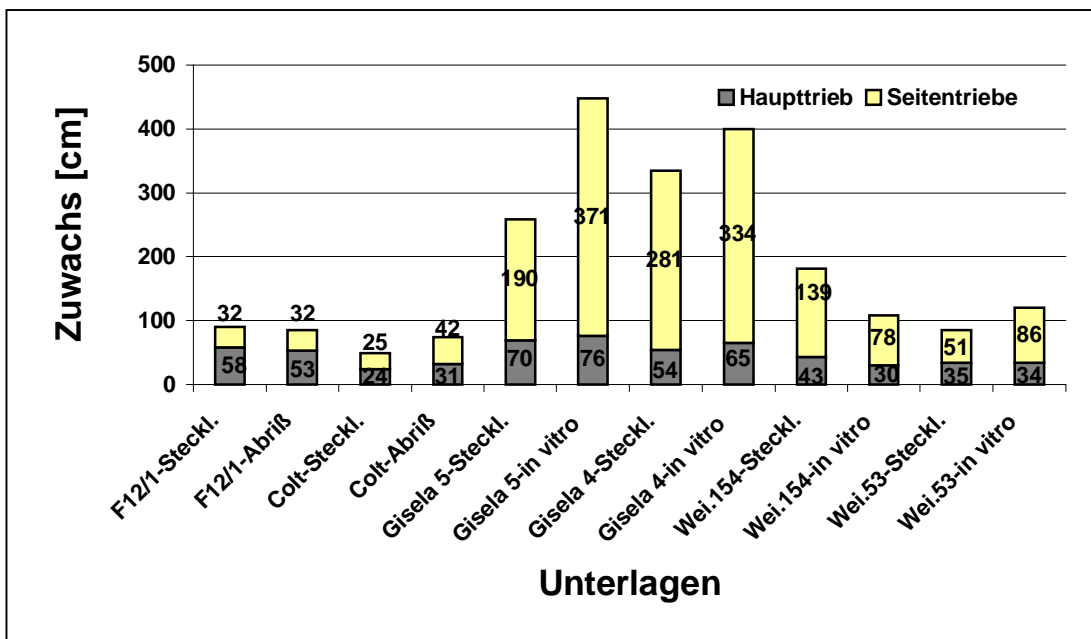


Abbildung 61: Triebwachstum der Unterlagen im Jahr 1997 (bis zur Veredlung), getrennt nach Klonen und Vermehrungsmethoden

Die Darstellung des Triebwachstums der einzelnen Klone 1996 zeigt das signifikant stärkste Wachstum bei der Unterlage 'Colt'. Die Pflanzen der Unterlage 'Gisela 5' wuchsen gering stärker als die Pflanzen der Unterlagen 'F12/1' und 'Weiroot 154'.

Die Wachstumsunterschiede im Jahr 1997 zwischen den Klonen sind ähnlich wie beim Durchmesserzuwachs. Die stärksten Zuwächse während der ganzen Verschlussperiode zeigten die beide 'Gisela' Klone und die Unterlage 'F12/1'. Dabei wuchsen die Pflanzen der Unterlage 'Gisela 5' signifikant am stärksten. Die Pflanzen der 'Weiroot' Unterlagen und der Unterlage 'Colt' hatten signifikant kleinere Zuwächse als die schon erwähnten Unterlagen. Der Gesamtseittriebzuwachs zeigt bei den Pflanzen der 'Gisela'-Klone ein signifikant stärkeres Seittriebwachstum als bei den Pflanzen der anderen Klone. Die Seitentriebe von 'Weiroot 154' wuchsen stärker als die der Unterlagen 'Colt', 'F12/1' und 'Weiroot 53' (Abbildung 62).

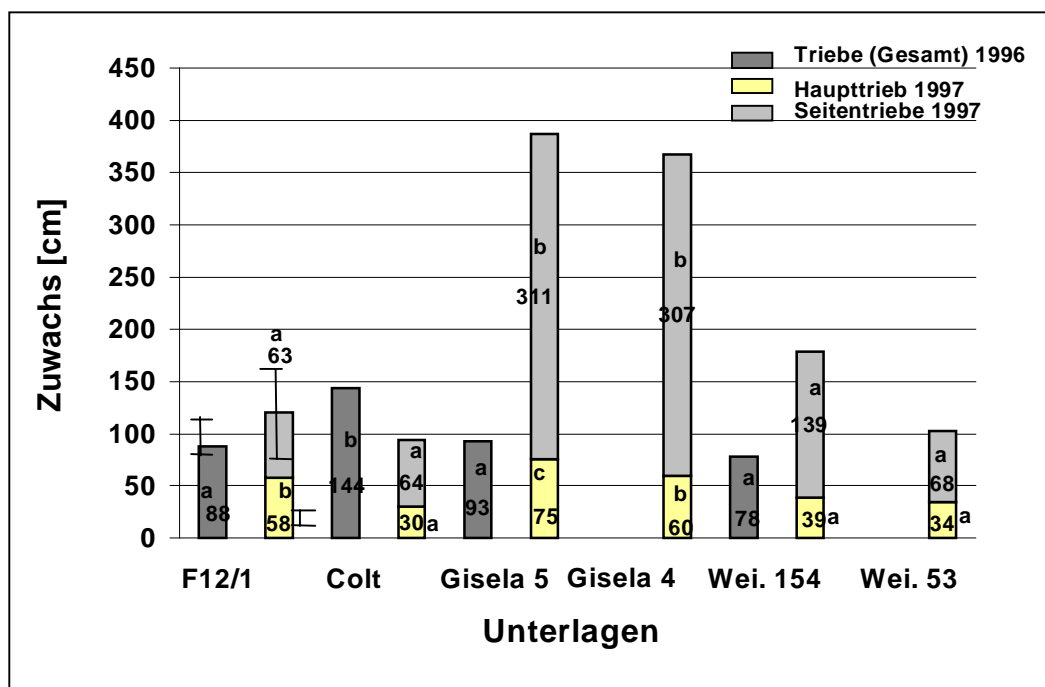


Abbildung 62: Triebwachstum der Unterlagen im Jahr 1996 und 1997 (bis zur Veredlung) in Abhängigkeit von den einzelnen Klonen

Im Vergleich der Vermehrungsmethoden zeigten die Stecklingspflanzen 1996 das stärkste Triebwachstum, die in-vitro-Pflanzen wuchsen am schlechtesten.

Im Jahr 1997 zeigt sich, daß die stärksten Zuwächse von den in-vitro-Pflanzen erreicht wurden und die geringsten von den Abriß-Pflanzen. Die in-vitro-Unterlagen zeigten bis zur

Veredlung einen signifikant stärkeren Gesamtseitentriebzuwachs als die Stecklings- und Abriß-Unterlagen (Abbildung 63).

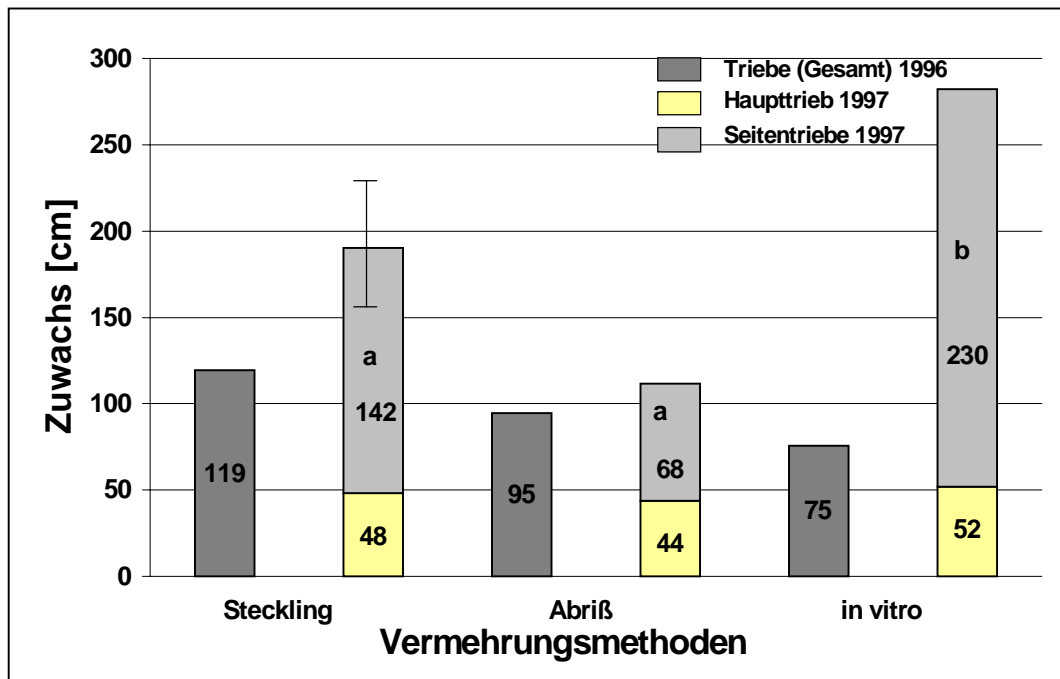


Abbildung 63: Triebwachstum der Unterlagen im Jahr 1996 und 1997 (bis zur Veredlung) in Abhängigkeit von den einzelnen Klonen

Das Triebwachstum wurde auch durch die Zahl der Gesamtriebe pro Baum bewertet. Wie aus der Abbildung 64 hervorgeht, entwickelten die Stecklingspflanzen in fast allen Fällen (außer 'Weiroot 154') mehr Triebe als die Abriß-Pflanzen und in-vitro-Pflanzen. Die Unterschiede sind zum Teil sehr groß (Beispiel 'Gisela 5'). Die Pflanzen der Unterlage 'F12/1' entwickelten sehr wenig Triebe.

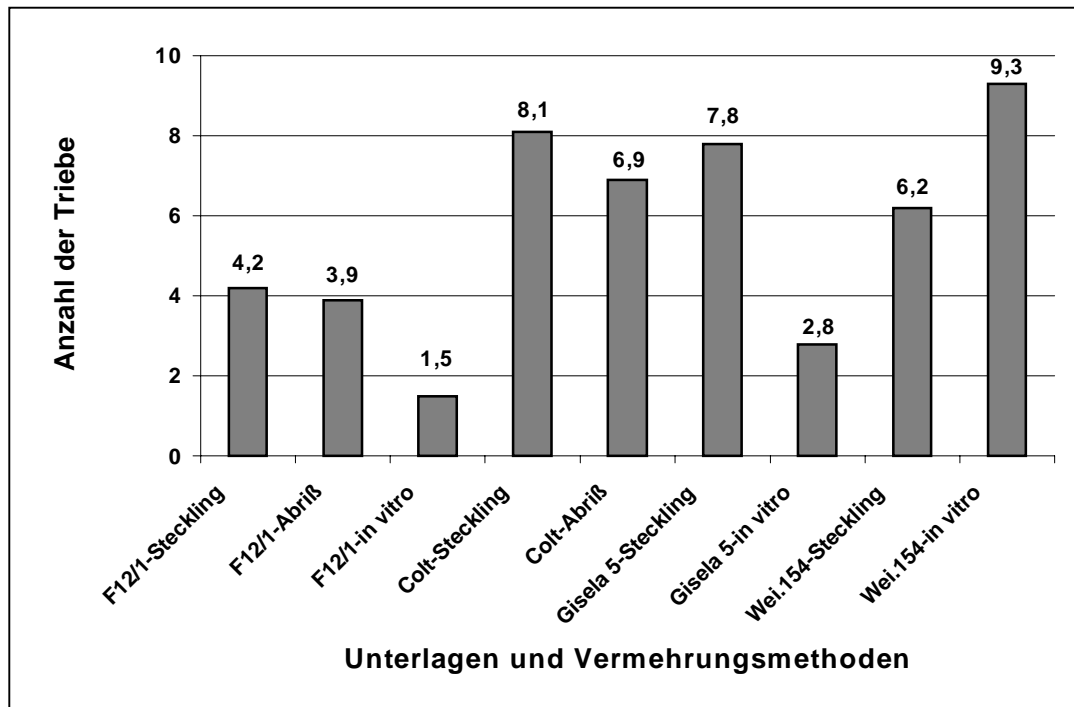


Abbildung 64: Anzahl der entwickelten Gesamtriebe bei den Unterlagen im Jahr 1996, getrennt nach Klonen und Vermehrungsmethoden

Im Jahr 1997 entwickelten am meisten Triebe alle 'Gisela 4'-Pflanzen und 'Gisela 5'-in-vitro-Pflanzen, gefolgt von den Stecklingspflanzen der 'Weiroot 154'-Unterlage. 'F12/1'-Pflanzen bildeten am wenigsten Triebe. Abbildung 65 zeigt, daß die Unterlagen 'Colt' und 'Weiroot 154' 1996 signifikant am meisten Triebe entwickelten. Die Pflanzen der 'Gisela 5' entwickelten signifikant mehr Triebe als die Pflanzen der Unterlage 'F12/1'.

Die Pflanzen der Unterlage 'F12/1' bildeten auch im Jahr 1997 die wenigsten Triebe. Die größten Triebzahl wurde bei den 'Gisela'-Unterlagen und 'Weiroot 154' festgestellt.

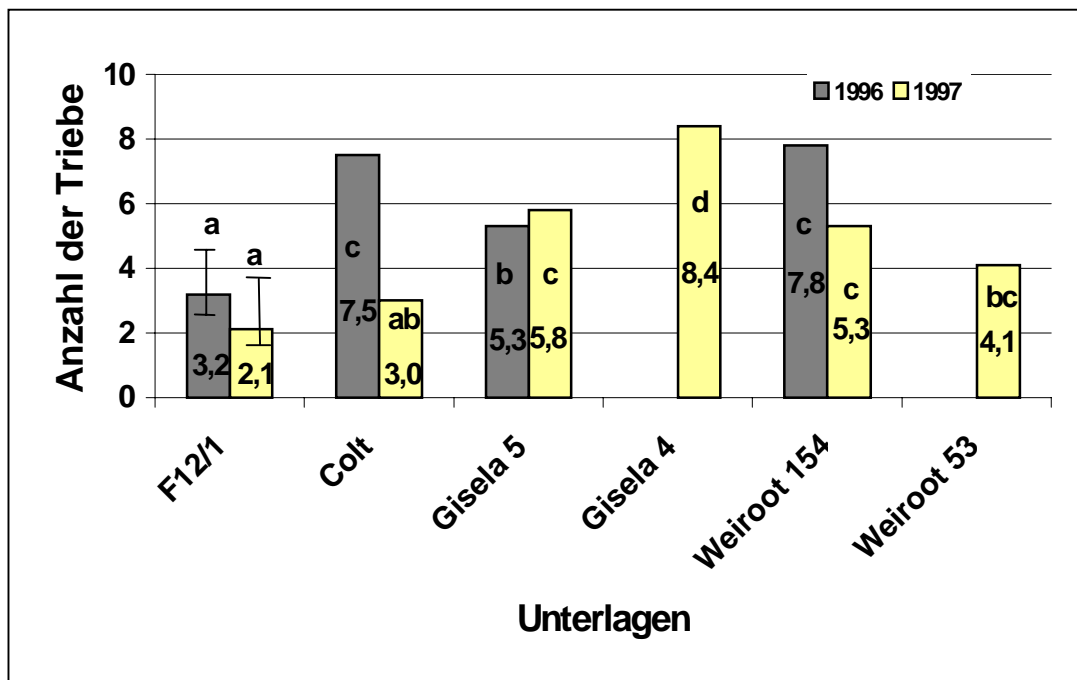


Abbildung 65: Anzahl der entwickelten Triebe bei den Unterlagen im Jahr 1996 und 1997 in Abhängigkeit von den einzelnen Klonen

Beim Vergleich der Vermehrungsmethoden 1996 zeigten Stecklinge die größte Zahl der Triebe und in-vitro-Pflanzen die wenigsten. Die Unterschiede waren aber nicht statistisch signifikant.

1997 entwickelten in-vitro-Pflanzen signifikant am meisten Triebe und Abriß-Pflanzen am wenigsten (Abbildung 66).

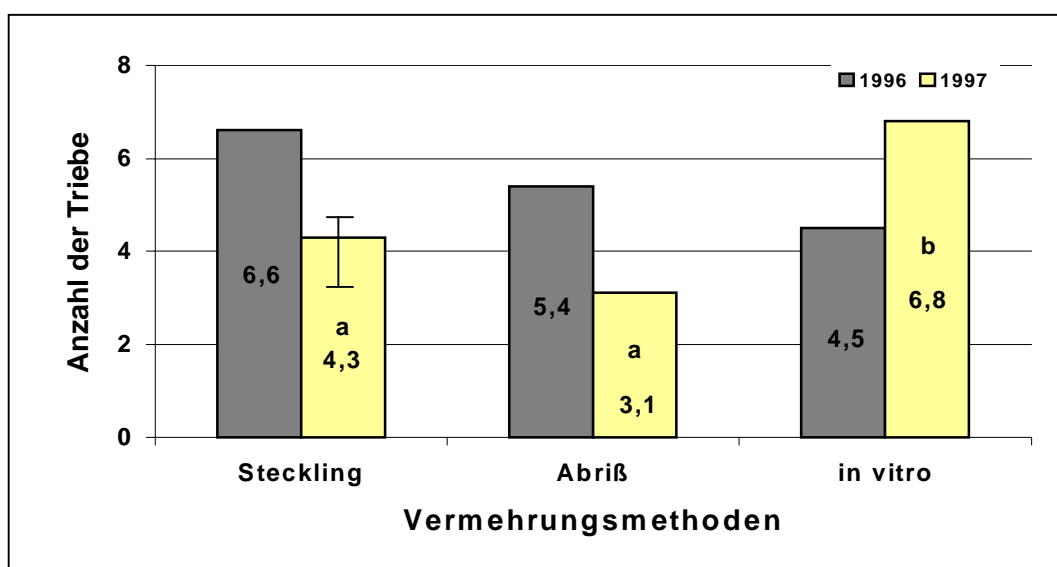


Abbildung 66: Anzahl der Triebe bei den Unterlagen im Jahr 1996 und 1997 in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

3.3.2 Wachstum und Entwicklung der okulierten Bäume

Stammdurchmesserwachstum

Es wurde der Stammzuwachs der Unterlage und der Stammzuwachs des Edelreises der Veredlungen in einem Jahr verfolgt (Abbildung 67).

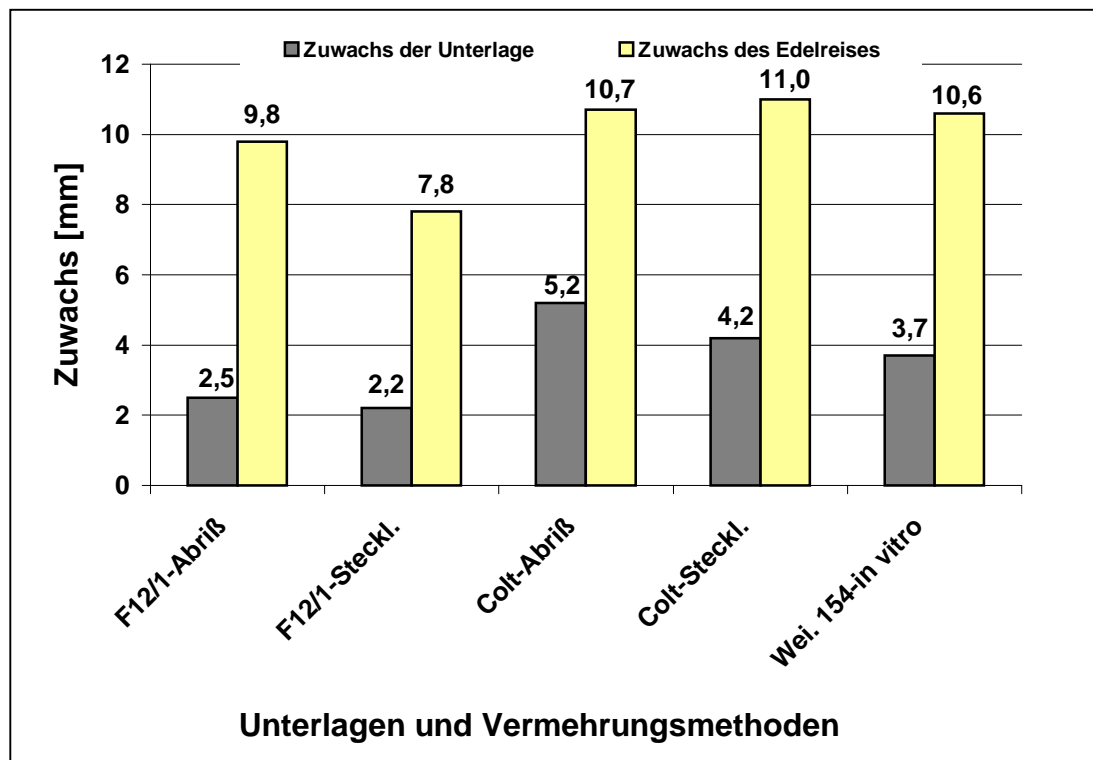


Abbildung 67: Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreises bei den 1996 okulierten Bäumen im ersten Standjahr, getrennt nach den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Der Durchmesserzuwachs 1996 der Unterlagen und Edelreiser war bei allen Varianten außer bei den Stecklingsunterlagen von F12/1 auf ähnlichen Niveau.

Ähnlich, wie im ersten Standjahr, wurde auch im zweiten Standjahr (Jahr 1997) der Stammdurchmesserzuwachs der Unterlage und des Triebes der Veredlungen in der Vegetationsperiode ermittelt. Alle Varianten zeigen eine starke Zunahme des Unterlagendurchmesserwachstums. Bei der Unterlage 'F12/1' zeigte sich in beiden Varianten sogar ein stärkeres Unterlagen-, als Triebwachstum, bei den Unterlagen 'Colt' und 'Weiroot 154' war das Triebwachstum stärker (Abbildung 68).

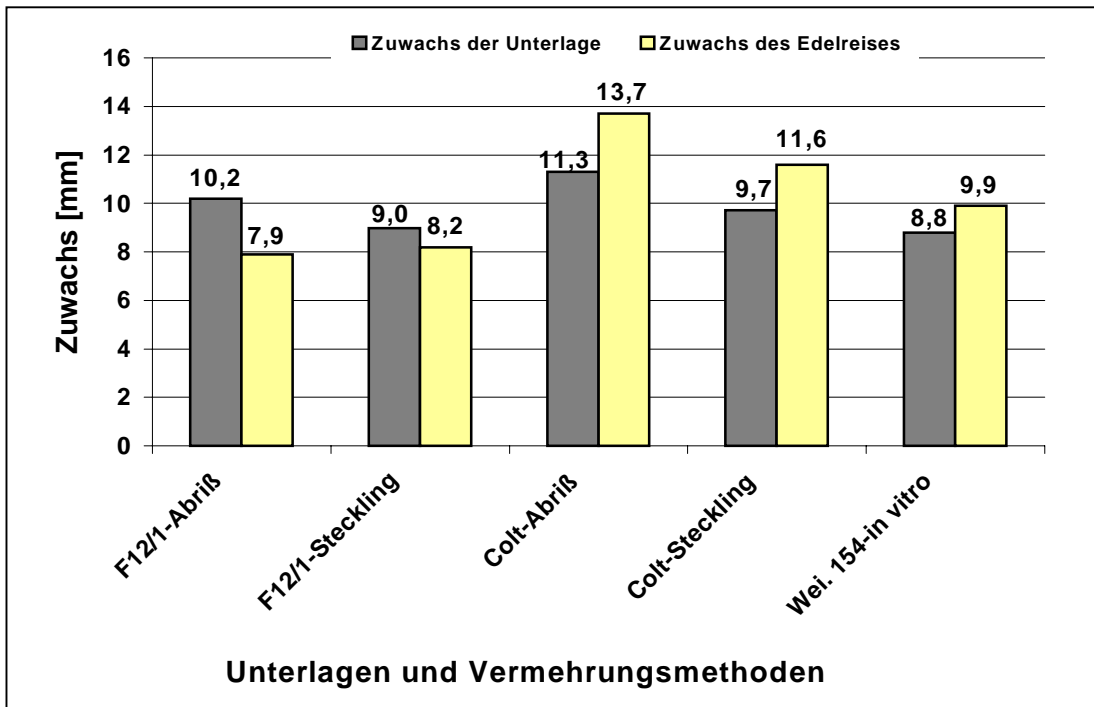


Abbildung 68: Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreißes bei den 1996 okulierten Bäumen im zweiten Standjahr, getrennt nach Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Bei den 1997 nachveredelten Bäumen aus 1996 war nur ein sehr geringes Unterlagendurchmesserwachstum vorhanden, während die Durchmesser der reiser gleichmäßig guten Zuwachs zeigten (Abbildung 69).

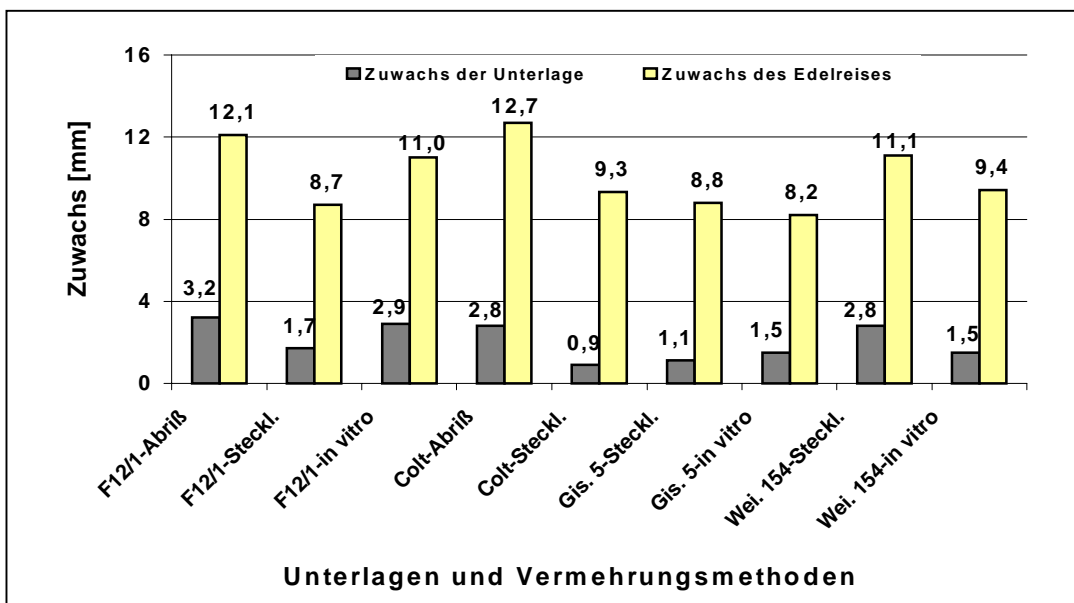


Abbildung 69: Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreißes bei den 1997 nachveredelten Bäumen im ersten Standjahr, getrennt nach Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Der Stammdurchmesserzuwachs der Unterlage und des Edelreises war bei den Veredlungen 1997 mit den Standards ('F12/1' und 'Colt') am stärksten. Von den Veredlungen mit den schwachwüchsigen Unterlagen zeigten die Pflanzen mit der Unterlage 'Gisela 4' die stärksten Zuwächse. Die Ergebnisse ähneln denen des 1996 okultierten Versuchs (Abbildung 70).

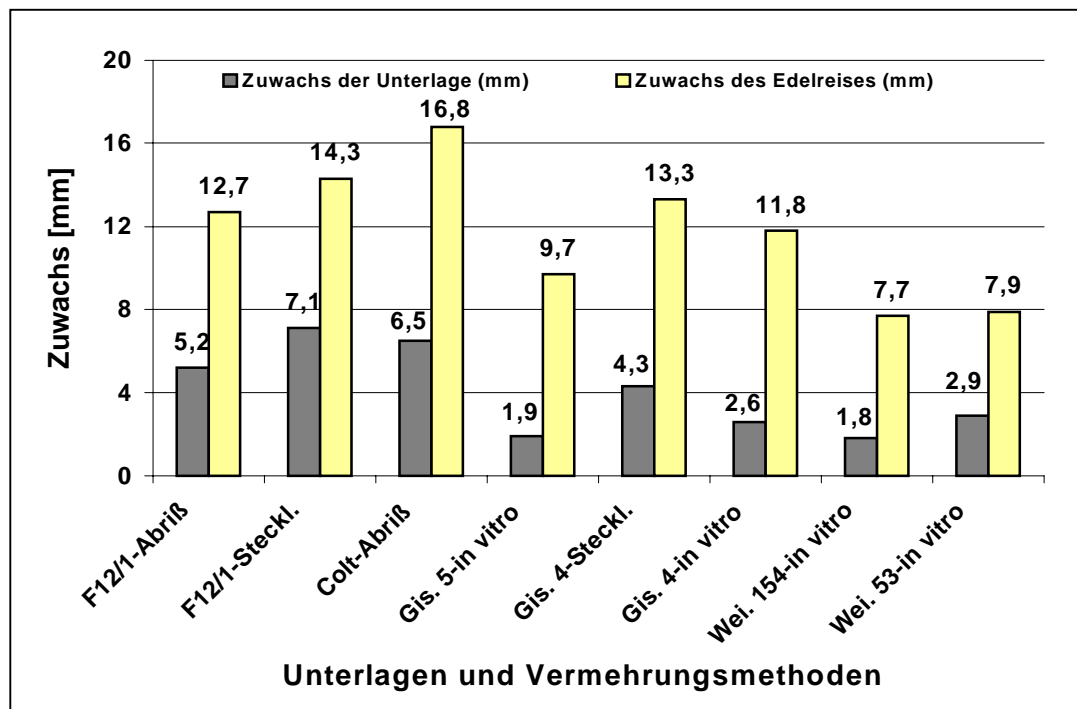


Abbildung 70: Stammdurchmesserwachstum der Veredlungen 1997 im ersten Standjahr, getrennt nach Unterlagen und Vermehrungsmethoden

In allen Versuchen wurde bei den Pflanzen mit dem Standard ('Colt') das stärkste Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreises festgestellt. Die Pflanzen mit 'Gisela 4' wuchsen stärker als die mit 'Weiroot'-Unterlagen und 'Gisela 5'. Die Unterschiede sind nicht statistisch abzusichern (Tabelle 73).

Tabelle 73: Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreises bei den okulierten Bäumen in beiden Standjahren in Abhängigkeit von den einzelnen Unterlagen

Unterlage	Veredlung 1996				Veredlung 1997			
	1. Standjahr		2. Standjahr		Nachver. (1996)		1. Standjahr	
	U.	E.	U.	E.	U.	E.	U.	E.
F12/1	2,3	8,9	9,5	7,9	2,6	10,6	5,6	12,9
Colt	4,6	10,9	10,2	12,3	1,7	10,8	6,3	16,5
Gisela 5	-	-	-	-	1,3	8,5	2,0	10,1
Gisela 4	-	-	-	-	-	-	3,2	12,3
Weiroot 154	3,6	10,4	7,7	8,4	1,9	10,1	1,2	7,0
Weiroot 53	-	-	-	-	-	-	2,7	7,6
GD _{0,05}	-	-	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Außer bei den Veredlungen 1996 im ersten Standjahr zeigten die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen in allen Versuchen das stärkste Unterlagen- und Triebwachstum. Die Pflanzen mit in-vitro-Unterlagen wuchsen ähnlich oder nur wenig schlechter als die Pflanzen mit Stecklingsunterlagen. Die Unterschiede konnten für 1997 abgesichert werden (Tabelle 74).

Tabelle 74: Stammdurchmesserwachstum der Unterlage und des Edelreises bei den okulierten Bäumen in beiden Standjahren in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Methode	Veredlung 1996				Veredlung 1997			
	1. Standjahr		2. Standjahr		Nachver. (1996)		1. Standjahr	
	U.	E.	U.	E.	U.	E.	U.	E.
Steckling	3,3	9,6	9,2	9,9	1,4 a	9,3 a	5,4 b	14,3 b
Abriß	3,6	10,2	10,5	10,3	3,0 b	12,4 b	6,0 b	15,4 b
in vitro	3,6	10,4	7,7	8,4	2,1 a	9,5 a	2,4 a	10,2 a
GD _{0,05}	-	-	-	-	0,8	2,1	1,6	3,3

Haupttriebwachstum

Das Wachstum des Haupttriebes wurde in einem vierzehntägigen Rhythmus in der Vegetationsperiode verfolgt.

Im ersten Standjahr zeigten alle Veredlungen 1996 einen ähnlichen Wachstumsverlauf in der Vegetationsperiode. In der ersten Hälfte der Periode wuchsen die Pflanzen mit 'Weiroot 154'-in-vitro-Unterlagen am schnellsten, gegen Ende der Vegetationsperiode zeigten die

Pflanzen mit 'Colt'-Abrissen noch einen Wachstumsschub bis auf eine Länge von 115 cm (Abbildung 71).

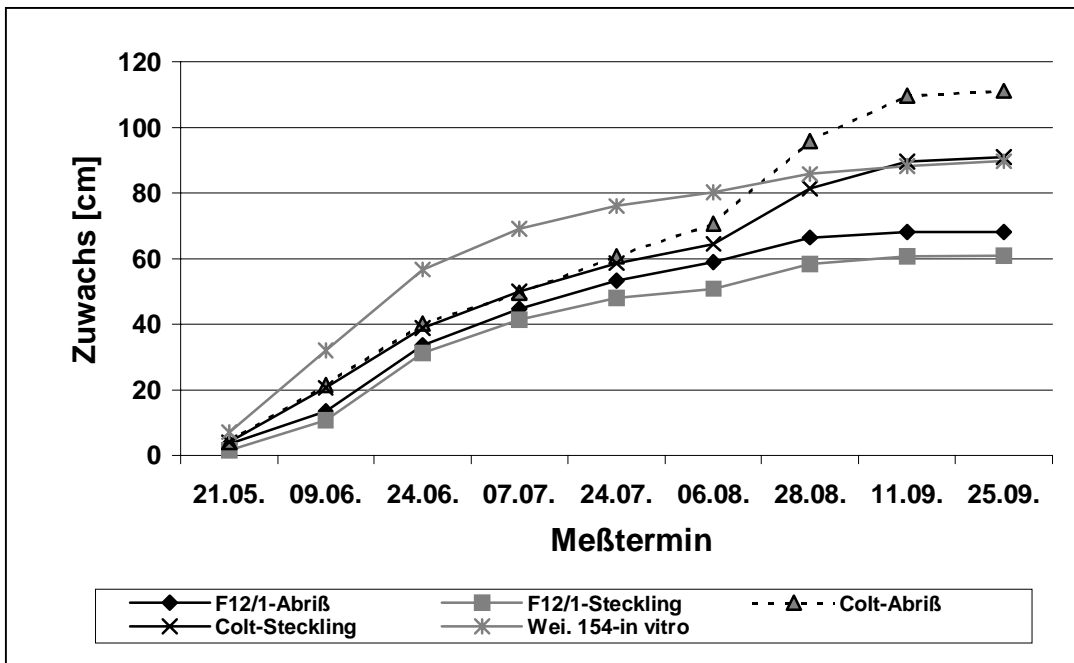


Abbildung 71: Haupttriebwachstum der 1996 okulierten Bäume im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den einzelnen Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Aus der Abbildung 72 geht hervor, daß die Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr mit maximal 65 cm ein schwächeres Haupttriebwachstum aufwiesen als im ersten Standjahr. Die Unterschiede zwischen einzelnen Varianten sind noch geringer als im ersten Jahr. Gering stärkeres Wachstum wurde, wie im ersten Jahr, bei den Veredlungen mit 'Weiroot 154'-in-vitro-Unterlagen und 'Colt'-Abrissen festgestellt.

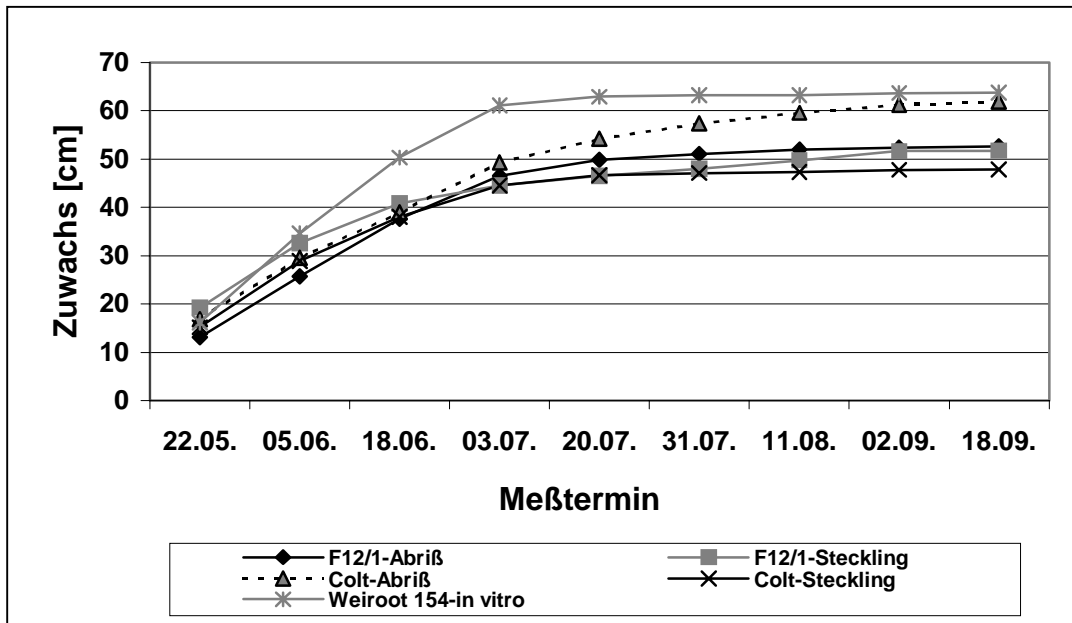


Abbildung 72: Haupttriebwachstum der 1996 okulierten Bäume im zweiten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Die Auswertung der nachveredelten Bäume aus dem Jahr 1996 im ersten Standjahr nach Unterlagen zeigte ein stärkeres Haupttriebwachstum bei den Pflanzen mit 'Weiroot 154' und 'F12/1' und schwächeres Wachstum bei denen mit 'Gisela 5' und 'Colt'. Beim Gesamtzuwachs am Ende der Vegetationsperiode gab es keine signifikante Unterschiede (Abbildung 73).

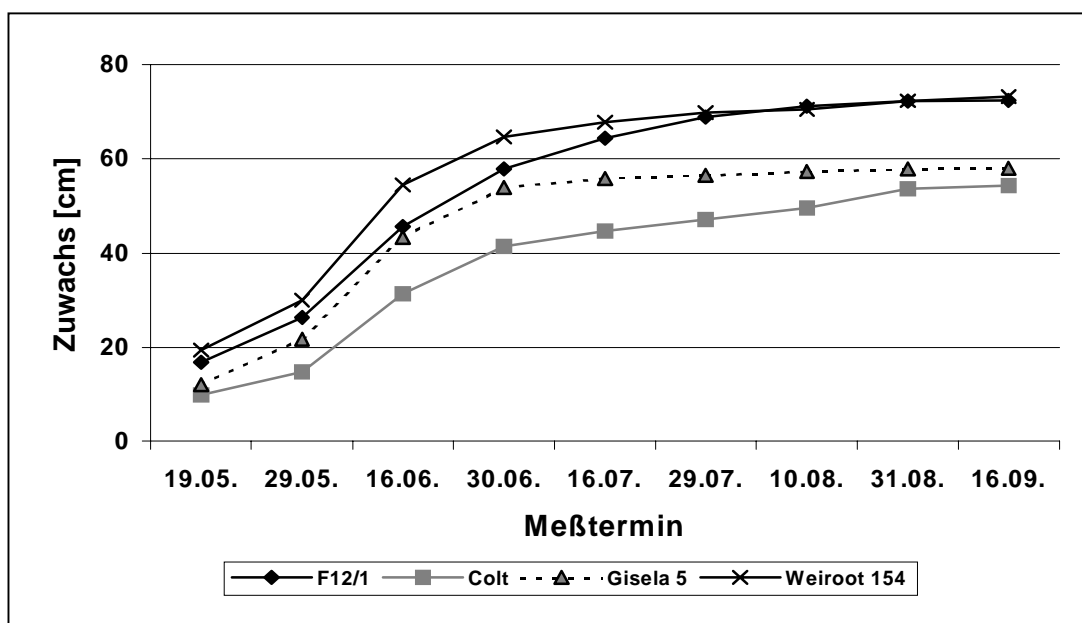


Abbildung 73: Haupttriebwachstum der 1997 nachveredelten Bäume aus 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Das stärkste Haupttriebwachstum der nachveredelten Bäume zeigten Pflanzen mit Abriß-Unterlagen und das schwächste Pflanzen mit Stecklingsunterlagen. Die Unterschiede konnten am Ende der Vegetationsperiode nicht statistisch abgesichert werden (Abbildung 74).

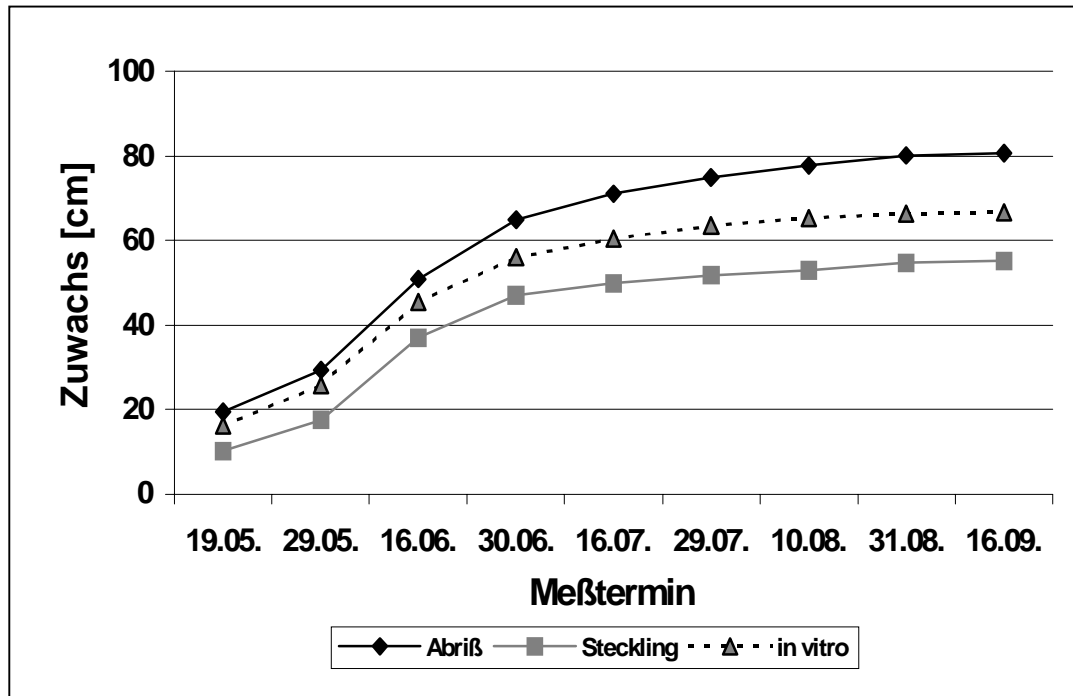


Abbildung 74: Haupttriebwachstum der 1997 nachveredelten Bäume aus 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Die Veredlungen 1997 zeigten bei allen Unterlagen meistens ein lineares Haupttriebwachstum. Die Pflanzen mit Standards ('F12/1' und 'Colt') wuchsen tendenziell am stärksten, die Pflanzen mit 'Weiroot'-Unterlagen und 'Gisela 5' am schwächsten (Abbildung 75).

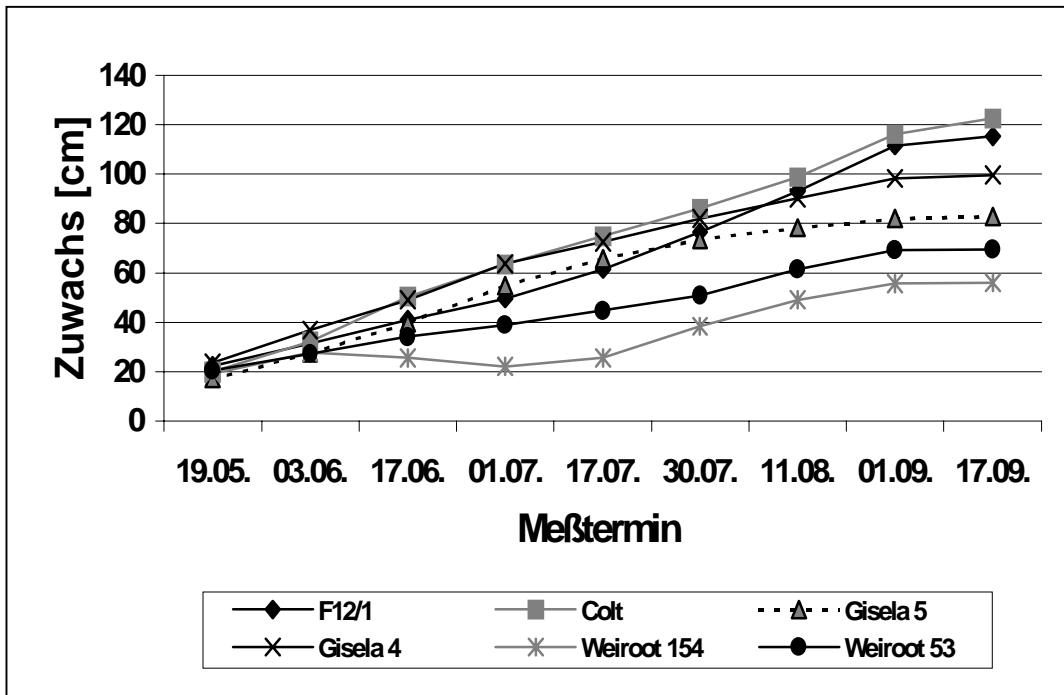


Abbildung 75: Haupttriebwachstum der 1997 veredelten Bäume im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Die Haupttriebe der Pflanzen wuchsen trotz unterschiedlich vermehrter Unterlagen sehr ähnlich stark. Am Ende der Vegetationsperiode wurden die Unterschiede etwas größer aber nicht statistisch signifikant. Die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen wuchsen am stärksten und die mit in-vitro-Unterlagen am schwächsten (Abbildung 76).

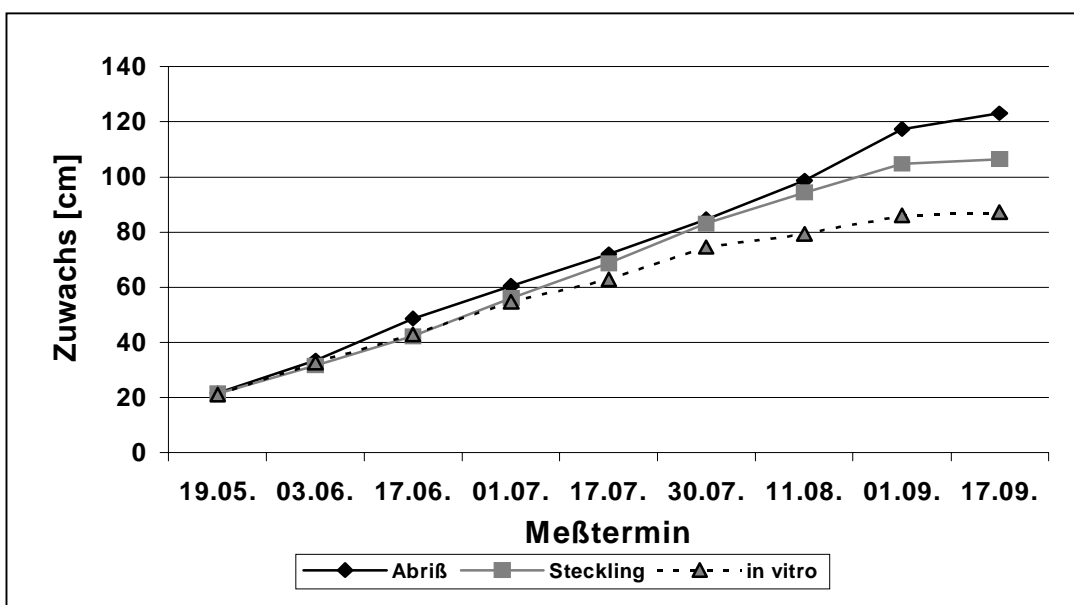


Abbildung 76: Haupttriebwachstum der 1997 veredelten Bäume im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Nodienzahl

Im ersten Standjahr der Veredlungen 1996 stieg Nodienzahl in der Vegetationsperiode gleichmäßig bei allen Varianten und erreichte am Ende der Periode Werte um 40 Nodien, bei den beiden ‘Colt’-Varianten über 50 Nodien (Abbildung 77).

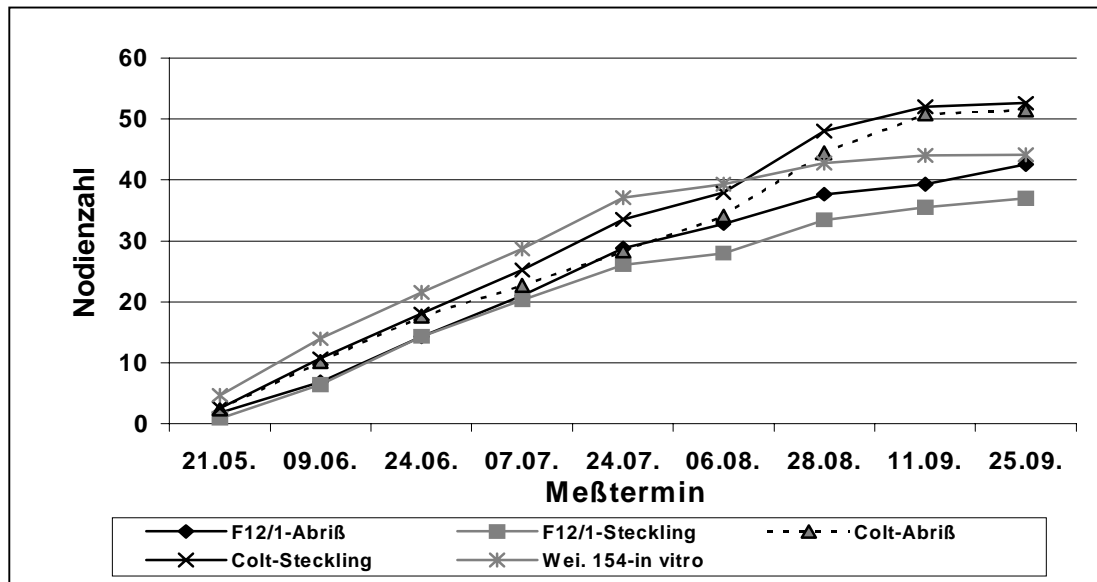


Abbildung 77: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Veredlungen 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Im zweiten Standjahr wurden bei allen Varianten entsprechend dem schwächeren Haupttriebwachstum auch weniger Nodien gebildet als im ersten Jahr. Die Unterschiede in der Nodienzahl zwischen den Varianten waren sehr gering. Am Ende der Vegetationsperiode konnten bei den Pflanzen mit ‘Colt-Abriß’-Unterlagen gegenüber den anderen Varianten eine etwas höhere Nodienzahl festgestellt werden (Abbildung 78).

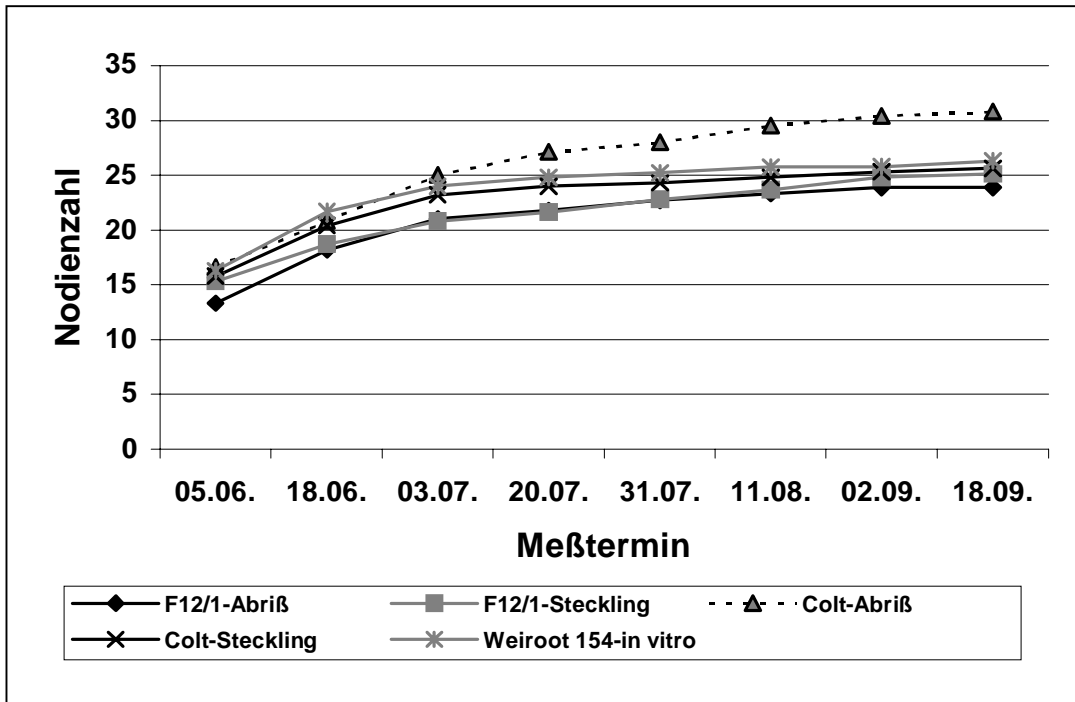


Abbildung 78: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Die Nodienzahl bei der Nachveredlung veränderte sich in der Vegetationsperiode zwischen den einzelnen Klonen kaum (Abbildung 79).

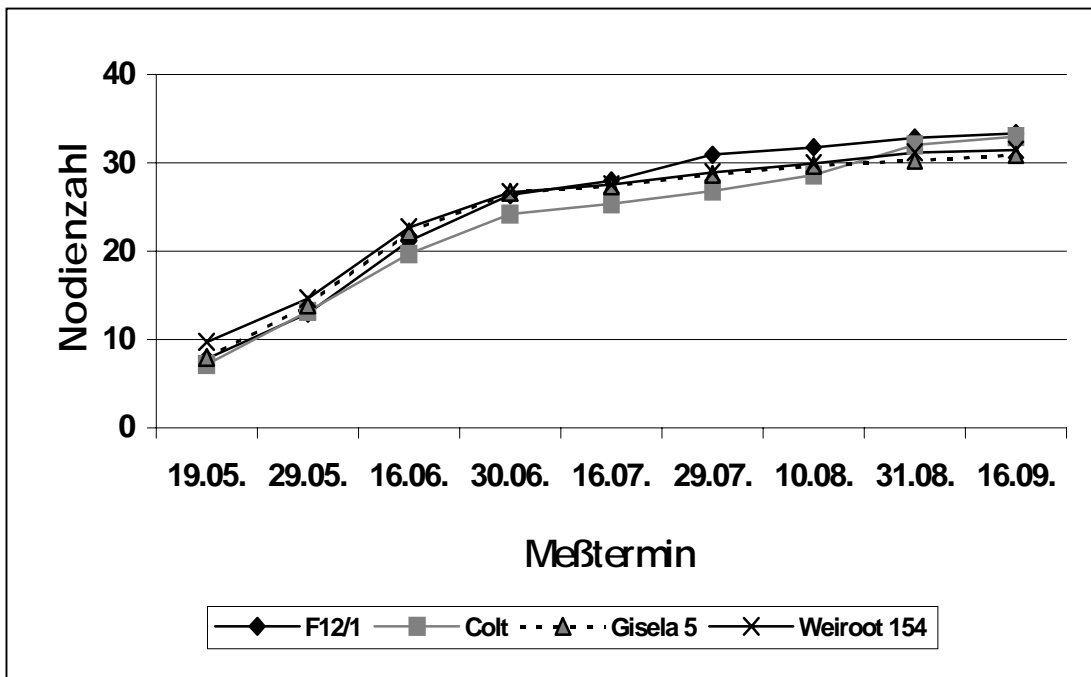


Abbildung 79: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Nachveredlungen 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen bildeten tendenziell mehr Nodien als die Pflanzen mit Stecklings- und in-vitro-Unterlagen (Abbildung 80).

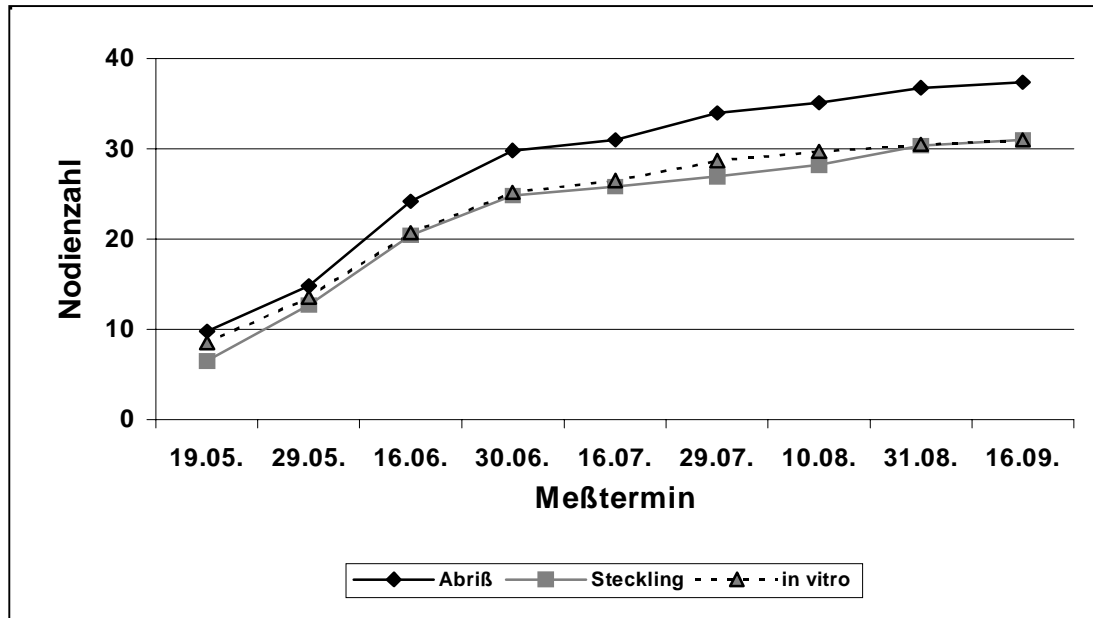


Abbildung 80: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Nachveredlungen 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Bei den Veredlungen 1997 im ersten Standjahr gab es zwischen den Unterlagen ähnliche Unterschiede wie 1996. Die Pflanzen mit der 'Colt'-Unterlage zeigten tendenziell die größte Nodienzahl, die mit der 'Weiroot 154'-Unterlage tendenziell die geringste (Abbildung 81).

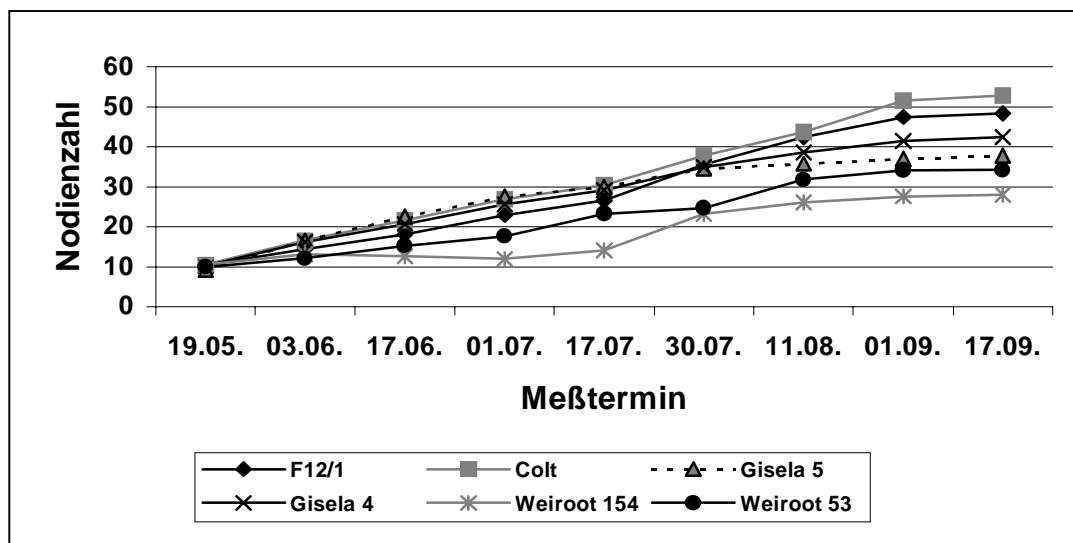


Abbildung 81: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Veredlungen 1997 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Nach Vermehrungsmethoden zeigten sich wieder geringe Unterschiede. Am Ende der Vegetationsperiode konnte bei den Pflanzen mit Abriß-Unterlagen die größte Nodienzahl festgestellt werden entsprechend dem Verlauf des Haupttriebwachstums (Abbildung 82).

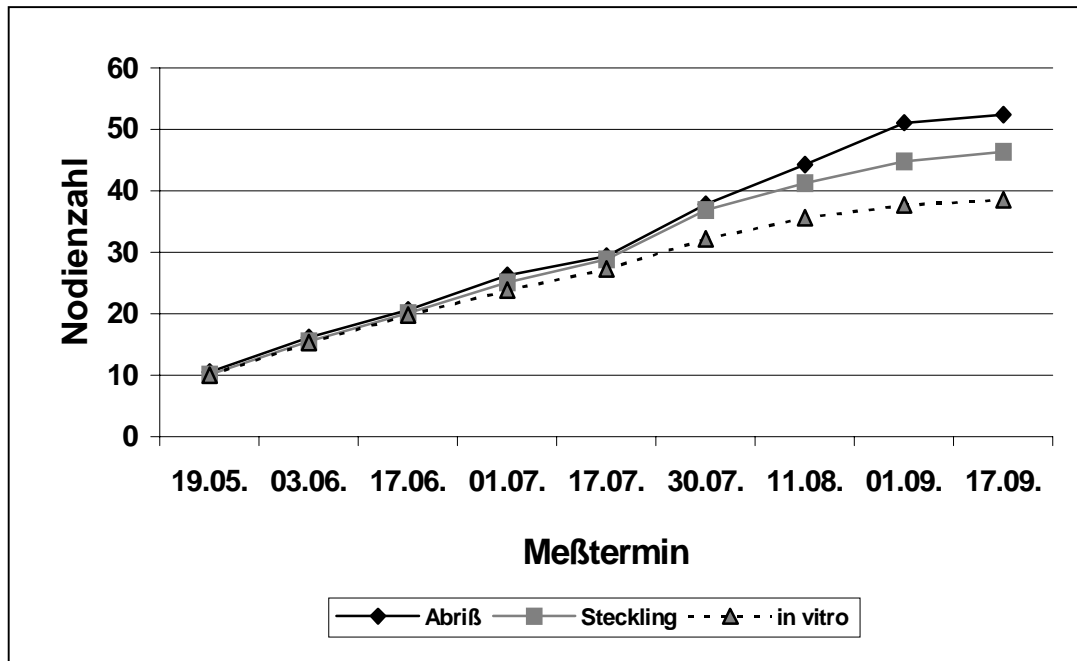


Abbildung 82: Nodienzahl in der Vegetationsperiode bei den Veredlungen 1997 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Seitentriebwachstum

Seitentriebwachstum bei den Veredlungen 1996 war im ersten Standjahr am stärksten bei den Pflanzen mit 'Colt'-Stecklingsunterlagen und am schwächsten bei den Pflanzen mit 'F12/1'-Stecklingsunterlagen. Ein stärkeres Wachstum wurde auch bei den Pflanzen mit 'Weiroot 154'-in vitro-Unterlagen festgestellt (Abbildung 83).

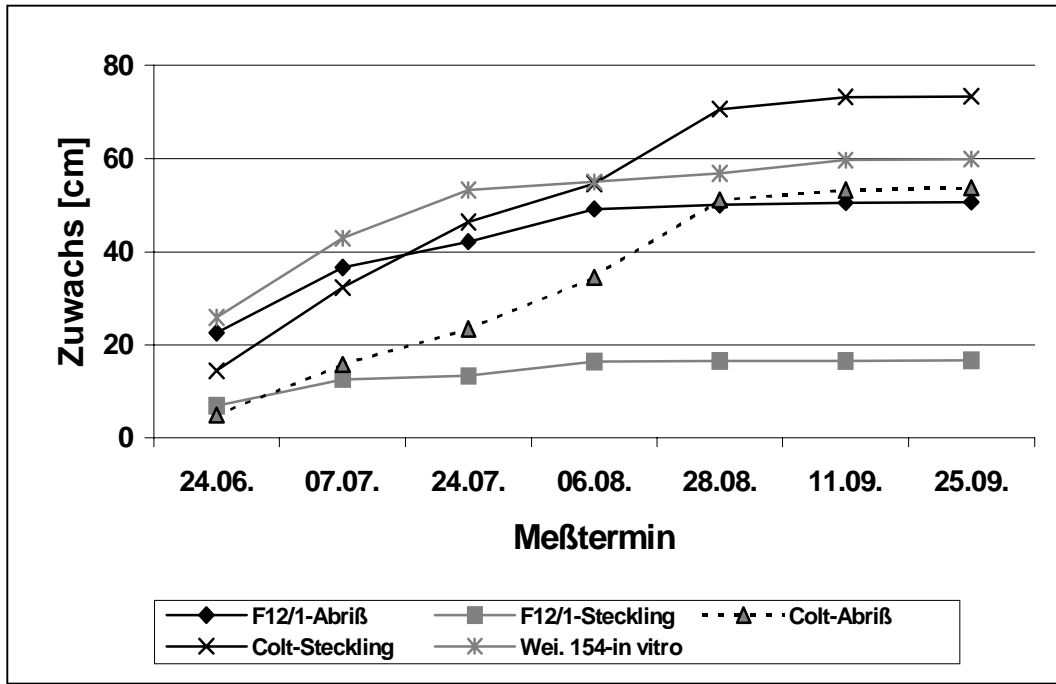


Abbildung 83: Seitentriebwachstum bei den Veredlungen 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Abbildung 84 zeigt bei den Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr ein deutlich stärkeres Seitentriebwachstum als im ersten Jahr. Die Verhältnisse zwischen den Varianten blieben ähnlich wie im Jahr davor. Das stärkste Wachstum zeigten die Pflanzen mit ‘Weiroot 154’-in vitro-Unterlagen mit einem Gesamtzuwachs über 250 cm und das schwächste Wachstum die Pflanzen mit ‘F12/1’-Stecklingsunterlagen mit einem Gesamtzuwachs von 130 cm. Das Wachstum stagnierte nach dem Frühjahrsaustrieb ab Anfang Juli bei allen Varianten.

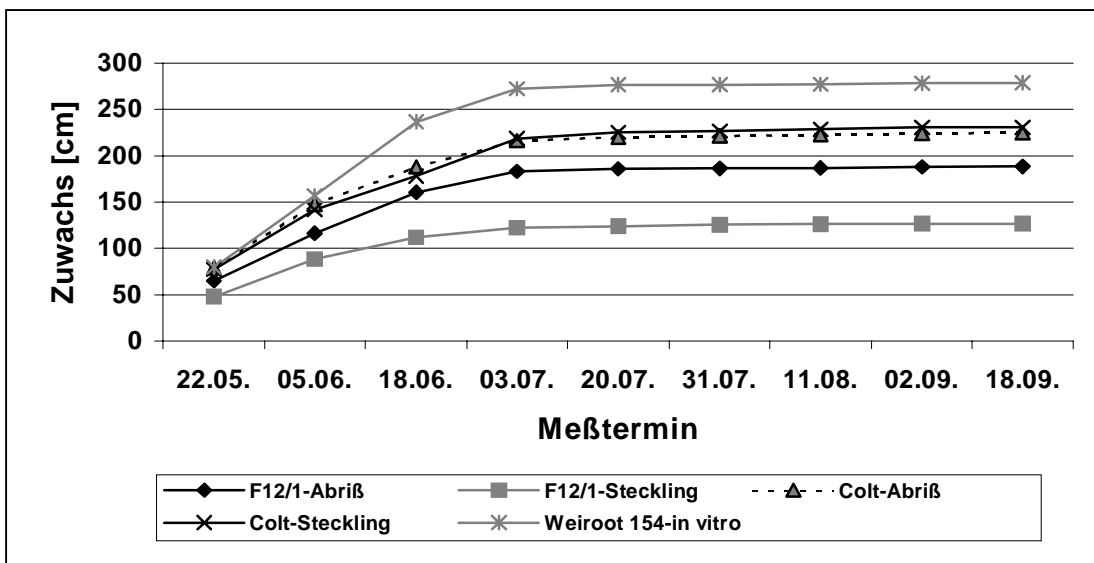


Abbildung 84: Seitentriebwachstum bei den Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Bei den Nachveredlungen 1996 zeigten sich im ersten Standjahr deutliche Unterschiede im Seitentriebzuwachs zwischen den Pflanzen mit unterschiedlichen Unterlagen, die aber am Ende der Vegetationsperiode nicht statistisch abgesichert werden konnten. Das stärkste Wachstum wurde bei den Pflanzen mit 'Colt'-Unterlage festgestellt und das schwächste bei den Pflanzen mit schwachwüchsigen Unterlagen ('Weiroot 154' und 'Gisela 5') (Abbildung 85).

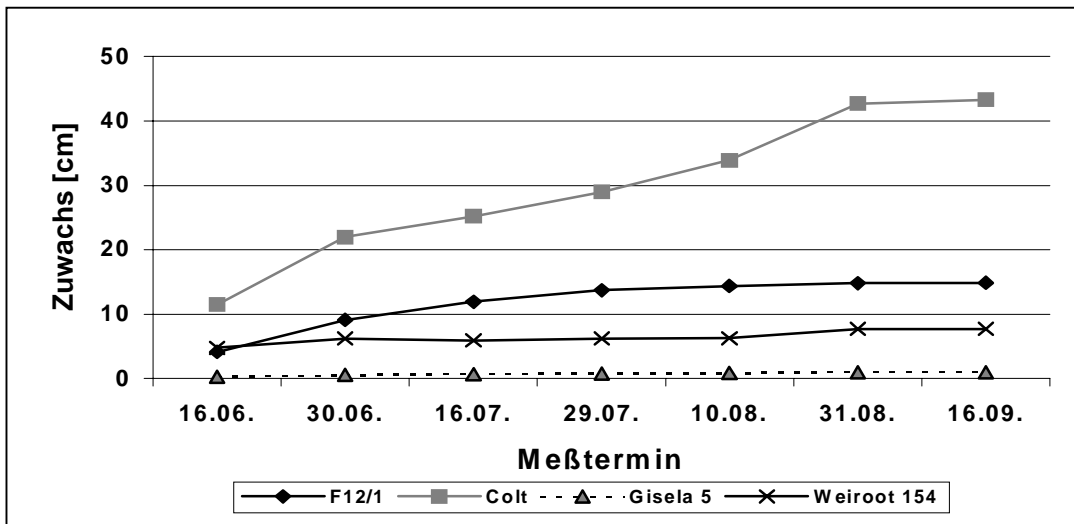


Abbildung 85: Seitentriebwachstum bei den Nachveredlungen aus 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Von den Vermehrungsmethoden zeigten Nachveredlungen mit Abriß-Unterlagen in der ganzen Vegetationsperiode tendenziell stärkeres Seitentriebwachstum als die Pflanzen mit Stecklings- und in-vitro-Unterlagen (Abbildung 86).

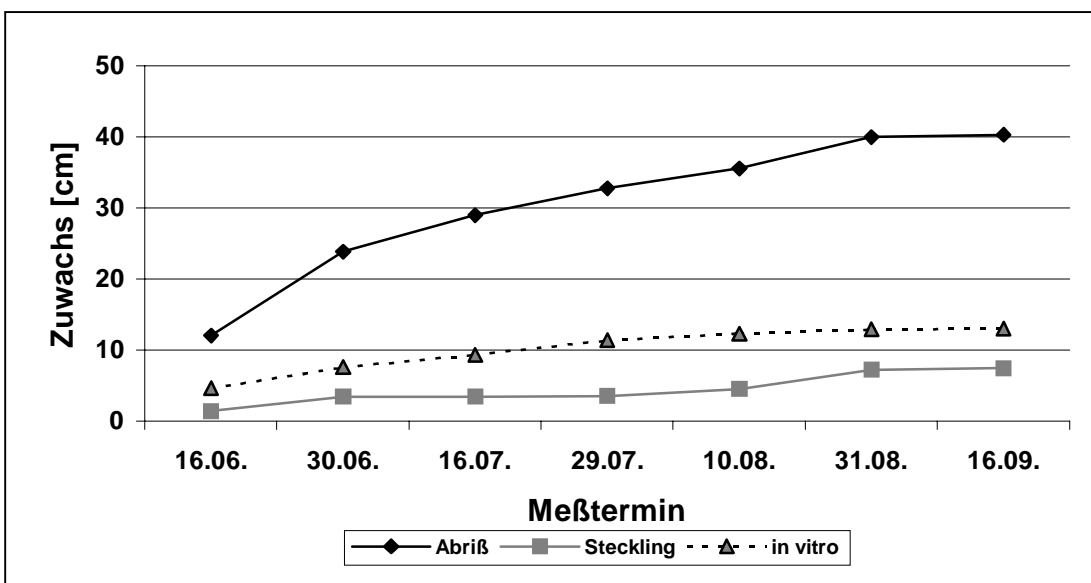


Abbildung 86: Seitentriebwachstum bei den Nachveredlungen aus 1996 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Veredlungen 1997 zeigten im ersten Standjahr signifikante Unterschiede im Seitentriebwachstum. Die Pflanzen mit Standards-Unterlagen ('Colt' und 'F12/1') wiesen ein stärkeres Wachstum auf als die Pflanzen mit anderen Unterlagen. Die Pflanzen mit 'Weiroot 53' entwickelten keine Seitentriebe (Abbildung 87).

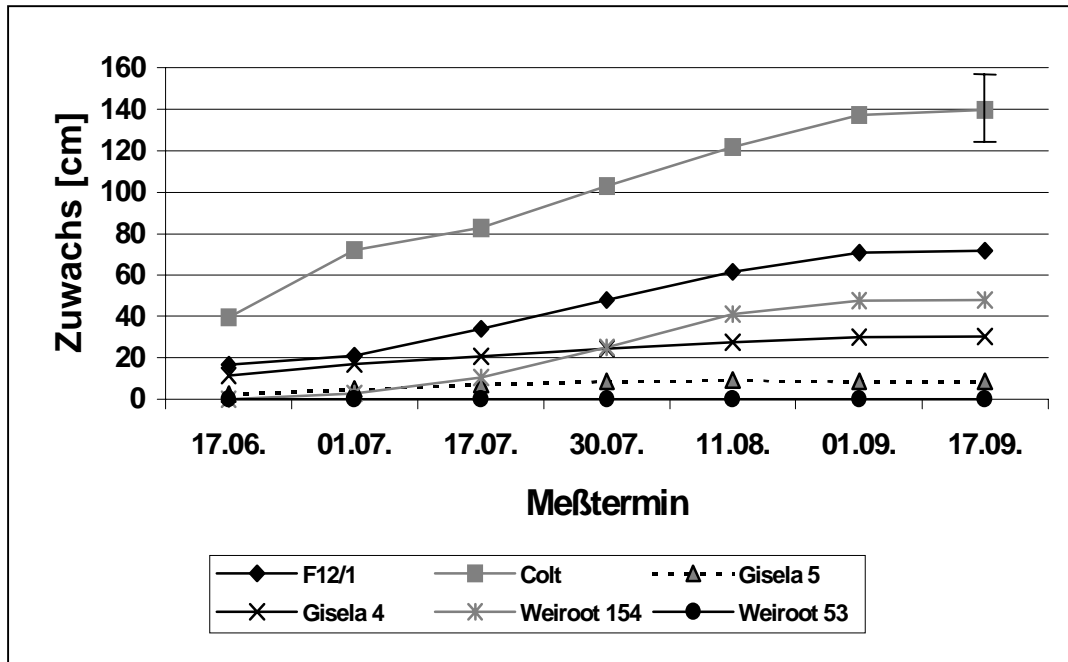


Abbildung 87: Seitentriebwachstum bei den Veredlungen 1997 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen

Signifikante Unterschiede konnten auch bei den Vermehrungsmethoden festgestellt werden. Die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen wuchsen stärker als die Pflanzen mit Stecklings- und in-vitro-Unterlagen (Abbildung 88).

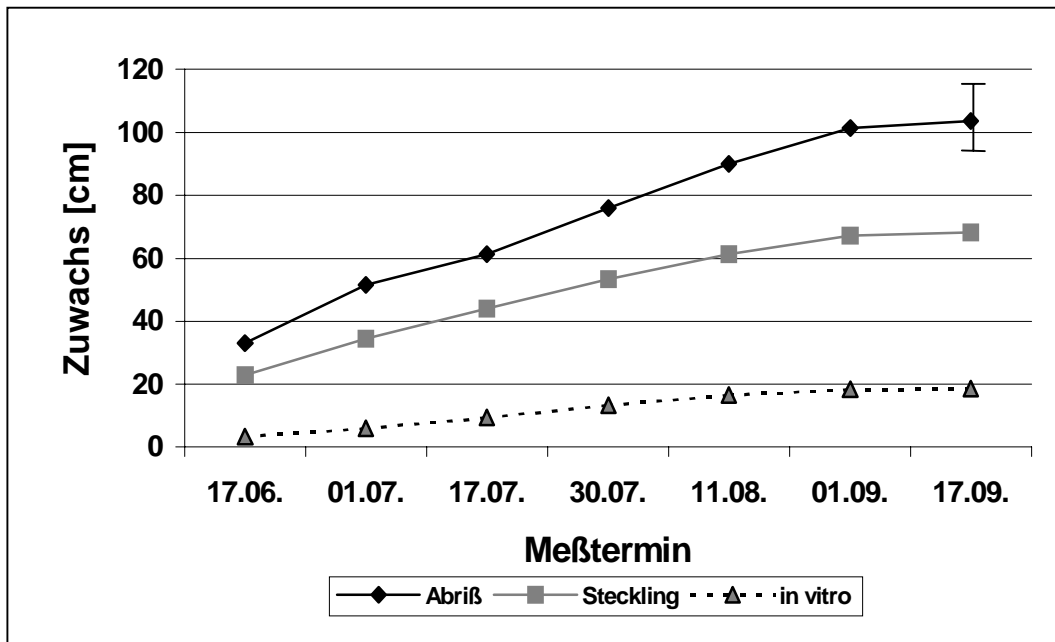


Abbildung 88: Seitentriebwachstum bei den Veredlungen 1997 im ersten Standjahr in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Anzahl der Seitentriebe

Alle Veredlungen zeigten, daß die Pflanzen mit 'Colt'-Unterlagen mehr Seitentriebe entwickelten als die Pflanzen mit schwachwüchsigen Unterlagen aber auch mehr als die mit 'F12/1' (Tabelle 75).

Tabelle 75: Anzahl der entwickelten Seitentriebe bei den Veredlungen in Abhängigkeit von den Unterlagen

Unterlage	Veredlung 1996		Veredlung 1997	
	1. Standjahr	2. Standjahr	Nachver. (1996)	1. Standjahr
F12/1	1,3	3,6	0,9 a	2,3 c
Colt	1,4	4,4	2,1 b	3,2 d
Gisela 5	-	-	0,2 a	1,4 b
Gisela 4	-	-	-	1,4 b
Weiroot 154	1,3	4,0	0,5 a	1,1 ab
Weiroot 53	-	-	-	0,6 a
GD _{0,05}	-	-	0,8	0,8

Zwischen den Vermehrungsmethoden war die Seitentriebbildung sehr ähnlich (Tabelle 76).

Tabelle 76: Anzahl der entwickelten Seitentriebe bei den Veredlungen in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Methode	Veredlung 1996		Veredlung 1997	
	1. Standjahr	2. Standjahr	Nachver. (1996)	1. Standjahr
Steckling	1,1	4,0	0,6 a	3,0 c
Abriß	1,6	4,0	1,8 b	2,2 b
in vitro	1,3	4,0	0,8 a	1,1 a
GD _{0,05}	-	-	0,7	0,5

Blattfläche

Die Einzelblattflächen der Pflanzen auf der in-vitro-Unterlage 'Weiroot 154' sind mit 65 cm² deutlich größer als bei den anderen Unterlagen (Tabelle 77).

Tabelle 77: Einzel-Blattfläche der Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr in Abhängigkeit von den Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Unterlage und Vermehrungsmethode	Blattfläche (cm ²)
F12/1-Abriß	53,3
F12/1-Steckling	56,3
Colt-Abriß	58,7
Colt-Steckling	52,0
Weiroot 154	64,6

Seitentriebansatz und Abgangswinkel

Um Wahrscheinlichkeit eines frühen Blühbeginns einschätzen zu können, wurde auch der Abgangswinkel des untersten Seitentriebes beobachtet. Die Höhe des untersten Seitentriebes, vom Boden aus gemessen, und der Abgangswinkel wurden ermittelt.

Die 1996 veredelten Pflanzen entwickelten im ersten Standjahr bei den 'Weiroot 154'-Unterlagen den höchsten Kronenansatz (26 cm) und den größten Abgangswinkel (33°) des untersten Seitentriebes. Bei den Veredlungen 1997 wurde im Gegensatz zu 1996 der höchste Kronenansatz und der größte Abgangswinkel bei den Pflanzen mit 'Colt'-Unterlagen festgestellt (Tabelle 78).

Tabelle 78: Höhe des Seitentriebansatzes (in cm) und Abgangswinkel (in °) bei den Veredlungen in Abhängigkeit von den Unterlagen

Unterlage	Veredlung 1996		Veredlung 1997			
	1. Standjahr		Nachver. (1996)		1. Standjahr	
	Ansatz	Winkel	Ansatz	Winkel	Ansatz	Winkel
F12/1	6,7	13,2	18,4	23,2 a	17,7	40,2
Colt	12,1	24,8	20,8	33,4 b	25,3	50,8
Gisela 5	-	-	4,3	7,6 a	18,9	39,6
Gisela 4	-	-	-	-	14,1	28,8
Weiroot 154	26,1	33,2	7,2	13,5 a	10,8	19,3
Weiroot 53	-	-	-	-	1,3	13,5
GD _{0,05}	-	-	n.s.	16,1	n.s.	n.s.

Die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen bildeten im Mittel die Krone höher mit größerem Abgangswinkel als die Pflanzen mit Stecklingsunterlagen. Bei den Veredlungen 1996 wurde der höchste Kronenansatz und der größte Abgangswinkel bei den Pflanzen mit in-vitro-Unterlagen festgestellt (Tabelle 79).

Tabelle 79: Höhe des Seitentriebansatzes (in cm) und Abgangswinkel (in °) bei den Veredlungen in Abhängigkeit von den Vermehrungsmethoden

Unterlage	Veredlung 1996		Veredlung 1997			
	1. Standjahr		Nachver. (1996)		1. Standjahr	
	Ansatz	Winkel	Ansatz	Winkel	Ansatz	Winkel
Steckling	8,3	12,8	5,1 a	10,3 a	20,9	43,4 b
Abriß	10,5	25,2	29,2 b	37,6 b	24,1	48,8 b
in vitro	26,1	33,2	14,6 a	21,1 a	11,9	26,4 a
GD _{0,05}	-	-	9,5	12,9	n.s.	9,6

Blütenbildung

Bei den Veredlungen 1996 wurde im zweiten Standjahr die Blütenbildung verfolgt. Die Anzahl der Blüten war gering. Die % Anteile der Bäume mit Blütenbildung zeigen, daß Blüten bei allen Varianten gebildet wurden (Tabelle 80). Die Stecklinge der Unterlage

‘F12/1’ und die in-vitro-Pflanzen der Unterlage ‘Weiroot 154’ zeigten größern Blütenansatz als die anderen Varianten.

Tabelle 80: Anteil der Bäume mit Blüten bei den Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr, getrennt nach Unterlagen und Vermehrungsmethoden

Unterlage und Vermehrungsmethode	Anteil (%)
F12/1 - Abriß	6,7
F12/1 - Steckling	25,0
Colt - Abriß	3,6
Colt - Steckling	1,7
Weiroot 154 - in vitro	28,3

3.4 Diskussion

3.4.1 Wachstum der Bäume nach der Verschulung

Insgesamt wurden nach der Aufschulung im Jahr 1996 sehr gute Überlebensergebnisse erzielt. Die Unterschiede zwischen Klonen konnten nicht statistisch abgesichert werden, von den Vermehrungsmethoden zeigten die Abriß- und in-vitro-Methode gering bessere Ergebnisse als die Stecklingsmethode. Dabei überlebten auch bei den Pflanzen, die durch Stecklinge vermehrt wurden, fast 90% der aufgeschulten Pflanzen. Im Jahr 1997 wurden z.T. schlechtere Überlebensergebnisse erzielt. Das galt besonders für die Stecklingspflanzen der Klone ‘Weiroot 53’, ‘F12/1’ und ‘Colt’. Diese signifikant schlechteren Ergebnisse bei den Stecklingspflanzen konnten auf das schlechtere Aufschulmaterial zurückgeführt werden. Das Stecklingsmaterial für die Stecklinge im Jahr 1996 war beim Stecken durch Läusebefall der Mutterpflanzen z.T. geschwächt. Das verursachte schlechtere Bewurzelungs- und Wachstumsergebnisse im Vermehrungsjahr (Kapitel 2.4) und damit auch schlechteres Aufschulmaterial. Hier zeigte sich deutlich die Auswirkung von schlechterem Stecklingsmaterial. Ein schlechter Zustand der Mutterpflanzen bewirkt nicht nur schlechtere Stecklingsergebnisse im Vermehrungsjahr, sondern auch Störungen in der Weiterkultur der bewurzelten Stecklinge.

Der Stammdurchmesser zeigt im Jahr 1996 vor der Okulation, daß die Bäume der "Standards" ('F12/1' und 'Colt') stärker wuchsen als die Bäume der schwachwüchsigen Unterlagen 'Gisela 5' und 'Weiroot 154'. Das ist die normale Folge des genetisch bedingten stärkeren Wachstums bei den "Standards". Das zeigten auch mehrere Unterlagen-Versuche (SEIPP, 1989; STEHR, 1995; STEHR, 1996). Im Jahr 1997 wuchsen 'F12/1' und 'Colt' schlechter. Bei den Stecklingen ist das die Folge des schlechteren Materials, bei den Abrissen wurden schwächere Pflanzen als im Jahr 1996 verschult.

Die in-vitro-Pflanzen der 'F12/1' und 'Gisela 5' entwickelten 1996 deutlich schwächere Stämme, als anders vermehrte Bäume der gleichen Unterlagen und die in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Weiroot 154'. Dieses Ergebnis widerspricht den Literaturangaben über den Rejuvenilisierungsprozeß bei der in-vitro-Vermehrung und dadurch verstärktes Wachstum der in-vitro-Pflanzen (CLARK, 1981; HACKETT, 1985; HOWARD and MARKS, 1988). Das Ergebnis ist eine Folge juvenilerer in-vitro-Pflanzen bei den Unterlagen 'F12/1' und 'Gisela 5' (einjährig) im Vergleich zu den in-vitro-Pflanzen der Unterlage 'Weiroot 154' (zweijährig). Die in-vitro-Pflanzen der Unterlagen 'F12/1' und 'Gisela 5' hatten im Sommer 1996 eine zu schwache Rinde, um diese Pflanzen okulieren zu können.

Die Stecklingspflanzen zeigten im Jahr 1996 im Vergleich zu den Abrissen gleichwertiges oder sogar stärkeres Wachstum ('Colt'). Auch MÜLLER (1991) erzielte mit den Eichenstecklingen nach der Aufschulung sehr gute Wachstumsergebnisse (Triebwachstum) - oft sogar bessere als mit den gleichwertigen Eichensämlingen. Schwächere Stecklingspflanzen bei der Unterlage 'Weiroot 154' deuteten auf die Notwendigkeit des hochoptimierten Stecklingssystems besonders bei den schwachwüchsigen Klonen. Die stecklingsvermehrte Unterlage 'Gisela 5' zeigte ein besseres Wachstum. Auch im Jahr 1997 wurden bis zur Okulation bei den Stecklingspflanzen durchschnittlich Dicken über 7 mm erreicht, was eine gute Veredlung ermöglicht. Das galt auch für die schwachwüchsigen Unterlagen. Die Stammzuwächse der Stecklingspflanzen waren gleich denen bei den Abrissen und höher als bei den in-vitro-Pflanzen. Die Ergebnisse mit schwachwüchsigen Unterlagen (besonders mit den 'Gisela'-Klonen) widersprechen Beobachtungen von UEHRE (1997) nach denen 'Gisela'-Stecklingspflanzen nach der Aufschulung kein ausreichendes Wachstum zeigen. Dort wurde die Stecklinge jedoch in verschiedene Töpfe gepflanzt. Die Ergebnisse von MÜLLER (1991), nach denen Eichenstecklinge nach der Aufschulung aufs Feld gleichwertigen Eichensämlingen oft überlegen sind, bestätigen die Erfahrungen bei *Prunus*.

Im Jahr 1996 wurde bei den Bäumen der Unterlage 'Colt' das stärkste Triebwachstum ermittelt. Diese Bäume entwickelten neben den Pflanzen der Unterlage 'Weiroot 154' auch am meisten Triebe. Dieses starke Wachstum ist für die als schwachwüchsig bezeichnete Unterlage überraschend (WEBSTER und DODD, 1974). STEHR (1995, 1996) konnte bei der Unterlage 'Colt' bzw. bei den Veredlungen auf dieser Unterlage ein stärkeres Wachstum feststellen, als bei den Veredlungen auf der Unterlage 'F12/1'. PENNELL et al. (1983) berichten über starkes Wachstum der Veredlungen mit 'Colt' in den ersten Jahren, später nahm die Stärke ab. WEBSTER und SCHMIDT (1996) stellten fest, daß die Wuchsstärke der Pflanzen mit 'Colt' von der Sorte und von den Wachstumsbedingungen (Boden, Klima) abhängig ist. Oft wachsen die Veredlungen mit 'Colt' nur gering schwächer als mit 'F12/1'.

Im Jahr 1996 konnte auch bei der Unterlage 'Gisela 5' ein stärkeres Triebwachstum festgestellt werden, als bei der Unterlage 'F12/1'. Außer bei der Unterlage 'Weiroot 154' wuchsen im Jahr 1996 die Stecklingspflanzen bei allen Unterlagen am stärksten. Damit bestätigen sich die Angaben von MÜLLER (1991) und SPETHMANN (1986b, 1997), daß das Wachstum der verschulten Pflanzen bei einem optimierten Stecklingssystem gut ist und mit anderen Vermehrungssystemen vergleichbar ist.

Im Jahr 1997 konnte besonders bei den Unterlagen 'F12/1' und den beiden 'Gisela'-Unterlagen ein stärkeres Haupttriebwachstum festgestellt werden. Auch die Nodienzahl war bei diesen Unterlagen am größten. Die Bäume der Unterlagen 'Gisela 5' und 'Gisela 4' erzielten auch das stärkste Seitentriebwachstum, während bei der Unterlage 'F12/1' das Seitentriebwachstum schwächer war. Das starke Haupttriebwachstum und damit verbundene große Nodienzahl bei den Bäumen der Unterlage 'F12/1' bestätigt die Angaben von PENNELL et al. (1983), GRUPPE (1985), FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985), SEIPP (1989), STEHR (1995, 1996). Das schwache Seitentriebwachstum bei der Unterlage 'F12/1' bestätigte unsere Ergebnisse mit dieser Unterlage aus dem Jahr 1996. Das starke Wachstum der 'Gisela'-Klone mit dem starken Wachstum der Stecklingspflanzen bestätigt unsere Ergebnisse aus dem Jahr 1996 und widerspricht der Angabe von UEHRE (1997) über das schwache Wachstum der 'Gisela'-Stecklinge. Die Bäume der Unterlage 'Colt' zeigten im Jahr 1997 das schlechteste Triebwachstum (Haupt- und Seitentriebwachstum), was auf das schwächere Material zurückzuführen ist.

Im Jahr 1997 konnte bei den in-vitro-Pflanzen das stärkste Triebwachstum (Haupttrieb- und Seitentriebwachstum) und die stärkste Zunahme der Nodienzahl festgestellt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben von CLARK (1981), HACKETT (1985), HOWARD und

MARKS (1988) über das starke Wachstum der Pflanzen nach der Verjüngung durch in-vitro-Methoden.

3.4.2 Wachstum und Entwicklung der okulierten Bäume

Im Jahr 1996 wurde die Okulation der Unterlagen wegen ihrer ungleichmäßigen Dicke an zwei Terminen durchgeführt: Ende Juli und Mitte August. Am ersten Termin wurden dickere Unterlagen veredelt und am zweiten alle anderen. Die in-vitro-Pflanzen der 'F12/1' und 'Gisela 5' konnten wegen ihrer schwachen Rinde an keinem Termin veredelt werden. Erfolgreich konnten nur die Abriß- und die Stecklingsbäume der Standards ('F12/1' und 'Colt') und die in-vitro-Bäume der Unterlage 'Weiroot 154' okuliert werden, deren Okulation meistens am ersten Termin erfolgte. Die Veredlungen vom zweiten Termin sind sehr schlecht gewachsen. Die 1996 unveredelten Unterlagen wurden im Jahr 1997 okuliert.

Die Veredlungen mit der Unterlage 'Colt' zeigten in allen Versuchen die stärksten Stammzuwächse. Das starke Wachstum der Bäume auf 'Colt' konnte von PENNELL et al. (1983), STEHR (1995, 1996) bestätigt werden. Die Veredlungen 1996 wuchsen im ersten Jahr mit der Unterlage 'Weiroot 154' stärker, als diejenigen mit 'F12/1'. Das kann durch den Rejuvenilisierungseffekt bei 'Weiroot 154'-in-vitro-Pflanzen erklärt werden. Starkes Stammdurchmesserwachstum wurde bei den Veredlungen 1997 mit 'Gisela 4' im ersten Jahr erzielt, was von FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985) nicht bestätigt werden konnte. Die Pflanzen mit in-vitro-Unterlagen zeigten tendenziell das stärkste Stammdurchmesserwachstum nur bei den Veredlungen 1996 im ersten Jahr, in anderen Versuchen wuchsen die Pflanzen mit Abriß-Unterlagen am stärksten.

Das starke Wachstum der Unterlage 'Colt' aus den eigenen Ergebnissen der verschulten Pflanzen zeigte sich beim Haupttriebwachstum der Veredlungen mit dieser Unterlage nicht so deutlich. Die Veredlungen mit 'Colt' wuchsen tendenziell am stärksten nur bei den Veredlungen 1996 und 1997 im ersten Jahr. ENGEL (1997) berichtet ebenfalls über schwächeres Wachstum der Bäume mit 'Colt'. Die Pflanzen mit 'F12/1' wiesen starkes Wachstum in allen Versuchen auf. Hiermit sind die Angaben von PENNELL et al. (1983), FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985), GRUPPE (1985) über starkes Wachstum der Pflanzen auf 'F12/1' bestätigt. Bzgl. der Vermehrungsmethoden zeigten in den Versuchen das stärkste Wachstum die Pflanzen auf Abriß-Unterlagen.

Die Nodienzahl zeigte in allen Versuchen die gleiche Tendenz wie das Haupttriebwachstum. Sie ist damit ein guter Parameter für die Beschreibung des Wachstums. Die Nodienzahl ist eng mit dem Wachstum der Pflanzen verbunden und nicht sortenabhängig. Der Übergang in die Blühphase könnte möglicherweise gleichwertig mit den beiden Parameter beschrieben werden, was nach HACKETT (1985) oft nicht der Fall ist. Danach wird der Übergang in die adulte Phase oft besser mit der Nodienzahl beschrieben.

Das stärkste Seitentriebwachstum mit den meisten Seitentrieben wurde in allen Versuchen bei den Pflanzen auf 'Colt'-Unterlagen festgestellt. Die Pflanzen auf 'F12/1' zeigten schwächeres Seitentriebwachstum mit wenigen Seitentrieben. Das deckt sich mit den Beschreibungen der 'Colt'-Unterlage von WEBSTER und DODD (1974), SELF (1975), WATKINS (1974, 1975), WEBSTER und CHAPMAN (1974, 1975), WEBSTER et al. (1975, 1976), PANNELL (1978) und WEBSTER (1978). ENGEL (1997) schrieb über schwächeres Wachstum der Pflanzen mit 'Colt'. Die Pflanzen mit 'Weiroot' und 'Gisela'-Unterlagen zeigten ein schwaches Seitentriebwachstum mit wenigen Seitentrieben. Damit konnten Untersuchungen von SIEGLER (1996) und VOGEL (1997) über das schwache bzw. ausgewogene Seitenwachstum der Bäume auf diesen Unterlagen bestätigt werden. Die Ausnahme sind die Pflanzen auf 'Weiroot 154'-Unterlage bei den Veredlungen 1996. Das kann mit dem Rejuvenilisierungseffekt bei den in-vitro-Pflanzen dieser Unterlage erklärt werden (CLARK 1981, HACKETT 1985, HOWARD und MARKS 1988). Ähnlich wie beim Haupttriebwachstum zeigten auch bei den Seitentrieben das stärkste Wachstum die Pflanzen auf Abriß-Unterlagen. Außer bei den Veredlungen 1996 zeigten die Pflanzen auf in-vitro-Unterlagen ein schwaches Wachstum mit geringster Seitentriebanzahl, was nach CLARK (1981), HACKETT (1985), HOWARD und MARKS (1988) nicht erklärt werden kann.

Das starke Wachstum der Pflanzen mit 'Weiroot 154' bei den Veredlungen 1996 wurde auch durch die größten Blattfläche am Ende der zweiten Vegetationsperiode bestätigt.

Die Pflanzen auf der Unterlage 'Colt' und bei den Veredlungen 1996 auf 'Weiroot 154' entwickelten in den Versuchen die Krone am höchsten mit dem größten Abgangswinkel. Das deckt sich mit den Beobachtungen von WEBSTER und DODD (1974), SELF (1975), WATKINS (1974, 1975), WEBSTER und CHAPMAN (1974, 1975), WEBSTER et al. (1975, 1976), PANNELL (1978) für die Bäume mit der 'Colt'-Unterlage. Große Abgangswinkel der Pflanzen mit 'Weiroot 154' sind schwer mit dem starken Wachstum dieser Pflanzen zu erklären, wohl aber mit Angaben von FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985), GRUPPE (1985) über Schwachwüchsigkeit der Pflanzen auf 'Weiroot'-Unterlagen. Die Schwachwüchsigkeit und damit das frühere Blühen dieser Pflanzen wurde hier auch durch den stärkeren Blühansatz

bestätigt. Die Pflanzen auf 'Weiroot'- und 'Gisela'-Unterlagen bei den Veredlungen 1997 entwickelten die Baumkrone niedrig mit geringem Abgangswinkel. Die Angaben über die Schwachwüchsigkeit der Pflanzen mit diesen Unterlagen von FRANKEN-BEMBENEK und GRUPPE (1985), GRUPPE (1985) bestätigten den geringen Abgangswinkel nicht, wohl aber die Bildung einer kleineren Baumkrone. Das deckt sich mit den Ergebnissen von SIEGLER (1996) und VOGEL (1997). Die Pflanzen mit 'F12/1'-Stecklingsunterlagen bei den Veredlungen 1996 zeigten bei schwächstem Triebwachstum auch einen starken Blühansatz.

4 GESAMTDISKUSSION MIT AUSBLICK

Mit der vorliegenden Arbeit wurde der alten Frage über die Möglichkeit der Stecklingsvermehrung von Kirschen- und Apfelunterlagen nachgegangen. Auf der Basis zahlreicher positiver Ergebnisse bei der Stecklingsvermehrung schwervermehrbarer Gehölze in den letzten Jahren (SPETHMANN 1986, 1987, 1997a) wurde in der vorliegenden Arbeit gezeigt, daß eine Stecklingsvermehrung der Kirschen- und Apfelunterlagen durchaus gut möglich und in vielen Fällen (alle Kirschenklone, 'M27', 'PiS1', 'PiS2' und 'PiS3') anwendbar erscheint. Während sich bei den Kirschenunterlagen verschiedene Klone ähnlich erfolgreich bewurzeln lassen, wurden bei den Apfelunterlagen bei den Bewurzelungsergebnissen große Unterschiede zwischen verschiedenen Klonen festgestellt. Die 'M9'-Klone zeigten insgesamt schlechte Ergebnisse.

Aufgrund eigener Ergebnisse zur Metabolisierung des aufgenommenen Auxins und ähnlicher Ergebnisse von EPSTEIN et al. (1993) scheinen diese Klone das aufgenommene Auxin schneller und irreversibel zu metabolisieren als andere Klone, bei denen bessere Bewurzelungsergebnisse erzielt wurden. Einige von diesen schwerbewurzelbaren Klonen zeigen nach HOWARD und MARKS (1988) deutlich bessere Bewurzelungsergebnisse nach Etiolierung. Diese Methode ist jedoch wegen des enormen technischen Aufwands nicht für die Massenvermehrung geeignet.

Die "Altersstatus"-Ergebnisse zeigen deutlich, daß mit dem Einsatz von juvenilem Stecklingsmaterial gerade bei den als "schwerbewurzelbar" bezeichneten Klonen eine erhebliche Verbesserung der Bewurzelungsergebnisse möglich ist. Das ist ein Indiz dafür, daß die bislang meist schlechten Ergebnisse bei der Stecklingsvermehrung von Obstunterlagen dem physiologisch zu "alten" Mutterpflanzenmaterial zuzuschreiben sind. Auch der positive Einfluß des IBS-Hormons zeigte sich bei dem schwerbewurzelbaren Klon am stärksten. Die Ergebnisse zeigen weiter, daß für eine erfolgreiche Bewurzelung und das Wachstum der Stecklinge auch andere Faktoren, wie pH, Düngung, Stecklingslänge von Bedeutung sind. Bezüglich der Düngungsarten wurden beim leichtbewurzelbaren *Prunus*-Klon die besten Ergebnisse mit dem Langzeitdünger "Osmocote 3-4M (15+11+13+2)" erreicht. Der Versuch mit dem schwerbewurzelbaren *Malus*-Klon brachte keine signifikanten Wirkungen. Bezüglich der Düngungsmenge wurden beim leichtbewurzelbaren *Prunus*-Klon die besten Ergebnisse mit 0,4g N (Osmocote) erreicht. Mit dem Substrat-pH-Wert 7.3 wurden nur geringfügig bessere Ergebnisse als mit dem pH-Wert 4.5 erzielt. In Kombination zwischen der Dünger-Menge und dem pH-Wert wurden die besten Ergebnisse bei der "0,4g

N^o-Variante beim pH-Wert 4.5 erzielt. Bezüglich der Stecklingslänge zeigten sich bei 'Gisela' geringere Unterschiede. Tendenziell schnitten am besten etwas längere Stecklinge (20-30 cm) ab. Weitere Versuche mit einzelnen Klonen, besonders bei den Apfelunterlagen, erscheinen notwendig.

Die Versuche zur Auxinaufnahme und dessen Metabolisierung konnten in dieser Arbeit nur ansatzweise die Verhältnisse bei der Stecklingsvermehrung klären. Bei der in-vitro-Vermehrung wurde Vieles schon untersucht. Unter in-vitro-Bedingungen sind solche Versuche wegen der kontrollierten Bedingungen mit Sicherheit einfacher. Trotzdem besteht ein Bedarf, die Hormonverhältnisse speziell bei der Stecklingsvermehrung weiter zu untersuchen. Das ist die Aufgabe zukünftiger Versuche.

Die Vergleichsversuche mit den verschulten Kirschenunterlagen in der Baumschule widersprachen der verbreiteten Meinung und auch publizierten Feststellungen (UEHRE 1997) über das schlechte Wachstum stecklingsvermehrter Unterlagen nach der Verschulung. Die Ergebnisse zeigen, auch bei den schwachwüchsigen Unterlagen ('Gisela'), starkes Wachstum der Stecklingsunterlagen nach der Verschulung. Die Pflanzen der starkwüchsigen Klone sind meist schon im Jahr der Verschulung (1 Jahr nach der Vermehrung) gut okulationsfähig. Das gilt manchmal sogar auch für die schwachwüchsigen Klone. Die Pflanzen dieser Klone sind ein Jahr später auf jeden Fall okulationsfähig. Okulation im zweiten Jahr nach der Aufschulung (zwei Jahre nach Vermehrungsbeginn) bedeutet gegenüber der in-vitro-Vermehrung oft eine Verkürzung der Produktionszeit und damit eine Verbilligung der Produktion, wenn eine direkte Aufschulung (direkte Aufpflanzung der bewurzelten Stecklinge aufs Feld) ohne Zwischenkultur in Töpfen (UEHRE 1997) vorgenommen wird (SPETHMANN 1986b, 1997a). Für eine direkte Aufschulung ist allerdings die Produktion gut bewurzelter (möglichst akrobasale Bewurzelung, hohe Wurzelzahl) und kräftig gewachsener Stecklinge unumgänglich. Solche Produktion ist nur möglich mit einem weitgehend optimierten System der Stecklingsvermehrung, wobei neben den Faktoren in der Vermehrungsphase insbesondere der Altersstatus und die Vitalität der Mutterpflanzen eine wichtige Rolle spielt. Das zeigen umgekehrt auch die schlechteren Stecklingsergebnisse nach Läusebefall der Mutterpflanzen im Jahr 1996, die sich im insgesamt schlechteren Wachstum der verschulten Unterlagen zeigen. In der Zukunft sollten die Vergleichsversuche, auch mit den Apfelunterlagen, über eine längere Beobachtungszeit bis in die generative Phase hinein durchgeführt werden.

Wie in der Einleitung angeführt erreichten die Preisforderungen für in-vitro-vermehrte Unterlagen mehr als 4 DM/Stück. Dieser Preis entsteht einerseits durch die Natur der Vermehrungsmethode, andererseits sind daran auch andere Faktoren beteiligt. Für die erfolgreiche in-vitro-Vermehrung wird eine teure Ausrüstung benötigt (Werkbänke, kontrolliertes Klima). Hohe Kosten entstehen auch durch die teure Nachkultur dieser Pflanzen. Sie müssen oft umgetopft und wegen inhomogenen Wachstums auch sortiert werden. Bei der in-vitro-Produktion können hohe Ausfälle entstehen, was die Kosten zusätzlich erhöht. Die 1- bzw. 2-jährigen verschulnten Stecklings- bzw. Steckholzunterlagen erreichten in den Obstbaumschulen Preise von knapp 1DM bis 1,50 DM, bei einigen Klonen wurden auch Preise bis 2 DM erreicht (LODDER 1997). Selbst die höchste Preisgrenze für Stecklingsunterlagen liegt deutlich niedriger als die niedrigste Preisgrenze der in-vitro-Unterlagen. Dabei wird oft die Stecklingsvermehrung in relativ teuren Gewächshäusern (Glas- oder Kunststoff-Bedachung, Klimasteuerung) mit dem Einsatz von Sprühregen (hoher Wasserverbrauch) durchgeführt. Ebenso wird oft mit physiologisch überaltertem Material und unter suboptimalen Bedingungen gearbeitet, wodurch die Produktion wegen schlechter Ergebnisse (hohe Ausfälle, schlechter Durchtrieb, späte Okulationsfähigkeit) verteuert wird. Das eigene System der Stecklingsvermehrung erfolgt in vergleichsweise kostengünstigen Folienhäusern unter Einsatz einer wassersparenden Hochdrucknebelanlage. Der Wasserverbrauch ist hier minimal, etwas höhere Kosten entstehen nur durch die benötigte Pumpe und relativ teure fog-Düsen. Diese Kosten bleiben aber deutlich niedriger als die Kosten teurer Gewächshäuser mit Klimasteuerung. Für die Minderung der Kosten sorgen auch gute Ergebnisse (hohe Bewurzelungsanteile, starker Durchtrieb, schnelle Okulationsfähigkeit) aufgrund juveniles Materials und optimierter anderer Faktoren (pH-Wert und Düngung des Substrats). Mit einem solchen System der Stecklingsvermehrung können niedrigere Baumschulpreise für Stecklinge erreicht werden. Dieser große Preisunterschied zu den in-vitro-Pflanzen macht eine optimierte Stecklingsvermehrung konkurrenzfähig und ökonomisch sinnvoll.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Vermehrung der Kirschen- und Apfelunterlagen erfolgt in den Baumschulen immer noch durch konventionelle Abriß-Methode, neue schwachwüchsige Kirschenunterlagen werden in-vitro vermehrt. Da die Abriß- und in-vitro-Vermehrung mit mehreren Nachteilen verbunden sind (arbeitsaufwendig, teure Ausrüstung), wird in der Stecklingsvermehrung eine gleichwertige Ersatzvermehrungsmethode gesucht.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde den Fragen der Optimierung der Stecklingsvermehrung bei den Kirschenunterlagen und der Möglichkeit dieser Vermehrungsart bei den Apfelunterlagen nachgegangen. Die Optimierung wurde bei mehreren praxisüblichen Kirschen- ('F12/1', 'Colt', 'Gisela 5', 'Gisela 4', 'Weiroot 154', 'Weiroot 53', 'Weiroot 72', 'Weiroot 158', 'Weiroot 13') und Apfelunterlagen ('M27', 'M9-4/80', 'M9-984', 'M9-756', 'M9-751', 'PiS1', 'PiS2', 'PiS3', 'Pi80') durchgeführt. Es wurden die Einflüsse des Mutterpflanzalters, der Hormonbehandlung, der Düngerart, der Düngungshöhe, des pH-Wertes und der Stecklingslänge geprüft.

Bei den Kirschenunterlagen wurden weiterhin durch Vergleichsversuche im Versuchsfeld Wachstums- und Entwicklungsvergleiche zwischen Stecklings-, in-vitro-Pflanzen und Abriß-Unterlagen im Jahr nach der Verschulung und in der Zeit nach der Okulation durchgeführt.

Mit markierter IES wurde versucht, die Auxin-Aufnahme, die Auxin-Verlagerung und Metabolisierung in den ersten Tagen nach dem Stecken zu verfolgen. Es wurden auch mit dem Wasser gesättigte Stecklinge in diese Versuche einbezogen.

Optimierung der Stecklingsvermehrung

Nach zwei Vermehrungsjahren 1995 und 1996 zeigte sich bei der Stecklingsvermehrung, daß die Kirschen- und Apfelunterlagen in leichtbewurzelbare (alle Kirschenklone, 'M27', 'PiS1', 'PiS2' und 'PiS3') und schwerbewurzelbare Klone ('M9'-Klone und 'Pi80') zu differenzieren sind.

Bei den leichtbewurzelbaren Klonen zeigten sich zwischen juvenilem und adultem Mutterpflanzenmaterial und zwischen Hormonbehandlungen geringe Unterschiede. Bei den schwerbewurzelbaren Klonen wurden die Vermehrungsergebnisse durch Einsatz von juvenilem Mutterpflanzenmaterial und von IBS deutlich verbessert.

Der Zusatz von "Osmocote" zum Substrat führte bei den leichtbewurzelbaren Klonen tendenziell zu besserer Bewurzelung vor dem Winter, zu stärkerer Wurzelbildung und signifikant stärkerem Triebwachstum in der Stecklingsperiode. Zusatz von "Plantosan" führte tendenziell zu stärkerem Pflanzenwachstum nach der Verschulung. Bei den schwerbewurzelbaren Klonen zeigte die Kontrolle tendenziell bessere Bewurzelung vor dem Winter und "Plantosan" nach dem Winter. Die Variante "Plantosan" führte tendenziell zu besserer Wurzelbildung und zu stärkerem Triebwachstum.

Der niedrigere pH-Wert (4.5) des Substrates bewirkte tendenziell schlechtere Bewurzelung, größere Ausfälle während des Winters, geringere Kallusbildung, schwächere akrobasale Bewurzelung, schwächere Wurzelbildung und stärkeres Triebwachstum. In der ersten Hälfte der Vegetationsperiode wurden beim pH-Wert 4.5 im Substrat tendenziell höhere N_{\min} -Gehalte gemessen, später wurden diese Gehalte niedriger als die beim pH-Wert 7.3. Der "0,4g N"- "Osmocote" Zusatz zum Substrat bewirkte signifikant bessere Bewurzelung, geringere Kallusbildung, stärkere akrobasale Bewurzelung, mehr Hauptwurzeln, der "0,6g N"-Zusatz stärkeres Triebwachstum. Als die beste Kombination der Parameter pH und Düngermenge erwies sich "0,4g N"-Düngung beim pH-Wert 4.5.

Die Stecklingslängen zwischen 20 und 24 cm zeigten tendenziell bessere Bewurzelung und die Längen zwischen 25 und 30 cm signifikant mehr Hauptwurzeln, tendenziell längeres Wurzelsystem und stärkeres Seitentriebwachstum.

Generell könnte festgestellt werden, daß für die erfolgreiche Stecklingsvermehrung junges Stecklingsmaterial von großer Bedeutung ist. Das gilt besonders für die schwerbewurzelbaren Klone ("M9"-Klone). Es wird die Vermehrung mit niedrigem pH-Wert (4.5) des Substrats und "0,4g N"- "Osmocote" Düngung empfohlen. Bei den Kirschenunterlagen werden 20 – 25 cm lange Stecklinge empfohlen, gute Ergebnisse könnten aber auch mit den kürzeren Stecklingen (10 cm) erzielt werden.

Wachstumsvergleich der Kirschenunterlagen

Im Jahr 1996 entwickelten die 'Colt'- und 'F12/1'-Unterlagen und als Vermehrungsart die Abriß-Pflanzen nach der Verschulung den stärksten Stammdurchmesser, im Jahr 1997 wurde der stärkste Durchmesser bei den 'Gisela'-Unterlagen und Abriß-Pflanzen gemessen. Das

stärkste Triebwachstum 1996 wurde bei den ‘Colt’-, ‘Gisela 5’-Unterlagen und bei der Vermehrungsart Stecklinge gemessen, im Jahr 1997 wuchsen am stärksten die ‘Gisela’-Unterlagen und die in-vitro-Pflanzen.

Die Veredlungen 1996 und 1997 zeigten meistens den stärksten Unterlagen- und Edelreisdurchmesser auf der Unterlage ‘Colt’ und auf Abriß-Unterlagen. Die Veredlungen auf ‘Colt’ zeigten das stärkste Triebwachstum im ersten Standjahr bei den Veredlungen 1996 und 1997. Die Veredlungen 1996 im zweiten Standjahr und die 1997 Nachveredlungen aus Jahr 1996 wuchsen am stärksten auf ‘Weiroot’-Unterlagen. Von den Vermehrungsmethoden waren die Abriß-Unterlagen bei allen Veredlungen am besten. Die Veredlungen 1996 zeigten den höchsten Kronenansatz mit dem größten Abgangswinkel auf ‘Weiroot 154’- und in-vitro-Unterlagen, bei den Veredlungen 1997 wurde der höchste Baumkronenansatz mit dem größten Abgangswinkel auf ‘Colt’- und auf Abriß-Unterlagen gemessen. Die Veredlungen 1996 auf ‘Weiroot 154’-in-vitro- und auf ‘F12/1’-Stecklings-Pflanzen blühten im zweiten Standjahr am stärksten.

6 LITERATURVERZEICHNIS

ALVAREZ, R., NISSEN, S. J., SUTTER, E. G. (1989): Relationship between Indole-3-Acetic Acid Levels in Apple (*Malus pumila* Mill.) Rootstocks Cultured in *Vitro* and Adventitious Root Formation in the Presence of Indole-3-Butyric Acid.
Plant Physiol. **89**, 439-443.

ANDREAE, W. A., GOOD, N. E. (1957): Studies on 3-Indoleacetic Acid Metabolism. IV. Conjugation with Aspartic Acid and Ammonia as Processes in the Metabolism of Carboxylic Acids.
Plant Physiol. **32**, 566-572.

BANDURSKI, R. S. (1982): Auxin Biosynthesis and Metabolism.
In: WAREING, P. F. (1982): Plant Growth Substances. Academic Press.

BÄRTELS, A. (1996): Gehölzvermehrung, Ulmer Stuttgart.

BEIER, T, SPETHMANN, W. (1995): Verkaufsfähige Bambus in 11 Monaten - Offset-Stecklinge und Weiterkultur von ausläuferbildenden Bambusarten.
Deutsche Baumschule **47**, 70-71.

BIALEK, K., COHEN, J. D. (1986): Isolation and Partial Characterization of the Major Amide-Linked Conjugate of Indole-3-Acetic Acid from *Phaseolus vulgaris* L.
Plant Physiol. **80**, 99-104.

BLAZICH, F. A. (1988): Mineral Nutrition and Adventitious Rooting.
In: DAVIS, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (1988): Adventitious Root Formation in Cuttings. Dioscorides Press, Portland.

BOEHRINGER MANNHEIM 1989: Methoden der enzymatischen Bioanalytik und Lebensmittelanalytik.
Firma Boehringer Mannheim GmbH, Biochemika, Mannheim.

- BURD, S. M., DIRR, M. (1977): Propagation of selected *Malus* taxa from softwood cuttings.
Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. **27**, 427-432.
- CARNEY, M., WHITCOMB, C. E. (1983): Effects of 2 Slow-Release Fertilizers on the
Propagation and Subsequent Growth of 3 Woody Plants.
J. Environ. Hort. **1**, 55-58.
- CLARK, J. R. (1981): Juvenility and Plant Propagation.
Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. **31**, 449-453.
- DAVIS, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (1988): Adventitious Root Formation in Cuttings.
Dioscorides Press, Portland.
- DELARGY, J. A., WRIGHT, C. E. (1978): Root formation in cuttings of apple (cv. Bramley's
seedling) in relation to ringbarking and to etiolation.
New Phytol. **81**, 117-127.
- ENGEL, G. (1997): Süßkirschen-Einfluß von Sorte und Unterlage auf die Leistung.
Obstbau, **22**, 10-11.
- EPSTEIN, E., ZILKAH, S., FAINGERSH, G., ROTEBaum, A. (1993): Transport and Metabolism
of Indole-3-Butyric Acid in Easy- and Difficult-to-Root Cuttings of Sweet Cherry
(*Prunus avium* L.).
Acta Hort. **329**, 292-295.
- FORTANIER, E. J., JONKERS, H. (1976): Juvenility and Maturity of Plants as Influenced by
their Ontogenetical and Physiological Ageing.
Acta Hort. **56**, 37-44.
- FRANKEN-BEMBENEK, S., GRUPPE, W. (1985): Growth relationships of ungrafted and grafted
hybrid cherry rootstocks.
Acta Hort. **169**, 245-250.

- FRANKEN-BEMBENEK, S., GRUPPE, W. (1985): Variability in vegetative growth of different cherry hybrids (*Prunus* × spp.).
Acta Hort. **169**, 257-262.
- GASPAR, T., HOFINGER, M. (1988): Auxin Metabolism During Adventitious Rooting.
In: DAVIS, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (1988): Adventitious Root Formation in Cuttings. Dioscorides Press, Portland.
- GRUPPE, W. (1978): Bewurzelung von Kirsch-Hybriden nach Anhäufeln und Drahten. I. Hybriden innerhalb der Sektion Eucerasus.
Gartenbauwissenschaft **43**, 254-259.
- GRUPPE, W. (1985): Size control in sweet cherry cultivars (*Prunus avium*) induced by rootstocks from interspecific crosses and open pollinated *Prunus* species.
Acta Hort. **169**, 209-217.
- GRUPPE, W., SCHMIDT, H. (1977): Die Bewurzelung von Stecklingen verschiedener Kirschhybriden und Arten unter Sprühnebel.
Gartenbauwissenschaft **42**, 132-135.
- DE HAAS, P. G. und HILDEBRANDT, W. (1967): Die Unterlagen und Baumformen des Kern- und Steinobstes.
Ulmer, Stuttgart.
- HACKETT, W. P. (1985): Juvenility, Maturation and Rejuvenation in Woody Plants.
Horticultural Reviews, **7**, 109-155.
- HACKETT, W. P. (1988): Donor Plant Maturation and Adventitious Root Formation.
In: DAVIS, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (1988): Adventitious Root Formation in Cuttings. Dioscorides Press, Portland.
- HARBAGE, J. F., STIMART, D. P., EVERT, R. F. (1993): Anatomy of Adventitious Root Formation in Microcuttings of *Malus domestica* Borkh. 'Gala'.
J. Amer. Soc. hort. Sci., **118**, 680-688.

- HARBAGE, J. F., STIMART, D. P., AUER, C. (1998): pH Affects 1*H*-indole-3-butyric Acid Uptake but not Metabolism during the Initiation Phase of Adventitious Root Induction in Apple Microcuttings.
J. Americ. Soc. hort. Sci. **123**, 6-10.
- HARRISON-MURRAY, R. S. (1981): Etiolation of stock plants for improved rooting of cuttings: I. Opportunities suggested by work with apple.
Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. **31**, 386-392.
- HARMS, P. (1992): Eichen: Gedüngtes Stecklings-Substrat schafft Vorteile.
Deutsche Baumschule **44**, 415.
- HARTMANN, H. T., KESTER, D.E., DAVIES, F. T. (1990): Plant propagation - Principles and Practices.
Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- HAYNES, R. J., SWIFT, R. S. (1986): Effects of soil acidification and subsequent leaching on levels of extractable nutrients in a soil.
Plant and Soil **95**, 327-336.
- HORNIG, R., BÜNEMANN, G. (1995): Baumstreifenbegrünung und Fertigation im integrierten Apfelanbau. I. Wachstum, Ertrag und Fruchtqualität.
Gartenbauwissenschaft **60**, 262-268.
- HOWARD, B. H. (1966): Rootstock Propagation by Hardwood Cuttings: A Progress Report for Nurserymen.
Rep. E. Malling Res. Stn. for 1966, 202-204.
- HOWARD, B. H. (1985): Factors affecting the response of leafless winter cuttings of apple and plum to IBA applied in powder formulation.
J. Hort. Sci. **60**, 161-168.

- HOWARD, B. UND MARKS, T. (1988): Interactions Between Micropropagation and Conventional Propagation.
Proc. Inter. Plant Prop. Soc., **38**, 247-251.
- HOWARD, B. H., HARRISON-MURRAY, R. S., ARJYAL, S. B. (1985): Responses of apple summer cuttings to severity of stockplant pruning and to stem blanching.
J. Hort. Sci. **60**, 145-152.
- JOHNSON, C. R., HAMILTON, D. F. (1977): Effects of Media and Controlled-release Fertilizers on Rooting and Leaf Nutrient Composition of *Juniperus conferta* and *Ligustrum japonicum* Cuttings.
J. Amer. Soc. Hort. Sci. **102**, 320-322.
- KAUSSMANN, B., SCHIEWER, U. (1989): Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen.
G. Fischer, Stuttgart.
- DE KLERK, G.-J., KEPPEL, M., TER BRUGGE, J., MEEKES, H. (1995): Timing of the phases in adventitious root formation in apple microcuttings.
J. Exp. Bot., **46**, 965-972.
- LODDER, H. (1997): Preisliste (Herbst 1997/Frühjahr 1998).
Baumschulen – Wildlingskulturen, Dülmen-Hiddingsel.
- LOMAX, T. L., MUDAY, G. K., RUBERY, P. H. (1995): Auxin transport.
In: DAVIES, P. J. (1995): Plant Hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Publishers.
- LYR, H., FIEDLER, H.-J., TRANQUILINI, W. (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze.
G. Fischer, Stuttgart.

- MAC CARTHAIGH, D., PRZERADZKI, D. (1988): The influence of Osmocote 16-10-13 in rooting substrate on the rooting of *Potentilla fruticosa* and *Hypericum calycinum* cuttings.
Acta Hort. **226**, 333-344.
- MAC CARTHAIGH, D., EBLE, G. (1989): Einsatz von Depotdüngern in Stecksubstraten.
Deutsche Baumschule **41**, 228-230.
- MEIER-DINKEL, A. (1985): In vitro Vermehrung ausgewählter Genotypen der Vogelkirsche (*Prunus avium* L.).
Allg. Forst- u. Jagdzeitung **157**, 139-144.
- MENGEL, K. (1992): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze.
G. Fischer, Stuttgart.
- MENGEL, K., PILBEAM, D. J. (1992): Nitrogen Metabolism of Plants.
Clarendon Press, Oxford
- MEYER, J. (1964): Die Anzucht von Obstunterlagen in der Nebelvermehrung.
Schweiz. Z. Obst- und Weinb. **73**, 389-397.
- MILLER, N. F., HINESLEY, L. E., BLAZICH, F. A. (1982): Propagation of Fraser Fir by Stem Cuttings: Effects of Type of Cutting, Length of Cutting, and Genotype.
HortScience **17**, 827-829.
- MLASOWSKY, U. (1996): Einfluß des pH-Wertes aufgedüngter Stecklingssubstrate auf Bewurzelung, Qualität und Nährstoffstatus von *Quercus robur* und *Prunus avium*.
Diplomarbeit, Abteilung Baumschule, Universität Hannover.
- MORGAN, D. L., MCWILLIAMS, E. L. (1976): Juvenility as a Factor in Propagating *Quercus virginiana* MILL.
Acta Hort. **56**, 263-268.

- MORGAN, D. L., MCWILLIAMS, E. L., PARR, W. C. (1980): Maintaining Juvenility in Live Oak.
HortScience **15**, 493-494.
- MÜLLER, D. (1991): Wachstumsuntersuchungen an Eichen - jungpflanzen aus Sämlingen und Stecklingen.
Diplomarbeit, FHS, Göttingen.
- NORCINI, J. G. UND HEUER, C. W. (1988): Changes in the Level of [¹⁴C]Indoleacetylaspartic Acid during Root Formation in Mung Bean Cuttings.
Plant Physiol. **86**, 1236-1239.
- NORDSTRÖM, A-C., JACOBS, F. A., ELIASSON, L. (1991): Effect of Exogenous Indole-3-Acetic Acid and Indole-3-Butyric Acid on Internal Levels of the Respective Auxins and Their Conjugation with Aspartic Acid during Adventitious Root Formation in Pea Cuttings.
Plant Physiol. **96**, 856-861.
- NYOMORA, A. M. S., MNZAVA, N. A. (1982): Rooting responses of juvenile and adult cuttings of apple (*Malus sylvestris* L.) and peach (*Prunus persica* L.) to indole-3-butyric acid (IBA) and season in Tanzania.
Beiträge trop. Landwirtschaft. Veterinärmed. **20**, 135-140.
- QUAMME, H. A., HOGUE, E. J. (1994): Improved Rooting of Ottawa 3 Apple Rootstock by Soft Wood Cuttings Using Micropropagated Plants as a Cutting Source.
Fruit Var. J., **48**, 170-173.
- PENNELL, D. (1978): Notes on new fruit varieties Colt: a new rootstock for cherries.
NFT Leaflet No.9.
- PENNELL, D., DODD, P. B., WEBSTER, A. D., MATTHEWS, P. (1983): The effects of species and hybrid rootstocks on the growth and cropping of 'Merton Glory' and 'Merton Bigarreau' sweet cherries (*Prunus avium* L.).
J. Hort. Sci. **58**, 51-61.

- PLIETZSCH, A., JESCH, H., WENGLER, H. (1998): Langzeit-Leistungsprüfung in vitro vermehrter Ziergehölze. Teil: *Prunus* (Zwischenergebnisse).
BDGL-Schriftenreihe Band **16**, 109.
- SCHIMMELPFENG, H. (1965): Vermehrung von Sauerkirschen durch Grünstecklinge.
Erwerbsobstbau **7**, 48-50.
- SEIPP, D. (1989): Unterlagen für kleinkronige Süßkirsch-Bäume - Vergleich der baumschulischen Leistung.
Deutsche Baumschule **41**, 336-339.
- SELF, B. P. (1975/76): Progres in Research in 1975.
Propagation Rep. E. Malling Res. Station.
- SIEGLER, H. (1996): Die "9er-Zeit" der Süßkirsche hat begonnen.
Deutsche Baumschule **48**, 538-539.
- SPELLERBERG, B. (1985): Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrbaren Laubgehölzen. I. Der Einfluß des Vermehrungsklimas auf Inhaltsstoffe und weiteres Wachstum der bewurzelten Stecklinge.
Gartenbauwissenschaft **50**, 71-77.
- SPETHMANN, W. (1985): Propagation of *Prunus avium* by summer and winter cuttings and survival after different storage treatments.
Acta Hort. **169**, 353-363.
- SPETHMANN, W. (1986 a): Stecklingsvermehrung bei Waldbäumen.
Deutsche Baumschule **38**, 148-153.
- SPETHMANN, W. (1986 b): Stecklingsvermehrung von Stiel- und Traubeneiche (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* [Matt.] Liebl.).
Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. d. Nieders. Forstl. Versuchsanstalt **86**, 1-99.

- SPETHMANN, W. (1990): Einsatzmöglichkeiten der Stecklingsvermehrung bei der Erhaltung forstlicher Genressourcen.
In: STEPHAN, B. R.: Erhaltung forstlicher Genressourcen. Mitteil. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft **164**, 145-160.
- SPETHMANN, W. (1997a): Autovegetative Gehölzvermehrung.
In: KRÜSSMANN, G. (1997): Die Baumschule. Parey, Berlin.
- SPETHMANN, W. (1997b): Wuchsstoffe in der Baumschule.
TASPO - Gartenbaumagazin **6**, 51-53.
- SPETHMANN, W., HAMZAH, A. (1987): Growth Hormone Induced Root System Types in Cuttings of some Broad Leaved Tree Species.
Acta Hort. **226**, 601-605.
- STAHL, E. (1967): Dünnschicht-Chromatographie. Ein Laboratoriumshandbuch.
Springer, Berlin.
- STEHR, R. (1995): Erste Zwischenergebnisse eines Unterlagenversuchs zu Süßkirschen.
Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes **50**, 257-261
- STEHR, R. (1996): Erste Zwischenergebnisse eines Unterlagenversuchs zu Süßkirschen.
Erwerbsobstbau, **38**, 122-125.
- STRAUCH, H., ROTH, M., GRUPPE, W. (1985): Rooting softwood cuttings of interspecific cherry hybrids and *Prunus* species by mist propagation.
Acta Hort. **169**, 371-379.
- SUN, W.-Q., BASSUK, N. L. (1991): Effects of Banding and IBA on Rooting and Budbreak in Cuttings of Apple Rootstock 'MM.106' and *Franklinia*.
J. Environ. Hort. **9**, 40-43.
- TREFOIS, R. (1984): Neue Unterlagen für Kirschenbäume.
Erwerbsobstbau **26**, 212-216.

- UEHRE, P. (1997): Gi-Sel-A: Unterlage mit Anzuchtproblemen-Test in Wolbeck in verschiedenen Töpfen.
TASPO **130**, 11.
- VOGEL, T., SIEGLER, H. UND PALUSCHKA, S. (1997): Süßkirschen-Unterlagenversuch in Buckenreuth/Fränkische Schweiz-Zwischenbericht.
Obstbau **22**, 246-252.
- WATKINS, R. (1974/75): Fruit breeding. Rep. E. Malling Res. Station.
- WEBSTER, A. D. (1978): Notes on the New Sweet Cherry rootstock – Colt (*P. avium* × *P. pseudocerasus* – Hybrid No. 21).
Leaflet – EM.
- WEBSTER, A. D., CHAPMAN, G. D. (1973/74): Plum and cherry propagation: Methods for rapid multiplication of new rootstock.
Rep. E. Malling Res. Station.
- WEBSTER, A. D., CHAPMAN, G. D., ANGUST, J. M. (1975/76): Cherry rootstock.
Rep. E. Malling Res. Station.
- WEBSTER, A. D., DODD, P. (1974): Work at East Malling and Brogdale points to a promising future for sweet cherry production.
Fruit Grower **23**, 302-305.
- WEBSTER, A. D., SCHMIDT, H. (1996): Rootstocks for Sweet and Sour Cherries.
In: WEBSTER, A. D., LOONEY, N. E. (1996): Cherries. Crop Physiology, Production and Uses. CAB International.
- WEBSTER, C. A., JONES, O. P. (1992): Performance of field hedge and stoolbed plants of micropropagated dwarfing apple rootstock clones with different degrees of apparent rejuvenation.
J. Hort. Sci. **67**, 521-528.

- WIESMAN, Z., RIOV, J., EPSTEIN, E. (1988): Comparison of movement and metabolism of Indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid in mung bean cuttings.
Physiol. Plant. **74**, 556-560.
- WIESMAN, Z., RIOV, J., EPSTEIN, E. (1989): Characterization and Rooting Ability of Indole-3-Butyric Acid Conjugates Formed during Rooting of Mung Bean Cuttings.
Plant Physiol. **91**, 1080-1084.
- WILLIAMS, R. F., BILDERBACK, T. E. (1980): Factors Affecting Rooting of *Rhododendron maximum* and *Kalmia latifolia* Stem Cuttings.
HortScience **15**, 827-828.
- WINTER, F. et al. (1992): Lucas' Anleitung zum Obstbau.
Ulmer Verlag Stuttgart.
- WITTE, M. (1994): Jahreszeitliche Entwicklung von Apfelbäumen der Sorte 'Gloster'/M9 in Abhängigkeit vom Fruchtbehang.
Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- YANG, H. (1992): Untersuchungen zur in vitro-Regeneration, in vitro-Mutationsinduktion und Selektion bei Süßkirschen (*Prunus avium* L.).
Dissertation, Universität München.
- ZOCCHI, G., MIGNANI, I. (1995): Calcium Physiology and Metabolism in Fruit Trees.
Acta Hort. **383**, 15-23.

7 ANHANG

Anhang 1: Durchschnittliche Wurzellängen der Stecklinge bei Kirschenunterlagen in den Jahren 1995 und 1996

Unterlagen	Länge (cm)	
	1995	1996
F12/1	12,2	9,7 a
Colt	12,3	15,2 ab
Gisela 5	14,3	14,1 ab
Gisela 4	-	22,7 d
Weiroot 13	18,5	-
Weiroot 158	19,7	14,0 ab
Weiroot 53	19,6	19,0 bcd
Weiroot 154	16,8	14,1 ab
Weiroot 72	-	15,8 bc
GD _{0,05}	n.s.	6,2

Anhang 2: Gesamtwuchs (Haupt- und Seitentriebe) der Stecklinge bei Kirschenunterlagen im Jahr 1996

Unterlagen	Zuwachs (cm)
F12/1	11,0 a
Colt	12,3 a
Gisela 5	21,1 ab
Gisela 4	65,0 cd
Weiroot 158	46,2 abc
Weiroot 53	76,0 d
Weiroot 154	47,2 bc
Weiroot 72	18,2 ab
GD _{0,05}	33,2

Anhang 3: Wurzellängen bei Apfelunterlagen im Jahr 1995

Unterlagen	Länge (cm)
M27	17,0 c
M9-4/80	5,7 a
M9-751	10,1 ab
M9-984	9,6 ab
M9-756	11,0 abc
PiS1	13,7 bc
PiS2	13,1 bc
PiS3	12,1 bc
GD _{0,05}	6,4

Anhang 4: Wurzellängen bei Apfelunterlagen im Jahr 1996

Unterlagen	Länge (cm)
M27	14,0
M9-4/80	12,1
PiS1	15,2
PiS2	16,6
PiS3	16,3
Pi80	7,8
GD _{0,05}	n.s.

Anhang 5: Anteile der bewurzelten Stecklinge ohne Kallus in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	Anteil (%)
Altersstatus	“Jung”	37,7
	“Alt”	33,7
	GD _{0,05}	n.s.
Hormon-behandlung	Ohne Hormon	40,7
	IBS	38,2
	Ethrel	28,1
	GD _{0,05}	n.s.

Anhang 6: Wurzelentstehungsort bei den Stecklingen in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	basale	akrobasale
		Bewurzelung (%)	Bewurzelung (%)
Altersstatus	“Jung”	70,3	6,2
	“Alt”	62,2	6,1
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	75,6	7,4
	IBS	65,9	6,3
	Ethrel	57,4	4,6
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Anhang 7: Hauptwurzellänge (cm) vor- und nach dem Winter in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen bei den einzelnen Hormonbehandlungen bei ‘Gisela 5’

Faktor	Behandlung	Herbst	Frühjahr
Altersstatus	“Jung”	14,6	17,2
	“Alt”	15,2	17,4
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	16,0	18,1
	IBS	14,7	17,3
	Ethrel	14,0	16,5
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Anhang 8: Mittlerer Seitentriebzuwachs in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei ‘Gisela 5’

Faktor	Behandlung	Zuwachs (cm)
Altersstatus	“Jung”	13,9
	“Alt”	15,7
	GD _{0,05}	n.s.
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	15,4
	IBS	14,5
	Ethrel	14,4
	GD _{0,05}	n.s.

Anhang 9: Blattfläche der Stecklinge in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	Blattfläche (cm ²)
Altersstatus	“Jung”	10,9
	“Alt”	12,8
	GD _{0,05}	n.s.
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	11,6
	IBS	13,5
	Ethrel	10,5
	GD _{0,05}	n.s.

Anhang 10: Kohlenhydratgehalte der Stecklingsssprosse vor dem Winter in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und von der Hormonbehandlung bei 'Gisela 5'

Faktor	Behandlung	Glukose (mg/g TS)	Fruktose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Altersstatus	“Jung”	13,74 b	10,87 b	1,16
	“Alt”	11,89 a	8,49 a	2,00
	GD _{0,05}	1,35	2,11	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	13,34	10,41	1,76
	Auxin	12,54	9,85	1,31
	Ethrel	12,56	8,80	1,67
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.

Anhang 11: Wurzelentstehungsort bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'M9-984'

Behandlung	Bewurzelung (%)	
	basale	akrobasale
Ohne Hormon	18,3	11,3
IBS	24,6	17,1
Ethrel	17,5	12,1
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Anhang 12: Mittlerer Seitentriebzuwachs bei den Stecklingen in Abhängigkeit vom Altersstatus der Ausgangspflanzen und der Hormonbehandlung der Stecklinge bei 'M9-984'

Faktor	Behandlung	Zuwachs (cm)
Altersstatus	"Jung"	21,6 b
	"Alt"	9,2 a
	GD _{0,05}	6,1
Hormonbehandlung	Ohne Hormon	15,0
	IBS	18,5
	Ethrel	12,7
	GD _{0,05}	n.s.

Anhang 13: Glukose- und Fruktose-Gehalte in den Stecklingssprossen vor dem Winter in Abhängigkeit vom Altersstatus der Mutterpflanzen und der Hormonbehandlung bei 'M9-984'

Faktor	Behandlung	Glukose (mg/g TS)	Fruktose (mg/g TS)
Altersstatus	“Jung”	11,00 b	10,32
	“Alt”	7,69 a	9,76
	GD _{0,05}	1,42	n.s.
Hormon- behandlung	Ohne Hormon	8,69	9,86
	IBS	9,57	10,40
	Ethrel	9,77	9,87
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Anhang 14: Wurzelentstehungsort bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Ausgangshöhe (cm)	Bewurzelung (%)	
	basale	akrobasale
8 - 14	40,0	5,0
15 - 19	50,6	8,1
20 - 24	77,5	3,8
25 - 30	57,5	5,0
GD _{0,05}	n.s.	n.s.

Anhang 15: Durchschnittliche Länge des Wurzelsystems in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Ausgangshöhe (cm)	Länge (cm)
8 - 14	17,9
15 - 19	20,8
20 - 24	23,7
25 - 30	20,5
GD _{0,05}	n.s.

Anhang 16: Anzahl der Seitentriebe bei den Stecklingen in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Stecklinge bei 'Gisela'

Ausgangshöhe (cm)	Anzahl
8 - 14	0,9
15 - 19	2,2
20 - 24	2,2
25 - 30	2,1
GD _{0,05}	n.s.

Anhang 17: Kallusbildung und Wurzelposition bewurzelter Stecklinge vor dem Winter in Abhängigkeit von den Düngerarten bei 'Gisela'

Variante	Kallusbildung	basale Bewurzelung
	% aller Stecklinge	
Kontrolle	1,3	88,8
Hornspäne	0	76,3
Nitrophoska	0	75,0
Osmocote	0	82,5
Plantosan	0	58,8
GD _{0,05}	-	n.s.

Anhang 18: Beispiele für Boden- und Lufttemperatur bei dem Stecklingsversuch mit verschiedenen Düngerarten im Sommer 1996 (heiße Tage)

Datum	Uhrzeit	Bodentemperatur (°C)	Lufttemperatur (°C)
27.7.96	08.30	22,1	-
	11.00	24,4	-
	15.00	28,4	-
	18.00	30,0	-
	22.00	28,0	-
29.7.96	08.00	23,0	-
	11.00	24,9	-
	12.45	27,1	-
30.7.96	09.30	23,2	-
	12.30	25,3	-
31.7.96	09.30	23,9	-
	11.30	24,1	-
01.8.96	08.30	23,3	22,0
	11.30	25,1	31,0
	15.00	28,9	39,0
15.8.96	07.00	22,0	19,0
	12.00	23,6	26,0
	15.00	26,0	32,0
16.8.96	08.00	22,0	18,0
	12.00	22,1	26,0
	14.00	23,9	35,0
20.8.96	07.30	24,0	20,0
	11.00	26,2	42,0
21.8.96	08.30	26,1	27,0
	13.30	28,1	42,0
22.8.96	08.30	25,5	23,0
	12.30	26,5	34,0
	21.00	29,0	23,0
23.8.96	09.30	25,0	30,0
	13.30	28,0	41,0
	20.30	30,5	25,0
26.8.96	13.30	25,5	32,0
	21.00	27,5	20,0
27.8.96	09.00	22,5	19,0
	13.30	24,0	34,0
	21.00	29,1	24,0

Anhang 19: pH-Werte des Substrates bei den *Prunus*-Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten über die Vegetationsperiode

Variante	24. 07.	07. 08.	21. 08.	18. 09.	17. 10.	\bar{x}
Kontrolle	4.1	4.4	-	4.3	4.4	4.3
Hornspäne	4.3	4.7	4.4	4.2	4.2	4.3
Nitrophoska	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3	4.4
Osmocote	4.6	4.4	4.3	4.2	4.3	4.4
Plantosan	4.8	4.7	4.5	4.6	4.4	4.6

Anhang 20: pH-Werte des Substrates bei den *Malus*-Stecklingen in Abhängigkeit von den Düngerarten über die Vegetationsperiode

Variante	24. 07.	07. 08.	21. 08.	18. 09.	17. 10.	\bar{x}
Kontrolle	4.2	4.3	4.4	4.3	4.3	4.3
Hornspäne	4.5	-	4.6	4.4	4.3	4.4
Nitrophoska	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5
Osmocote	4.5	4.4	4.4	4.3	4.3	4.4
Plantosan	4.8	4.6	4.6	4.4	4.4	4.6

Anhang 21: Stammwachstum der verschulten Kirschenstecklinge bis zur Okulation in Abhängigkeit von den Düngerarten

Variante	Zuwachs (mm)
Kontrolle	6,7
Hornspäne	6,6
Nitrophoska	6,7
Osmocote	6,9
Plantosan	7,1
GD _{0,05}	n.s.

Anhang 22: Wurzelhalsdurchmesser der bewurzelten Stecklinge in Abhängigkeit vom pH-Wert bei der Unterlage ‚Gisela‘

pH-Wert	Durchmesser (mm)
4.5	4,7
7.3	4,4
GD _{0,05}	n.s.

Anhang 23: Kohlenhydratgehalte im Sproß am Ende der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von den pH- und Düngungsvarianten

Faktor	Behandlung	Glukose (mg/g TS)	Fruktose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
pH-Wert	4.5	11,00	11,28	1,54
	7.3	11,22	11,16	1,38
	GD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.
Düngung	0,0	12,76 b	11,93	3,87
	0,2	10,80 a	11,20	0,87
	0,4	10,10 a	11,03	1,67
	0,6	10,79 a	10,74	1,36
	GD _{0,05}	1,80	n.s.	n.s.

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. W. Spethmann möchte ich herzlich für die Überlassung des Themas, die Möglichkeit zur Durchführung der Arbeit, die Übernahme des Referates und sein stetes großes Interesse am Fortgang meiner Arbeit danken.

Herrn Prof. Dr. G. Noga danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Allen Mitarbeitern der Abteilungen Baumschule und Obstbau danke ich für die große Hilfsbereitschaft und für die sehr angenehme und freundliche Zusammenarbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Friederike Schröder, Frau Bärbel Ernst, Frau Petra Cronfeld und Frau Siegrun Grabbert für ihre Unterstützung bei der Durchführung der Laboranalysen, Frau Siegrun Grabbert auch für die Durchsicht des Manuskriptes, Herrn Wolfgang Huhn und der Ruther Belegschaft für die Durchführung der Pflegearbeiten in den Gewächshaus- und Feldversuchen und Herrn Peter Grimm-Wetzel für die fachkundige Beratung bei der statistischen Auswertung der Versuche.

Herrn Prof. em. Dr. Dr. h.c. G. Bünemann danke ich herzlich für sein stetes Interesse an meiner Arbeit und für die wervollen Ratschläge und Hinweise bei der Durchsicht des Manuskriptes.

Weiter gilt mein Dank Frau Uta Mlasowsky für die Durchsicht des Manuskriptes.

Frau Dr. Angela Štruklec sei für die Vermittlung in die Promotionsstelle der Abteilung Baumschule der Universität Hannover und ihr Interesse an meiner Arbeit gedankt.

Schließlich möchte ich von ganzen Herzen meinen Eltern für die große und liebevolle Unterstützung während des ganzen Studiums und besonders meiner Frau Irena für die Bereitschaft mich zu verstehen und einfaches Dasein während meiner Arbeit danken.

LEBENS LAUF

11. 11. 1968 geboren in Ljubljana (Slowenien) als Sohn des Universitätsprofessors **Jože Osterc und seiner Frau Darja Osterc, geb. Puc**
- 1975 – 1983 Besuch der Grundschule in Ljubljana
- 1983 – 1987 Besuch der Mittelschule, Natur-Matematische Richtung
- 1987 – 1988 Ableistung des Bundeswehrdienstes in Maribor (Slowenien)
- 1988 – 1993 Studium der Landwirtschaftswissenschaften an der Universität Ljubljana, Abschluß als Diplom-Agraringenieur
- 1991 Praktikum in der Obstversuchsanlage Klein-Altendorf des Institutes für Obst- und Gemüsebau der Universität Bonn
- 1993 – 1995 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Obst-, Wein- und Gartenbau der Universität Ljubljana
- 1995 – 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Baumschule der Universität Hannover
- seit 1999 Rückkehr nach Slowenien; dort Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Obst-, Wein- und Gartenbau der Universität Ljubljana