

Einfluss von effektiven Mikroorganismen (EM) auf
Ertrags- und Qualitätsparameter bei Tafeläpfeln im
biologischen Anbau.

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur

eingereicht an der Universität für Bodenkultur Wien,
Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und
Pflanzenbiotechnologie,
Institut für Garten-, Obst- und Weinbau (IGOW)

von

Martin FILIPP, Bakk.techn.

Mat.Nr.: 0340379

Betreuer:

KEPPEL Herbert, tit.ao.Univ.Prof. Univ.Doz. Dipl.-Ing. Dr.

SPORNBERGER Andreas, Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

Wien, am 8. Februar 2009

Zusammenfassung

Einfluss von effektiven Mikroorganismen (EM) auf Ertrags- und Qualitätsparameter bei Tafeläpfeln im biologischen Anbau. In einem dreijährigen Versuch wurde die Wirkung des Pflanzenstärkungsmittels EMa® auf verschiedene Ertrags- und Qualitätsparameter sowie das Lagerverhalten an der Apfelsorte „Arlet“ untersucht. Weiters wurden Untersuchungen über das Auftreten von Schadorganismen durchgeführt. Der Versuchsstandort lag in der Steiermark östlich von Graz in einer typischen Apfelanbauregion. Die Bewirtschaftung erfolgte nach den geltenden Vorschriften der biologischen Landwirtschaft. Aufgrund des geringen Krankheits- und Schädlingsdruckes konnten im Untersuchungsjahr 2007 diesbezüglich keine Tendenzen erkannt werden. Die mit EM-behandelten Bäume wiesen nach drei Standjahren signifikant größere Stammquerschnittsflächen auf und trugen größere Früchte, jedoch konnte in der Ertragsleistung je Baum kein Unterschied festgestellt werden. Die spezifischen Erträge der EM-Variante lagen aufgrund der größeren Stammquerschnittsflächen unter denen der Kontrolle. In den Früchten der EM behandelten Bäume konnte eine signifikant höhere Anzahl an gesunden Kernen festgestellt werden. In der inneren Fruchtqualität ergab sich kein eindeutiger Unterschied der Varianten. Auch ein Einfluss auf das Lagerverhalten wurde nicht beobachtet. Lagerfäulen wurden insgesamt nur sehr wenig festgestellt, weshalb auch kein Unterschied der Varianten ausgemacht werden konnte. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist eine Anwendung von effektiven Mikroorganismen dort sinnvoll, wo ein stärkeres Wachstum erwünscht ist, z.B. in Baumschulen oder auf Nachbauflächen. Hinsichtlich der Krankheiten und Schädlinge bestehen weiterhin offene Fragen, ebenso wäre eine Beobachtung der Ertragsleistung über mehrere Jahre hinweg angebracht.

Abstract

Influence of effective microorganisms on yield and quality in organic apple production. In a three-year cultivation experiment the effects of the plant strengthening agent EMa® was tested. Yield, fruit quality and shelf life has been analyzed at the apple variety “Arlet” at an organically managed farm. Also the appearance of pest and diseases has been investigated. The tests have been located in the surroundings of Graz in Styria, Austria, a typical apple cultivation region. Due to the low disease and pest pressure in 2007 no significant differences could be detected. After three years the EM-treated trees showed a significantly faster growth and bore bigger fruits, but no difference in the yield per tree could be detected. Because of the significantly thicker trunk diameters the specific yield of the treated trees was lower than those of the control group. The amount of well shaped seeds in EM-treated apples was significantly higher than in the control group. There was no difference in the internal fruit quality. In general only little rots in the cold store and therefore no difference between the variants could be observed. On the basis of these results, the application of effective microorganisms could be conceivable in fields where strong growth is desired, like nurseries and in recultivated fields. Open questions concerning pests and diseases still remain. Also, investigations related to yield covering a number of years should be accomplished to assess the value of the plant strengthening agent EM.

Danksagung

Ich möchte diese Stelle dazu nutzen mich bei all jenen herzlich zu bedanken, die es mir ermöglichten, diese Arbeit und mein Studium an der Universität für Bodenkultur abschließen zu können. Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, durch deren Unterstützung das Entstehen dieser Arbeit erst möglich wurde.

Weiters danke ich meinen Betreuern Dr. Herbert Keppel und Dr. Andreas Spornberger für die fachliche Unterstützung und dass sie mir die Möglichkeit gegeben haben an diesem Projekt arbeiten zu dürfen.

Ein großer Dank gebührt vor allem den freiwilligen Helfern, Christine Friedl, Gerhard Sigl, Renate Brunmayer und meinen Eltern, die mich bei den zahlreichen Untersuchungen und Bonituren unterstützt haben. Ohne deren Hilfe wäre ich nicht in der Lage gewesen, die anstehenden Arbeiten zeitgerecht durchzuführen. Lukas Gach danke ich für die Mitwirkung an den Laboruntersuchungen, sowie meinem Bruder, Stefan Filipp, für die vielen Ratschläge während der Entstehung dieser Arbeit.

Ebenfalls bedanke ich mich bei der Firma Multikraft für die Finanzierung des Projektes und bei Herrn Manfred Stix für die Durchführung der Kulturarbeiten und die zur Verfügung gestellte Versuchsfläche.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Problemstellung	9
1.2	Zielsetzung	10
2	Grundlagen	11
2.1	EM - Effektive Mikroorganismen	11
2.2	Anwendung (Aktivierung) von EM	13
2.3	Bisherige Erkenntnisse über EM als Pflanzenstärkungsmittel	14
2.4	Der Kulturapfel (<i>Malus communis domestica</i>)	15
2.4.1	Abstammung	15
2.4.2	Biologie und Standortanspruch	15
3	Versuchsanordnung und Methoden	17
3.1	Der Versuchsstandort	17
3.1.1	Sorte Arlet	18
3.2	Versuchsaufbau	19
3.3	Material und Methoden im Freiland	23
3.3.1	Krankheiten und Schädlinge	23
3.3.1.1	Apfelschorf	23
3.3.1.2	Apfelmehltau	25
3.3.1.3	Feuerbrand	28
3.3.1.4	Grüne Apfelblattlaus	30
3.3.1.5	Apfelfaltenlaus	32
3.3.1.6	Blutlaus	33
3.3.2	Stammumfangmessung	34
3.3.3	Blattfärbung	35
3.3.4	Blattgröße	38
3.3.5	Ertragsparameter	40
3.4	Material und Methoden im Labor	42

3.4.1	Einzelfruchtgewicht	42
3.4.2	Fruchtfarbe	43
3.4.3	Fruchtgröße	43
3.4.4	Fruchtfleischfestigkeit (FFF)	44
3.4.5	Kernanzahl	46
3.4.6	Lösliche Trockensubstanz	47
3.4.7	Titrierbare Säure	49
3.4.8	Vitamin C-Gehalt (L-Ascorbinsäure)	50
3.4.9	pH-Wert	52
3.4.10	Redoxwert - rH	54
3.4.11	Spezifischer Widerstand - R	55
3.4.12	P-Wert	56
3.4.13	Sortierung - Fruchtgröße	56
3.4.14	Sortierung - Deckfarbenanteil	58
3.5	Material und Methoden Lagerung	59
3.5.1	Masseverlust	61
3.5.2	Fruchtfäulnis	61
4	Ergebnisse und Diskussion	63
4.1	Ergebnisse Freiland	63
4.1.1	Krankheiten und Schädlinge	63
4.1.1.1	Apfelschorf	63
4.1.1.2	Apfelmehltau	64
4.1.1.3	Feuerbrand	65
4.1.1.4	Grüne Apfelblattlaus - <i>Aphis pomi</i> De Geer	65
4.1.1.5	Apfelfaltenlaus - <i>Dysaphis spp.</i>	66
4.1.1.6	Blutlaus - <i>Eriosoma lanigerum</i> Hausmann.	66
4.1.2	Stammumfang	67
4.1.3	Blattfärbung	68
4.1.4	Blattgröße	69
4.1.5	Ertragsparameter	70
4.2	Ergebnisse Labor	72
4.2.1	Einzelfruchtgewicht 2007	72
4.2.2	Fruchtfarbe - Grundfarbe	72
4.2.3	Fruchtfarbe - Deckfarbe	73
4.2.4	Fruchtform	74
4.2.5	Fruchtfleischfestigkeit (FFF)	75
4.2.6	Kernzahl	76

4.2.7	Lösliche Trockensubstanz	77
4.2.8	Titrierbare Säure	77
4.2.9	Vitamin C-Gehalt	78
4.2.10	P-Wert (pH-Wert, rH-Wert, R-Wert)	79
4.2.11	Sortierung - Fruchtgröße	81
4.2.12	Sortierung - Deckfarbenanteil	83
4.3	Ergebnisse Lagerung	85
4.3.1	Masseverluste	85
4.3.2	Fruchtfäulnis	86
4.4	Faktor Standort	87
5	Schlussfolgerung	90

Abbildungsverzeichnis

3.1	Klimadiagramm Laßnitzhöhe	17
3.2	Skizze Versuchsaufbau	18
3.3	Sorte Arlet	19
3.4	<i>Venturia inaequalis</i>	25
3.5	<i>Podosphaera leucotricha</i>	28
3.6	<i>Erwinia amylovora</i>	30
3.7	<i>Aphis pomi</i>	32
3.8	Schadbild <i>Dysaphis spp.</i>	33
3.9	<i>Eriosoma langerum</i>	34
3.10	Minolta Croma Meter CR-200	36
3.11	Farbraum CIELab	38
3.12	LI-COR AreaMeter LI-3100	39
3.13	Erntearbeit 2007	41
3.14	Waage - CAS Model: ER	41
3.15	Waage - Sartorius Laboratory L 2200S	43
3.16	Schiebelehre	44
3.17	Penetrometer	46
3.18	Kernanzahl	47
3.19	Refraktometer - ATAGO PR-101	48
3.20	Reflexionssystem	49
3.21	Titriergerät - Schott TitroLine alpha plus	50
3.22	Reflectoquant - MERCK RQflex	52
3.23	BE-T-A Analysegerät	54
3.24	Sortierschablone	57
3.25	Kühlzelle BOKU	60
3.26	Waage - Avery Berkel HL120	60
4.1	Box Plot Schorfbefall	64
4.2	Barplot Grüne Apfelblattlaus	66
4.3	Diagramm Stammumfang 2006-2008	68

4.4	Box Plot Blattfläche	70
4.5	Box Plot Vitamin C	79
4.6	Box Plot P-Wert	80
4.7	Sortierung - Fruchtgröße	81
4.8	Barplot Packout	83
4.9	Chi-Quadrat - Packout	83
4.10	Barplot - Deckfarbenanteil	84
4.11	Box Plot Masseverlust	86
4.12	Box Plot Fruchtfäulnis	87

Tabellenverzeichnis

3.1	Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2005	20
3.2	EM-Behandlung Boden 2005	20
3.3	Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2006	21
3.4	EM-Behandlung Baum 2006	21
3.5	EM-Behandlung Boden 2006	21
3.6	Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2007	22
3.7	EM-Behandlung Baum 2007	23
3.8	EM-Behandlung Boden 2007	23
3.9	ΔE Bewertung	38
4.1	Statistik Apfelschorf	63
4.2	Statistik Apfelmehltau	64
4.3	Statistik Feuerbrand	65
4.4	Statistik Grüne Apfelblattlaus	65
4.5	Statistik Apfelfaltenlaus	66
4.6	Statistik Blutlaus	67
4.7	Statistik Stammumfang	67
4.8	Statistik Stammumfangzuwachs	68
4.9	Statistik Blattfärbung	69
4.10	Blattfläche [cm ²]	69
4.11	Varianzanalyse Ernteparameter 2006	70
4.12	Statistik Ertragsparameter 2007	71
4.13	Statistik spezifische Ertragsparameter 2007	71
4.14	Statistik Fruchtgewicht 2007	72
4.15	Statistik Fruchtfarbe - Grundfarbe	73
4.16	Statistik Fruchtfarbe - Deckfarbe	74
4.17	Statistik Fruchtform	75
4.18	Statistik Fruchtfleischfestigkeit	76
4.19	Statistik Kernanzahl	77
4.20	Statistik lösliche Trockensubstanz	77

4.21 Statistik titrierbare Säure	78
4.22 Statistik Vitamin C	78
4.23 Statistik P-Wert	80
4.24 Kreuztabelle - Fruchtgröße	82
4.25 Chi-Quadrat - Fruchtgröße	82
4.26 Kreuztabelle Packout	83
4.27 Statistik Sortierung - Deckfarbenanteil Labor	84
4.28 Kreuztabelle - Deckfarbenanteil	85
4.29 Chi-Quadrat - Deckfarbenanteil	85
4.30 Statistik Masseverlust	86
4.31 Statistik Fruchtfäulnis	87
4.32 Statistik Faktor Standort	89

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Gesundheit von Lebensmitteln und vor allem die Rückstandsfreiheit von den in der Produktion eingesetzten Pestiziden ist den Konsumenten sehr wichtig und spielt eine immer größere Rolle in deren Kaufverhalten. Laut einer Umfrage der Agrarmarkt Austria steht als Motiv für den Kauf von Bio-Lebensmitteln "kein Einsatz chemischer Zusatzstoffe" bereits an zweiter Stelle. Den besten Beweis für ein steigendes Gesundheitsbewusstsein liefert der anhaltende und ständig steigende Trend zum Kauf von biologisch erzeugten Produkten (BMLFUW , 2007, 153f). Laut dem aktuellsten Lebensmittelbericht lag der Umsatzanteil von Bio-Nahrungsmitteln am gesamten Lebensmittelhandel in Österreich im Jahr 2006 bei 4,8 % (202 Mio. EUR). Dies stellt eine Steigerung von 8,1 % gegenüber dem Vorjahr dar. Innerhalb von drei Jahren hat der Konsum von Bio-Produkten sogar um 35 % zugenommen. Biologisch erzeugte Äpfel wurden neben Bio-Orangen am stärksten nachgefragt. Allerdings kann die große Nachfrage zeitweise nicht mehr ausreichend erfüllt werden, da das Angebot an Bio-Produkten weitaus langsamer wächst als die Nachfrage (vgl. BMLFUW , 2007, 105f).

Der Einstieg landwirtschaftlicher Betriebe in die biologische Produktion mit Dauerkulturen ist für viele Betriebsführer ein großes Hindernis. Ein großes Problem dabei ist die Angst, den Schädlingsdruck mit biologischen Pflanzenschutzmitteln und Methoden nicht kontrollieren zu können. In vielen Fällen kommt hinzu, dass in konventionell wirtschaftenden Obstbaubetrieben ein Obstsortensortiment an großteils nur bedingt biotauglichen Sorten vorzufinden ist. Eine Umstellung auf spezielle Sorten, welche für die biologische Produktion besser geeignet sind, kann viele Jahre in Anspruch nehmen oder auch höhere Kosten durch eine frühzeitige Rodung bestehender Anlagen verursachen. Aus diesen Gründen entscheiden sich nur wenige Betriebsleiter nach den Richtlinien der biologischen Produktion zu wirtschaften. Die Erforschung neuer Pflanzenschutz-

oder Pflanzenstärkungsmittel, die für den Einsatz in der biologischen Landwirtschaft geeignet sind, können dazu beitragen, die Produktionsbedingungen zu vereinfachen.

Auch bereits bestehende Biobetriebe haben großes Interesse an neuen Möglichkeiten, die Produktion zu optimieren. Viele Arten der Schädlingskontrolle und Qualitätsoptimierung in der Erzeugung sind noch unzureichend, um mit denen in der integrierten Produktion schritthalten zu können.

Die Erforschung natürlicher Pflanzenstärkungsmittel ist jahrzehntelang in der Entwicklung gestoppt worden. Grund dafür sind chemisch synthetische Pflanzenschutzmittel, welche einfacher herzustellen und in ihrer Wirkung den natürlichen Mitteln oft um ein Vielfaches überlegen sind. Dadurch gerieten viele bereits bekannte Stoffe wieder in Vergessenheit und müssen nun wieder neu entdeckt werden. Erst mit dem Einsetzen der biologischen Produktion ist deren Bedeutung sprunghaft gestiegen. Die Forschung in diesem Bereich steht noch am Anfang und es gibt noch unzählige natürliche Stoffe, deren mögliche Einsatzbereiche bis dato unbekannt oder noch ungenügend erforscht sind.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die in einigen Bereichen bereits erforschten Anwendungsmöglichkeiten von effektiven Mikroorganismen¹ für die Produktion von biologischen Tafeläpfeln zu erfassen.

Da noch wenige Erkenntnisse zu den Auswirkungen in der biologischen Tafelapfelproduktion vorliegen, wurden Untersuchungen ausgewählt, die einen möglichst großen Bereich der Produktion abdecken. Die Beobachtungen reichen von den Auswirkungen auf Schadorganismen über Ertrags- und Qualitätsparameter, bis zum Einfluss auf die Lagerfähigkeit. Die Ergebnisse sollen einen Überblick auf mögliche Anwendungsbereiche geben, um zielgenauere und tiefergreifende Forschungsarbeiten zu ermöglichen.

¹EM

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 EM - Effektive Mikroorganismen

Die von Professor Higa von der landwirtschaftlichen Fakultät der Ryukyu-Universität in Okinawa-Japan in 20-jähriger Forschung entwickelte Mischung von Mikroorganismen werden bereits in vielen unterschiedlichen Bereichen des Lebens eingesetzt. Beispielsweise als Reiniger in Wohnbereichen, als Kompostierzusatz oder als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft. Die Mischung besteht aus verschiedenen Arten von Mikroorganismen, die in der Natur gesammelt und in spezifischer Weise gezüchtet wurden. Die wichtigsten zählen zu den Milchsäurebakterien (*Lactobacillales*), den Hefen (*Saccharomyces spp.*) und den Photosynthesebakterien. Etliche der enthaltenen Mikroorganismen sind schon sehr lange in der Medizin oder Lebensmittelindustrie bekannt und äußerst nützlich. Die Organismen sind genetisch nicht manipuliert und deren Ungefährlichkeit ist in vielen Jahren der Forschung immer wieder bestätigt worden (vgl. MULTIKRAFT, s.a., 3).

Bakterien folgender Gruppen sind im Handelsprodukt EMa® enthalten:

Photosynthesebakterien

Die Photosynthesebakterien sind phototroph und können Licht als Energiequelle nutzen. Sie sind in der Lage, aus Wurzelausscheidungen, organischem Material oder schädlichen Gasen mit Hilfe der Sonnenenergie nützliche Substanzen wie Aminosäuren, Nucleinsäuren und Zucker herzustellen. Diese wiederum dienen den übrigen in der Mischung enthaltenen Mikroorganismen oder der Pflanze direkt als Substrat (vgl. KYAN, T. et.al., 1999, 4).

Milchsäurebakterien

Milchsäurebakterien produzieren Milchsäure aus Zucker und anderen Kohlehydraten. Sie finden Verwendung in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie. Die anfallende Milchsäure wirkt sterilisierend, unterdrückt schädliche Bakterien und fördert die Zersetzung von organischem Material. Außerdem fördern die Milchsäurebakterien die Fermentierung und den Abbau von Lignin und Zellulose. Dabei verhindern sie unerwünschte Effekte von nicht zerlegter organischer Substanz. Die Milchsäurebakterien können ebenfalls die Entwicklung von krankheitserregenden Mikroorganismen unterdrücken (vgl. KYAN, T. et.al. , 1999, 4).

Hefen

Hefen sind in der Lage, antimikrobiell wirkende und dem Pflanzenwachstum förderliche Substanzen zu bilden. Als Nahrungsmittel dienen dabei Aminosäuren und Zucker. Die von Hefen produzierten Hormone und Enzyme fördern die Zellaktivität und das Wurzelwachstum. Diese Eigenschaften sind ebenfalls für andere in EM vorhandenen Organismen von Vorteil.

In der Mischung dieser unterschiedlichen Mikroorganismen hat jede Spezies eine jeweilige Funktion, wobei die Photobakterien eine Schlüsselrolle spielen. Diese unterstützen die Aktivität aller übrigen Mikroorganismen und nutzen aber auch deren Ausscheidungen. Die gegenseitige Förderung der Organismen hat zur Folge, dass die mikrobielle Aktivität im Boden steigt. Dabei werden schädliche Organismen unterdrückt, welche bodenbürtige Krankheiten auslösen können (vgl. KYAN, T. et.al. , 1999, 4).

Mikroorganismen werden in drei Gruppen eingeteilt:

- abbauend degenerative - fäulnisbildende - Mikroorganismen
- neutrale - opportunistische - Mikroorganismen
- abbauend/aufbauend regenerative - fermentaktive - Mikroorganismen

Die effektiven Mikroorganismen werden zu denen des regenerativen Typus gezählt und können deshalb direkt oder indirekt bei allen Substanzen Fäulnis verhindern und somit die Umwelt gesund erhalten. Die Organismen des degenerativen Typus verhalten sich den regenerativen entgegengesetzt. Die neutralen Mikroorganismen bilden die größte der drei Gruppen und folgen nach dem so genannten Dominanzprinzip jener Gruppe, die in einem System vorherrschend ist. Ob das abgestorbene organische Material verfault oder verrottet, wird durch die Dominanz einer dieser beiden Gruppen bestimmt.

Durch den Einsatz von EM wird daher versucht, ein Milieu zu schaffen, in dem die regenerativen Organismen vorherrschend sind, damit die des neutralen Typus dem Aufbauprozess folgen und die Fermentation begünstigt wird.

Fermentation oder Fermentierung (lat. fermentum: Sauerteig) bezeichnet in der Biotechnologie die Umsetzung von biologischen Materialien mit Hilfe von Bakterien-, Pilz- oder Zellkulturen oder aber durch Zusatz von Enzymen (Fermenten). So lassen sich medizinische Produkte wie beispielsweise Insulin, Hyaluronsäure, Streptokinase und eine Vielzahl von Antibiotika mit Hilfe von Mikroorganismen synthetisieren, welche auf rein chemischem Wege nur sehr schwer oder gar nicht herzustellen sind. Bei der Fermentation entstehen im Gegensatz zur Fäulnis stark antioxidante, lebensfreundliche Substanzen (Enzyme, Vitamine, Aminosäuren, ...) und keine lebensfeindlichen Stoffwechselprodukte wie Ammoniak oder Lachgas. Zum Beispiel wird bei der Herstellung von Sauerkraut aus dem Vitamin C-armen Weißkraut durch fermentaktive Milchsäurekulturen ein Vitamin C-reiches Nahrungsmittel hergestellt.

So soll eine Umwelt geschaffen werden, in der Mikroorganismen mittels Fermentation eine positive Rolle in Bezug auf Pflanzenwachstum, Pflanzenqualität und Bodenfruchtbarkeit spielen. Durch die Stimulierung des fermentativen Abbaus wird Fäulnis verhindert, Krankheiten werden unterdrückt und somit können höherwertigere Produkte erzeugt werden (MULTIKRAFT, s.a., 3ff).

Der Vertrieb verschiedener EM-Produkte erfolgt in Österreich durch die Firma Multikraft, welche auch als Auftraggeber für diese Studie fungiert.

2.2 Anwendung (Aktivierung) von EM

Die in den Versuchen verwendeten Mikroorganismen werden von der Firma Multikraft als EMa[®] vertrieben. Diese Lösung wird mittels Fermentation aus der sogenannten EM-Urlösung (EM1[®]) und Zuckerrohrmelasse hergestellt.

- 3 % EM1[®]
- 3 % Zuckerrohrmelasse
- 94 % Wasser

In einem lebensmittelechten Behälter wird mit 60 bis 80 °C heißem Wasser die Zuckerrohrmelasse angerührt. Anschließend soll mit kühlerem Wasser der Behälter nahezu aufgefüllt werden und schließlich die EM-Urlösung hinzugefügt werden. Die Endtemperatur der Mixtur sollte ca. 40 °C betragen. Nun erfolgt die anaerobe (unter Luftabschluss) Fermentierung 7 Tage lang bei 32 bis 37 °C. Zur Beseitigung von Fehlerquellen

wird empfohlen, einen Gärspund zu verwenden, um den CO_2 -Überschuss abzuleiten und gleichzeitig unerwünschten Sauerstoffzufuhr zu unterbinden. Auch sollte speziell im Winter auf die optimale Fermentationstemperatur geachtet werden.

Nach den 7 Tagen sollte der pH-Wert der Flüssigkeit bei ca. 3,5 bis 4 liegen. Anschließend ist die fertige Lösung in einem kühlen Raum ohne große Temperaturschwankungen zu lagern.

Im Produkt EM FPE® werden zusätzlich frische Gräser, Kräuter und Beikräuter mitfermentiert. EM 5® unterscheidet sich durch den Zusatz von Gärungsessig (6 %) von EMa® (MULTIKRAFT, s.a., 34f).

2.3 Bisherige Erkenntnisse über EM als Pflanzenstärkungsmittel

In Versuchen an Tomaten in geschütztem Anbau beobachtete NDONA, R. (2008) eine höhere Keimungsrate sowie einen früheren Pflanzenaufgang bei der kombinierten Behandlung mit EM und Gesteinsmehl. Die Behandlung der Pflanzen erfolgte über das Gießwasser als auch mittels Handzerstäuber bzw. Rückenspritze über die Blätter mit unterschiedlichen EM-Produkten. In der EM-Variante wurde eine EMa®, EM5®, EM FPE und Gesteinsmehlmischung im Abstand von drei Wochen angewendet. Zusätzlich wurde fermentierte Weizenkleie in der EM-Variante dem Substrat beigemischt. In zwei Versuchsjahren konnten signifikant höhere Gesamterträge an marktfähigen Früchten und signifikant weniger Früchte mit Blütenendfäule in der EM-Variante festgestellt werden. Ebenfalls war der Chlorophyllgehalt in beiden Versuchsjahren an den EM Früchten höher. Eine Erhöhung der gesamten mikrobiellen Biomasse im Substrat durch eine höhere C- und N- Mineralisierung konnte in der EM-Variante bestätigt werden.

Ebenfalls an Tomaten führten XU, H.L. et.al. (2000) bereits im Jahr 2000 Versuche über die Verwendung von Mineraldüngern, Kompost und Hühnermist jeweils mit und ohne EM-Behandlung durch. Die Ergebnisse daraus besagen, dass der Einsatz von EM den Vitamin C-Gehalt als auch den Fruchtertrag erhöhte.

FORMOVITZ, B. et.al. (2005) untersuchte die Wirkung unterschiedlicher mit EM behandelte Bokashi-Varianten auf das vegetative Wachstum junger und adulter Bananenpflanzen. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den EM und nicht-EM Varianten festgestellt werden.

An der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz- Tänikon ART in Zürich stellte MAYER, J. et.al. (2007) bei Behandlungen an einer Fruchtfolge von Kartoffeln, Wintergerste und Luzerne in dreijähriger Beobachtung keine Effekte auf die Fruchterträge fest, die auf die Wirkung von EM zurückzuführen waren. Beobachtete Effekte auf

Hauptfruchterträge sowie bodenmikrobiologische Parameter sind laut der Schlussfolgerung auf die jeweilige Trägersubstanz, vor allem die Nährstoffzufuhr über Bokashi zurückzuführen.

2.4 Der Kulturapfel (*Malus communis domestica*)

Der Kulturapfel gehört zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*) und der Unterfamilie der Kernobstgewächse (*Pomoideae*).

2.4.1 Abstammung

1. Der Holzapfel (*Malus communis silvestris*) - Ist in Europa verbreitet. Die Triebe sind in der Jugend dornig, locker behaart oder ganz kahl. Die Knospen können kahl oder wenig behaart ausgestattet sein. In der juvenilen Phase sind die Blattnerven behaart.
2. Der filzblättrige Apfel oder Zwergapfel (*Malus communis pumila*) - Die Blätter bleiben über die Vegetation filzig, die Triebe nur am Beginn der Vegetation. Die Knospen sind behaart, die Kelchbecher, Kelchblätter und Blütenstiele sind mit weißen Haaren besetzt. Dieser Apfel dürfte aus Vorderasien stammen. Ob es sich um echte Wildformen oder um natürliche Kreuzungsprodukte bzw. verwilderte Abkömmlinge von Kultursorten des Apfels handelt, ist in der Literatur nicht eindeutig beschrieben.
3. Der pflaumenblättrige Apfel (*Malus prunifolia*) - Die Früchte sind kugelig gelb bis kirschrot und sonnseitig leicht angerötet. Diese Form soll aus Sibirien stammen.
4. Der Beerenapfel (*Malus baccata*) - Während des Fruchtwachstums verschwindet die Kelchnarbe. Die Mittelnerven der Blätter sind mit zahlreichen Drüsen ausgestattet. Die Heimat des Beerenapfels liegt in Ostasien, Sibirien, Mandschurien bzw. China.

(vgl. KEPPEL, H. et.al. , 1991, 41f)

2.4.2 Biologie und Standortanspruch

Die flachwurzelnende Obstart Apfel setzt für einen erfolgreichen Anbau an den Produktionsfaktor Boden folgende Voraussetzungen: humusreich, tiefgründig, gut durchlüftet, gutes Wasserhaltevermögen. Die Hauptvegetationstemperatur über Tag sollte 25 °C

erreichen. Für eine frostausschlagslose nachfolgende Produktionsperiode wird eine Schwellentemperatur von -20 °C benötigt. Spätfröste (Blütenfrost) und Frühfröste (schädigt im Herbst reife Früchte am Baum) können zu Ertrags- und Qualitätseinbußen führen. Die Jahresniederschläge sollten bei mindestens 600 mm liegen, darunter wird eine Zusatzbewässerung erforderlich, um die Produktion wirtschaftlich akzeptabel betreiben zu können.

Die Lebensdauer eines Baumes reicht von ca. 60-80 Jahre für veredelte, großkronige Hochstämme bis ca. 20 Jahre und für niederstämmige Dichtpflanzungen mit über 2000 Bäumen je Hektar (KEPPEL, H. et.al. , 1991, 42).

Die Apfelsorten sind selbststeril. Deshalb sollen zur Auspflanzung auf engerem Raum mindestens zwei Sorten gepflanzt werden, die als gegenseitiger Pollenspender in Frage kommen. Zwischen nahe verwandten Sorten kann es unter Umständen auch zur Intersterilität kommen, daher sollte genau geprüft werden, ob diese geeignet sind. Manche Sorten besitzen einen dreifachen Chromosomensatz, diese eignen sich ebenfalls nicht als Befruchter, da der Pollen eine schlechte Keimfähigkeit aufweist und auf der Narbe rasch abstirbt (KEPPEL, H. et.al. , 1991, 52f).

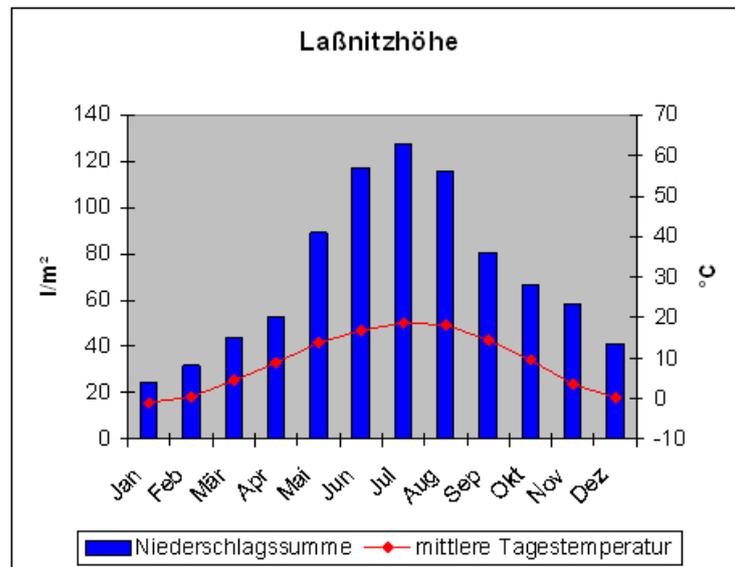
Kapitel 3

Versuchsanordnung und Methoden

3.1 Der Versuchsstandort

Der Versuch wurde in einer Apfelanlage in der Steiermark östlich von Graz in der Region um Laßnitzhöhe durchgeführt. Die Lage im oststeirischen Hügelland entspricht einem typischen österreichischen Apfelanbauggebiet. Im langjährigen Mittel fallen in diesem Gebiet pro Jahr 848,9 l/m² Niederschlag. Die mittlere Tagestemperatur beträgt 9,0 °C. In Abbildung 3.1 ist die Niederschlagsverteilung und die mittlere Tagestemperatur im Jahresverlauf zu sehen.

Abbildung 3.1: Klimadiagramm Laßnitzhöhe



Quelle Daten: ZAMG

Die Anlage weist eine angenäherte Nord-Süd - Ausrichtung der Reihen auf und liegt auf einem Hang, der quer zu den Baumreihen verläuft. Dabei befindet sich die 1. Reihe

(R1) am höchsten Punkt und R22 am tiefsten. In Abbildung 3.2 ist eine Skizze der Anlage zu sehen, jene sechs Reihen (4, 7, 12, 15, 18, 21), die für Untersuchungen zur Verfügung stehen, sind in Rot markiert. Alle Reihen, welche mit EM behandelt wurden, sind in Grau hinterlegt zu sehen.

Die Pflanzung der Anlage erfolgte im April 2005 mit Knippbäumen der Sorte Arlet und Idared auf einer M9-Unterlage, in 22 Reihen. Der Pflanzabstand beträgt 3 m x 0,9 m, was einer theoretischen Baumzahl von 3700 Bäumen je ha entspricht. Die gesamte Fläche ist mit einem Hagelschutznetz überdacht.

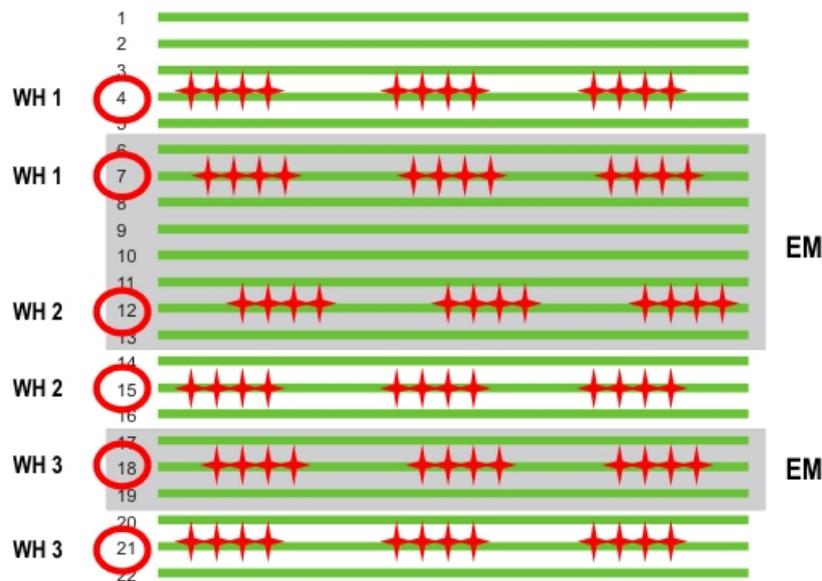


Abbildung 3.2: Skizze Versuchsaufbau

3.1.1 Sorte Arlet

Arlet ist eine Kreuzung der Sorten Golden Delicious x Idared. Die Züchtung erfolgte in der Schweiz im Jahr 1958. Der Baum ist mittelstark wüchsig, wächst jedoch in jungen Jahren stärker. Der Blühzeitpunkt liegt mittelfrüh, eine chemische Ausdünnung ist nur schwer möglich. Die Sorte zeigt nur geringe Alternanzneigung. Die Frucht bildet eine rote Deckfarbe auf gelber Grundfarbe und ist zum Kelch hin zulaufend und hoch gebaut. Das Fruchtfleisch ist feinzellig, knackig, wird später jedoch weich und bleibt dennoch saftig. Arlet zählt zu den mittelgroßfrüchtigen Sorten. Für eine optimale Lagerung von ca. 100 Tagen im Kühllager und ca. 200 Tagen im CA- bzw. ULO-Lager sollten die Früchte eine Fruchtfleischfestigkeit von ca. 7,5 bis 8,0 kg/cm² aufweisen. Der Zuckergehalt liegt bei 12,0 bis 14,0 °Brix und der Säuregehalt bei 6,0 bis 10,0 g/l. Der optimale Erntezeitpunkt ist bei einem Streifindex-wert von 0,13 bis 0,08 erreicht, welcher im Normalfall Mitte September ist. Die Hauptprobleme im Anbau liegen in der

Schorfanfälligkeit als auch in der Anfälligkeit für den Apfelwickler (RÜHMER, T. et.al. , 2006, 24f).

Abbildung 3.3: Sorte Arlet



Quelle: Philipp

3.2 Versuchsaufbau

Der Versuch wird mit 2 Varianten mit jeweils 3 Wiederholungen durchgeführt.

1. EM
2. Kontrolle

Jede Wiederholung stellt eine Baumreihe dar, welche je nach beobachtetem Kriterium, entweder die ganze Reihe (EM = 529, Kontrolle = 375) oder nur 12 markierte Einzelbäume umfasst. Somit stehen für jede Variante mindestens 3 x 12 Bäume zur Verfügung. Um eine mögliche gegenseitige Beeinflussungen der Varianten zu minimieren, wurden jeweils 3 Baumreihen derselben Behandlung unterzogen, wobei in Folge nur die mittlere Reihe für Untersuchungen herangezogen wurde. Die Behandlung der Varianten erfolgte gemäß einem praxisüblichen Spritzprogramm des Betriebsführers nach den Richtlinien der biologischen Landwirtschaft. Bei der EM-Variante wurden zusätzlich Behandlungen mit EM durchgeführt. Die Ausbringung der effektiven Mikroorganismen erfolgte einerseits mittels Pflanzenschutzmittelsprüher auf die Blattfläche, andererseits über ganzflächiges gießen auf den Boden. In den Tabellen 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 und 3.8 sind die gesetzten Pflanzenschutz- und Stärkungsmittelanwendungen in chronologischer Folge angeführt. Bei den EM-Blattbehandlungen im Jahr 2007

wurden zusätzlich zum EMa $\text{\textcircled{R}}$ Präparat auch die Produkte EM FPE $\text{\textcircled{R}}$ und EM 5 $\text{\textcircled{R}}$ eingesetzt.

Die statistische Verrechnung der beobachteten Daten erfolgte mit der Software SPSS 11. Es wurde eine einfache Varianzanalyse (ANOVA) oder, wenn die dazu notwendigen Voraussetzungen nicht erfüllt waren, ein nicht parametrisches Verfahren eingesetzt (Kruskal-Wallis-Test, unabhängige Stichproben). Bei den Auswertungen zur Deckfarbenanteil- und Fruchtgrößensortierung erfolgte ein Chi-Quadratstest mit Hilfe einer Kreuztabelle.

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
24.5.	Kupfer	0,4 l/ha	200 l/ha
1.6.	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
19.6.	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
13.7.	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
1.8.	Kupfer	0,4 l/ha	200 l/ha

Tabelle 3.1: Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2005

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
4.7.	EMa $\text{\textcircled{R}}$	25 l/ha	100 l/ha
25.8.	EMa $\text{\textcircled{R}}$	25 l/ha	100 l/ha

Tabelle 3.2: EM-Behandlung Boden 2005

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
10.4.06	Kupfer	0,3 l/ha	200 l/ha
19.4.06	Kupfer	0,3 l/ha	200 l/ha
19.4.06	Dipel	0,5 kg/ha	200 l/ha
25.4.06	Kupfer	0,3 l/ha	200 l/ha
25.4.06	Austriebsspritzmittel 7E	20 l/ha	200 l/ha
29.4.06	Neem Azal-T/S	2,5 l/ha	200 l/ha
4.5.06	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
11.5.06	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
18.5.06	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
26.5.06	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
8.6.06	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
8.6.06	Netzschwefel Stulln	3 kg/ha	200 l/ha
19.6.06	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
19.6.06	Netzschwefel Stulln	3 kg/ha	200 l/ha
1.7.06	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
1.7.06	Netzschwefel Stulln	3 kg/ha	200 l/ha
1.7.06	Kaolinerde	2 kg/ha	200 l/ha
1.7.06	Kupfer	0,2 l/ha	200 l/ha
12.7.06	Kupfer	0,2 l/ha	200 l/ha
12.7.06	Netzschwefel Stulln	2 kg/ha	200 l/ha
12.7.06	Kaolinerde	2 kg/ha	200 l/ha
21.7.06	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
28.7.06	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
9.8.06	Kupfer	0,2 l/ha	200 l/ha
24.8.06	Kupfer	0,2 l/ha	200 l/ha
24.8.06	Kaolinerde	2 kg/ha	200 l/ha

Tabelle 3.3: Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2006

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
1.7.06	EMa (R)	5 l/ha	200 l/ha
12.7.06	EMa (R)	5 l/ha	200 l/ha
9.8.06	EMa (R)	5 l/ha	200 l/ha
24.8.06	EMa (R)	5 l/ha	200 l/ha

Tabelle 3.4: EM-Behandlung Baum 2006

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
2.5.	EMa (R)	25 l/ha	100 l/ha
28.6.	EMa (R)	25 l/ha	100 l/ha
15.8.	EMa (R)	25 l/ha	100 l/ha

Tabelle 3.5: EM-Behandlung Boden 2006

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
12.03.07	Paroil	25 l/ha	200 l/ha
16.03.07	Cuprofor	0,4 l/ha	200 l/ha
10.04.07	Schwefelkalkbrühe	15 l/ha	200 l/ha
24.04.07	Neem Azal T/S	2 l/ha	200 l/ha
24.04.07	Biolit Urgesteinsmehl	2 kg/ha	200 l/ha
24.04.07	Netzschwefel	3 kg/ha	200 l/ha
07.05.07	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
18.05.07	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
29.05.07	Schwefelkalkbrühe	10 l/ha	200 l/ha
30.05.07	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
30.05.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha
09.06.07	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
09.06.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha
09.06.07	Biolit ultrafein, Kaolinerde, Molkepulver	je 2 kg/ha	200 l/ha
18.06.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha
18.06.07	Madex	50 ml/ha	200 l/ha
18.06.07	Netzschwefel	2 kg/ha	200 l/ha
18.06.07	Biolit ultrafein, Kaolinerde, Molkepulver	je 2 kg/ha	200 l/ha
29.06.07	Madex	50 ml/ha	200 l/ha
29.06.07	Netzschwefel	2 kg/ha	200 l/ha
29.06.07	Biolit ultrafein, Kaolinerde, Molkepulver	je 2 kg/ha	200 l/ha
09.07.07	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
09.07.07	Netzschwefel	2 kg/ha	200 l/ha
09.07.07	Biolit ultrafein, Kaolinerde, Molkepulver	je 2 kg/ha	200 l/ha
18.07.07	Madex	100 ml/ha	200 l/ha
18.07.07	Netzschwefel	2 kg/ha	200 l/ha
18.07.07	Biolit ultrafein, Kaolinerde, Molkepulver	je 2 kg/ha	200 l/ha
18.07.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha
27.07.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha
27.07.07	Netzschwefel	2 kg/ha	200 l/ha
27.07.07	Madex	50 ml/ha	200 l/ha
08.08.07	Madex	70 ml/	200 l/ha
08.08.07	Cuprofor	200 ml/ha	200 l/ha

Tabelle 3.6: Standard Pflanzenschutzmaßnahmen 2007

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
16.03.07	EMa (R), EM5, EM FPE	7 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
24.04.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
30.05.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
09.06.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
09.06.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
18.06.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
29.06.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
09.07.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
18.07.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
27.07.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha
08.08.07	EMa (R), EM5, EM FPE	5 l; 0,5 l; 0,5 l/ha	200 l/ha

Tabelle 3.7: EM-Behandlung Baum 2007

Datum	Präparat	Aufwandmenge	Wassermenge
18.04.2007	EMa (R)	15 l/ha	100 l/ha
12.06.2007	EMa (R)	15 l/ha	100 l/ha
18.08.2007	EMa (R)	15 l/ha	100 l/ha
05.11.2007	EMa (R)	15 l/ha	100 l/ha

Tabelle 3.8: EM-Behandlung Boden 2007

3.3 Material und Methoden im Freiland

3.3.1 Krankheiten und Schädlinge

3.3.1.1 Apfelschorf

Erreger: *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter

Der Apfelschorf ist die bedeutendste Krankheit im Apfelanbau. Ein entsprechender Befall führt zu einer Reduktion der Blattmasse, einer deutlichen Qualitätsminderung der Früchte sowie vorzeitigem Fruchtfall, Fäulnisbildung und erhöhten Verlusten am Lager (vgl. LOHRER, T. , 2008, s.a.).

Biologie

Die Schorferreger besitzen neben der saprophytischen Hauptfruchtform *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter, noch die parasitische Nebenfruchtform *Spilocaea pomi* (Fries), Syn. *Fusicladium pomi* (Fries) Lind = *F. dentritivum* (Wallroth) Fuckel, die für die eigentliche Schadwirkung und Symptomatik verantwortlich ist. Die Hauptfruchtform

findet man vom Herbst bis zum Frühjahr auf den abgefallenen toten Blättern, die Nebenfruchtform auf den lebenden Blättern, Früchten und Zweigen. Im toten Blattgewebe entwickeln sich bis zum Frühjahr die Pseudothecien, die kurz vor der Reife die Blattoberfläche durchbrechen. Darin befinden sich immer zahlreiche zweizellige, gelbliche, eichelförmige Ascosporen, je acht in einem Ascus, die bei feuchter Witterung durch den im Ascus herrschenden Druck ausgeschleudert werden. Die Keimung beginnt sobald eine Spore auf ein Blatt, eine Frucht oder einen Trieb gelangt und benetzt wird. Trocknet das Blatt vorzeitig ab, kommt es zum Stillstand des Wachstums. Die Geschwindigkeit der Keimung und des Eindringens ist stark temperaturabhängig. Die Inkubationszeit beträgt 200 °C Temperatursumme der Tagesmitteltemperaturen. Einige Zeit nach dem Erscheinen erster Symptome durchbrechen die Konidienträger die Kutikula und bilden die Konidien. Dies erfolgt im Optimum zwischen 16 und 20 °C. Konidien werden bei Regen und durch Wind vom Träger abgelöst und innerhalb der Baumkrone von oben nach unten verbreitet (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 205ff).

Schadbild

Zur Zeit der Blüte entstehen auf den Blättern vor allem oberseits rundliche, zuerst matt olivgrüne, später braun oder schwärzlich werdende Flecken von etwa 0,5 bis 1,0 cm² Größe, die allmählich miteinander verschmelzen und nachfolgend bei weiterer Vergrößerung austrocknen können. Daneben sind auch, besonders bei späterem Befall, diffuse schwärzlich-braune Flecken, zumeist entlang der Adern, auf den Ober- und Unterseiten der Blätter möglich. Stark schorfgeschädigte Blätter fallen frühzeitig ab.

Schorfflecken an Blütenblättern sind selten. Kelchblätter werden häufiger befallen, die Kelchblattspitzen sind das erste Grün, das dem Schorfpilz Befallsmöglichkeiten bietet. Früchte werden in jedem Entwicklungsstadium geschädigt, allerdings sind junge Früchte besonders anfällig. Es entstehen zunächst wenige Millimeter große, von einem durch Ablösen der Kutikula silbrigweißen Rand umgebene, rundliche, mattschwarze Flecken, die später flächig zusammenfließen können und im Randbereich eine tiefschwarze und im Inneren eine bräunliche Farbe annehmen. Von Konidien, die sich an den Kelchblattzipfeln gebildet haben, befallene Früchte weisen typische Schorfstellen um den Kelch herum auf. Beim Befall junger Früchte wächst das verkorkte Gewebe erkrankter Schalenpartien nicht mehr mit. Tiefe Risse und Verkrüppelungen der Frucht sind die Folge (siehe Abbildung 3.4). Bei Neubefall fast ausgewachsener Äpfel bleiben die Flecken infolge der Altersresistenz der Früchte kleiner, und es kommt kaum noch zu Verunstaltungen. Spätinfektionen nach Jahresmitte bleiben am Baum fast unbeachtet, sie führen zu punktförmigen Flecken, die sich aber erst im Laufe der Lagerung als „Lagerschorf“ bemerkbar machen (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 205ff).

Material und Methode

Am 18.9.2006 wurden in jeder der 6 Reihen, die für die Bonitur ausgewählt wurden, ca. 100 Triebe auf Blattschorf kontrolliert. Die Bewertung erfolgte mit “befallen” oder “nicht befallen”. Da in den übrigen Jahren kein Schorfbefall auftrat, wurden keine Bonituren durchgeführt.

Erfasste Parameter:

- befallene Triebe [%]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Krankheitskontrolle 2006: 18.9.2006

Abbildung 3.4: *Venturia inaequalis*



Quelle: Hormann, Wikipedia

3.3.1.2 Apfelmehltau

Erreger: *Podosphaera leucotricha* (Ellis et Everhardet) Salmon

Mehltau zählt vor allem in trockenen, warmen Lagen zu den wichtigsten Schaderregern im Apfelanbau. Bei starkem Befall muss mit Ertragsverlusten von bis zu 50 % gerechnet werden. Gleichzeitig kann sich die innere und äußere Qualität der Früchte, vor allem durch Berostung der Schale, vermindern. Triebwachstum und Assimilationsleistung werden reduziert. Das Holz reift ungenügend aus und es kommt zu erhöhter Winterfrostgefährdung (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 428).

Biologie

Der Apfelmehltau gehört zu den echten Mehltaupilzen (*Erysiphaceae*), ist ein obligater Parasit und ausschließlich auf lebendes Gewebe angewiesen. Der Pilz wächst vom befallenen Blatt abwärts und dringt zur Überwinterung in die sich bildende Achselknospe ein, bevor die Knospenschuppen verkorken. Eine sehr kritische Phase ist dabei die des Abschlusses des Langtriebwachstums, dabei kommt es sehr häufig zu einer Infektion der Terminalknospe. Die Überwinterung erfolgt als Myzel in den Knospen. Befallene Knospen erfrieren leichter als gesunde. Mit dem Absterben der Knospe verendet ebenfalls das Pilzmyzel darin. Die kritische Temperatur dafür liegt zwischen -18 und -20 °C. Die Befallsentwicklung im Anschluss an den Primärbefall wird durch Konidien, die sich durch den Wind verbreiten, bestimmt, welche den Sekundärbefall verursachen. Die Konidienbildung ist bereits in den noch geschlossenen Knospen möglich und somit auch eine erste Infektion zwischen Knospenaufbruch und Mausohrstadium bei günstigen Bedingungen. Erste Symptome des Sekundärbefalls können bereits zu Beginn der Blüte auf Laub- und Blütenblättern entstehen.

Die Infektionsbedingungen werden im Gegensatz zum Apfelschorf weniger von der Feuchtigkeit bestimmt. Erst bei einem Tagesmittel von über +12 °C kommt es zu nennenswerten Infektionen. Der Konidienflug wird durch das morgendliche Abfallen der Luftfeuchtigkeit ausgelöst (Schönwetterpilz). Mit zunehmendem Alter des Blattes lässt die Anfälligkeit deutlich nach. Bereits ein bis zwei Wochen nach dem Wachstumsbeginn sind die Blätter gegen Mehltauinfektionen weitgehend resistent (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 219ff).

Schadbild

Der Mehltau überwintert in den Knospen, wobei vor allem die Endknospen betroffen sind. Befallene Knospen sind runzelig, schlanker als gesunde und weisen einen schlechten Schluss der Knospenschuppen auf. Sie treiben, sofern sie nicht über Winter absterben, im Frühjahr verspätet aus. Die entstehenden Blätter sind deformiert und überziehen sich beidseitig mit einem weißen, mehllartigen Belag (Abbildung 3.5). Sie wachsen steil nach oben, bleiben klein und schmal, rollen sich vom Rande her zur Blattoberseite ein und werden hart und brüchig. Erkrankte Blätter verfärben sich später. Zunächst entsteht auf der Blattunterseite ein rötlicher Anflug, der nach und nach in einen bräunlichen Ton übergehen kann. Bald darauf fallen die Blätter ab. Die Triebspitzen verkahlen, die Triebe sind gegenüber den gesunden verkürzt und weisen häufig nur noch die Spitzenblätter auf (Mehltaukerzen). Auch auf den Triebachsen kann Mehltaubelag beobachtet werden. Befallene Blütenbüschel vergrünen bzw. verkümmern, und ihre Blätter überziehen sich ebenfalls mit einem mehligem Belag. Die bisher beschrie-

benen Symptombilder stellen den Primärbefall dar, der auf den am Baum systemisch überwinterten Mehltau und somit letztlich auf den vorjährigen Befall zurückzuführen ist. Der zu einem späteren Zeitpunkt durch Konidien verursachte Sekundärbefall zeigt sich an den Blättern durch oberseits fleckige Aufhellungen, denen auf der Blattunterseite ein helles Pilzmyzel (an älteren Blättern begleitet von rötlichen Verfärbungen) entspricht. Oft sind die Blattränder auffällig gewellt. Der Befall kann auch den Triebzuwachs erfassen (sekundärer Triebbefall). Er bleibt jedoch im Gegensatz zum Primärbefall (je nach dem Zeitpunkt der Infektion der Terminalknospe) auf Teile der Langtriebe begrenzt. Insgesamt weisen stark von Mehltau befallene Bäume eine lockere, grau bis bräunlich verfärbte Belaubung auf, wobei die kahlen Triebspitzen einen struppigen Eindruck hinterlassen. Auch Früchte stark anfälliger Sorten werden von Mehltau nicht verschont. Sie bleiben klein und weisen eine typische netzartige Bero-stung („Mehltauberostung“) auf. Diese entsteht, weil die teilweise zerstörte Epidermis verkorkt. Besonders häufig findet man dieses Schadbild an rotschaligen Sorten (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 219f).

Material und Methode

Die Bonitur des Apfelmehltaubefalls erfolgte zu zwei Terminen, am 11.5.2007 und am 27.6.2007. Da die Befallshäufigkeit nur sehr gering war und an den 6 x 12 Bäumen für eine aussagekräftige Analyse zu wenig Befallsstellen zu finden waren, wurde jeweils die ganze Reihe kontrolliert. Bonitiert wurde nach “befallener Baum” oder “nicht befallener Baum”. In der Variante “EM” befanden sich 529 Bäume in den Versuchsreihen, in der Kontrolle 375.

Erfasste Parameter:

- befallene Bäume [%]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Krankheitskontrolle 1: 11.5.2007
- Krankheitskontrolle 2: 27.6.2007

Abbildung 3.5: *Podosphaera leucotricha*



Quelle: Philipp

3.3.1.3 Feuerbrand

Erreger: *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al.

Feuerbrand gilt als eine hochinfektiöse und nur schwer bekämpfbare Bakterienkrankheit, welche verschiedene Obst- und Ziergehölze (Rosaceae) befällt. Als Ursprungsland gelten die USA, wo bereits vor über 200 Jahren von dieser Krankheit berichtet wurde. 1957 wurde erstmalig in Europa in Südengland ein Befall festgestellt und ist mittlerweile in fast allen Europäischen Staaten nachgewiesen worden. In Österreich zählt der Feuerbrand zu den Quarantänekrankheiten und ist somit meldepflichtig. Bei einem Verdacht auf Feuerbrandbefall ist sofort die zuständige Gemeindeverwaltung zu verständigen (vgl. AGES , 2007).

Biologie

Bei den Infektionswegen beim Feuerbrand wird zwischen Blüten-, Trieb- und Wundinfektion unterschieden. Der Blüteninfektion wird dabei die größte Bedeutung zugeschrieben. Für diesen Weg der Verbreitung wird eine aktive Bakterienquelle auf bereits im Vorjahr befallenen Wirtspflanzen benötigt. Mittels blütenbesuchenden Insekten werden die Bakterien erstmalig in einen blühenden Bestand transportiert und verbreitet. Nach einer Vermehrungsphase der Bakterien auf der Narbe wandern diese bei Nässe in einem Feuchtfilm aktiv und passiv von der Narbe in die Nektarien, wo sie dann in das Gewebe eindringen, sich dort weiter vermehren und im Phloemsaft der Pflanze verbreiten können. Für eine erfolgreiche Infektion müssen allerdings einige Voraussetzungen erfüllt sein, wie die offene Blüte und eine Tagesdurchschnittstemperatur von mindestens 15,6 °C. Weiters müssen ab der offenen Blüte 110 Stundengrade über 18,3 °C

gezählt werden, sobald die Temperatur jedoch unter 0 °C fällt wird wieder bei 0 Stundengrade begonnen. Eine gewisse Feuchtigkeit muss ebenfalls vorhanden sein, es reicht allerdings ein Regenfall ab ca. 0,25 l/m², Tau oder Spritzwasser.

Für eine Triebinfektion werden wachsende, mastige Triebe, wie sie vor allem in Baumschulen und triebigen Obstanlagen zu finden sind, benötigt. Der Infektionsdruck muss in der direkten Umgebung des Baumes hoch sein. Für diese Infektion, die direkt durch die Kutikula an der Triebspitze erfolgt, müssen höhere Temperaturen vorherrschen.

Über Wunden, die durch Hagelschlag, Schnittverletzungen, Wind oder Scheuerstellen entstehen, kann auch bereits verholztes oder ausgewachsenes Gewebe infiziert werden. Dabei müssen dieselben Voraussetzungen wie bei der Triebinfektion gegeben sein (vgl. KELDERER, M. et.al , 2003, 34).

Schadbild

An den Trieben: An den befallenen Pflanzen erscheinen die Triebe zunächst fahlgrün, danach treten plötzliche Welkeerscheinungen und Braun- bis Schwarzfärbungen der Blüten und Blätter auf (siehe Abbildung 3.6). Anschließend vertrocknen die infizierten Partien und die Triebspitzen krümmen sich infolge des Wasserverlustes nach unten. Bei feuchter Witterung tritt aus Befallsstellen weißlicher, später brauner tropfenförmiger Bakterien Schleim aus (vgl. PERSEN, U. et.al. , 2005, 67).

Am Holz: Bei frisch befallenen Pflanzen ist das Holz unter der Rinde meist rotbraun verfärbt und von klebrigem Bakterien Schleim durchsetzt, der dann aus der Rinde hervorbricht. Später sinken die betroffenen Rindenpartien ein und sind deutlich vom gesunden Gewebe abgegrenzt. Für eine sichere Diagnose ist allerdings eine Laboruntersuchung unerlässlich (vgl. PERSEN, U. et.al. , 2005, 67).

Material und Methode

Die Bonitur erfolgte am 27.6.2007. Da auch in diesem Fall nur sehr wenige Befallsstellen zu finden waren, wurde alle 6 Versuchsreihen kontrolliert. Es wurde nach Bäumen "mit Befall" und "ohne Befall" bonitiert.

Erfasste Parameter:

- befallene Bäume [%]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Schädlingskontrolle 2: 27.6.2007

Abbildung 3.6: *Erwinia amylovora*



Quelle: Philipp

3.3.1.4 Grüne Apfelblattlaus

Aphis pomi (De Geer)

Biologie

Wie bei allen holozyklischen Blattlausarten, die an den Obstgehölzen vorkommen, werden im Herbst von den Geschlechtsweibchen ein bis fünf Eier an einem Winterwirt, in diesem Fall unter anderem an Apfel, abgelegt. Die Spitzen der Langtriebe werden dafür bevorzugt und sind oft massenhaft mit Eiern besetzt. Diese sind etwa 0,6 mm lang und glänzend schwarz gefärbt. Die im Frühjahr etwa zum Zeitpunkt des Knospenschwellens bei einer Temperatur von mindestens 5 °C schlüpfenden Stammütter (Fundatritzen) leiten die bis zum Herbst dauernde Phase der ungeschlechtlichen (virginogenen) Fortpflanzung durch Lebendgebären zahlreicher Blattlausgenerationen ein. Wobei ab der zweiten Fundatrigeniengeneration zunehmend geflügelte Blattläuse auftreten, die für eine Weiterverbreitung sorgen. Im Frühjahr betrifft ein Befall dieser Art vorzugsweise Junganlagen, während ab Juni mit einem verstärkten Zuflug auch in Ertragsanlagen zu rechnen ist. Nicht selten ist ab Juli, bedingt durch Verschlechterung der Ernährungsbedingungen und Einfluss natürlicher Feinde, ein Befallsrückgang zu verzeichnen. Obwohl diese Art nicht wirtswechselnd ist, kommt sie auch an Quitte, Birne, Eberesche und Weißdorn vor. Die Pflanzenorgane werden durch Saftentzug und durch Einwirkung toxischer Inhaltsstoffe des Läusespeichels geschädigt. Diese sind auch für die abnorme Ausbildung der Blätter und Triebe verantwortlich (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 335).

Schadbild

Oft schon bald nach dem Austrieb, häufiger jedoch im Sommer, zeigen junge Blätter auffällige Einrollungen und Kräuselungen. Die Triebe bleiben im Wachstum stark zurück und sind meist unregelmäßig verkrümmt. Auch Früchte können in Einzelfällen bei starkem Befall im Wachstum zurückbleiben und deformiert werden, wobei noch eine Verschmutzung durch Honigtau und Schwärzepilze hinzukommt. An Jungbäumen kann es zu einer empfindlichen Störung des Kronenaufbaus kommen. An geschädigten Organen, insbesondere der Unterseite von Blättern, finden sich zunächst in großer Zahl ungeflügelte, grüne, bis 1,8 mm große Blattläuse mit dunklen Beinen, Fühlern und Saftröhren (Siphonen) (Abbildung 3.7). Die Saftröhren sind länger als 1/10 der Körperlänge. Bei den ab Anfang Juni auftretenden geflügelten Blattläusen sind auch Kopf und Thorax dunkel gefärbt (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 335).

Material und Methode

Die Bonitur der Blattläuse erfolgte wiederum an den beiden Terminen, am 11.5.2007 und am 27.6.2007. Auch in diesem Fall war das Auftreten nicht ausreichend genug, um nur an den 72 markierten Versuchsbäumen die Schädlingskontrolle durchzuführen, deshalb wurden wiederum alle sechs Zeilen komplett auf "befallene" Bäume und "nicht befallene" Bäume kontrolliert.

Erfasste Parameter:

- befallene Bäume [%]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Schädlingskontrolle 1: 11.5.2007
- Schädlingskontrolle 2: 27.6.2007

Abbildung 3.7: *Aphis pomi*



Quelle: Philipp

3.3.1.5 Apfelfaltenlaus

Dysaphis spp.

Biologie

An der Bildung der Blattverunstaltungen (Faltengallen) an Apfel ist unter anderem *Dysaphis radicola* (Walker) beteiligt. Aus den in Rindenritzen versteckten Eiern schlüpfen zeitig im Frühjahr braun gefärbte Fundatrizen, aus denen schon in der ersten Generation geflügelte Blattläuse hervorgehen. Bis Anfang Juni wandern diese Tiere auf Sommerwirte ab. Als solche dienen verschiedene Ampferarten (*Rumex* spp.). Von dort kehren die Tiere im Herbst zur Eiablage an den Winterwirt zurück.

Dysaphis devectora (Walker) hingegen entwickelt sich ohne Wirtswechsel an Apfel und bringt bereits nach zwei fundatrigenen Generationen Sexualtiere hervor. Die Eier werden schon ab Anfang Juli in Rindenritzen abgelegt (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 337).

Schadbild

Schon ab dem Vorblütestadium treten Blätter in Erscheinung, die gallenartig ausgebeult und eingerollt oder gefaltet sind (siehe Abbildung 3.8). Sie sind weitgehend gelblich oder rot verfärbt. In den Hohlräumen der Verformung findet man ungeflügelte und geflügelte Blattläuse in relativ geringer Zahl (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 336).

Material und Methode

Siehe Material und Methode in Kapitel 3.3.1.4

Abbildung 3.8: Schadbild *Dysaphis* spp.



Quelle: Philipp

3.3.1.6 Blutlaus

Eriosoma lanigerum (Hausmann)

Biologie

Es überwintern ungeflügelte Läuse, hauptsächlich Jungtiere, vor allem in Borkenrissen am Stammgrund und am Wurzelhals, ohne dabei durch Wachsausscheidungen aufzufallen. Im Frühjahr wandern die Läuse wieder aufwärts bzw. setzen ihre Entwicklung an den vorjährigen Befallsstellen fort und gründen neue Kolonien, wobei aus einem Weibchen bis zu 130 Junge hervorgehen. In einem Jahr können etwa acht Generationen aufeinander folgen, die sich ungeschlechtlich, lebendgebärend fortpflanzen. Ab Juni treten auch geflügelte Blutläuse auf, die für eine Weiterverbreitung auf andere Apfelbäume sorgen. Im Hochsommer kommt es zu einem starken Absinken der Fortpflanzungsintensität und des Blutlausbefalls. Im Herbst tritt wiederum ein starker Anstieg der Vermehrungsintensität ein. Eine im Herbst auftretende Generation von Geschlechtstieren und die Ablage je eines Wintereies pro Weibchen liefern jedoch unter europäischen Bedingungen keine fruchtbaren Nachkommen. Beim Saugen werden von den Tieren Reizstoffe abgeschieden, die das Kambium zur Bildung von schwammigen Auftreibungen und Wucherungen der Rinde (Blutlausgallen) anregen. Oberhalb der Befallsstellen kommt es infolge von Stoffwechselstörungen zu Wuchshemmungen und durch mangelnde Holzreife leicht zu einem Erfrieren von Zweigpartien oder zu einem Kümmeren

und schließlich auch Absterben ganzer Bäume. Warme windgeschützte Lagen schließen eine erhöhte Befallsgefahr in sich ein, desgleichen ältere Bestände mit zahlreichen Schnittwunden (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 338)

Schadbild

Ab Mai treten an jüngeren Trieben, insbesondere an Schnittstellen und an Wasserschosser, wie auch an altem Holz bläulich-weiße, wattebauschähnliche Gebilde auf, unter denen sich Kolonien plump gebauter, bis 2 mm langer, braunroter Läuse verbergen, die beim Zerdrücken einen blutig aussehenden Körperinhalt freigeben (Abbildung 3.9). Im Bereich der Läusekolonien zeigt das Rindengewebe beulig, knotige oder krebsartige Wucherungen. Außerhalb der Vegetationszeit sind derartige Wucherungen an Stamm und Krone gewöhnlich frei von Läusen und auffälligen Wachsflocken, lassen aber bei näherer Betrachtung noch Reste von Häuten der Läuse und ihren Wachsausscheidungen in den Vertiefungen der Schadstelle erkennen (vgl. FRIEDRICH, G. und RODE, H. , 1996, 337).

Material und Methode

Siehe Material und Methode in Kapitel 3.3.1.4

Abbildung 3.9: *Eriosoma langerum*



Quelle: Philipp

3.3.2 Stammumfangmessung

Die Messung des Stammumfanges erfolgte an den 72 gekennzeichneten Versuchsbäumen mit Hilfe eines handelsüblichen Kunststoffmaßbandes. Am Stamm der Bäume wurde in einer Höhe von 40 cm über der Bodenoberfläche eine Markierung angebracht, an welcher die Umfangmessungen vorgenommen wurden. In drei aufeinanderfolgenden Jahren

wurde jeweils im ausgehenden Winter bzw. beginnenden Frühjahr die Vermessung der Baumstämme durchgeführt.

Die gewonnenen Daten dienen der Auswertung der jeweiligen Stammdurchmesserzuwächse der Varianten und ebenfalls als Grundlage für die Ermittlung der stammquerschnittsspezifischen Ertragsdaten. (siehe 3.3.5)

Erfasste Parameter:

- Stammumfang 2006, 2007, 2008 [cm]
- Stammquerschnittsfläche [cm²]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Stammumfang 2006: 26. Mai 2006
- Stammumfang 2007: 5. Jänner 2007
- Stammumfang 2008: 16. Jänner 2008

3.3.3 Blattfärbung

Die Färbung der Blätter wurde mit einem tragbaren Minolta Croma Meter CR-200 durchgeführt. Die Messung erfolgte im L*a*b* Farbsystem mit der Normlichtart D₆₅. An jedem der 72 ausgewählten Versuchsbäume wurden 2 einjährige Triebe zur Messung ausgewählt. Diese sollten eine ähnliche Trieb länge, Triebstärke, Astansatzhöhe und Exposition aufweisen, um eine möglichst geringe Streuung der Stichproben zu erhalten. Ein mittig am Ast sitzendes Blatt, welches keine Schadstellen, Verkümmern oder sonstige vom Normal abweichende Ausprägungen aufweist, wurde ausgewählt und die Färbung gemessen. Da eine zweite Messung zu einem späterem Zeitpunkt an den selben Blättern vorgesehen war, mussten die Blätter mit einem wetterfesten Klebestreifen markiert werden.

Erfasste Parameter:

- L*a*b* Messung 1
- L*a*b* Messung 2

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Blattfärbung 1: 27. Juni 2007
- Blattfärbung 2: 3. August 2007

Minolta Croma Meter CR-200

Das Minolta Croma Meter (Abbildung 3.10) ist ein kompaktes Dreibereichs-Farbmessgerät zur Messung von Objekt- und Oberflächenfarben. Das Gerät ist mit der universellen Messgeometrie d/0 (diffuse Beleuchtung bei vertikaler Betrachtung) ausgerüstet und gestattet exakte Farbmessungen an einer Vielzahl von Objekten. Im Messkopf des Croma Meter befindet sich eine Hochleistungs-Xenon-Blitzröhre, die für eine gleichmäßige, konstante Ausleuchtung der Messfläche sorgt. Das Beleuchtungssystem nach dem Zweistrahlverfahren mit insgesamt sechs hochempfindlichen Silizium-Fotodioden, die mit Filtern dicht an die Farbempfindlichkeitskurven der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) angepasst sind, erkennt kleinste Abweichungen in der spektralen Zusammensetzung des Xenon-Lichts, die sofort automatisch über den Mikro-Computer kompensiert werden. Messungen können in Yxy (CIE 1931), $L^*a^*b^*$ (CIE 1976) und $L^*C^*H^\circ$ Koordinaten vorgenommen werden. Für die Messungen stehen zwei CIE-Normlichtarten zur Wahl: Lichtart C oder D_{65} (vgl, MINOLTA (1998), 1). Die Messfläche hat einen Durchmesser von 8 mm, welche auf das zu untersuchende Objekt aufgelegt wird. Bei der Messung wird die Xenon-Blitzröhre aktiviert, welche für die Beleuchtung sorgt. Anschließend kann der Messwert am Display des Gerätes abgelesen werden.

Abbildung 3.10: Minolta Croma Meter CR-200



Quelle: Philipp

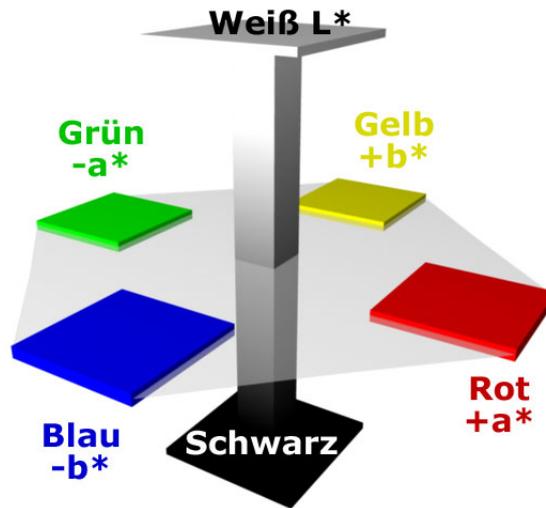
CIELab

Die Messungen erfolgten im $L^*a^*b^*$ Farbsystem, auch CIELab genannt. Dieser Farbraum wurde 1976 von der internationalen Beleuchtungskommission CIE festgelegt. Es wurde aus dem CIE-Farbsystem weiterentwickelt und basiert auf dem im Jahr 1931 vorgestellten CIE-Normvalenzsystem. Es ist heute das wohl gebräuchlichste Farbsystem. Anhand des geräteunabhängigen 3D-Farbmodells sollen Farbunterschiede numerisch bestimmt werden. Das Modell ist objektiv und wird zugleich dem menschlichen Wahrnehmungsvermögen nahezu gerecht, indem es versucht, den geometrischen Abstand zwischen zwei Farben im Farbraum dem menschlichen Wahrnehmungsvermögen anzupassen. Im CIE-Modell entspricht der gemessene Abstand nicht dem empfundenen Farbunterschied durch Testpersonen, darum wurde diese Modell mehrfach überarbeitet und daraus CIELab abgeleitet (vgl. CIELAB , 2008).

Das CIELab-System besteht aus drei rechtwinkelig aufeinander stehenden Koordinatenachsen (siehe Grafik 3.11). Die L-Achse gibt dabei die Helligkeit an. Sie reicht von 0 bis 100, wobei 0 Schwarz bedeutet und 100 Weiß. Auf der a-Achse werden Farbtöne von grün bis rot dargestellt. Grün sind negative Werte und Rot die positiven. Die dritte, die b-Achse ist die gelb-blau Achse. Dabei sind negative Werte blau und positive Werte gelb. Mit dieser Methode können Farben exakt im Farbraum beschrieben werden. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung eines Standardlichts und eines Normalbeobachters, das heißt, die Farbwerte werden unter einer definierten physikalischen Bedingung berechnet. Aus den beiden Farbwerten a und b kann die relative Farbsättigung C^* (chroma) berechnet werden. Dieser Wert beschreibt die relative Farbsättigung im Verhältnis zum Referenzweiß, also im Vergleich zu einem bestimmten hellsten Punkt im Farbraum (vgl. CIELAB , 2008). C^* wird mit folgender Formel berechnet:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Abbildung 3.11: Farbraum CIE Lab



Quelle: CIE Lab (www.cielab.de)

ΔE bezeichnet den Farbabstand im CIE Farbraum, wodurch die Unterscheidbarkeit von zwei Farbtönen durch das menschliche Auge beurteilt werden kann. Der Wert errechnet sich aus folgender Formel:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Durch die in Tabelle 3.9 ersichtlichen Bewertungen kann ein ΔE -Wert interpretiert werden.

ΔE	Bewertung
0,0-0,5	kein bis fast kein Unterschied
0,5-1,0	Unterschied kann für das geübte Auge bemerkbar sein
1,0-2,0	merklicher Farbunterschied
2,0-4,0	wahrgenommener Farbunterschied
4,0-5,0	wesentlicher Farbunterschied, der selten toleriert wird
> 5,0	die Differenz wird als andere Farbe bewertet

Quelle: Wikipedia, Delta E

Tabelle 3.9: ΔE Bewertung

3.3.4 Blattgröße

Zur Messung wurden von jedem markierten Versuchsbaum jeweils 2 einjährige Triebe ausgewählt. Um möglichst einheitliche Stichproben zu erhalten, gelangten nur jene, die eine ähnliche Trieblänge, Triebstärke, Astansatzhöhe und Exposition aufwiesen in die Auswahl. Von diesen Trieben wurden jeweils 3 in der Mitte sitzende Blätter entfernt. Die Messung der Blattgröße erfolgte mittels eines AreaMeter LI-3100 der Firma LICOR.

Erfasste Parameter:

- Blattfläche [cm²]

Zeitpunkt der Kontrolle

- Blattfläche: 3. August 2007

LI-COR AreaMeter LI-3100:

Bei diesem Gerät werden die Blattproben auf ein transparentes Folienband gelegt, welches sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt und durch einen Messmechanismus führt (Abbildung 3.12). Ein zweites transparentes Band läuft dabei in der selben Geschwindigkeit parallel zum Auflageband, dieses dient der Fixierung der Probe. Ein Verrutschen des Blattes wird hiermit ausgeschlossen und es kann zu keiner mehrfachen Messung eines Bereiches kommen. Die zwischen den beiden transparenten Folien eingeklemmte Blattprobe wird nun kontinuierlich durch den Messmechanismus transportiert. Beim Durchqueren einer 15 Watt fluoreszierenden Lichtquelle wird über ein System von drei Spiegeln ein Abbild zu einer feststehenden Scannkamera projiziert. Die Objektbreite wird dabei von der Kamera erfasst, die Objektlänge ergibt sich aus der Bandlaufgeschwindigkeit. Läuft nun eine Probe durch den Apparat, wird dessen Fläche beim Vorüberlaufen an der Lichtquelle automatisch ermittelt und der kumulierte Wert auf einem Display ausgegeben. Die errechnete Fläche des Objektes wird auf 1 mm² genau ausgegeben.

Abbildung 3.12: LI-COR AreaMeter LI-3100



Quelle: Li-Cor Biosciences

3.3.5 Ertragsparameter

Ernte

Die Ernte 2007 wurde am 28. August durchgeführt. Der Zeitpunkt hierfür war etwas früher als praxisüblich, da versucht wurde, vor dem Haupterntegang alle Versuchsbäume zu ernten. Dadurch konnte verhindert werden, dass durch Unachtsamkeit der Erntehelfer Ergebnisse eventuell verfälscht werden. Der Termin war mit dem Betriebsführer abgesprochen und lag somit ca. 3-4 Tage vor dem Beginn der Ernte aller übrigen Früchte. Dieser gezwungenermaßen frühe Erntetermin bedeutet für den Lagerversuch, dass mit weniger Lagerkrankheiten zu rechnen war als bei Äpfeln, die den Zeitpunkt der Pflückreife bereits überschritten haben.

Die 72 Versuchsbäume wurden nacheinander einzeln in Kunststoffkisten geerntet. Die Zählung der Früchte erfolgte für jeden Baum separat. Ebenso wurden die vom Baum vorzeitig fallengelassenen Äpfel ermittelt und versucht, diese einem Baum zuzuordnen. Anschließend konnte jede Kiste, die die Ernte eines einzelnen Baumes enthielt, mittels der Waage CAS - ER gewogen werden. Nach dem Abwägen der Einzelbaumerträge wurden jeweils die Früchte der Bäume 1-4, 5-8 und 9-12 jeder Reihe in eine Kiste zusammengefasst, um in einem Kühllager der Universität für Bodenkultur in Wien den Lagerungsversuch durchführen zu können. Die Wägung dieser 18 Kisten erfolgte mit der CAS-Waage, um das genaue Gewicht der Einlagerung zu erhalten. 18 mal 12 Äpfel dieser Gruppen wurden stichprobenartig aussortiert, um anschließend im Labor analysiert zu werden. Die übrigen Äpfel verblieben am Betrieb. Die ausgesonderten Äpfel wurden sofort nach der Ernte vom Standort Steiermark ins Kühllager an der BOKU verbracht.

Erfasste Parameter:

- Früchte je Baum [stk]
- Fallobst je Baum [stk]
- Früchte je Baum [kg]
- Gewicht Einlagerung Phase 1 [kg]

Zeitpunkt der Kontrolle

- Ernte 2006: 18. September 2006
- Ernte 2007: 28. August 2007

Abbildung 3.13: Erntearbeit 2007

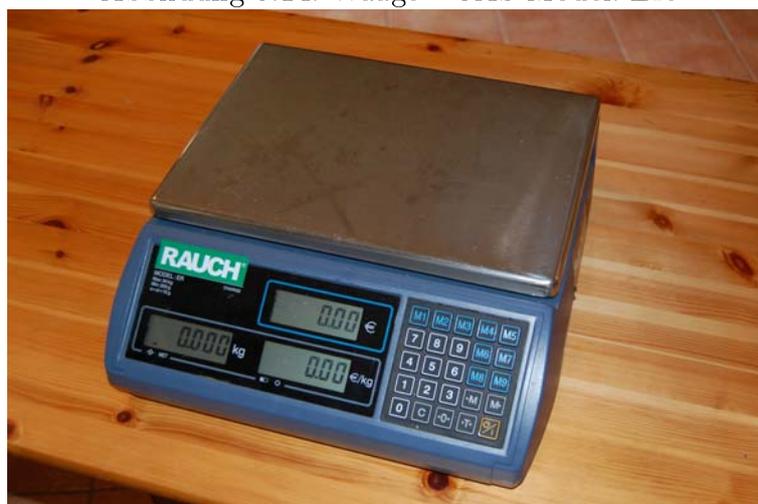


Quelle: Philipp

CAS Model: ER

Die Waage der Firma CAS Model ER (Abbildung 3.14) besitzt in dieser Ausführung eine Höchstlast von 30 kg und eine Teilung von 10 g. Die empfohlene Betriebstemperatur von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ wurde bei den Wägungen eingehalten. Die Waage besitzt höhenverstellbare FüÙe inklusive einer im Gehäuse montierten Dosenlibelle zur horizontalen Lagejustierung. Da dieses Gerät über einen integrierten Akku verfügt und ohne Stromnetzanschluss betrieben werden konnte, eignete es sich besonders für den Einsatz in der Versuchsanlage.

Abbildung 3.14: Waage - CAS Model: ER



Quelle: Philipp

3.4 Material und Methoden im Labor

Die nachfolgenden Analysen wurden zu zwei Terminen durchgeführt. Die erste Laboruntersuchung erfolgte kurze Zeit nach der Ernte der Früchte. Der zweite Termin war nach einer mehrmonatigen Lagerphase angesetzt. Die Ermittlung der Parameter Fruchtfarbe, Einzelfruchtgewicht, Fruchtgröße, Fruchtfleischfestigkeit und Kernanzahl erfolgte an jeweils 12 Früchten aus jeder der 3 Gruppen aus den 6 Reihen. In Summe ergibt dies 216 Früchte oder 108 Früchte je Variante. An den übrigen Parametern lösliche Trockensubstanz, titrierbare Säure, Vitamin C-Gehalt, pH-Wert, rH-Wert, spezifischer Widerstand und P-Wert wurden jeweils 3 der 12 Äpfel zu einer Gruppe zusammengefasst und mittels Zentrifuge in flüssige Form überführt. Diese Vorgehensweise war nötig, da diese Untersuchungen nur mit flüssigen Suspensionen durchführbar sind.

Zeitpunkt der Analysen:

- Labortermin 1: 12. -13. September 2007
- Labortermin 2: 18. Februar 2008

3.4.1 Einzelfruchtgewicht

Das Gewicht jeder Frucht wurde im Labor mittels der Waage Sartorius Laboratory L 2200S (siehe Abbildung 3.15) ermittelt.

Erfasste Parameter

- Einzelfruchtgewicht - Termin 1 [g]
- Einzelfruchtgewicht - Termin 2 [g]

Sartorius Laboratory L 2200S

Die Waage hat einen maximalen Wiegebereich von 2220 g, wobei die Ablesbarkeit auf 0,01 g genau ist. Die Standardabweichung entspricht $\leq \pm 0,005$ und die maximale Linearitätsabweichung beträgt $\leq \pm 0,015$.

Abbildung 3.15: Waage - Sartorius Laboratory L 2200S



Quelle: Philipp

3.4.2 Fruchtfarbe

Die Messung der Fruchtfarbe wurde wiederum mit dem Minolta Croma Meter CR-200 durchgeführt. Dabei wurde an jeder Frucht an zwei Stellen gemessen, erstens im Zentrum der Deckfarbenseite und zweitens im Zentrum der Grundfarbenseite.

Erfasste Parameter

- L, a, b Deckfarbenseite - Termin 1
- L, a, b Grundfarbenseite - Termin 1
- L, a, b Deckfarbenseite - Termin 2
- L, a, b Grundfarbenseite - Termin 2

Minolta Croma Meter CR-200

siehe Kapitel 3.3.3

3.4.3 Fruchtgröße

Die Messung der Fruchtgröße wurde nur am ersten Termin durchgeführt und erfolgte mit Hilfe einer Schiebelehre. Die Fruchthöhe, Fruchtbreite sowie die Fruchtdicke wurden gemessen. Die Fruchtdicke entspricht der um 90° zur Fruchtbreite horizontal gedrehten Achse. Die Ablesegenauigkeit betrug 1mm. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung konnte des weiteren der Fruchtformindex berechnet werden:

$$FFI = \frac{h^2}{b*d}$$

Höhe = h; Breite = b; Dicke = d

Dieser Index ist ein Maß für das Verhältnis von der Höhe zur Breite und Dicke, wobei ein Wert von 1 eine Frucht beschreibt, deren Abmessungen einheitlich sind. Ein Wert unter 1 beschreibt einen flachen und über 1 einen hohen Apfel. Damit kann ermittelt werden, ob der Einsatz der effektiven Mikroorganismen einen Einfluss auf die Ausprägung der Fruchtform hat.

Erfasste Parameter:

- Höhe x Breite x Dicke - Termin 1 [mm]
- Fruchtformindex FFI - Termin 1

Abbildung 3.16: Schiebelehre



Quelle: Philipp

3.4.4 Fruchtfleischfestigkeit (FFF)

Die Fruchtfleischfestigkeitsmessung erfolgte mit einem halbautomatischen Penetrometer der Firma Mecmesin. Von jedem Apfel ist im Vorhinein an der Stelle, an der die Messung durchgeführt werden sollte, mittels Fruchtschäler die Fruchtschale entfernt worden, um einen Einfluss dieser auf die Messung auszuschließen. Die beiden Messstellen wurden wiederum wie bei der Fruchtfarbmessung auf der Deckfarbenseite und

auf der Grundfarbenseite gewählt. Nach dem Einlegen der Frucht in das Gerät senkt sich der Messapparat bei Betätigung eines Schalters über eine elektrisch angetriebene Spindel in Richtung des Untersuchungsobjektes. Der an der Unterseite des Messapparates angebrachte Druckkörper dringt ca. 8 mm in das Fruchtfleisch ein und misst den dabei entstehenden Eindringwiderstand in kg. Als Druckkörper wurde ein Stempel mit 11,3 mm Durchmesser verwendet, was einer Druckfläche von 1 cm^2 entspricht.

Die Fruchtfleischfestigkeit nimmt bereits vor der Ernte kontinuierlich ab. Je nach Sorte sollte zum optimalen Erntetermin ein Wert zwischen 7 und 9 kg/cm^2 erreicht werden. Im Handel wird von einer Frucht eine Festigkeit von mindestens 5 kg/cm^2 verlangt. Da die Festigkeit mit zunehmender Lagerdauer abnimmt, sind Früchte mit einem höheren Penetrometerwert für eine längere Lagerdauer geeignet. Während der Lagerung kommt es zum Übergang des nicht wasserlöslichen Protopektins der Zellen in lösliches Pektin, dadurch wird das Fruchtfleisch langsam mürbe und mehlig, bis schließlich die Marktfähigkeit des Obstes nicht mehr gegeben ist (vgl. WINTER, F. et.al. , 2002, 343ff).

Erfasste Parameter

- Fruchtfleischfestigkeit - Termin 1 [kg/cm^2]
- Fruchtfleischfestigkeit - Termin 2 [kg/cm^2]

Penetrometer Mecmesin:

Der Penetrometer (Abbildung 3.17) besteht aus zwei Einheiten. Einem Unterbau, auf dem die zu messende Frucht aufgelegt wird und einer Messeinheit. Im Unterbau befindet sich ein elektrischer Motor, welcher eine Spindel antreibt, auf der sich die Messeinheit befindet. Mittels Schalter kann die Spindel zum Heben oder Senken des Messapparates gesteuert werden. An einem Einstellrad kann die Hebe- und Senkgeschwindigkeit eingestellt werden. An der Messeinheit befindet sich auf der Unterseite eine Halterung, an der ein Druckstempel montiert wird, welcher je nach Fruchtfleischfestigkeit der zu messenden Früchte gewählt werden kann. Für Äpfel und hartfleischige Früchte wird jener mit 11 mm Durchmesser verwendet, dieser besitzt eine Grundfläche von 1 cm^2 . Bei Betätigung des Schalters senkt sich die Messeinheit, bis sie schließlich in die Frucht eindringt. Wird der Schalter nicht weiter betätigt, stoppt der Vorgang. Für eine gleichmäßige Messtiefe ist am Stempel eine Markierung bei ca. 8 mm angebracht, bei der gestoppt werden sollte. Ein Sensor im Messgerät ermittelt die entstehende Druckkraft, welche erforderlich ist, um den Stempel in die Frucht zu drücken. Der maximal gemessene Wert wird in kg am Display ausgegeben.

Abbildung 3.17: Penetrometer



Quelle: Filipp

3.4.5 Kernanzahl

Für die Kernanzahlzählung wurde jede Frucht horizontal halbiert und alle Samen aus dem Kerngehäuse entfernt (Abbildung 3.18). Die gewonnenen Samen wurden getrennt in “verkümmerte” und “gesunde” gezählt.

Je mehr Samen eine Frucht enthält, desto stärker ist die von den Samen ausgehende Auxinproduktion. Ein kräftiger basalwärts wandernder Auxinstrom hat zur Folge, dass die Frucht ein hohes Attraktionsvermögen für Mineralstoffe und Assimilate entwickelt und damit stärker wachsen kann, als Früchte mit nur wenig Samen. Jedoch korreliert die Samenzahl einer Frucht nicht mit der Zellzahl, dem Zellvolumen und der Fruchtfleischfestigkeit und ist somit kein Ausdruck für die Fähigkeit der Blüten, Qualitätsfrüchte zu entwickeln. Unbestritten ist dagegen, dass Früchte mit vielen Samen einen Konkurrenzvorteil im Blütenstand gegenüber den übrigen Früchten haben. (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 68, 76)

Erfasste Parameter:

- gesunde Kerne je Frucht [stk.]
- verkümmerte Kerne je Frucht [stk.]

Abbildung 3.18: Kernanzahl



Quelle: Philipp

3.4.6 Lösliche Trockensubstanz

Das Feststellen der löslichen Trockensubstanz im Fruchtsaft erfolgte mit einem digitalen Refraktometer (siehe Abbildung 3.19). Es wurde ein Tropfen des Fruchtsaftes auf die Messlinse des Gerätes geträufelt und anschließend der Messvorgang gestartet.

Der Refraktometerwert bietet sich beim Apfel ebenso wie bei anderen Obstarten zur Beurteilung der geschmacklichen Wertigkeit einer Frucht an. Gemessen wird die im Zellsaft gelöste Trockensubstanz, die überwiegend aus Zucker besteht. Es werden jedoch auch Säuren und andere den Geschmack bestimmende Inhaltsstoffe mit erfasst. Ein Refraktometerwert von über 12 % garantiert auch nach einer Langzeitlagerung noch einen guten Geschmack (vgl. WINTER, F. et.al. , 2002, 345).

Je höher die assimilatorische Leistung der Pflanze ist, um so mehr Reservestoffe werden in die Früchte eingelagert.

Oft wird der Refraktometerwert als Maß für den Gehalt an löslichen Zuckerstoffen beschrieben, was allerdings nur bedingt korrekt ist. Der Anteil an Mono- und Disacchariden in der löslichen Trockensubstanz beträgt bei Äpfeln zwischen 51 bis 93 % oder bei Birnen zwischen 64 bis 87 %. Den Rest bilden Pectine, Proteine, organische Säuren und sekundäre Stoffwechselprodukte. Als Qualitäts- und Reifekriterium hat der Refraktometerwert aber eine Bedeutung, da er ein Maß für den Abbau der Stärke und Pectinstoffe ist (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 329).

Abbildung 3.19: Refraktometer - ATAGO PR-101



Quelle: Philipp

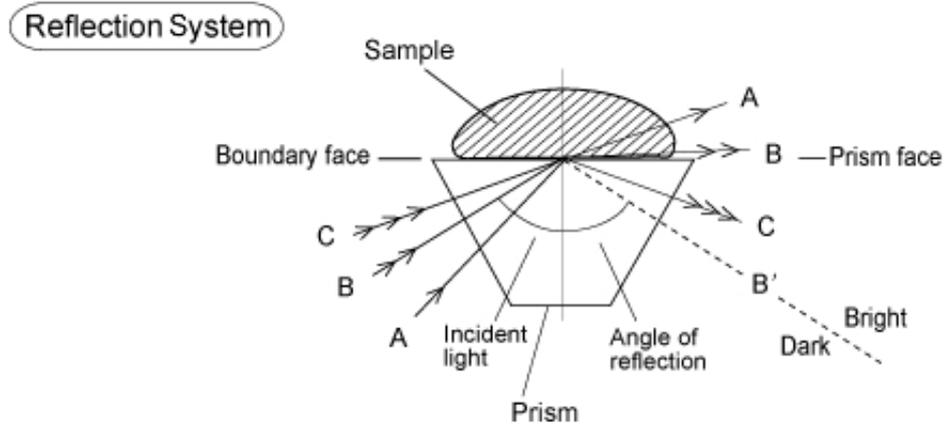
Erfasste Parameter

- lösliche Trockensubstanz - Termin 1 [°Brix]
- lösliche Trockensubstanz - Termin 2 [°Brix]

ATAGO PR-101

Wie in der Abbildung 3.20 dargestellt, wird das Licht A, ausgehend von der unteren Linken des Prismas, nicht durch die Grenze zurückreflektiert, sondern tritt durch die Probe aus. Licht B wird durch die Grenzfläche nach rechts reflektiert, direkt entlang der Prismengrenze. Licht C, mit einem zu großen Einfallswinkel, um zur Probenseite durchgelassen zu werden, wird vollständig zur unteren Rechten des Prismas reflektiert. Infolgedessen entsteht eine Grenzlinie, die in der Abbildung Lichtfelder und Dunkelfelder zu beiden Seiten entlang der punktierten Linie "B" teilt. Da der Reflexionswinkel dieser Grenzlinie zum Brechungsindex proportional ist, wird die Position der Grenzlinie zwischen hellen und dunklen Gebieten durch einen Sensor aufgenommen und in den Brechungsindex umgewandelt. Der Brechungsindex steigt proportional zur Dichte einer Substanz, wodurch der Gehalt an löslicher Trockensubstanz ermittelt werden kann (vgl. ATAGO , 2008).

Abbildung 3.20: Reflexionssystem



Quelle: ATAGO

3.4.7 Titrierbare Säure

Die Bestimmung des Gehaltes an titrierbarer Säure erfolgte mittels des automatischen Pipetiergerätes Schott TitroLine alpha plus. Es wurden 10 ml des Fruchtsaftes in ein Becherglas pipettiert und anschließend mit 40 ml destilliertem Wasser aufgefüllt. Die Titration erfolgte mit 0,1 mol/l NaOH bis pH 8,1.

Nach den Kohlenhydraten bilden die organischen Säuren quantitativ den zweitgrößten Teil der Trockensubstanz in den Früchten. In Verbindung mit dem Zuckergehalt in der Frucht kann der geschmackliche Eindruck süß-sauer bewertet werden. Deshalb ist der Säuregehalt ein wichtiges Merkmal zur Beschreibung einer Sorte. Der Anteil der titrierbaren Säure an der Gesamtsäure schwankt bei einigen Apfelsorten zwischen 70 bis 99,8 %. Im Mittel der einzelnen Obstarten und Sorten jedoch über 99 % (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 333).

Erfasste Parameter

- Titrierbare Säure in Weinsäure berechnet - Termin 1 [g/l]
- Titrierbare Säure in Weinsäure berechnet - Termin 2 [g/l]

Schott TitroLine alpha plus

Bei diesem Gerät handelt es sich um ein automatisches Titrationsgerät. Aus einer Vorratsflasche wird die 0,1 mol/l NaOH-Lauge automatisch in das Probenbehältnis gepumpt. Durch eine pH-Elektrode wird ständig der pH-Wert kontrolliert. Zur schnellen Verteilung der titrierten Lauge im Becherglas wird ein Magnetprüher verwendet.

Das Gerät stoppt automatisch beim Erreichen des eingestellten Wertes pH 8,1. Der Verbrauch an Lauge ist nun direkt am Gerät abzulesen (siehe Abbildung 3.21).

Abbildung 3.21: Titriergerät - Schott TitroLine alpha plus



Quelle: Philipp

3.4.8 Vitamin C-Gehalt (L-Ascorbinsäure)

Zur Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes wurde das Gerät MERCK RQflex eingesetzt. Zusätzlich waren Reflectoquant Messstäbchen notwendig, es handelt sich dabei um Ascorbinsäure Teststreifen mit einem Messbereich von 25 - 450 mg/l. Diese wurden für ca. 2 Sekunden in die Messprobe gehalten, anschließend abgetropft und nach Ablauf eines 15 Sekundencountdowns in das Gerät eingeführt. Anschließend war der Vitamin C-Gehalt in mg/l abzulesen. Mit jeder neuen Packung Teststreifen erfolgte eine chargenspezifische Kalibration mittels des enthaltenen Barcodestreifens.

Vitamine haben im Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren bestimmte Aufgaben zu erfüllen, fehlen diese, kann es zu Erkrankungen führen. Ähnlich wie Katalysatoren in chemischen Prozessen werden sie nur in kleinen Mengen benötigt. Tiere können in der Regel nur mit Hilfe von Mikroorganismen, welche dazu in der Lage sind, Vitamine synthetisieren. Pflanzen hingegen sind befähigt, diese selbst herzustellen. Ascorbinsäure ist im Pflanzen- und Tierreich nahezu universell verbreitet. Der Gehalt kann in Pflanzen und Pflanzenteilen je nach Fruchtart, Sorte, Anbaubedingungen, Kulturmaßnahmen und Witterung in weiten Bereichen schwanken. Äpfel auf einer schwachwüchsigen M9-Unterlage beispielsweise produzieren mehr Vitamin C als stärker wachsende Unterlagentypen. Kleine Früchte sind aufgrund des Verdünnungsfaktors meist

ascorbinsäurereicher als große, darum bilden auch stark stickstoffgedüngte Bäume oft weniger Vitamin C-reiche Früchte aus. Zusätzliche Beschattung durch starkes Triebwachstum führt ebenso zu einer Limitierung der Vitamin C-Produktion. Während der Lagerung der Äpfel kommt es zum Abbau der Ascorbinsäure, welcher durch niedrigere Temperaturen gebremst werden kann. Es besteht eine enge Beziehung zwischen der Atmungsintensität und der Abbaugeschwindigkeit (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 368f).

Erfasste Parameter

- Vitamin C - Termin 1 [mg/l]
- Vitamin C - Termin 2 [mg/l]

MERCK RQflex

Das RQflex (Abbildung 3.22) ist ein tragbares, flexibel einzusetzendes Messinstrument. Es ist Bestandteil des Reflectoquant®-Analysesystems mit folgenden Komponenten: RQflex, Reflectoquant-Analysestäbchen, test- und chargenspezifischer Barcode Streifen. Nach dem Prinzip der Reflektometrie (Remissionsphotometrie) wird an einem Analysestäbchen reflektiertes Licht exakt vermessen. Wie in der klassischen Photometrie kann über die Intensitätsunterschiede von ausgehender und reflektierter Strahlung die Konzentration bestimmter Inhaltsstoffe quantitativ gemessen werden. Über einen Barcodeleser wird ein in jeder Packung der Analysestäbchen enthaltener Barcodestreifen eingelesen. Dieser Code enthält alle Daten, die zur Steuerung des Gerätes notwendig sind als auch Informationen für eine Wellenlängenkorrektur und für die chargenspezifische Kalibration (vgl. MERCK (s.a.)).

Abbildung 3.22: Reflectoquant - MERCK RQflex



Quelle: Filipp

3.4.9 pH-Wert

Die pH-Wert Messung erfolgte mit Hilfe des BE-T-A Analysegerätes. Die Elektrode des Gerätes wurde dabei in ein Becherglas, in dem sich die Fruchtsaftprobe befand, getaucht, um anschließend die Messwerte abzulesen.

Der pH-Wert stellt ein Maß für die saure oder basische Wirkung einer wässrigen Lösung dar. Er ist durch den negativen dekadischen Logarithmus der Oxoniumionenkonzentration $[H_3O^+]$ definiert. pH 7 entspricht einer neutralen Lösung, ein höherer pH entspricht einer alkalischen Lösung und ein niedrigerer einer sauren Lösung.

Der pH-Wert im Boden etwa beschreibt wesentliche Eigenschaften, die das Pflanzenwachstum beeinflussen. Auch beim Menschen lassen sich mittels pH-Wert Rückschlüsse auf Gesundheit bzw. Krankheit ziehen. Der pH-Wert von intra- und extrazellulären Flüssigkeiten in einem Organismus ist aus zwei Gründen für alle Lebensvorgänge von essentieller Bedeutung:

- Er beeinflusst die Gleichgewichtslage der Stoffwechselprozesse (thermodynamischer Grund).
- Er entscheidet über die Geschwindigkeit einer Reaktion (kinetischer Grund).

Der erste Einfluss resultiert einfach aus der Abhängigkeit des Redoxpotentials vom pH-Wert, die bei biologischen Reaktionen im Allgemeinen gegeben ist. Die Geschwindigkeit

von Stoffwechselfvorgängen wird deshalb vom pH-Wert beeinflusst, weil diese Reaktionen immer katalytische Prozesse sind. Die wiederum nur ablaufen, wenn der passende Katalysator vorhanden ist. Die Katalysatoren in Stoffwechselprozessen sind jeweils spezielle Enzyme, die nur in bestimmten pH-Bereichen aktiv sind. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die von den Enzymen in Gang zu bringenden Reaktionen nur dann ablaufen können, wenn im Reaktionsmilieu der passende pH-Wert herrscht. Der jeweils optimale pH-Wert in den Reaktionsräumen eines Organismus wird von Puffersystemen, innerhalb gewisser Grenzen, auf konstantem Niveau gehalten. Durch Störungen in diesen Systemen kann es zu irreversiblen Zellschäden oder sogar zum Tod führen. Messungen des pH-Wertes von menschlichen Körpersäften helfen Krankheiten rechtzeitig zu erkennen, da sich damit krankhafte Veränderungen in Organsystemen nachweisen lassen. Dies gilt nicht nur für den menschlichen Organismus, sondern natürlich auch für alle tierischen und pflanzlichen Organismen und somit auch für Nahrungsmittel.

Bei der Messung des pH-Wertes handelt es sich um die Messung der Zellspannung einer galvanischen Zelle (vgl. HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 81ff).

Erfasste Parameter:

- pH Termin 1
- pH Termin 2

BE-T-A Analysegerät MT-732

Das Analysegerät dient zur Messung der elektrochemischen Kenngrößen pH-Wert, R-Wert und rH-Wert sowie der Temperatur (Abbildung 3.23). Das Gerät besitzt eine Kombielektrode MTR IV. Die Elektrode wird immer in feuchtem Milieu aufbewahrt und wird deshalb nach jeder Messung in eine KCl N/100 Lösung gestellt. Die rH-Elektrode muss nach jedem Messvorgang angeschliffen werden, um einen Proteinbelag darauf zu verhindern, der die Messergebnisse verfälschen könnte. Für die Messung wird die Kombielektrode mit einer Halterung in das zu messende Medium getaucht. Am Gerätedisplay können die Werte nacheinander abgelesen werden. Die Messwerte benötigen einige Zeit, um sich auf dem richtigen Niveau einzupendeln. Wurde vom Gerät über eine gewisse Zeit keine Veränderung mehr festgestellt, beginnt eine Kontrolllampe zu leuchten, welche den Messwert freigibt.

Die pH-Elektrode besitzt einen Messbereich von 0 - 14 pH bei einer Temperatur von 0 - 80 °C. Eine Spezialglasmembran ermöglicht das Messen von proteinhaltigen Flüssigkeiten.

Die Redox-Elektrode gibt Werte im Bereich 0 - 42 rH wieder. Es handelt sich hierbei

um eine Platinelektrode, welche über Glas depolarisierbar ist. Ebenso ist durch eine spezielle Bauweise die Messung von proteinhaltigen Medien möglich.

Die Leitfähigkeits-Elektroden besitzen einen Messbereich von 10-1000 Ohm bei einer Genauigkeit von $\pm 2 \%$ oder 10-2000 Ohm bei $\pm 5 \%$. Die Zellkonstante lautet: $K = 3,0 - 6,5 \text{ cm}^{-1}$

Der Temperaturfühler ist ein PT 1000 in Glasausführung und besitzt einen Messbereich von -10 bis $+100 \text{ }^\circ\text{C}$

Abbildung 3.23: BE-T-A Analysegerät



Quelle: Filipp

3.4.10 Redoxwert - rH

Ebenso wie die pH-Wert Messung erfolgt die Ermittlung des Redoxpotential mittels eines BE-T-A Analysegerätes, welches mit einer Mehrfachmesselektrode ausgestattet ist (siehe Kapitel 3.4.9).

Der rH - Wert (Redoxwert) ist ein Maß für den Oxidations- bzw. Reduktionszustand einer wässrigen Lösung. Bei viel verfügbarem Wasserstoff ist die Lösung reduziert, bei wenig verfügbarem Wasserstoff ist die Lösung oxidiert. Der rH- Wert ist ein Maß für die Verfügbarkeit des Wasserstoffes und damit für die Verfügbarkeit oder den Energie-reichtum der Elektronen in wässrigen Lösungen lebender Systeme (vgl. MED-TRONIK , 2007).

Die Skala reicht dabei von 0 bis 42,6, wobei 28 als Neutralpunkt angesehen wird. Kleinere Werte als 28 bedeuten mehr Elektronen und demnach ein reduktives Milieu, Werte über 28 bedeuten weniger Elektronen und somit ein oxidatives Milieu. Hohe Redoxwerte deuten auf eine höhere Stressbelastung hin.

Bei den meisten Teilschritten des Stoffwechselgeschehens in einem Organismus han-

delt es sich um Redoxreaktionen, also um Prozesse, bei denen ein Elektronentransfer stattfindet. Damit dies geschehen kann, müssen grundsätzlich zwei korrespondierende Redoxpaare beteiligt sein. Ein elektronenreicher Partner des einen Paares (Elektronendonator) gibt Elektronen an einen elektronenärmeren Partner des anderen Paares (Elektronenakzeptor) ab. Dieser Prozess läuft solange ab, bis sich ein Gleichgewicht eingestellt hat. Der Transfer der Elektronen vom Donator zum Akzeptor kann somit nur solange erfolgen, wie eine Reduktionskraft besteht. Stoffwechsel lässt sich also elektrochemisch als Ladungstransfer beschreiben. Das Redoxpotential ist die messbare Größe, die den Elektronenaustausch charakterisiert. Es drückt die Dynamik des Lebendigen aus.

Wenn für den Stoffwechsel ein Elektronentransfer notwendig ist, dann müssen bereits die Lebensmittel jene Verbindungen anbieten, welche Elektronen abgeben bzw. aufnehmen können.

Das Redoxpotential hat das größte Potential für Aussagen über den Wert von Lebensmitteln. Werner Kollath schrieb schon 1968 in seinem Buch "Regulatoren des Lebens": "Nahrung, die ihre Reduktionsfähigkeit verloren hat, ist tot." Was soviel bedeutet wie, dass Nahrung, die ihre Fähigkeit verloren hat, Elektronen an den Organismus des Verbrauchers abzugeben, für diesen wertlos ist (vgl. HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 84ff).

Erfasste Parameter:

- Redoxwert (rH) Termin 1
- Redoxwert (rH) Termin 2

3.4.11 Spezifischer Widerstand - R

Die Bestimmung des spezifischen Widerstandes erfolgte ebenso mit dem BE-T-A Analysegerät im selben Arbeitsgang mit der pH- und Redoxpotentialbestimmung (siehe Kapitel 3.4.9).

Ein weiteres elektrochemisches Merkmal, das sich für die Qualitätsdifferenzierung von Lebensmitteln als wichtig erwiesen hat, ist der spezifische Widerstand bzw. die elektrische Leitfähigkeit. Je kleiner der spezifische Widerstand in einer Probe ist, desto besser leitet diese den elektrischen Strom. Eine Messprobe zeigt dann elektrische Leitfähigkeit, wenn sie bewegliche Ladungsträger enthält. In wässriger Lösung (mithin in allen lebenden Systemen) kommen hierfür nur die Ionen in Frage. Denn frei im elektrischen Feld bewegliche Elektronen gibt es zwar in Festkörpern, im Allgemeinen aber nicht in Flüssigkeiten. Darum gibt die Leitfähigkeits- bzw. Widerstandsmessung

in wässrigen Lösungen, also in lebenden Systemen, Aufschluss über die Anzahl beweglicher elektrischer Ladungsträger, den Ionen. Besondere Bedeutung hat dabei das Wasserstoffion, aber auch einige andere Ionen, wie Hydrogenkarbonat- und Phosphationen als Bestandteile von Puffersystemen (vgl. HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 43, 83).

Umso höher der spezifische Widerstand ist, desto gesünder, jünger und vitaler ist die Messprobe und desto schlechter leitet sie den elektrischen Strom.

Ionen sind in lebenden Systemen nicht zufällig vorhanden, sondern sie stehen mit dem “Aufsaugen” von Ordnung aus der Umgebung in Zusammenhang, einer für alles Lebendigem ganz typischen Eigenschaft (HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 84).

Erfasste Parameter:

- spezifischer Widerstand (R) Termin 1 [Ω]
- spezifischer Widerstand (R) Termin 2 [Ω]

3.4.12 P-Wert

Aus elektrochemischer Sicht lässt sich aus dem Redoxpotential, der Leitfähigkeit und dem pH-Wert eine integrierende elektrische Leistungsgröße der P-Wert ableiten. Er ist in Mikrowatt (μW) dimensioniert. Da der P-Wert stark mit dem Redoxwert korreliert, kann er auch zur Charakterisierung von Lebensmittelqualitäten innerhalb von bestimmten Produktgruppen verwendet werden.

$$P = \frac{(30 * (rH - 2pH))^2}{R}$$

Experimentelle Resultate bei den üblichen Lebensmittelproben mit Zellkompartimenten zeigen, dass der P-Wert ähnlich wie der Redoxwert, tendenziell umso niedriger liegt, je höher die Qualität der Messprobe ist. In einer Untersuchung von Winterweizen mit unterschiedlichen Düngemengenvarianten, mit oder ohne Wachstumsregulatoren und Fungiziden zeigte, dass, umso höher der Einsatz von Betriebsmitteln war, desto höher stieg der rH und der P-Wert (vgl. HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 86).

3.4.13 Sortierung - Fruchtgröße

Die Sortierung der Fruchtgröße erfolgte nach der 1. Lagerphase. Zur Vermessung wurde eine Schablone (Abbildung 3.24) verwendet, welche Ausnehmungen für die jeweiligen Größenklassen 60, 65, 70, 75, 80 und 85 aufwies. Die Ausnehmungen beschreiben ein rundes Loch. Passt nun eine Frucht durch eine definierte Ausnehmung nicht hindurch,

jedoch durch die nächst größere, so wird sie in die Größenklasse zwischen diesen beiden Maßen eingeordnet. Im Lagerversuch wurden 978 Äpfel der EM Variante und 1033 der Kontrolle eingelagert und danach mittels Schablone nach Größe sortiert.

Die Größensortierung ist für den wirtschaftlichen Erfolg einer Obstproduktion von sehr hoher Bedeutung, da sich die Auszahlung der Obsthändler an den Produzenten in den meisten Fällen nach den Qualitätskategorien Fruchtgröße und Ausfärbung richtet, wobei die Fruchtgröße im Normalfall einen größeren Einfluss auf den erlösbaren Preis besitzt. Somit ist die Fruchtgröße ein zentraler Bestandteil, der über die Höhe des Verkaufserlöses entscheidet und maßgeblich über den erzielbaren Gewinn bestimmen kann.

Erfasste Parameter

- Anzahl Früchte Größe < 60mm [stk]
- Anzahl Früchte Größe 60-65mm [stk]
- Anzahl Früchte Größe 65-70mm [stk]
- Anzahl Früchte Größe 70-75mm [stk]
- Anzahl Früchte Größe 75-80mm [stk]
- Anzahl Früchte Größe 80-85mm [stk]

Zeitpunkt der Kontrolle

- Größensortierung: 12. Februar 2008

Abbildung 3.24: Sortierschablone



Quelle: Philipp

Packout

Der Packout entspricht dem Sortieranteil in den Sortierklassen 70 - 85 mm und ist eine Maßgröße für die optimale Fruchtgrößensortierung. Dieser Größenbereich wird vom Verbraucher als ideal angesehen und meist auch am Besten bezahlt. Je höher dieser Wert ist, desto mehr Früchte besitzen die ideale Fruchtgröße und der Verkaufserlös kann dadurch erhöht werden (vgl. RUESS, F. , 2007).

Es werden die Ergebnisse der Sortierung - Fruchtgröße herangezogen und die Kategorien der 70 - 75 mm, 75 - 80 mm und 80 - 85 mm summiert und ausgewertet.

3.4.14 Sortierung - Deckfarbenanteil

Die Bestimmung des Deckfarbenanteils erfolgte zum selben Zeitpunkt wie die Fruchtgrößensortierung, nach der 1. Lagerphase. Es wurde die selbe Anzahl an Äpfeln verwendet. Dabei erfolgte eine rein subjektive Schätzung des Anteils an Deckfarbe auf der Fruchtoberfläche. Die Anzahl der sortierten Äpfel entsprach der der Fruchtgrößensortierung. Für die Kategorisierung wurden unterschiedliche Klassen definiert, um für die Schätzung bessere Anhaltspunkte zu bekommen.

Wie im Kapitel Fruchtgrößensortierung beschrieben, hängt auch vom Deckfarbenanteil der Früchte der mögliche Verkaufserlös ab. Besser ausgefärbte Äpfel erzielen in der Regel bessere Preise.

Erfasste Parameter:

- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil < 10 %
- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil 10-25 %
- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil 25-50 %
- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil 50-75 %
- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil 75-90 %
- Anzahl Früchte Deckfarbenanteil > 90 %

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Deckfarbenanteil: 12. Februar 2008

3.5 Material und Methoden Lagerung

Bei der Einlagerung der Äpfel aus der Ernte 2007 wurden diese wie im Kapitel 3.3.5 beschrieben, gewogen und in das Kühllager gebracht (Abbildung 3.25). 3 Kisten aus jeder Versuchsreihe wurden hierbei in einer Kühlzelle bei + 3 °C gelagert, eine künstliche Luftbefeuchtung erfolgte nicht. Nach der 172-tägigen Lagerphase wurden am 12. Februar 2008, zum Zeitpunkt der Größen- und Deckfarbenanteilsortierung, die Früchte zum ersten Mal ausgelagert und verwogen. Hierbei kam die Waage Avery Berkel HL120 zum Einsatz. Im Zuge der Größensortierung wurden ebenfalls die angefaulten Früchte erhoben. Nach den Untersuchungen wurden für die 2. Laboruntersuchung etwas mehr als 12 Äpfel aus jeder Kiste entnommen. Anschließend erfolgte wiederum die Bestimmung der Einwaage und die restlichen Früchte kamen neuerlich ins Kühllager.

Am 14.5.2008 wurden die Früchte nach einer neuerlichen Lagerzeit von 92 Tagen im selben Kühllager unter selben Bedingungen wiederum verwogen und auf das Auftreten von Lagerkrankheiten kontrolliert.

Bei Äpfeln handelt es sich um Früchte, die im Gegensatz zu vielen anderen Obstarten mit der richtigen Technik über bis zu 10 Monate gelagert werden können. Darum ist auch eine kontinuierliche Belieferung des Marktes über das gesamte Jahr hinweg möglich. Innerhalb dieser Lagerphase der Äpfel ist es das Ziel, Mengen- und Qualitätsverluste möglichst zu vermeiden oder zu vermindern. Diese Verluste treten infolge von Fruchtatmung, -transpiration und Alterungsprozessen auf. Für die Gewichtsverluste sind zu ca. 80 % Transpirationsverluste verantwortlich, die restlichen 20 % erfolgen durch Veratmung. Doch neben diesen durch den natürlichen Abbau entstehenden Veränderungen kann es auch noch zum Auftreten von parasitären Erkrankungen oder Stoffwechselstörungen kommen (vgl. WINTER, F. et.al. , 2002, 346).

Abbildung 3.25: Kühlzelle BOKU



Quelle: Philipp

Avery Berkel HL120:

Bei dieser Waage handelt es sich um eine Plattformwaage mit externer Anzeigeeinheit (siehe Abbildung 3.26). Die Höchstlast ist mit 60 kg angegeben und sie besitzt eine Teilung von 0,02 kg. Anhand der verstellbaren Füße und einer in der Wiegeeinheit integrierten Dosenlibelle wurde die Justierung auf unebenem Untergrund durchgeführt.

Abbildung 3.26: Waage - Avery Berkel HL120



Quelle: Philipp

3.5.1 Masseverlust

Der Masseverlust der Äpfel errechnet sich aus der jeweiligen Differenz zwischen Einwaage und Auswaage. Um die Ergebnisse der beiden Phasen vergleichbar zu machen, wurden die Masseverluste durch die jeweilige Lagerdauer in Tagen dividiert. Damit konnte ein Wert für den Masseverlust in Promille je Tag errechnet werden.

Die Masseverluste bei der Lagerung von Früchten können stark variieren, abhängig vom Erntetermin, der Lagertemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Lageratmosphäre, dem Lagerverfahren und der Sorte (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000, 372ff).

Erfasste Parameter:

- Einwaage Phase 1 - 28.8.2007 [kg]
- Auswaage Phase 1 - 12.2.2008 [kg]
- Einwaage Phase 2 - 12.2.2008 [kg]
- Auswaage Phase 2 - 14.5.2008 [kg]
- Masseverlust Phase 1 [%/Tag]
- Masseverlust Phase 2 [%/Tag]

3.5.2 Fruchtfäulnis

Bei der Bonitur auf Fruchtfäulnis wurde jeder Apfel optisch begutachtet, ob darauf Faulstellen oder sonstige äußerlich erkennbare, physiologische Erkrankungen festzustellen sind. Für jede der 18 Boxen konnte der Mittelwert der faulen Früchte ermittelt werden. In den Ergebnissen wurden jedoch Früchte, die durch offensichtlich mechanische Verletzung zu faulen begannen nicht berücksichtigt.

Parasitäre Krankheiten der Früchte werden durch Pilze verursacht. Dabei erfolgt die Infektion in der Regel bereits am Baum, jedoch auch durch Verletzungen bei der Ernte oder bei der Aufbereitung des Obstes. Im Lager selbst ist eine Neuinfektion kaum möglich. Die Entwicklung der Schadpilze erfolgt meist erst nach der Ernte, wenn die Widerstandsfähigkeit der Früchte nach einiger Lagerzeit bei fortgeschrittener Reife und Alterung abnimmt (vgl. WINTER, F. et.al. , 2002, 347).

Erfasste Parameter:

- Anteil gefaulter Früchte je Box [%]

Zeitpunkt der Kontrolle:

- Fruchtfaulnis: 14. Mai 2008

Kapitel 4

Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnisse Freiland

4.1.1 Krankheiten und Schädlinge

4.1.1.1 Apfelschorf

Nur im Sommer 2006 konnte ein Blattschorfbefall an den Bäumen festgestellt werden. In den übrigen Jahren wurde das Auftreten der Krankheit mit dem Standardspritzprogramm vollständig verhindert. In der EM-Variante wurden im Mittel 34,41 befallene Triebe je 100 Triebe festgestellt, wogegen in der Kontrolle 50,70 gefunden wurden (siehe Abbildung 4.1). Da bei der Analyse der Daten der Levene's-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen negativ ausfiel und damit die Voraussetzung für eine Varianzanalyse nicht erfüllt war, kam ein nicht parametrisches Verfahren für die Auswertung zum Einsatz. Im Kruskal-Wallis Test wurde ein Signifikanzwert von 0,127 ausgewiesen, was einem nicht signifikanten Unterschied entspricht (siehe Tabelle 4.1) .

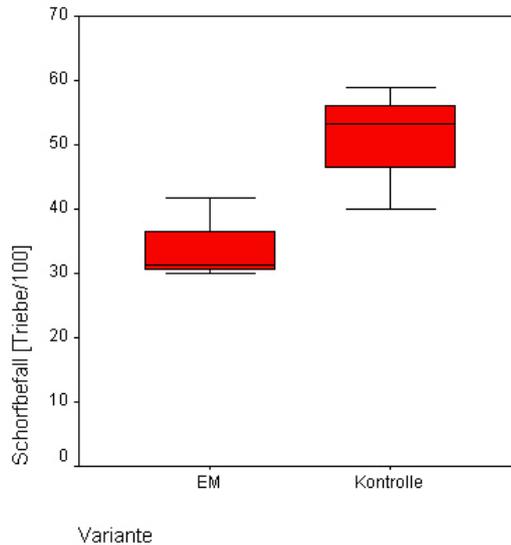
Um eine bessere Absicherung der Ergebnisse zu bekommen, sollte in weiteren Untersuchungen eine Bonitur an jedem einzelnen Versuchsbaum durchgeführt werden, um eine größere Menge an auswertbaren Daten zu erhalten.

Variante	Apfelschorf 18.9.2006 [% befallene Triebe]	
	\bar{x}	Sig.**
EM	34,41	ns
Kontrolle	50,70	0,127

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = sinifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.1: Statistik Apfelschorf

Abbildung 4.1: Box Plot Schorfbefall



4.1.1.2 Apfelmehltau

An den beiden Untersuchungsterminen wurde jeweils ein Befall mit Mehltau festgestellt. Am 11. Mai 2007 wurde in der EM-Variante an durchschnittlich einem Baum je 100 Bäume Mehltaubefall gesichtet. Wie in Tabelle 4.2 zu sehen ist, lag die Befallshäufigkeit in der Kontrolle im Mittel mit 1,08 % Bäume nur leicht darüber. Bei der zweiten Bonitur am 27. Juni 2007 konnten im Gesamten nur noch sehr wenige Befallsstellen gefunden werden, da zwischenzeitlich ein Mehltauschnitt durch den Bewirtschafter durchgeführt wurde. An den 529 EM-Bäumen wurde eine Mehltaukerze gefunden, was im Durchschnitt 0,19 % befallene Bäume ergibt. Die 375 Bäume der Kontrolle wiesen zwei Befallsstellen auf, das ergibt durchschnittlich 0,43 % befallene Bäume. Für beide Boniturtermine weist die Statistik keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte aus.

Für eine sicherere Aussage über die Auswirkung der effektiven Mikroorganismen war bei diesen Untersuchungen der Krankheitsdruck zu gering, da an 1808 bonitierten Bäumen nur 13 mal Mehltau aufgetreten ist. Für zukünftige Versuche wäre es zweckdienlich, auf eine Bekämpfung dieser Krankheit komplett zu verzichten.

Variante	Mehltau [% befallene Bäume]			
	11.05.2007		27.06.2007	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	1,00	ns	0,19	ns
Kontrolle	1,08	0,948	0,43	0,629

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.2: Statistik Apfelmehltau

4.1.1.3 Feuerbrand

Im Frühjahr 2007 trat erstmalig in der gesamten Steiermark fast flächendeckend die bakterielle Krankheit Feuerbrand auf. Am 27. Juni wurde im Versuchsquartier ebenfalls ein leichter Befall festgestellt. In der EM-Variante waren im Durchschnitt von 100 Bäumen 0,30 Bäume befallen. In der Kontrolle trat Feuerbrand häufiger auf (1,79 % befallene Bäume), jedoch liegt der Signifikanzwert bei 0,495, wodurch die Hypothese unterschiedlicher Befallshäufigkeiten bei $\alpha = 0,05$ abgelehnt wird (Tabelle 4.3).

Durch die geringe Anzahl vorgefundener Infektionsstellen kann auch bei dieser Untersuchung keine konkrete Aussage über die Wirksamkeit der EM getroffen werden.

Variante	Feuerbrand	
	[% befallene Bäume]	
27.6.2007	\bar{x}	Sig.*
EM	0,30	ns
Kontrolle	1,79	0,495

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.3: Statistik Feuerbrand

4.1.1.4 Grüne Apfelblattlaus - *Aphis pomi* De Geer

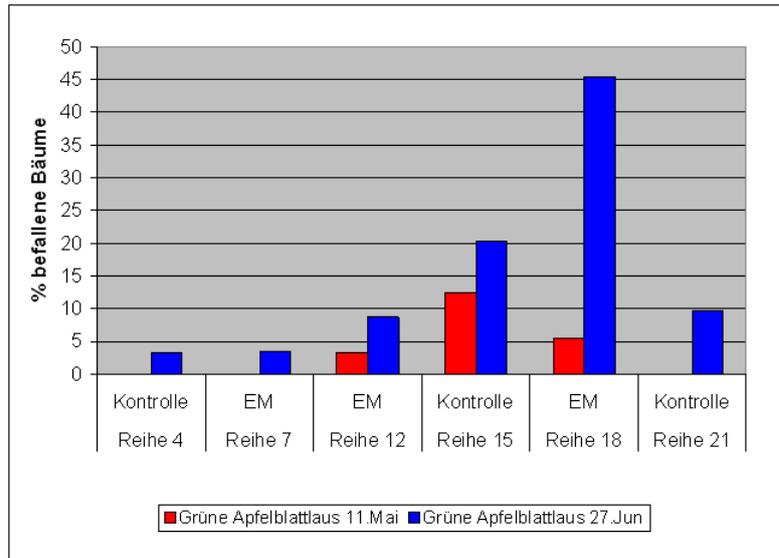
Die Grüne Apfelblattlaus wurde an beiden Boniturterminen vorgefunden. Im Mai erwies sich der Befall als noch relativ gering mit 2,92 % befallene Bäume in der EM-Variante bzw. 4,17 % in der Kontrolle (siehe Tabelle 4.4). Ein signifikanter Unterschied konnte nicht ausgewiesen werden. Bis zur zweiten Untersuchung kam es zu einer starken Vermehrung der Blattlauspopulation, wobei an den EM-Bäumen mit durchschnittlich 19,17 % befallenen Bäumen fast doppelt soviel besiedelte Bäume vorgefunden wurden als in der Kontrolle. In der statistischen Auswertung ergab sich allerdings kein signifikanter Unterschied. Die Ursache dafür dürfte im lokalen Auftreten der Kolonien liegen. Wie in Tabelle 4.2 zu sehen ist, befinden sich die befallenen Bäume größtenteils in den Reihen 15 und 18.

Variante	Grüne Apfelblattlaus [% befallene Bäume]			
	11.05.2007		27.06.2007	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	2,92	ns	19,17	ns
Kontrolle	4,17	0,794	11,08	0,597

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.4: Statistik Grüne Apfelblattlaus

Abbildung 4.2: Barplot Grüne Apfelblattlaus



4.1.1.5 Apfelfaltenlaus - *Dysaphis spp.*

Apfelfaltenläuse wurden in geringem Umfang nur am ersten Termin der Untersuchung vorgefunden. Die Varianten unterscheiden sich in den Mittelwerten der befallenen Bäume nur geringfügig. In der mit effektiven Mikroorganismen behandelten Variante waren 1,44 % der Bäume befallen, wogegen in der Kontrolle im Durchschnitt 1,13 % der Bäume einen Befall aufwiesen. Ein signifikanter Unterschied konnte nicht festgestellt werden (Tabelle 4.5).

Variante	Apfelfaltenlaus	
	[% befallene Bäume]	
11.5.2007	\bar{x}	Sig.*
EM	1,44	ns
Kontrolle	1,13	0,779

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.5: Statistik Apfelfaltenlaus

4.1.1.6 Blutlaus - *Eriosoma langerum* Hausmann.

An den mit effektiven Mikroorganismen behandelten Bäumen wurden am 11. Mai 2007 1,24 % und am 27. Juni 2007 2,89 % befallene Bäume gezählt. In der Kontrolle wurde keiner dieser Schädlinge vorgefunden. Der Signifikanzwert für die Gleichheit der beiden Varianten lag jeweils bei 0,423. Was bedeutet, dass kein signifikanter Unterschied besteht (siehe Tabelle 4.6). Die Ursache hierfür liegt wiederum im lokalen Auftreten der Kolonien. Die Blutläuse konnten nur in der Reihe 12 und einigen umliegenden Reihen,

welche nicht in die Bewertung einfließen, auf einem Abschnitt von wenigen Metern, vorgefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass das Auftreten unabhängig von der Behandlung mit EM ist und zufällig in dieser Variante entstand.

Variante	Blutlaus [% befallene Bäume]			
	11.05.2007		27.06.2007	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	1,24	ns	2,89	ns
Kontrolle	0,00	0,423	0,00	0,423

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.6: Statistik Blutlaus

4.1.2 Stammumfang

Bei der ersten Stammumfangmessung im Jahr 2006 wiesen die beiden Varianten im Mittel eine Differenz von nur ca. 0,1 cm auf. Der Signifikanzwert beträgt 0,4130 (siehe Tabelle 4.7), womit die Hypothese unterschiedlicher Stammumfänge auf dem Niveau $\alpha = 0,05$ abgelehnt werden kann. Der Zuwachs in diesem Jahr betrug für die EM Variante 2,136 cm und lag somit höher als jener der der Kontroll-Variante (1,758 cm), wie in Tabelle 4.8 zu sehen ist. Der Signifikanzwert von 0,003 bescheinigt einen signifikanten Unterschied der Varianten. Somit lag der Stammumfang der mit EM behandelten Bäumen im Jahr 2007 mit 9,79 cm deutlich über dem der unbehandelten Bäume (9,31 cm). 2008 konnte diese Tendenz wiederholt festgestellt werden (siehe Abbildung 4.3), denn der Zuwachs der EM-Bäume war wiederum signifikant höher. Im Mittel unterschieden sich die Bäume im Stammumfang bereits um über 0,8 cm.

Variante	Stammumfang [cm]					
	nach 1. Standjahr		nach 2. Standjahr		nach 3. Standjahr	
	2006		2007		2008	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	7,6560	ns	9,7920	s	11,2060	s
Kontrolle	7,5530	0,4130	9,3110	0,0060	10,3810	0,0000

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

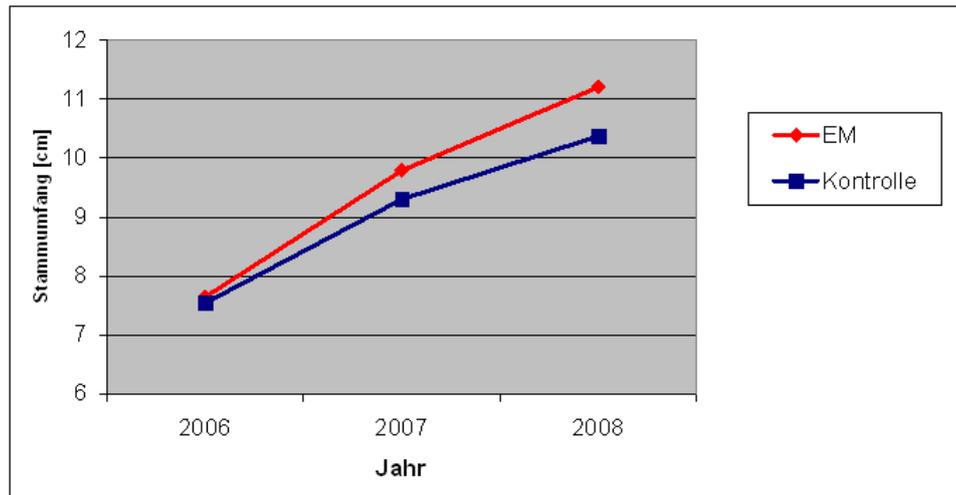
Tabelle 4.7: Statistik Stammumfang

Variante	Zuwachs [cm]			
	2006		2007	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	2,1360	s	1,4140	s
Kontrolle	1,7580	0,0030	1,0690	0,0010

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.8: Statistik Stammumfangzuwachs

Abbildung 4.3: Diagramm Stammumfang 2006-2008



4.1.3 Blattfärbung

Bei den Messungen der Blattfarbe konnte bei keinem der Werte L^* , a^* , b^* und Farbsättigung (C^*) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Bei der Analyse der Daten der L-Werte vom 27.6.2007 musste aufgrund des Levene-Tests die Hypothese der Gleichheit der Fehlervarianzen abgelehnt werden, was eine Verletzung der Voraussetzungen für eine Varianzanalyse darstellt. Aus diesem Grund wurden die Daten mittels Kruskal-Wallis Test verrechnet. Wie in Tabelle 4.9 zu sehen ist, wurde ein Signifikanzwert von 0,334 festgestellt, welcher keinen Unterschied der Varianten ausweist. Auch in der Farbsättigung, die sich aus den Werte L, a und b ableiten lässt, sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Der Mittelwert lag am 27.6.2007 in der EM-Variante etwas höher, am 3.8. lag wiederum der Mittelwert der Kontrolle etwas höher. Zu beobachten ist jedoch, dass sich der Farbsättigungswert im Mittel der beiden Termine in beiden Varianten um ca. 2 erhöhte.

Variante	Blattfärbung							
	L*		a*		b*		C*	
27.6.2007	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	37,740	ns	-9,340	ns	12,178	ns	15,458	ns
Kontrolle	37,408	0,334	-9,439	0,611	12,026	0,356	15,323	0,636
3.8.2007	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	37,286	ns	-10,218	ns	13,740	ns	17,145	ns
Kontrolle	37,035	0,300	-10,335	0,587	13,949	0,675	17,389	0,630

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.9: Statistik Blattfärbung

4.1.4 Blattgröße

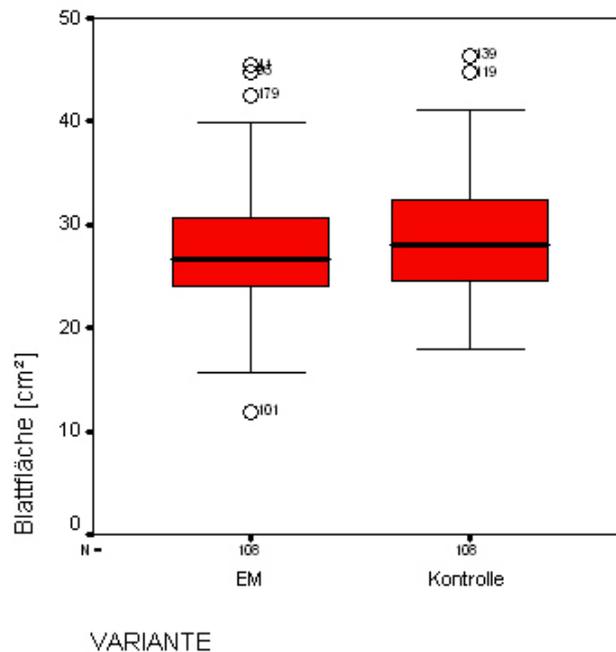
Die 216 am 3.8.2007 geernteten Blätter brachten nach der Vermessung folgende Ergebnisse: der Mittelwert der Einzelblattgrößen in der EM-Variante liegt, wie in Tabelle 4.10 zu sehen ist, bei 27,20 cm² und somit etwas unter dem der Kontrollvariante (28,75 cm²). Allerdings konnte mit der Teststatistik kein signifikanter Unterschied der Varianten ausgewiesen werden, wenn auch der Signifikanzwert mit 0,057 sehr knapp an der gewählten Grenze von $\alpha = 5\%$ liegt. Im Mittel waren die Blätter der EM-Variante um 1,55 cm² kleiner als die der Kontrolle. Jedoch gibt dieser Wert keine Aussage über die Gesamtassimilationsleistung eines Baumes.

VARIANTE	Blattgröße [cm ²]	
	\bar{x}	Sig.*
EM	27,20	ns.
Kontrolle	28,75	0,057

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.10: Blattfläche [cm²]

Abbildung 4.4: Box Plot Blattfläche



4.1.5 Ertragsparameter

Ernte 2006

In diesem Jahr wurde aufgrund terminlicher Probleme die Haupternte der übrigen Bäume knapp vor der Ernte der Versuchsbäume vorgenommen. Dabei wurden einige der markierten Versuchsbäume komplett oder nur teilweise, vorzeitig und ohne Erhebung der Ertragsdaten geerntet. Da zum jetzigen Zeitpunkt kein Rückschluss auf die Richtigkeit der Daten gemacht werden kann, müssen die sich auf den Baum beziehenden Ertragsparameter von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Aus dem Gewicht der geernteten Früchte konnte das durchschnittliche Fruchtgewicht ermittelt werden. Dieses war bei beiden Varianten mit 162,969 g und 163,588 g sehr ähnlich und es konnte auch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe Tabelle 4.11).

Variante	Einzelfruchtgewicht [g]	
	\bar{x}	Sig.*
EM	162,969	ns
Kontrolle	163,588	0,944

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.11: Varianzanalyse Ernteparameter 2006

Ernte 2007

Von den mit EM behandelten Bäumen konnten im Durchschnitt 65,7 Äpfel je Baum geerntet werden. Dem gegenüber steht die etwas höhere durchschnittliche Anzahl an Äpfeln bei der Kontrollvariante, welche bei 67,2 Stück liegt. Allerdings konnte mit einem Signifikanzwert von 0,602 kein signifikanter Unterschied ausgewiesen werden (Tabelle 4.12). Umgekehrt verhält es sich bei den Ergebnissen der Wägungen der geernteten Früchte. Hier konnte bei den EM-Bäumen (10,3 kg/Baum) im Durchschnitt ein höherer Ertrag von knapp 0,6 kg je Baum festgestellt werden. Ein signifikanter Unterschied bestand ebenfalls nicht. Das durchschnittliche Fruchtgewicht in der EM-Variante (160 g) war höher als das der Kontrolle (149 g). Durch die Behandlung konnte das Stückgewicht der Früchte um fast 11 g gesteigert werden, was einem Plus von fast 10 % entspricht.

Adäquat zum unter Punkt 4.1.2 (Stammumfang) festgestellten größeren Stammumfang verhält sich die daraus errechnete Stammquerschnittsfläche. Mit durchschnittlich 10,04 cm² Stammquerschnittsfläche bei den EM Bäumen liegt diese signifikant höher als in der Kontrollvariante. Bezogen auf die Stammquerschnittsfläche liegen die spezifischen Ertragsdaten der Kontrollvariante höher. Diese betragen 7,955 Äpfel je cm² Stammquerschnitt im Gegensatz zu 6,64 bei der behandelten Variante, dabei konnte ein signifikanter Unterschied ausgewiesen werden. Auch der spezifische Ertrag in kg je cm² lag, wie in Tabelle 4.13 zu sehen ist, mit 1,149 in der Kontrolle etwas höher als in der EM-Variante (1,04). Der Signifikanzwert dazu beträgt 0,046, was den Schluss auf einen signifikanten Unterschied der Ergebnisse zulässt.

Variante	stk/Baum [stk]		kg/Baum [kg]		Einzelfruchtgewicht [g]	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	65,722	ns	10,287	ns	159,819	s
Kontrolle	67,194	0,602	9,719	0,128	148,948	0,001

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.12: Statistik Ertragsparameter 2007

Variante	spez. Ertrag [stk/cm ²]		spez. Ertrag [kg/cm ²]		Stammquerschnittsfläche [cm ²]	
	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	6,640	s	1,040	s	10,038	s
Kontrolle	7,955	0,003	1,149	0,046	8,672	0,001

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.13: Statistik spezifische Ertragsparameter 2007

4.2 Ergebnisse Labor

4.2.1 Einzelfruchtgewicht 2007

Bei den Untersuchungen im Labor wurde an den Terminen nach der Ernte, sowie nach der Lagerung von jedem Apfel das Gewicht festgehalten. Bei jenen Äpfeln, die am 12.9.2007 gewogen wurden, unterschied sich das mittlere Fruchtgewicht der Varianten nur geringfügig. Mit EM behandelte Früchte sind mit 159,22 g im Durchschnitt um nur 0,17 g schwerer als die der Kontrolle. Dies spiegelt sich ebenfalls im Signifikanzwert wieder, der mit 0,957 sehr hoch liegt und damit keinen Unterschied der Varianten ausweist.

Bei den am 18.2.2008, nach einer fünf monatigen Lagerung, gewogenen Äpfeln wurde festgestellt, dass die EM-Früchte im Schnitt 159,02 g schwer waren. Dieser Wert unterscheidet sich laut der statistischen Auswertung mittels Varianzanalyse signifikant von den Gewichten der Kontrollvariante, welche im Durchschnitt 151,5 g erreichten (siehe Tabelle 4.14).

Diese Ergebnisse stimmen im Vergleich mit den bei der Ernte erhobenen Fruchtgewichten nur bedingt überein (siehe Kapitel 4.1.5). Dort wurde bereits ein signifikant höheres Fruchtgewicht der EM-Äpfel festgestellt. Da bei der Ernte eine Wiegung aller auf dem Baum befindlichen Früchte erfolgte und im Labor nur eine Stichprobe dieser Äpfel gezogen wurde, ist das Ergebnis der Fruchtgewichte bei der Ernte stärker zu gewichten. Somit dürften sich in der Auswahl für die Laboruntersuchung am 12.9.2007 zufällig überdurchschnittlich schwere Äpfel in der Kontrolle befunden haben.

Variante	Einzelfruchtgewicht [g]	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*
EM	159,22	ns
Kontrolle	159,05	0,957
18.02.2008	\bar{x}	Sig.*
EM	159,02	s
Kontrolle	151,50	0,038

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.14: Statistik Fruchtgewicht 2007

4.2.2 Fruchtfarbe - Grundfarbe

Die Grundfarbe der Früchte wurde im Labor an beiden Terminen gemessen und nach dem L*a*b* Farbsystem die Farben definiert. Am 12.9.2007 konnte an den Werten L*, b* und Farbsättigung (C*) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die etwas

höheren L*-Wert sagen aus, dass die Grundfarbe an der EM-Variante etwas heller ist und im Bereich der b*-Achse die Farbe der Kontrolle etwas mehr in Richtung Gelb (+b*) tendiert. Mit einem Farbsättigungswert (C*) von 45,29 liegt die EM-Variante eine Spur unter der Kontrolle (46,16) (siehe Tabelle 4.15). Die univariate Varianzanalyse ergab hierbei einen signifikanten Unterschied. Die Farbdifferenz (ΔE) der Mittelwerte der beiden Varianten vom 12.9.2007 liegt bei $\Delta E = 1,082$, die der Werte vom 18.2.2008 bei $\Delta E = 0,968$.

Nach der Lagerphase besagt die Statistik für die Werte L*, b* sowie C* keine signifikanten Unterschiede, im Gegensatz zu der vorangegangenen Untersuchung. Die Unterschiede in den Mittelwerten sind allerdings bei allen Messwerten so minimal, dass damit keine eindeutige Aussage auf eine bessere Farbausprägung getroffen werden kann. Die Farbdifferenzwerte besagen, dass ein Farbunterschied besteht, welcher durch ein geübtes Auge im direkten Vergleich festgestellt werden könnte. Unterschiede, die bei der ersten Untersuchung auftraten, konnten jedoch am zweiten Termin nicht mehr statistisch gesichert werden.

Über die Lagerdauer hinweg fand bei beiden Varianten eine Verschiebung der Färbung statt. Die Farben hellten etwas auf (+L*-Wert), die a*-Werte gingen etwas in Richtung Rot (+a*) und auf der b-Achse in Richtung Gelb (+b*). Die Farbsättigung erhöhte sich über die fünf Monate im Mittel um ca. 7 - 8 %.

Variante	Grundfarbe							
	L*		a*		b*		C*	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	71,567	s	-15,867	ns	42,389	s	45,2936	s
Kontrolle	70,956	0,040	-16,282	0,151	43,173	0,004	46,1645	0,008
18.02.2008	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.**
EM	73,809	ns	-11,343	ns	47,621	ns	49,0788	ns
Kontrolle	73,330	0,124	-12,178	0,072	47,718	0,944	49,3388	0,828

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.15: Statistik Fruchtfarbe - Grundfarbe

4.2.3 Fruchtfarbe - Deckfarbe

Ebenso wie die Grundfarbe wurde auch die Deckfarbe der Äpfel an beiden Labortermi-
 nen untersucht. In den Analysen vom 12.9.2007 wurden für die Werte L*, a* und
 b* recht hohe Signifikanzwerte ausgewiesen, was auf keinen Unterschied der Varianten
 hindeutet. Die Mittelwerte unterschieden sich nur minimal. Auch die Farbsättigung
 lag in der Kontrolle nur um ca. 0,8 % höher als in der EM-Variante. Am zweiten Bo-
 niturtermin unterschieden sich die Mittelwerte ein wenig deutlicher, jedoch auch nur

sehr geringfügig. Die Signifikanzwerte für L*, a* und b* lagen etwas niedriger, waren aber dennoch sehr weit vom gewählten $\alpha = 0,05$ entfernt. Die Farbsättigung lag in der EM Variante um etwas mehr als 0,7 höher als in der Kontrolle. Der Signifikanzwert mit 0,16 bescheinigt allerdings keinen signifikanten Unterschied (siehe Tabelle 4.16). Ebenso wie bei der Untersuchung der Grundfarbe kann auch in der Deckfarbe über die Lagerzeit hinweg im Mittel eine Erhöhung aller Werte festgestellt werden. Die Farbsättigung stieg in der EM-Variante im Durchschnitt um einen Wert von knapp 12 % und die der Kontrolle um fast 9 %.

Zusammenfassend kann behauptet werden, dass sich die Farbgebung der Deckfarbe in den beiden Varianten nicht unterscheidet. In keiner der gemessenen Werte konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Werte der Farbsättigung stiegen über die Lagerdauer hinweg an.

Variante	Deckfarbe							
	L*		a*		b*		C*	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*.	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.**
EM	48,840	ns	17,089	ns	23,745	ns	31,8146	ns
Kontrolle	48,845	0,996	17,222	0,928	24,056	0,713	32,0618	0,535
18.02.2008	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	50,412	ns	19,832	ns	26,731	ns	35,6017	ns
Kontrolle	49,957	0,631	19,142	0,651	25,966	0,421	34,8749	0,160

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.16: Statistik Fruchtfarbe - Deckfarbe

4.2.4 Fruchtform

Die Vermessung der Früchte wurde nur 2007 zum ersten Termin im Labor durchgeführt. In den Ergebnissen der Tabelle 4.17 ist zu sehen, dass sich die Mittelwerte der Höhen, Breiten und Dicken der Äpfel nur geringfügig unterscheiden. Die größte Abweichung wurde an der Fruchthöhe festgestellt, wobei hier die Äpfel der Kontrolle um nur 0,29 mm höher waren als die der EM-Variante. In der Breite und der Dicke waren wiederum die mit EM behandelten Früchte um jeweils 0,11 mm größer als jene der Kontrolle. Der Signifikanzwert lag bei allen drei Parametern weit über dem Schwellenwert von 0,05 und besagt, dass in keinen der gemessenen Parameter ein signifikanter Unterschied besteht.

Laut den Wiegeergebnissen aus dem vorangegangenen Kapitel (4.2.1), wo sich die Varianten ebenfalls nur sehr geringfügig unterschieden, war auch in den Abmessungen der Früchte kein großer Unterschied zu erwarten.

Der Fruchtformindex, der sich aus den Ergebnissen der Höhe, Breite und Dicke errechnet, ergab in der EM-Variante im Durchschnitt 0,9190, was um ca. 0,01 niedriger war als in der Kontrolle (0,9294). Da bei den errechneten Werten keine Normalverteilung vorlag, wurde der Kruskal-Wallis-Test zur statistischen Auswertung angewandt. Das Ergebnis war, dass bei einem Signifikanzwert von 0,357 kein signifikanter Einfluss der Anwendung von effektiven Mikroorganismen auf die Ausformung der Frucht gegeben ist.

Variante	Fruchtgröße [mm]						Fruchtformindex	
	Höhe		Breite		Dicke		FFI	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.**
EM	66,99	ns	71,12	ns	68,91	ns	0,9190	ns
Kontrolle	67,28	0,623	71,01	0,829	68,80	0,826	0,9294	0,357

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.17: Statistik Fruchtform

4.2.5 Fruchtfleischfestigkeit (FFF)

Die Fruchtfleischfestigkeit betrug unmittelbar nach der Ernte an der Grundfarbenseite der EM Äpfel $8,51 \text{ kg/cm}^2$ und lag damit signifikant höher als die der Kontrolle, welche nur $8,24 \text{ kg/cm}^2$ aufwies. Wie in Tabelle 4.18 zu sehen ist, waren die FFF Werte bei den mit EM behandelten Äpfeln an der Deckfarbenseite im Durchschnitt ebenfalls höher als in der Kontrolle. Die Varianzanalyse erbrachte allerdings keinen signifikanten Unterschied.

Nach der Kühlung der Äpfel und der Auslagerung am 18.2.2008 erfolgte wiederum eine Messung der Fruchtfleischfestigkeit, welche in dieser Phase einen wichtigen Indikator für die mögliche Kühlungsdauer darstellt. Bei den mit EM behandelten Früchten war an der Grundfarbe noch eine FFF von durchschnittlich $5,94 \text{ kg/cm}^2$ festzustellen. Die Kontrollvariante lag mit $5,78 \text{ kg/cm}^2$ etwas darunter. Der Signifikanzwert lag bei 0,131 und damit über 0,05, was keinem signifikanten Unterschied entspricht. Auf der Seite der Deckfarbe lagen die Ergebnisse der Fruchtfleischfestigkeit sehr nahe aneinander und unterschieden sich nur minimal. Die Varianzanalyse ergibt auf dem Niveau $\alpha = 0,05$ keinen signifikanten Unterschied.

Bei der Einlagerung lag die Fruchtfleischfestigkeit bei den Äpfeln der EM Variante noch etwas, jedoch nicht stark, über denen der Kontrolle. Nach der Auslagerung lagen die Messergebnisse beider Varianten auf ähnlichem Niveau. In nur einer Untersuchung konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dieser lag am 12.9.2007 auf der Grundfarbenseite in der EM Variante jedoch nur um $0,25 \text{ kg/cm}^2$ höher als in der

Kontrolle. Diese kleine Differenz dürfte in der Praxis keine sehr große Auswirkung besitzen, darum kann behauptet werden, dass der Einsatz von effektiven Mikroorganismen keinen Einfluss auf die Fruchtfleischfestigkeit hat.

Variante	Fruchtfleischfestigkeit [kg/cm ²]			
	Grundfarbe		Deckfarbe	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*	\bar{x}	Sig.*
EM	8,509	s	8,6446	ns
Kontrolle	8,240	0,003	8,4833	0,086
18.02.2008	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*
EM	5,940	ns	6,0587	ns
Kontrolle	5,780	0,131	6,0213	0,710

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.18: Statistik Fruchtfleischfestigkeit

4.2.6 Kernzahl

In den Früchten der EM-Variante konnten im Durchschnitt 5,81 gesunde Kerne festgestellt werden. Wie in Tabelle 4.19 zu sehen ist, lag dabei die Kontrolle mit 4,61 Kernen um durchschnittlich mehr als einem Kern je Frucht zurück. Der Signifikanzwert mit 0,000 bescheinigt hochsignifikante Unterschiede. Verkümmerte Kerne wurden in beiden Varianten im Schnitt ca. gleich viele festgestellt (0,38 bzw. 0,37). Der Signifikanzwert lag mit 0,791 über dem gewählten Schwellenwert von $\alpha = 0,05$, was bedeutet, dass kein signifikanter Unterschied besteht.

An den Untersuchungsterminen konnten signifikant mehr gesunde Kerne in der EM-Variante festgestellt werden. An der Zahl der verkümmerten Kerne waren jedoch keine Unterschiede zu beobachten. Bei der Anzahl an Samen in einer Frucht handelt es sich allerdings um kein qualitätsbeeinflussendes Merkmal der Frucht. Versuche haben ergeben, dass keinerlei Zusammenhang zwischen Samenzahl und Zellzahl, Zellvolumen und Fruchtfleischfestigkeit besteht (BAIN, J. M. und ROBERTSON, R.N. , 1951). Mehr Kerne können jedoch auf eine bessere Blüten- und Befruchtungsqualität hindeuten, was unter anderem von einer guten Nährstoffversorgung beeinflusst wird (FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. , 2000).

Variante	Kerne gesund		Kerne verkümmert	
	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*
EM	5,81	s	0,38	ns
Kontrolle	4,61	0,000	0,37	0,791

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.19: Statistik Kernanzahl

4.2.7 Lösliche Trockensubstanz

Der Gehalt an löslicher Trockensubstanz in °Brix lag zum ersten Untersuchungstermin am 12.9.2007 in beiden Varianten um 11,8 °. Der Gehalt in der Kontrolle war im Durchschnitt etwas höher. Zum zweiten Termin am 18.2.2008, nach der Kühlagerung, lagen die Werte etwas höher als zur Ernte. Dies ist wahrscheinlich auf die Konzentrierung der Stoffe aufgrund der Transpiration der Äpfel und des damit verbundenen Wasserverlustes während der Lagerphase zurückzuführen. Die beiden Werte unterschieden sich allerdings nur geringfügig voneinander (Tabelle 4.20). Ein signifikanter Unterschied konnte dabei nicht ausgewiesen werden.

Variante	lösliche Trockensubstanz	
	[°Brix]	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*
EM	11,803	ns
Kontrolle	11,875	0,501
18.02.2008	\bar{x}	Sig.*
EM	12,086	ns
Kontrolle	12,153	0,608

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.20: Statistik lösliche Trockensubstanz

4.2.8 Titrierbare Säure

Bei der Bestimmung der titrierbaren Säure wurde beim ersten Untersuchungstermin am 12.9.2007 in der EM-Variante eine Konzentration von 5,71 g/l Weinsäure festgestellt (Tabelle 4.21). In der Kontrolle hingegen lag die Konzentration bei 6,17 g/l. Da keine Normalverteilung der Daten vom 12.9.2007 vorlag, wurden diese mittels Kruskal-Wallis-Test verrechnet. Mit einem Signifikanzwert von 0,086 liegt kein signifikanter Unterschied der Varianten vor. Zum zweiten Termin lagen die Mittelwerte der titrierbaren Säure ähnlich hoch mit 5,50 in der EM-Variante bzw. 5,57 in der Kontrolle. Die Varianzanalyse brachte keine signifikanten Unterschiede.

Variante	titrierbare Säure	
	[g/l] in Weinsäure	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.**
EM	5,7077	ns
Kontrolle	6,1693	0,086
18.02.2008	\bar{x}	Sig.*
EM	5,4977	ns
Kontrolle	5,5653	0,552

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.21: Statistik titrierbare Säure

4.2.9 Vitamin C-Gehalt

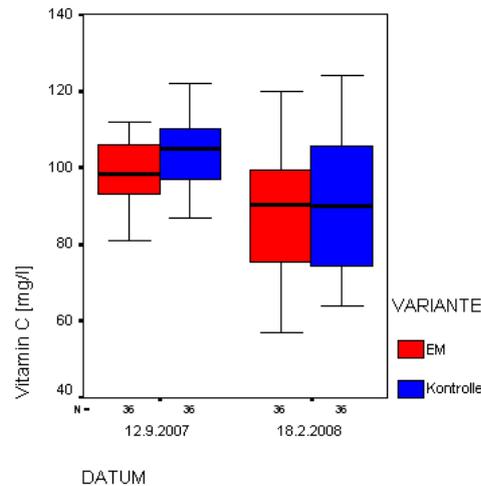
Der Gehalt an Vitamin C in der Frucht lag in der Variante der EM-Früchte am 12.9.2007 bei durchschnittlich 98,75 mg/l und damit etwas unter dem der Kontrolle (103,69 mg/l). Bei der Untersuchung nach der Lagerung wurde wiederum ähnliches festgestellt, allerdings war zu diesem Zeitpunkt der Unterschied der Mittelwerte kleiner, da in der Variante "EM" 87,78 mg/l und in der Kontrolle 90,61 mg/l gemessen wurden. In der statistischen Beurteilung mittels univariater Varianzanalyse war nur zum ersten Termin ein signifikanter Unterschied der Varianten festzustellen. Zum zweiten Termin lag der Signifikanzwert bei 0,399, was keinen gesicherten Unterschied bedeutet (siehe Tabelle 4.22) .

Variante	Vitamin C [mg/l]	
	12.09.2007	\bar{x}
EM	98,75	s
Kontrolle	103,69	0,009
18.02.2008		Sig.*
EM	87,78	ns
Kontrolle	90,61	0,399

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.22: Statistik Vitamin C

Abbildung 4.5: Box Plot Vitamin C



4.2.10 P-Wert (pH-Wert, rH-Wert, R-Wert)

Die Messung des pH-Wertes vom 12.9.2007 ergab im Durchschnitt 3,54 in der EM-Variante und 3,58 in der Kontrolle. In der Statistik ergab dieser geringe Unterschied dennoch einen signifikanten Unterschied, da die gemessenen Werte nur gering streuen. Zum zweiten Termin hingegen war die Differenz der Mittelwerte geringer und es wurde auch kein signifikanter Unterschied festgestellt (Tabelle 4.23).

Der Redoxwert im Fruchtsaft der EM-Äpfel lag im Mittel an beiden Terminen höher als der in der Kontrollvariante. Am 12.9.2007 war die Differenz der Mittelwerte 0,156, was keinen signifikanten Unterschied darstellt (0,826). Am 18.2.2008, nach der Lagerung, wurde an den EM-Früchten ein höherer Redoxwert von 25,54 festgestellt. Dieser liegt somit um ca. 3 % über dem der Kontrolle. Der Signifikanzwert mit 0,014 bescheinigt dabei einen signifikanten Unterschied. Das bedeutet, dass in der EM-Variante weniger Elektronen zur Verfügung standen, was auf eine eventuell stärkere Stressbelastung hindeuten könnte (HOFFMANN, M. et.al. , 2007, 84ff).

Der spezifische Widerstand lag in der ersten Untersuchung mit 461 Ω in der EM-Variante etwas unter jenem der Kontrolle (465 Ω). Die Varianzanalyse ergab keinen gesicherten Unterschied. Nach der Lagerung lag der Widerstand der EM-Äpfel um ca. 9 Ω über dem der Kontrollfrüchte, allerdings konnte auch hier kein signifikanter Unterschied der Varianten festgestellt werden.

Der P-Wert als Ergebnis der drei vorangegangenen Werte pH, rH und R lag am 12.9.2007 in der EM-Variante im Mittel mit 276,88 mW höher als jener der Kontrolle mit durchschnittlich 263,45 mW. Da keine Normalverteilung der Daten vorlag, wurde die Statistik mittels Kruskal-Wallis Test durchgeführt. Dieser wies einen Signifikanzwert von 0,241 auf, was keinen signifikanten Unterschied der Varianten bedeutet. Durch

die lange Lagerung war bis zum 18.2.2008 eine enorme Erhöhung der P-Werte um mehr als das 2,5-fache zu beobachten. Auch hier lag der Mittelwert in der EM Variante höher als in der Kontrolle. Jedoch konnten mit einem Signifikanzwert von 0,166 keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden.

Die EM-Früchte zeigten in vielen Messwerten die schlechteren Ergebnisse der beiden Varianten, statistisch signifikant unterscheidbar war allerdings nur der Redoxwert vom 18.2.2008 und der pH-Wert vom 12.9.2007

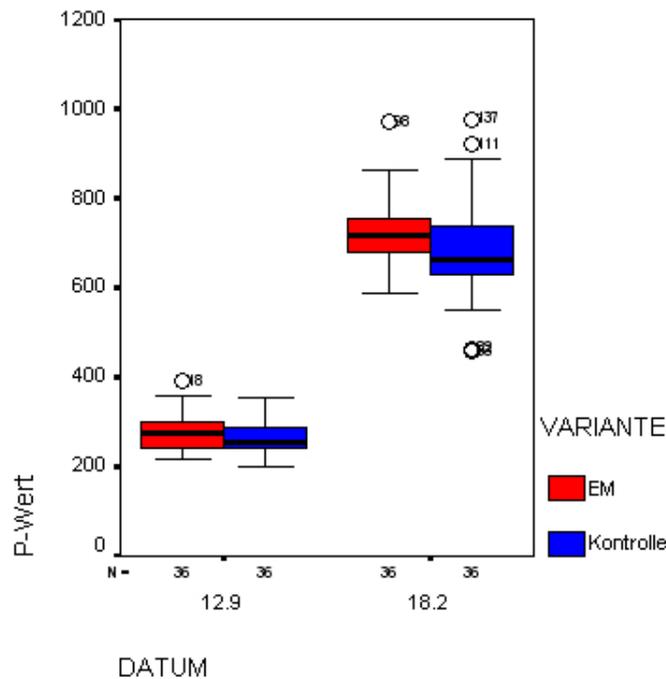
Variante	pH		Redoxwert		spez. Widerstand		P-Wert	
			rH		R [Ohm]		[mW]	
12.09.2007		Sig.**		Sig.**		Sig.*		Sig.**
EM	3,5433	s	18,956	ns	460,89	ns	276,88	ns
Kontrolle	3,5811	0,021	18,800	0,826	465,47	0,340	263,45	0,241
18.02.2008		Sig.*		Sig.*		Sig.*		Sig.*
EM	3,4375	ns	25,542	s	439,03	ns	717,69	ns
Kontrolle	3,4228	0,372	24,853	0,014	429,86	0,213	686,48	0,166

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = sinifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.23: Statistik P-Wert

Abbildung 4.6: Box Plot P-Wert

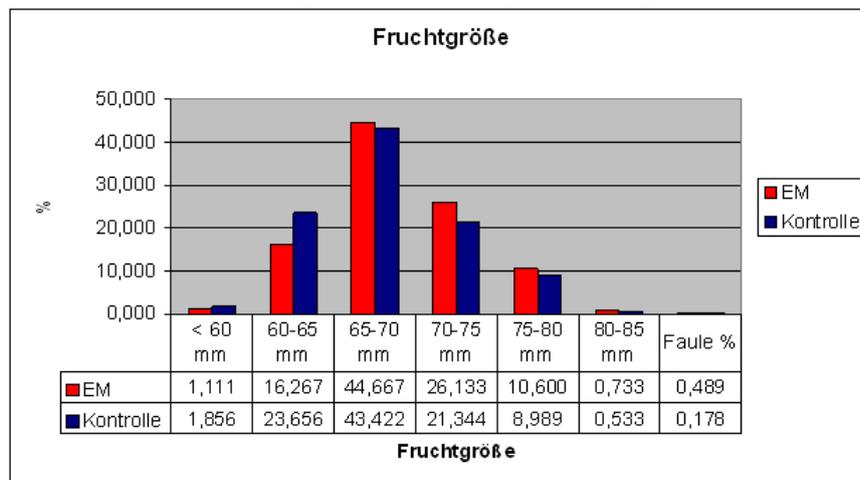


4.2.11 Sortierung - Fruchtgröße

Der Großteil der Früchte beider Varianten lag in der Größenklasse 65-70 mm, dabei war der Anteil in der Variante EM mit 44,67 % höher als jener in der Kontrolle (43,42 %). Bei den größeren Sortierungen, 70-75, 75-80 und 80-85 waren ebenfalls in der EM-Variante jeweils mehr Äpfel zu zählen. In den Klassen der kleineren Früchte war demnach der Anteil in der Kontrolle höher. Gefaulte Früchte wurden nur wenige gezählt, 0,49 % bei den EM-Früchten und 0,18 % in der Kontrolle. In keiner der Klassen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe einer Kreuztabelle (siehe Tabelle 4.24). In der Tabelle 4.25 sind die Signifikanzwerte für die Hypothese "Kein Zusammenhang zwischen den Varianten EM und Kontrolle" zu finden. Sowohl der Chi-Quadrat Test nach Person als auch der Likelihood-Quotient weisen mit 0,000 hoch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten aus. Dieses Ergebnis entspricht dem, was auch in den höheren durchschnittlichen Fruchtgewichten der EM Variante festgestellt wurde.

Abbildung 4.7: Sortierung - Fruchtgröße



VARIANTE * GRÖßE Crosstabulation

		GRÖßE						Total	
		55-60mm	60-65mm	65-70mm	70-75mm	75-80mm	80-85mm		
VARIANTE	EM	Count	11	162	442	254	102	7	978
		Expected Count	15,1	201,3	434,3	229,1	92,4	5,8	978,0
		Std. Residual	-1,0	-2,8	,4	1,6	1,0	,5	
	Kontrolle	Count	20	252	451	217	88	5	1033
		Expected Count	15,9	212,7	458,7	241,9	97,6	6,2	1033,0
		Std. Residual	1,0	2,7	-,4	-1,6	-1,0	-,5	
Total		Count	31	414	893	471	190	12	2011
		Expected Count	31,0	414,0	893,0	471,0	190,0	12,0	2011,0

Tabelle 4.24: Kreuztabelle - Fruchtgröße

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	25,055 ^a	5	,000
Likelihood Ratio	25,236	5	,000
Linear-by-Linear Association	20,190	1	,000
N of Valid Cases	2011		

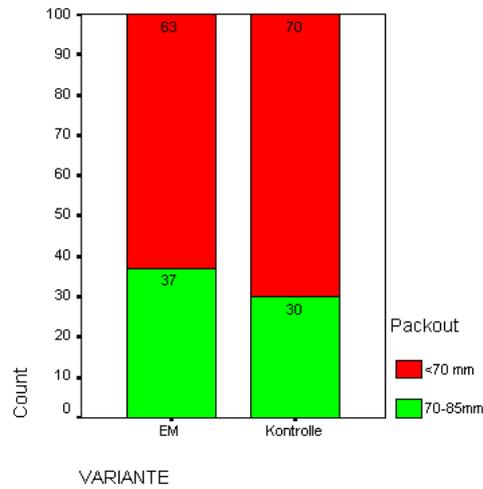
a. 0 cells (0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,84.

Tabelle 4.25: Chi-Quadrat - Fruchtgröße

Packout - Anteil

Die im Packout kummulierte Summe der Größenklassen 70 mm bis 85 mm ergibt für die EM-Variante 37 % der vermessenen Äpfel der Ernte 2007, in der Kontrolle jedoch nur 30 %. Bei der Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test und Kreuztabelle (Tabelle 4.26) wurden nach Person und im Likelihood-Quotienten Signifikanzwerte von 0,001 festgestellt (Abbildung 4.9). Dies bedeutet, dass sich die Varianten signifikant voneinander unterscheiden. In Abbildung 4.8 sind die festgestellten Mittelwerte in den jeweiligen Größenklassen 70-85 mm und <70 mm dargestellt. Da keine Äpfel größer als 85 mm im Durchmesser waren, beschränkt sich die Grafik auf diese beiden Gruppen. Wie nach den Ergebnissen der Fruchtgewichte und der Fruchtgrößensortierung zu erwarten war, zeigt die EM-Variante auch hier deutlich bessere Ergebnisse in den oberen Größenklassen, was zu einem höheren Packout-Anteil führt.

Abbildung 4.8: Barplot Packout



VARIANTE * Packout Crosstabulation

		Packout		Total	
		70-85mm	<70 mm		
VARIANTE	EM	Count	363	615	978
		Expected Count	327,3	650,7	978,0
		Std. Residual	2,0	-1,4	
Kontrolle	Count	310	723	1033	
	Expected Count	345,7	687,3	1033,0	
	Std. Residual	-1,9	1,4		
Total	Count	673	1338	2011	
	Expected Count	673,0	1338,0	2011,0	

Tabelle 4.26: Kreuztabelle Packout

Abbildung 4.9: Chi-Quadrat - Packout

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	11,396 ^a	1	,001		
Continuity Correction ^b	11,079	1	,001		
Likelihood Ratio	11,401	1	,001		
Fisher's Exact Test				,001	,000
Linear-by-Linear Association	11,390	1	,001		
N of Valid Cases	2011				

a. Computed only for a 2x2 table

b. 0 cells (0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 327,30.

4.2.12 Sortierung - Deckfarbenanteil

Am 12.9.2007 erfolgte mit der Laborauswertung ebenfalls eine Bonitur des Deckfarbenanteils jeder untersuchten Frucht. Bei den EM-behandelten Äpfeln wurde ein durchschnittlicher Deckfarbenanteil von 43,70 % festgestellt, wogegen die Kontrolle mit

42,69 % etwas darunter lag (Tabelle 4.27). Die Differenz um ca. 1 % Punkt ergab in der statistischen Auswertung einen Signifikanzwert von 0,720, was keinem signifikanten Unterschied entspricht.

Variante	Deckfarbenanteil [%]	
12.09.2007	\bar{x}	Sig.*
EM	43,70	ns
Kontrolle	42,69	0,720

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

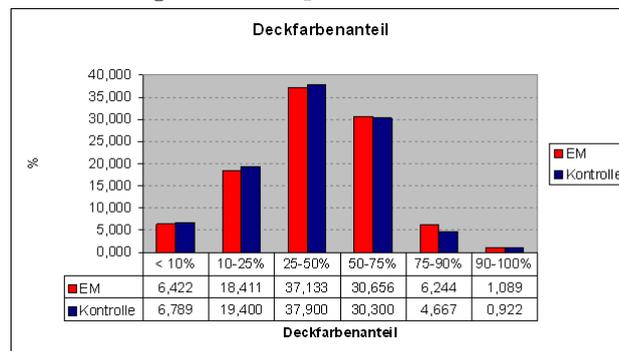
Tabelle 4.27: Statistik Sortierung - Deckfarbenanteil Labor

Unmittelbar nach der Auslagerung am 12.2.2008 wurden alle 2011 Früchte in die Deckfarbenanteilklassen < 10 %, 10-25 %, 25-50 %, 50-75 %, 75-90 % und 90-100 % eingeteilt. In der Klasse mit 75 - 90 % Deckfarbenanteil war der Mittelwert der EM-Variante (6,244 %) etwas höher als jener der der Kontrolle (4,667 %). Die Kontrolle wies mit 19,4 % in der Klasse 10 - 25 % einen etwas höheren Wert als die EM Äpfel auf (Abbildung 4.10).

Mit den gewonnenen Daten konnte eine Kreuztabelle (Tabelle 4.28) erstellt werden und eine Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test erfolgen. Wie in Tabelle 4.29 zu sehen ist, liegen beide Signifikanzwerte auf dem Niveau von 0,798, was bedeutet, dass die Hypothese von keinem Unterschied zwischen den Varianten angenommen wird.

Die Ausfärbung der Früchte war in beiden Varianten ähnlich hoch. Bei den mit EM behandelten Äpfel konnte lediglich ein etwas höherer Anteil in den Deckfarbenanteilklassen von > 50 % festgestellt werden. Diese Differenz war allerdings nicht signifikant.

Abbildung 4.10: Barplot - Deckfarbenanteil



VARIANTE * DECKFARB Crosstabulation

			DECKFARB					Total	
			<10%	10-25%	25-50%	50-75%	75-90%		90-100%
VARIANTE	EM	Count	63	180	362	300	62	11	978
		Expected Count	63,7	183,3	365,7	300,5	54,5	10,2	978,0
		Std. Residual	-,1	-,2	-,2	,0	1,0	,2	
	Kontrolle	Count	68	197	390	318	50	10	1033
		Expected Count	67,3	193,7	386,3	317,5	57,5	10,8	1033,0
		Std. Residual	,1	,2	,2	,0	-1,0	-,2	
Total	Count	131	377	752	618	112	21	2011	
	Expected Count	131,0	377,0	752,0	618,0	112,0	21,0	2011,0	

Tabelle 4.28: Kreuztabelle - Deckfarbenanteil

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,355 ^a	5	,798
Likelihood Ratio	2,356	5	,798
Linear-by-Linear Association	,883	1	,347
N of Valid Cases	2011		

a. 0 cells (0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 10,21.

Tabelle 4.29: Chi-Quadrat - Deckfarbenanteil

4.3 Ergebnisse Lagerung

4.3.1 Masseverluste

Anhand der Gewichtsveränderung während der Lagerungsdauer konnte auf den prozentuellen Masseverlust geschlossen werden. Da die Lagerungsdauer in der Phase 1 mit 172 Tagen und in der Phase 2 mit 92 Tagen unterschiedlich lang war, wurden die Daten in Promille je Tag umgerechnet, damit diese vergleichbar sind.

In beiden Phasen lagen die mittleren Verluste in der EM-Variante mit 0,397 bzw. 0,42 ‰ je Lagertag leicht über denen der Kontrolle (0,377 bzw. 0,41 ‰) (Tabelle 4.30). Die statistische Auswertung für die Lagerphase 1 ergab, dass keine Normalverteilung der Werte vorliegt und somit die Voraussetzungen für eine Varianzanalyse nicht gegeben sind. Hier wurde wiederum die Berechnung durch den Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Für die Lagerphase 2 wurde ein Signifikanzwert von 0,545 festgestellt, was auf keinen signifikanten Unterschied hinweist. Die Mittelwerte der Masseverluste lagen für beide Varianten während der 2. Phase höher.

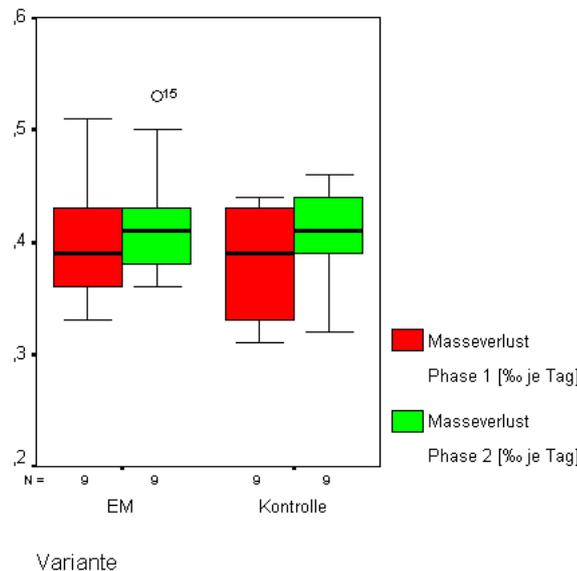
Variante	Masseverlust [%/je Tag]			
	Lagerphase 1		Lagerphase 2	
	\bar{x}	Sig.**	\bar{x}	Sig.*
EM	0,397	ns	0,420	ns
Kontrolle	0,377	0,504	0,410	0,545

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

** Stat: SPSS 11.0.0; Kruskal-Wallis Test; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.30: Statistik Masseverlust

Abbildung 4.11: Box Plot Masseverlust



4.3.2 Fruchtfäulnis

Am 14.5.2008 erfolgte eine letzte Bonitur der Früchte. Hauptaugenmerk lag beim Auftreten von Lagerkrankheiten. Zu diesem Zeitpunkt waren die Früchte nicht mehr marktfähig, da durch die bereits entstandenen Masseverluste die Fruchtschalen schon sehr eingeschrumpelt waren. Trotz der Überlagerung der Früchte konnten nur sehr wenige gefaulte Früchte festgestellt werden. Die EM-Variante lag mit 2,951 % gefaulten Früchten über der Kontrolle, welche im Durchschnitt nur 2,553 % erreichte (siehe Tabelle 4.31). Mit der Varianzanalyse konnte allerdings kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Wie in 4.12 zu sehen ist, ist die Varianz in der Kontrolle, abgesehen von zwei Ausreißern, sehr gering im Gegensatz zur EM-Variante.

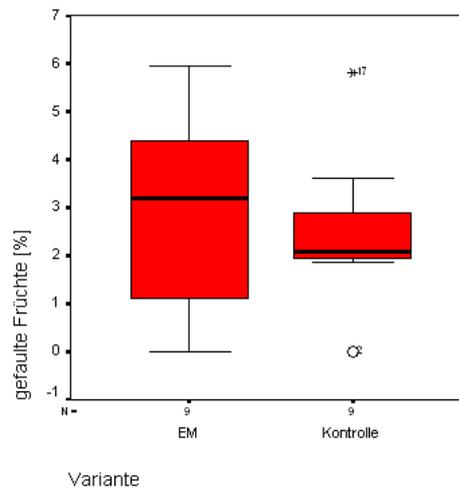
Ziel dieser Untersuchung war, die Äpfel zu überlagern, um das Auftreten von Lagerkrankheiten zu fördern und damit auch mit einer relativ geringen Menge an Früchten eine Aussage zu treffen. Da sich die Zahl der natürlich gefaulten Äpfel dennoch in Grenzen hielt, kann hierbei kein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden.

Variante	Faule %	
14.5.2008	\bar{x}	Sig.*
EM	2,951	ns
Kontrolle	2,553	0,659

* Stat: SPSS 11.0.0; Univariate Varianzanalyse; ns = nicht signifikant, s = signifikant bei $\alpha = 5\%$

Tabelle 4.31: Statistik Fruchtfäulnis

Abbildung 4.12: Box Plot Fruchtfäulnis



4.4 Faktor Standort

Der Faktor Standort hatte einen starken Einfluss auf die Ergebnisse. In den meisten Untersuchungen konnten signifikante Einflüsse der Wiederholungen festgestellt werden (siehe Tabelle 4.32). Die Hautursache lag dabei wahrscheinlich an der hohen Baumgruppe, welche an der unteren Feldstückbegrenzung am Fuße des Hanges steht. Die sehr hohen Bäume verursachen eine Beschattung, welche einen Einfluss auf die dritte und eventuell auch noch auf die zweite Wiederholung besitzen dürfte. Als weiterer Einflussfaktor wäre die Position im Hang denkbar, da im Laufe der Jahre durch Bodenerosion besonders fruchtbares Material aus der obersten Bodenschicht aus dem Hang zum Fuße verfrachtet wird. Bei Betrachtung der Ergebnisse kann allerdings darauf geschlossen werden, dass dieser Sachverhalt keinen allzugroßen Einfluss auf die Ergebnisse haben dürfte, da in der Wiederholung 1 meist die besten Werte und in der Wiederholung 3 meist die schlechtesten Werte gemessen wurden und die Wiederholung 2 dabei eine Mittelstellung einnimmt. Einzig in den Parametern der Fruchtgröße und des Gewichtes sowie des Packout-Anteils lieferte die 3. Wiederholung bessere Ergebnisse. Doch diese sind auf den geringeren Fruchtbehang der Bäume zurückzuführen,

wodurch sich in der Folge zwar weniger Früchte ausbilden, diese aber umso besser mit Nährstoffen versorgt werden und größer werden. Der gesamte Baumertrag lag jedoch niedriger als in den Wiederholungen 1 und 2. Die Stammumfänge wiesen in der 3. Wiederholung deutlich niedrigere Abmessungen auf. Auch die Farbsättigung der Blätter lag signifikant niedriger. In der Blattgröße konnte allerdings in den unteren Reihen signifikant höhere Werte beobachtet werden. Die Anzahl an gesunden Kernen lag an beiden Untersuchungsterminen in der 1. Wiederholung am höchsten und in der 3. am niedrigsten. Der Säuregehalt lag in den unteren Baumreihen höher als in den oberen. Der P-Wert, der als ganzheitliches Maß für die innere Fruchtqualität gilt, liegt in beiden Labormessungen im Mittel in der 3. Wiederholung um einiges höher als in der 1. und 2. Wiederholungen, was ein Indiz für eine höhere Stressbelastung sein kann.

Methoden		Wiederholung 1 - \bar{x}	Wiederholung 2 - \bar{x}	Wiederholung 3 - \bar{x}	Sig.	
Stammumfang 2006 [cm]		7,854	7,579	7,379	0,010	s
Stammumfang 2007 [cm]		9,875	9,729	9,05	0,000*	s
Stammumfang 2008 [cm]		11	10,95	10,429	0,072	ns
Blattfarbe L	1	39,244	36,992	36,410	0,000*	s
Blattfarbe a	1	-9,344	-9,390	-9,440	0,921	ns
Blattfarbe b	1	13,942	11,500	10,933	0,000*	s
Farbsättigung	1	16,800	14,860	14,448	0,000	s
Blattfarbe	2	39,718	36,671	34,981	0,000	s
Blattfarbe a	2	-10,564	-9,931	-10,325	0,037	s
Blattfarbe b	2	15,920	12,775	12,756	0,000	s
Farbsättigung	2	19,121	16,193	16,415	0,000	s
Blattgröße [cm ²]		25,710	28,370	29,848	0,000	s
Fruchtgewicht 2006 [g]		170,02	168,39	151,34	0,030	s
Ertrag 2007 [stk]		80,67	71,63	47,08	0,000	s
Ertrag 2007 [kg]		11,12	11,00	7,89	0,000	s
Fruchtgewicht 2007 [g]		138,94	154,50	169,72	0,000	s
spez. Ertrag 2007 [stk/cm ²]		8,57	7,68	5,65	0,000	s
spez. Ertrag 2007 [kg/cm ²]		1,17	1,17	0,94	0,001	s
Grundfarbe Sättigung	1	46,487	44,554	46,146	0,000	s
Deckfarbe Sättigung	1	33,291	32,176	30,348	0,000*	s
Deckfarbe [%]	1	46,67	44,72	38,19	0,041	s
Fruchtgewicht Labor [g]	1	147,47	158,14	171,79	0,000	s
FFF Grundfarbenseite [kg/cm ²]	1	8,23	8,34	8,55	0,012	s
FFF Deckfarbenseite [kg/cm ²]	1	8,41	8,64	8,64	0,076	ns
Kerne gesund [stk]	1	5,90	5,78	3,89	0,000*	s
Kerne verkümmert [stk]	1	0,36	0,18	0,18	0,128*	ns
Fruchtformindex	1	0,903	0,955	0,914	0,001*	s
Grundfarbe Sättigung	2	49,514	48,065	50,048	0,000*	s
Deckfarbe Sättigung	2	34,99	35,63	35,10	0,547	ns
Fruchtgewicht Labor [g]	2	148,81	151,00	164,97	0,000	s
FFF Grundfarbenseite [kg/cm ²]	2	5,85	5,95	5,77	0,365*	ns
FFF Deckfarbenseite [kg/cm ²]	2	5,84	6,17	6,11	0,021	s
Kerne gesund [stk]	2	6,18	5,38	4,11	0,000	s
Kerne verkümmert [stk]	2	0,49	0,64	0,40	0,202	ns
lösl. Trockensubstanz [% Brix]	1	11,95	11,90	11,67	0,059	ns
pH	1	3,61	3,56	3,52	0,000*	s
Redox Wert	1	18,71	18,58	19,34	0,003*	s
R [Ω]	1	460,75	468,17	460,63	0,342	ns
P-Wert [μW]	1	260,04	253,46	296,99	0,000	s
Säure [g/l]	1	5,94	5,52	6,36	0,006*	s
Vitamin C [mg/l]	1	105,24	98,25	100,21	0,009	s
lösl. Torckensubstanz [% Brix]	2	12,31	11,79	12,25	0,003	s
pH	2	3,46	3,45	3,38	0,000	s
Redox Wert	2	24,73	25,58	25,28	0,043	s
R [Ω]	2	426,75	450,58	426,00	0,010	s
P-Wert [μW]	2	673,03	701,60	731,63	0,107	ns
Säure [g/l]	2	5,26	5,18	6,15	0,000	s
Vitamin C [mg/l]	2	98,79	81,38	87,42	0,000	s
Packout [%]		25,15	23,77	50,55	0,005	s

*Levens Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen abgelehnt

Tabelle 4.32: Statistik Faktor Standort

Kapitel 5

Schlussfolgerung

Krankheiten und Schädlinge

Die Untersuchung im Sommer 2006 über den Schorfbefall an den EM-behandelten Bäumen ließ zwar einen großen Unterschied zwischen den beobachteten Mittelwerten erkennen, jedoch konnte dieses Ergebnis nicht statistisch abgesichert werden. Da für jede Reihe nur ein Datenwert zur Verfügung stand, war hierbei ein eindeutiger Unterschied statistisch nicht nachweisbar. Aufgrund dieses Ergebnisses wäre es sehr zielführend, weitere Untersuchungen in diese Richtung durchzuführen.

Für eine Beurteilung des Einflusses der Mikroorganismen auf den Mehltaubefall war der mangelnde Krankheitsdruck von Nachteil, da fast kein Mehltau in den Kontrolldurchgängen gefunden werden konnte. Aus diesem Grund lassen sich auch hierbei wiederum keine Aussagen treffen. Ebenso verhielt es sich mit der bakteriellen Krankheit Feuerbrand. Diese trat, ähnlich dem Mehltau, in sehr begrenztem Maße auf. Allerdings wäre in diesem Zusammenhang höchstwahrscheinlich kein Effekt zu beobachten gewesen, da die Applikationstermine nicht speziell auf diese Krankheit ausgerichtet waren, was mehrere Applikationen während der Hauptinfektionszeit in die Blüte bedurft hätte. Auch in Versuchen im Jahr 2006 wurde die Wirkung von EM an Birnen gegen Feuerbrand getestet, wobei hier kein eindeutiger Trend zu beobachten war (SPORNBERGER, A. et.al. (s.a.)).

Die Grüne Apfelblattlaus wurde zum ersten Boniturtermin nur sehr spärlich beobachtet, wobei hier im Mittel in der Kontrolle ein höherer Befall war. Bis zum zweiten Termin war ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen, jedoch wurden zu diesem Zeitpunkt in der EM-Variante mehr befallene Bäume ausgezählt. Ein signifikanter Unterschied war nicht zu erkennen. Allerdings wurde beobachtet, dass sich die Blattlauspopulation eher kleinregional stärker verbreitet hat. Die größte Anzahl an Schädlingen wurde in den unteren Versuchsreihen 12, 15 und 18 beobachtet, was auf ein zufälliges Auftreten

hinweist und die Wahrscheinlichkeit auf einen Einfluss der EM minimiert.

Ähnliches war auch am Befall durch Blutläuse zu erkennen. Diese traten nur in der Reihe 12 (Variante EM) in einem bestimmten Bereich und in einigen der umliegenden Reihen auf, die allerdings nicht in die Untersuchung mit einbezogen wurden. Dies deutet ebenfalls auf keine Auswirkung durch die Behandlung mit effektiven Mikroorganismen hin, sondern entspricht einem zufälligen Auftreten dieses Schädlings.

Einige wenige Apfelfaltenläuse wurden im ersten Durchgang der Schädlingskontrolle entdeckt, diese waren aber bei der nächsten Bonitur nicht mehr auffindbar. Die Befallshäufigkeit war in beiden Varianten sehr ähnlich und es konnte auch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

In keinem beobachteten Krankheits- oder Schädlingsfall konnte ein eindeutiger Einfluss der effektiven Mikroorganismen beobachtet werden. Vorteilhaft wäre, zusätzliche Schädlingsbehandlungen zu minimieren, um mit einem erhöhten Krankheitsdruck bessere Aussagen über den Einfluss von EM treffen zu können. Da es sich bei der Versuchsanlage um eine private Obstanlage handelt, ist der Betriebsführer natürlich bestrebt, das Schadausmaß möglichst gering zu halten, um keine großen Ertragsverluste riskieren zu müssen.

Baum- und fruchtphysiologische Parameter

Die über 3 Jahre hinweg gemessenen Stammumfänge lieferten interessante Ergebnisse. War der Stammumfang in beiden Varianten im Jahr 2006 noch etwa gleich, so wuchsen bis zur nächsten Messung 2007 die EM-Bäume um durchschnittlich fast einen halben Zentimeter mehr. Diese Tendenz konnte schließlich auch 2008 weiter beobachtet werden, wo letztlich die mit EM behandelten Bäume einen um fast 10% größeren Stammumfang aufwiesen. Durch die statistische Auswertung wurden 2007 und 2008 signifikante Unterschiede festgestellt. Selbiges gilt für die errechneten Zuwächse. Hier kann mit großer Sicherheit behauptet werden, dass der Einsatz der Mikroorganismen ein stärkeres Baumwachstum auslöst. In diesem Zusammenhang wären weitere Untersuchungen bezüglich der Nährstoffversorgung von Vorteil. Auch ein möglicher Einsatz gegen die sogenannte Bodenmüdigkeit wäre denkbar. Diese Krankheit wird von KLAUS (1939) (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. 2000, 281) beschrieben als, durch den wiederholten Anbau eintretender Verlust der Eignung eines Bodens einer bestimmten oder ähnlichen Pflanzenart als Substrat zu dienen, dessen Ursache nicht bekannt aber pflanzenspezifisch ist. Nach neueren Erkenntnissen sind mit großer Wahrscheinlichkeit Aktinomyzeten, welche die jungen Faserwurzeln schädigen, für das Auftreten dieser Krankheit in Apfelkulturen verantwortlich (vgl. FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. ,

2000, 281ff). Nach der von den Entdeckern der effektiven Mikroorganismen beschriebenen Wirkungsweise wäre ein Einfluss dieser auf die durch Bodenmüdigkeit ausgelöste Wuchsdepression denkbar. Hierzu sollten weitere Untersuchungen stattfinden, da für diese speziell in Baumschulen problematische Nachbauerscheinung keine geeigneten Bekämpfungsmöglichkeiten bestehen.

In der Ertragsleistung je Baum wurde festgestellt, dass die Bäume der EM-Variante 2007 im Durchschnitt um ca. 0,5 kg mehr Äpfel trugen, allerdings war dieses Ergebnis nicht signifikant. Wegen der sehr viel größeren Stammquerschnittsfläche und dem nur etwas höheren Baumertrag in der EM-Variante lag der rechnerische Wert des spezifischen Baumertrages signifikant niedriger als der in der Kontrolle. Dies bedeutet, dass die höhere Leistungsfähigkeit der im Durchschnitt größeren Bäume keinen gesicherten Einfluss auf den Baumertrag hatte. Diese Aussagen gelten nur für das Erntejahr 2007. Um bessere Aussagen machen zu können, sollten die Ertragsdaten über mehrere Jahre hinweg beobachtet werden. Fest steht allerdings, dass ein Baum mit größerem Stammquerschnitt, der keine höheren Erträge bringt als jener mit kleinerem Stammquerschnitt, nicht von Vorteil sein kann, da im modernen Obstbau auf schwachwüchsige Bäume mit dennoch hohen Erträgen viel Wert gelegt wird. Speziell in dem Fall, wenn ein Hagelschutznetz die Wuchshöhe begrenzt, kann ein stark wachsender Baum ein Problem darstellen.

Das Fruchtgewicht der im Jahr 2006 geernteten Früchte war im Mittel bei beiden Varianten gleich hoch, jedoch zeigten sich 2007 signifikante Unterschiede. Bei der Durchrechnung der gesamten Ernte waren die EM-Früchte im Durchschnitt um 10 g schwerer. Auch bei der Einzelfruchtwägung im Labor wurde dies am zweiten Untersuchungstermin festgestellt. Am ersten Termin konnten wiederum gleiche Fruchtgewichte festgestellt werden. Hierbei muss das Hauptaugenmerk auf das bei der Ernte festgestellte Gewicht gelegt werden, da es sich bei den Äpfeln in der Laboruntersuchung lediglich um Stichproben aus der gesamten Ernte handelt und sich dabei ein zufälliger Fehler ergeben kann.

Auch bei der Fruchtgrößenmessung mittels Lochschablone lagen die Sortierungsanteile der EM-Früchte signifikant höher als jene der Kontrolle. Ebenso lag der Packout-Anteil, welcher den Anteil optimaler Fruchtgrößen beschreibt, um durchschnittlich 7 % Punkte signifikant höher als in der Vergleichsvariante. Damit kann für 2007 behauptet werden, dass die Ernte der Variante "EM" einen höheren Erlös als die der Kontrolle bringen wird. Die höheren Fruchtgewichte könnten als Auswirkung einer besseren Nährstoff- und Wasserversorgung gedeutet werden, wenn in der Annahme des größeren Stammquerschnittes auch eine größere Wurzelmasse vorhanden ist.

Bei der Messung der Blattflächen wurde festgestellt, dass diese im Durchschnitt in

der Kontrolle etwas größer waren, jedoch ohne signifikanten Unterschied.

Die Farbmessungen der Blätter brachten keine signifikanten Unterschiede. Auch die Messung der Grundfarbe und der Deckfarbe der Früchte, lassen keinen eindeutigen Schluss auf einen Unterschied der Varianten zu. In der Grundfarbe bei der Messung am 12.9.2007 konnten teilweise signifikante Unterschiede festgestellt werden, allerdings war diese Differenz sehr klein, wodurch keine Schlussfolgerung auf eventuelle Einflüsse der Mikroorganismen gemacht werden kann. Auch im Anteil der Deckfarbe konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

Der Fruchtformindex, der sich aus den Daten der Fruchthöhe, -breite und -dicke errechnet und Auskunft über eine längere oder breitere Frucht geben kann, war in beiden Varianten annähernd gleich groß.

Zum Zeitpunkt der Ernte wurde in der EM-Variante eine leicht höhere Fruchtfleischfestigkeit festgestellt. Auf der Grundfarbenseite war diese im Durchschnitt um ca. $0,25 \text{ kg/cm}^2$ höher, was laut der Statistik einem signifikantem Unterschied entspricht. Zum Zeitpunkt der Auslagerung konnte nur noch eine wenig über der Kontrolle liegende Festigkeit festgestellt und die Unterschiede nicht als signifikant ausgewiesen werden.

Die Anzahl der Kerne je Frucht lag an beiden Untersuchungsterminen bei den EM-Früchten signifikant höher als die der Kontrolle. Dies wird in der Literatur allerdings als kein qualitätsbeeinflussendes Merkmal der Frucht beschrieben, es könnte allerdings auf eine bessere Blüten- und Befruchtungsqualität hindeuten, was wiederum von einer guten Nährstoffversorgung beeinflusst wird.

Keine wesentlichen Unterschiede wurden im Gehalt an löslicher Trockensubstanz festgestellt, was keine bessere Nährstoffversorgung der Frucht besagt.

Der Säuregehalt, berechnet in titrierbarer Weinsäure, lag nach der Ernte in der EM-Variante etwas unter dem der Kontrolle, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Nach der Lagerung waren die Mittelwerte fast gleich.

Der Vitamin C-Gehalt im Fruchtsaft der EM-Früchte war im Durchschnitt hingegen niedriger als in dem der Kontrolle. Zum Zeitpunkt der Einlagerung konnte noch ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Bei den Früchten nach der Auslagerung war hingegen die Differenz der Mittelwerte wieder kleiner und es ergab sich kein Unterschied der Varianten.

Der P-Wert als ganzheitliche qualitätsbeschreibende Kenngröße lag jeweils vor und nach der Lagerung im Mittel bei der EM-Variante höher als in der Kontrolle, ein signifikanter Unterschied wurde allerdings nicht festgestellt. Ein höherer P-Wert ließe auf eine schlechtere biologische Qualität der Frucht schließen (vgl. HOFFMANN, M. et.al., 2007, 86). Die Werte nach der Lagerphase von 5 Monaten lagen um ca. das 2,5 fache

höher als noch bei der Ernte, was bedeutet, dass die biologische Fruchtqualität bei der Lagerung stark abnimmt. Der an beiden Terminen etwas höhere rH-Wert und niedrigere Widerstand in den EM-Früchten war Grund für den erhöhten P-Wert. Ein Indiz für eine schlechtere Fruchtqualität konnte allerdings in keiner der Untersuchungen festgestellt werden.

Lagerung

Da nach Abschluss der 1. Lagerphase der Anteil an gefaulten Früchten noch sehr gering war, wurde eine weitere Lagerung vorgenommen. Allerdings fanden sich auch danach nur wenig gefaulte Früchte. Dabei lag die EM-Variante um ca. 0,4 % über der Kontrolle, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Der Grund für die geringe Anzahl der gefaulten Äpfel lag wahrscheinlich im relativ frühen Erntetermin, da sich viele Lagerkrankheiten, wie zum Beispiel die der Gloesporium Fruchtfäule, bevorzugt auf reiferen Früchten ausbreitet.

Auch die Lagerverluste durch Transpiration und Atmung der Früchte brachte keine Unterschiede, diese lagen auf nahezu gleichem Niveau.

Literaturverzeichnis

- AGES (2007): Feuerbrand. Wien, AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH.
- ATAGO (2008): About Refractometers. at: <http://atago.net> (2.6.2008).
- BMLFUW (2007): Lebensmittelbericht Österreich 2008. Wien: Eigenverlag.
- BAIN, J. M. und ROBERTSON, R.N. (1951): The physiology of growth in apple fruits. I. Cell size, number, and fruit development. Austr. J. Sci. Res. B4. In: Friedrich G. et.al.(2000)
- CIELab (2008): CIELab. at: <http://cielab.de> (2.6.2008).
- FRIEDRICH, G. und FISCHER, M. (2000): Physiologische Grundlagen des Obstbaues. 3. Auflage, Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.
- FRIEDRICH, G. und RODE, H. (1996): Pflanzenschutz im integrierten Obstbau. 3. Auflage, Stuttgart: Ulmer.
- FORMOWITZ, B.; ELANGO, F.; OKUMOTO, S.; BUERKERT, A. und MÜLLER, T. (2005): Wie wirken "Effektive Mikroorganismen" auf EM-Bokashi in der Bananenproduktion? Universitätsverlag Kassel university press, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Kassel
- HOFFMANN, M.; WOLF, G. und STALLER, B. (2007): Lebensmittelqualität und Gesundheit - Bio-Testmethoden und Produkte auf dem Prüfstand. Schwerin, Baerens & Fuss.
- KELDERER, M.; CASERA, C. und LARDSCHNEIDER, E. (2003): Leitfaden für den biologischen Obst- und Weinbau. Eigenverlag Versuchszentrum Laimburg.
- KEPPEL, H.; PIEBER, K.; WEISS, J. und HIEBLER, A. (1991): Obstbau - Anbau und Verarbeitung. Graz-Stuttgart, Leopold Stocker Verlag

- KYAN, T.; SHINTANI, M.; KANDA, S.; SAKURAI, M.; OHASHI, H.; FUJISAWA, A. und PONGDIT, S. (1999): Kyusei nature farming and the technology of effective microorganism. Atami (Japan), Asia Pacific Natural Agriculture Network.
- LOHRER, T. (2008): Apfelschorf. at: <http://www.fh-weihenstephan.de> (4.2008).
- MED TRONIC (2007): Beschreibung der Messwerte. Med-Tronik GmbH, at: <http://www.med-tronik.de> (17.5.2008).
- MAYER, J.; SCHEID, S.; WIDMER, F.; FLIESSBACH, A. und OBERHOLZER, H.-R. (2007): Wirkungen von "Effektiven Mikroorganismen EM" auf pflanzliche und bodenmikrobiologische Parameter im Feldversuch. Hohenheim: 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau
- MERCK (s.a.): MERCK RQflex Bedienungsanleitung.
- MINOLTA (1998): Chroma Meter CR-200/CR-231 Minolta.
- MULTIKRAFT (s.a.): EM-Anwendungen für Haus, Garten & Landwirtschaft. Haiding/Wels, Multikraft Produktions- und Handels GmbH.
- NDONA, R. (2008): Einfluss von Behandlungen mit EM (Effektiven® Mikroorganismen) auf Tomaten im geschützten Anbau. Wien: Diss. Universität für Bodenkultur
- PERSEN, U.; STEFFEK, R.; LETHMAYER, C.; BLÜMEL, S. und POLESNY, F. (2005): Pflanzengesundheit im Obstbau. Wien, Agrarverlag.
- RÜHMER, T.; LAFER, G.; GÖLLES, M.; STEINBAUER, L.; KLEMENT, J.; INNERHOFER, G. und WIESENHOFER M. (2006): Obstsorten. Wien, Agrarverlag.
- RUESS, F. (2007): Resistente und robuste Kernobstsorten. Weinsberg, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg.
- SPORNBERGER, A.; BRUNMAYER, R.; FISCHER, G. und KAUFMANN, C. (s.a.): Testung von EM als Pflanzenstärkungsmittel im Obstbau. Wien, Universität für Bodenkultur.
- WINTER, F. et. al. (2002): Lucas' Anleitung zum Obstbau, 32. Auflage. Stuttgart (Hohenheim), Eugen Ulmer GmbH & co.
- XU, H.L.; WANG, R. und MRIDHA, M. (2000): Effects of Organic Fertilizers and a Microbial Inoculant on Leaf Photosynthesis and Fruit Yield and Quality of Tomato Plants. Philadelphia: The Haworth Press, Inc.