



Forschungsbericht

Nr. 101

Maßnahmen zur Verbesserung der Blütenknospenqualität und des Fruchtansatzes im integrierten und organischen Apfelanbau

Verfasser

Christina Portz, Georg Noga und Ulrike Steiner

Institut für Obstbau und Gemüsebau

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, März 2003

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. Georg Noga
Priv.-Doz. Dr. Ulrike Steiner

Projektbearbeiter: Dipl. Ing. agr. Christina Portz

Institut für Obstbau und Gemüsebau
Auf dem Hügel 6
53121 Bonn
Tel.: 0228 - 73 5135

Zitiervorschlag:

PORTZ, C., G. NOGA UND U. STEINER (2003): Maßnahmen zur Verbesserung der Blütenknospenqualität und des Fruchtansatzes im integrierten und organischen Apfelanbau. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 101, 47 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Zielsetzung	3
2	Material und Methoden	3
2.1	Pflanzenmaterial und Versuchsstandorte	3
2.2	Behandlungen	3
2.3	Mineralstoffanalysen von Blättern und Früchten	3
2.4	Fruchtqualität	4
2.5	Knospenqualitätsuntersuchungen	5
2.6	Blütenbonituren	5
2.7	Fruchtansatz	5
2.8	Untersuchungen zum Befall von Apfelknospen mit <i>Venturia inaequalis</i>	5
2.8.1	Probenahme, Fixierung, Schneide- und Färbetechnik	5
2.8.2	Konidienkeimung bei niedrigen Temperaturen	6
2.8.3	Vergleichende Untersuchungen zum Infektionspotenzial von Ascosporen und Konidien	6
2.9	Statistische Auswertung	7
3	Ergebnisse	8
3.1	Untersuchungen zur Verbesserung der Knospenqualität durch verschiedene Anbaumaßnahmen	8
3.1.1	Maßnahmen zur Ausdünnung von Blüten und Früchten	8
3.1.2	Blattdüngung mit Wuxal- und Harnstoff-Lösung	15
3.1.3	Organische Blattdüngung mit Vinasse und einem Algenpräparat	23
3.2	Überwinterung von <i>Venturia inaequalis</i> -Konidien	27
3.2.1	Untersuchungen zum Befall von Apfelknospen mit <i>V. inaequalis</i>	27
3.2.2	Einfluss niedriger Temperaturen auf die Keimung von <i>Venturia</i> <i>inaequalis</i> -Konidien	29
3.2.3	Einfluss niedriger Temperaturen auf den Befall von <i>V. inaequalis</i>	31
3.2.4	Unterschiede in der Infektionseffizienz von Sommersporen (Konidien) und Ascosporen	32
3.3	Untersuchungen zum Einfluss von Blattschorf auf die Blütenknospen- entwicklung	33

4	Diskussion	34
5	Zusammenfassung	39
6	Schlussfolgerungen für die Umsetzung in die Praxis	41
7	Literaturverzeichnis	42
8	Konsequenzen für evtl. weitere Forschungsaktivitäten	45
9	Mitteilungen über evtl. schützenswerte Nutzungsrechte	45
10	Liste über Vorträge	45
11	Liste über Posterpräsentationen, Vorführungen und Demonstrationen	45
12	Kurzfassung	46

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Besonders im organischen Apfelanbau ist häufig eine reiche Blüte mit anschließend unzureichendem Fruchtausatz zu beobachten. Dies ist möglicherweise auf eine verminderte Blütenknospenqualität zurückzuführen. Die Blütenknospenentwicklung wird beim Apfel durch zahlreiche abiotische und biotische Faktoren beeinflusst. Beim Kernobst finden während der Vegetationsperiode zeitgleich die Differenzierung der nächstjährigen Blütenknospen, ein verstärktes Triebwachstum, starker Blattmassenzuwachs und intensives Fruchtwachstum statt (WINTER et al. 1992, FRIEDRICH 1993). Die fehlende zeitliche Trennung dieser vegetativen und generativen Wachstumsprozesse kann eine Konkurrenz um die vorhandenen Assimilate im Baum hervorrufen. Alle Maßnahmen, die einen der erwähnten Teilprozesse besonders fördern, behindern die übrigen und stören so das empfindliche Gleichgewicht der Wachstums- bzw. Entwicklungsprozesse untereinander. So mindert beispielsweise übermäßiger Fruchtbearbeitung das Triebwachstum, behindert die Zunahme der Blattmasse und schränkt die Entwicklung generativer Knospen für das Folgejahr ein. Regulationsmaßnahmen in Form von Blüten- und Fruchtausdünnung sind nötig, um die regelmäßige Produktivität der Bäume aber auch die innere und äußere Fruchtqualität sicherzustellen (WERTHEIM 1996). Sowohl in der integrierten als auch in der organischen Produktion sind nur wenige wirksame Ausdünnungsverfahren zugelassen. Knospenqualitätsuntersuchungen wurden in den bisherigen Arbeiten zur Wirkung unterschiedlicher Ausdünnungsmaßnahmen nicht beachtet (BYERS 1997, HANDSCHACK 1999, SCHUMACHER et al. 1993 a, SCHUMACHER und STADLER 1991, SCHUMACHER et al. 1993 b, NOGA 1987, LINK 1978). Zur Beurteilung des Einflusses einer Maßnahme auf die Alternanz fanden Bonituren der Blüte im Folgejahr der Behandlung statt (FALLAHI et al. 1997, MACARTNEY et al. 1995, HILBERS und CLEVER 1999, NOGA und ENGEL 1986). Gezielte Untersuchungen zur Beeinflussung der Knospenqualität beschäftigten sich demnach bisher nicht mit der Wirkung praxisrelevanter Maßnahmen wie z.B. chemischer oder mechanischer Ausdünnung oder Applikationen zur Blattdüngung. Aus diesen Gründen wurden vier ausgewählte Maßnahmen bezüglich ihres Einflusses sowohl auf die Knospenentwicklung als auch auf Fruchtausatz, Ertrag, Mineralstoffgehalt und Qualität der Früchte untersucht. Außerdem wurden jeweils zwei integrierte und organische Blattdünger bezüglich ihres Einflusses auf die Knospenentwicklung überprüft, da Mangelsituationen, die durch die oben beschriebenen Konkurrenzsituationen entstehen können, möglicherweise durch eine Blattdüngung ausgeglichen werden können.

Biotischen Faktoren, wie Schadpilzen, wurde bisher keine Bedeutung bezüglich einer mindernden Wirkung auf die Knospenentwicklung und -qualität durch direkten Befall der Knospen oder aber indirekt durch Reduktion der Assimilationsfläche aufgrund von Blattbefall beigemessen. Trotz stetig verbesserter Schorf-Prognosemodelle, der Entwicklung systemischer Schorf-Fungizide, verbesserter Applikationstechnik und verhältnismäßig umfangreicher Kenntnisse zur Epidemiologie des Erregers *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. ist besonders im organischen Apfelanbau standortbedingt ein vergleichsweise hohes Infektionspotential im Frühjahr und ein daraus resultierender schwer zu kontrollierender Blattbefall zu beobachten. Dies kann u.a. auf im Baum überwinterndes Myzel und Konidien zurückgeführt werden, die von den Schorf-Warnsystemen nur bedingt erfasst werden können. Konidien des Apfelschorfs überwintern in und an Knospen sowie an Zweigen und bewirken möglicherweise eine Minderung der Blütenknospenqualität. Die Bedeutung dieser frühen Inokulumquellen, die sich in direkter Nähe zu den besonders anfälligen jungen Blättern und Blüten befinden, wurde insbesondere im Hinblick auf die begrenzten Möglichkeiten der Pathogenkontrolle im organischen Anbau untersucht. Zusätzlich wurde der indirekte Einfluss einer durch Blattschorf reduzierten Assimilationsfläche auf den Anteil an Blütenknospen ermittelt. In der Literatur sind keine Untersuchungen zu diesem Themenbereich bekannt, wohl aber wurde der Einfluss einer durch manuelles Entfernen von Blättern reduzierten Assimilationsfläche auf die Blütenknospenentwicklung untersucht (STOCKERT und STÖSSER 1996).

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen dieses einjährigen Projektes sollte der Einfluss verschiedener, z.T. auch im organischen Apfelanbau zugelassener Ausdünnungs- und Blattdüngungsmaßnahmen auf die Entwicklung und Qualität von Blütenknospen und den Fruchtansatz untersucht werden. Der mögliche Einfluss biotischer Faktoren auf Knospenentwicklung und Knospenqualität sollte am Beispiel des Apfelschorfs, der wichtigsten Pilzkrankheit des Apfels der gemäßigten Klimate, genauer studiert werden. Der Überwinterung von Konidien, d.h. der Sommersporen des Erregers *Venturia inaequalis* an und in Knospen direkt im Baum, wurde besondere Aufmerksamkeit beigemessen, da eine negative Beeinflussung der Knospenentwicklung und -qualität als besonders wahrscheinlich angesehen wurde. Aber auch der indirekten Beeinflussung der Blütenknospenentwicklung durch hohen Blattbefall mit Apfelschorf sollte Bedeutung beigemessen werden.

2. Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial und Versuchsstandorte

Die Freilandversuche wurden an Bäumen der Sorten ‚Braeburn/M9‘ (Pflanzjahr 1995; 80 Bäume pro Variante) in der Obstversuchsanlage Klein-Altendorf des Institutes für Obstbau und Gemüsebau der Universität Bonn sowie an Bäumen der Sorte ‚Elstar/M9‘ (Pflanzjahr 1995; 16 Bäume/Var.) eines biologisch-dynamisch wirtschaftenden Praxisbetriebes durchgeführt.

2.2 Behandlungen

Folgende Ausdünnungsmaßnahmen wurden in Klein-Altendorf durchgeführt:

- *Handausdünnung*
(10.07.2000, Ausdünnung auf 5-7 Früchte pro laufenden Meter Fruchttast)
- *mechanische Ausdünnung*
(27.04.2000, 75% geöffnete Blüten; einseitiger Einsatz der Ausdünnmaschine)
- *Amidthin* (Naphthylacetamid) + *Ethrel* (Ethephon)
(05.05.2000, 90% abgeblüht, 800 g + 300 ml/ha in 1000 l Wasser/ha)
- *Ammoniumthiosulfat (ATS)*
(28.04.2000, Vollblüte, 10 kg/ha in 800 l Wasser/ha)

Zur Blattdüngung nach den Richtlinien der *integrierten Produktion* wurden in Klein-Altendorf Harnstoff (6 kg/ha; Stickstoffdünger: 46% Stickstoff) und Wuxal Multi KMg (2 l/ha; Volldünger: 20% Stickstoff, 0% Phosphor, 15% Kalium, 4% Magnesium) ausgebracht. Die Applikationen (350 l/ha Wasser, Pflanzenschutzspritze mit Axialgebläse) fanden an folgenden Terminen statt: 01.06.2000, 14.06.2000, 26.06.2000, 10.07.2000.

Zur Blattdüngung nach Richtlinien des *organischen Apfelanbaus* wurden Vinasse (6 l/ha) und ein Algenpräparat der Firma AGLUKON (3 l/ha) mit der Rückenspritze an folgenden Terminen ausgebracht: 14.07.2000, 09.08.2000.

2.3 Mineralstoffanalysen von Blättern und Früchten

Im September 2000 wurden den Versuchsbäumen Blattproben (5. Blatt unterhalb der Langtriebspitze) und/oder Fruchtproben entnommen, abgewaschen und anschließend gefriergetrocknet. Zur Bestimmung der Kalium-, Magnesium- und Calciumgehalte wurden 0,3 g der

gemahlenen Proben mit HNO_3 und H_2O_2 aufgeschlossen und anschließend durch Atom-Absorptions-Spektrometrie bestimmt (nach CHEN et al. 1997). Die Analyse von Stickstoff- und Kohlenstoffgehalten der Blattobermassen erfolgte durch Verbrennen der eingewogenen Proben und Bestimmung im Elementaranalysator.

Durch Verrechnung der Kalium-, Magnesium- und Calciumgehalte der Fruchttrockenmasse konnte der Stippequotient mit Hilfe der folgenden Formel errechnet werden:

$$\text{Stippequotient} = \frac{\text{Kaliumgehalt} + \text{Magnesiumgehalt}}{\text{Calciumgehalt}}$$

Hiermit wird die Gefahr des Stippebefalls im Lager angegeben werden. Stippe ist eine physiologische Erkrankung der Früchte, die auf einen relativen Calcium-Mangel der Früchte zurückzuführen ist.

2.4 Fruchtqualität

Vor der Ernte erfolgte die Bestimmung folgender Fruchtqualitätsparameter (nach WINTER et al. 1992): Zuckergehalt (Refraktometer, Grenzwert zur Ernte: ca. 12%, Bestimmung des Gehalts der löslichen Trockenmasse, da mehr als 90% Zucker auch ein Maß für den Zuckergehalt ist), Säuregehalt (Titration), Fruchtfleischfestigkeit (Handpenetrometer: notwendige Kraft, um 11 mm-Bolzen 8 mm tief ins Fruchtfleisch zu drücken, optimaler Wert vor Ernte: 6-9 kg/cm^2), Jod/Stärke-Test (Beurteilung des Stärkeabbaus anhand einer 10-stufigen Skala, siehe KELLERHALS et al. 1997), Ausfärbung (Lab-Wert des Farbmessgeräts, Chromameter Reflectance II', Minolta).

Anhand der erhaltenen Daten und der entsprechenden Formel konnte der 'Reifeindex nach Streif' (KELLERHALS et al. 1997) berechnet werden.

Nach der Ernte wurde eine mögliche Einflussnahme der Ausdünnungsmaßnahmen auf die Größenverteilung der Früchte mit Hilfe einer Qualitätssortieranlage, Typ MSE 2000 der Fa. GREEFA, überprüft. Diese Anlage ermöglicht mittels einer CCD-Kamera die Sortierung von Früchten auch in kleinen Chargen nach Größe (Durchmesser und Länge) und Farbe.

2.5 Knospenqualitätsuntersuchungen

Die Knospenqualität wird hier als Anteil generativer Knospen am mehrjährigen Holz definiert, kann aber auch durch Bestimmung verschiedener Qualitätsparameter, wie z.B. der durchschnittlichen Anzahl der Lateralblüten je Blütenknospe, erfasst werden (DOLEGA et al. 1997, DOLEGA 1996, DOLEGA und LINK 1996, STOCKERT und STÖSSER 1996, STREITBERG 1980). Im November 2000 sowie im Februar 2001 wurden 160 bzw. 240 Knospen des zweijährigen Holzes pro Variante entnommen und lichtmikroskopisch (LEICA WILD M8, 40-50fache Vergrößerung) untersucht. Neben dem durchschnittlichen Anteil Blütenknospen der entnommenen Probe wurde die durchschnittliche Anzahl der Lateralknospenanlagen pro Blütenknospe bestimmt.

2.6 Blütenbonituren

Zur Bonitur der Blühintensität der Versuchsbäume wurde folgende Skala verwendet: Boniturklasse 1 = 0 % Blütenbesatz des Baumes bis Boniturklasse 9 = 100% (Weißblüte).

Die Bonituren fanden am 09.05.2001 (Klein-Altendorf) bzw. am 11.05.2001 (biologisch-dynamischer Praxisbetrieb) statt.

2.7 Fruchtansatz

Der Fruchtansatz wurde durch Zählen der Früchte pro Baum im Juni 2000 und im Juni 2001 ermittelt.

2.8 Untersuchungen zum Befall von Apfelknospen mit *Venturia inaequalis*

2.8.1 Probenahme, Fixierung, Schneide- und Färbetechnik

Während der Vegetationsperiode wurden kontinuierlich Blatt- und Blütenknospen von mit Apfelschorf-befallenen Bäumen der Sorte 'Gloster/M9' entnommen und in einer Lösung aus Ethanol (70%), Formaldehyd (40%) und Eisessig, im Verhältnis 90:5:5, fixiert. Anschließend erfolgte die Einbettung der ganzen Knospen in Glycolmethacrylat (GRUNEWALDT-STÖCKER 1985, STIERL 1999). Semidünnschnitte (5-10 µm) wurden mit dem Rotationsmikrotom HM 360 der Fa. MICROM angefertigt und nach Anfärbung in einer 0,5%igen Toluidinblau-Lösung (nach STIERL 1999) lichtmikroskopisch (Axioskop der Fa. ZEISS) auf das Vorhandensein überwinternder Konidien von *Venturia inaequalis* untersucht.

2.8.2 Konidienkeimung bei niedrigen Temperaturen

Inokulation und Behandlungen

Sämlinge der Sorte ‚Golden Delicious‘ wurden mit einer *Venturia inaequalis*-Konidiensuspension (ca. 150 000 Konidien/ml) inokuliert und für 48 Stunden bei 20°C und 100% relativer Luftfeuchte inkubiert. Ca. 14 Tage nach erfolgter Inokulation wurden Blätter mit sporulierendem Befall entnommen und bei folgenden Temperaturen gelagert:

Versuchsteil A):	konstant:	4°C, -5°C (+/- 2°C), -14°C, -20°C;
Versuchsteil B):	schwankend:	5 bis 2°C, 2 bis -2°C, -2 bis -5°C, -18°C (als konstante Kontrolle)

Die Probenahme zur Untersuchung der Keimfähigkeit fand in der ersten Woche täglich und bei Versuch A anschließend wöchentlich statt. Es wurden je zwei Blätter pro Variante entnommen.

Medienherstellung

12,8 g Agar-Agar werden in 800 ml H₂O dest. gelöst und für 20 Minuten autoklaviert. Nach Abkühlen des Mediums auf ca. 40°C werden ca. 15 ml in Petrischalen mit 9 cm-Durchmesser gegossen.

Bestimmung der Keimrate

Durch Abwaschen von Blättern mit Leitungswasser wurde eine Konidiensuspension erstellt und diese zur Feststellung der Keimfähigkeit auf Wasseragar-Platten ausgebracht. Jeweils zwei beimpfte Platten pro Variante wurden bei 20°C bzw. bei 4°C für 24 h inkubiert. Durch Auszählen von 10 x 10 Konidien pro Platte wurde die Keimfähigkeit der Konidien lichtmikroskopisch bestimmt (Axioskop der Fa. Leica, 100fache Vergrößerung).

2.8.3 Vergleichende Untersuchungen zum Infektionspotenzial von Ascosporen und Konidien

Suspensionen von Konidien und Ascosporen wurden hergestellt und mit Hilfe einer Thomakammer auf die gleiche Sporendichte eingestellt. Anschließend wurden Keimtests bei 20°C durchgeführt, wie unter 2.8.2. „Bestimmung der Keimrate“ beschrieben.

Zusätzlich wurden Sämlinge der Sorte ‚Golden Delicious‘ mit einer 5 µl-Eppendorf-Pipette punktuell inokuliert. Die Inkubation der Sämlinge erfolgte für 48 Stunden bei 20°C und 100% relativer Luftfeuchte. Bis zur Symptomausprägung verblieben sie bei 20°C und 70% relativer

Luftfeuchte. Durch Bonitur der befallenen Blätter/Pflanze wurde die Befallsentwicklung in Abhängigkeit von der Sporenform makroskopisch bestimmt.

2.9 Statistische Auswertung

Bei Vorliegen von Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden die Versuchsdaten einer Varianzanalyse unterzogen (KÖHLER 1992). Die Signifikanzen zwischen den behandelten und nicht behandelten Varianten eines Versuches wurden mit Hilfe multipler Mittelwertsvergleiche (Grenzdifferenztest nach 'Tukey' bzw. ‚Scheffe‘) (KÖHLER 1992) ermittelt. Die Durchführung aller Tests erfolgte unter Zuhilfenahme der Statistiksoftware 'Statgraphics', Rockville, Maryland, USA.

3 Ergebnisse

3.1 Untersuchungen zur Verbesserung der Knospenqualität durch verschiedene Anbaumaßnahmen

3.1.1 Ausdünnung von Blüten und Früchten

Erträge 2000

Ende August konnte durch einseitige, mechanische Ausdünnung im Mai, bei der sowohl Blüten als auch Blätter und Zweigmaterial einseitig entfernt worden waren, eine Reduktion der Früchte pro Baum um mehr als 50% im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beobachtet werden (Abb. 1). Aus diesem Grund konnten nur ca. 50% des potenziellen Ertrages pro Baum geerntet werden, wobei aber der Anteil marktfähiger Früchte durch die Behandlungen erhöht wurde (Abb. 7).

Erträge 2001

Im Folgejahr der Behandlungen war die Anzahl Früchte pro Baum bei den vorjährig mechanisch ausgedünnten Bäumen um 50% erhöht (Abb. 1). Im Gegensatz dazu blieb der Fruchtansatz der chemischen Ausdünnungsvarianten im Vergleich zum Vorjahr verhältnismäßig konstant. Die Variante der Handausdünnung wies im Folgejahr der Behandlung eine geringfügige und die unbehandelte Kontrolle eine stark reduzierte Anzahl Früchte pro Baum auf.

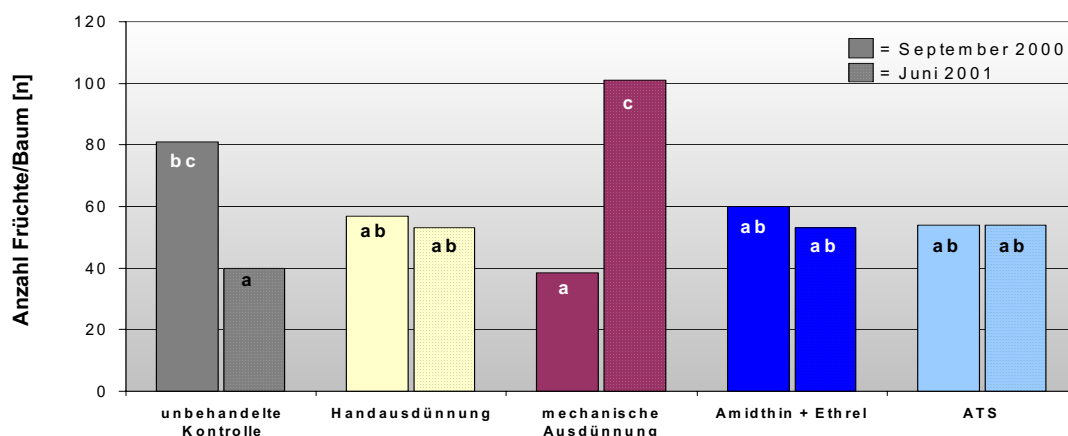


Abb. 1: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf die Anzahl Früchte pro Baum (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9')

Die Bonituren des Fruchtansatzes bestätigten sowohl im Jahr der Behandlungen 2000 als auch im Folgejahr 2001 die Untersuchungen und Bonituren von Knospen und Blüten.

Mineralstoffanalyse der Früchte

Das auffälligste Ergebnis der Analyse der am 26.09.2000 entnommenen Früchte war die Reduktion des Calcium-Gehaltes der Früchte zum Zeitpunkt der Probenahme durch die einseitige, mechanische Ausdünnung von Blüten und z.T. Blättern und Trieben (Abb. 2). Ein Einfluss der durchgeführten Ausdünnungsmaßnahmen auf Kalium- oder Magnesiumgehalte der Früchte konnte nicht beobachtet werden (Abb. 3 und 4). Berechnet wurde der Stippequotient, welcher die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der Früchte während der Lagerung Befallssymptome der Stippigkeit entwickeln können. Hierbei handelt es sich um eine physiologische Erkrankung, die auf einen relativen Calcium-Mangel der Früchte zurückzuführen ist. Der Stippequotient wird durch die mechanische Ausdünnung im Vergleich zu allen anderen Varianten signifikant erhöht (Abb. 5). Dieses Ergebnis ist auf den verminderten Calciumgehalt der Früchte zurückzuführen (Abb. 2). Alle Varianten zeigten Stippequotienten deutlich oberhalb der Toleranzschwelle von 16, weshalb ein deutliches Risiko der Schädigung der Früchte während der Lagerung gegeben ist. Da alle Früchte dieses Versuches zudem durch Hagelschlag stark beschädigt wurden, musste aufgrund erhöhter Fäulnisgefahr auf eine Einlagerung verzichtet werden. Somit war eine Bestätigung der Prognose zum Stipperisiko und eine endgültige Bewertung des Einflusses der durchgeführten Maßnahmen nicht möglich.

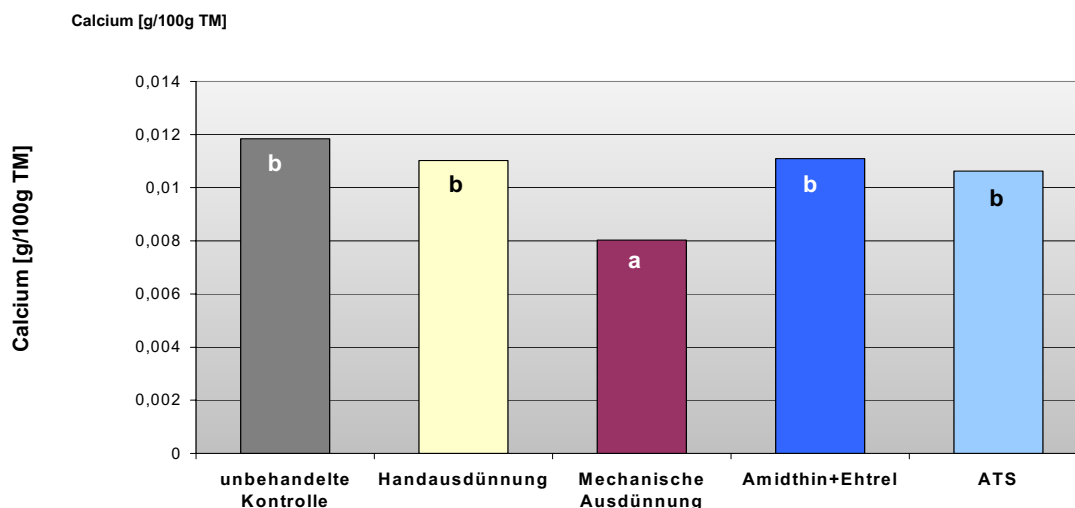


Abb. 2: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Calciumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

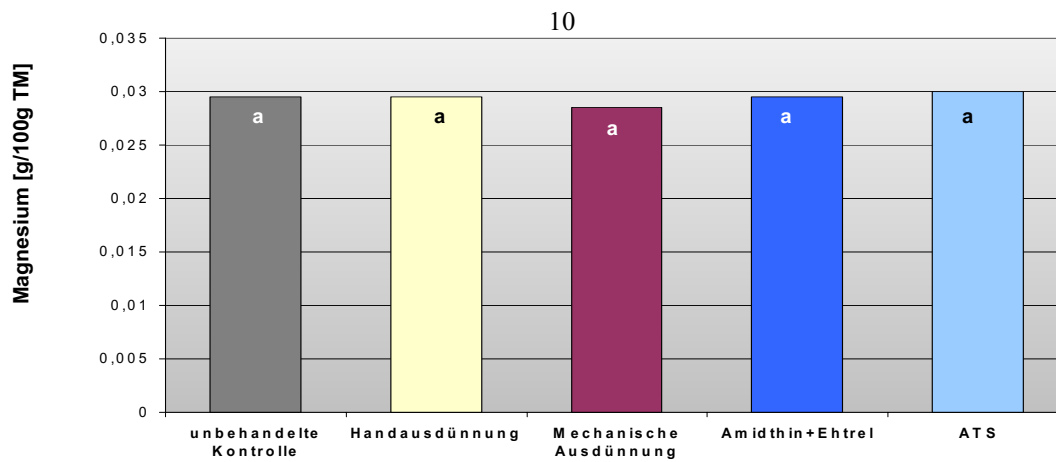


Abb. 3: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Magnesiumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

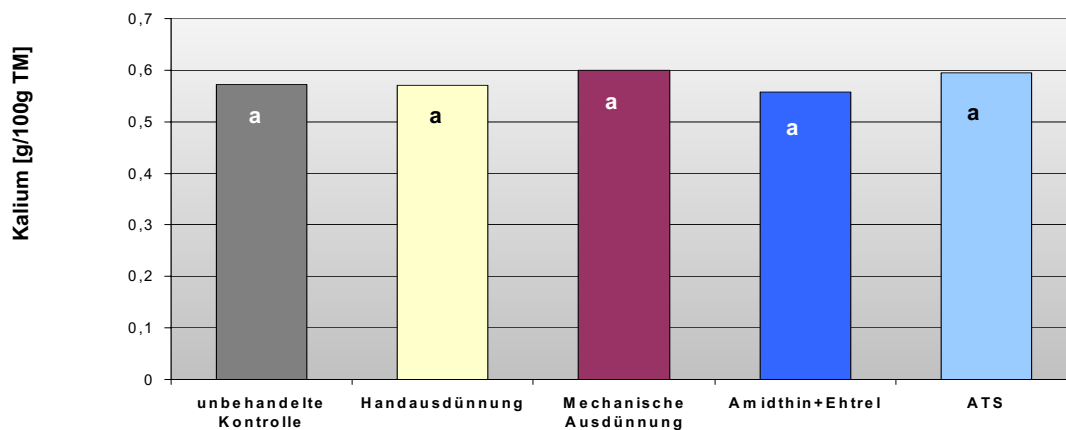


Abb. 4: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Kaliumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

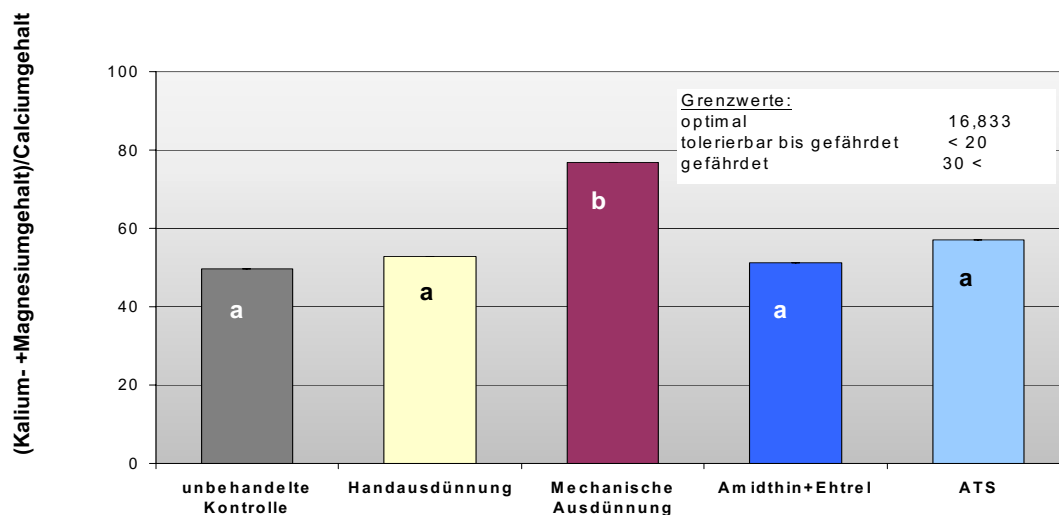


Abb. 5: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Stippequotient, d.h. die Gefahr des Stippebefalls der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Fruchtqualität

Alle durchgeführten Ausdünnungsmaßnahmen erhöhten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle den Handelsklasse 1-Anteil von Früchten mit dem marktfähigen Fruchtdurchmesser von 70-85 cm. Die deutlichste Zunahme konnte durch manuelle und mechanische Ausdünnung erreicht werden (Abb. 6). Die Ausdünnungspraktiken beeinflussten die Parameter der Fruchtqualität folgendermaßen. Der Zuckergehalt der Früchte wurde lediglich durch die mechanische Ausdünnung erhöht (Abb. 10). Ebenso wurde auch die Fruchtfleischfestigkeit durch diese Form der Ausdünnung gesteigert (Abb. 8). Im Gegensatz dazu reduzierte die chemische Ausdünnung der Blüten mit Amidthin + Ethrel die Fruchtfleischfestigkeit (Abb. 8). Rotfärbung, Stärkegehalt und Säuregehalt der Früchte sowie der berechnete Reifeindex wurden nicht beeinflusst (Abb. 7, 9, 10 und 11).

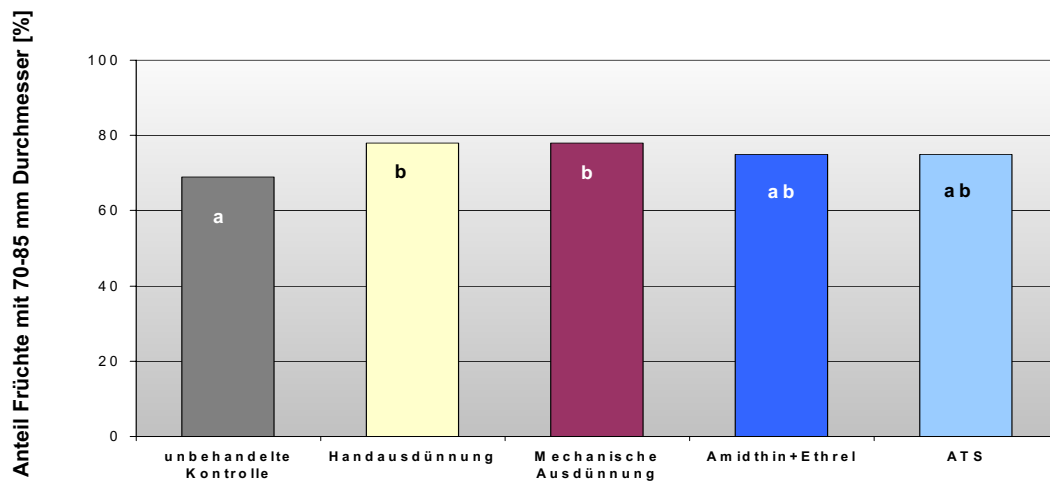


Abb. 6: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Anteil marktfähiger Früchte mit 70-85mm Fruchtdurchmesser (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', Oktober 2000)

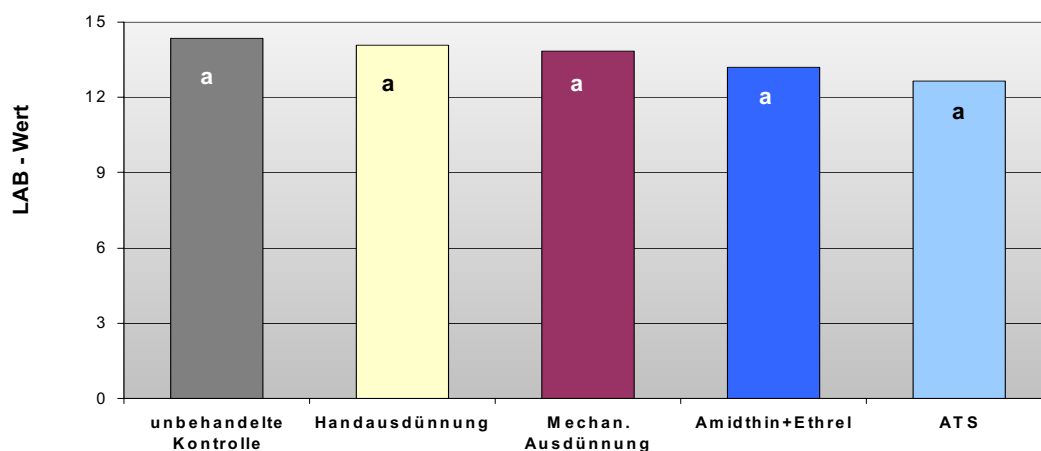


Abb. 7: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf die Rotfärbung der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

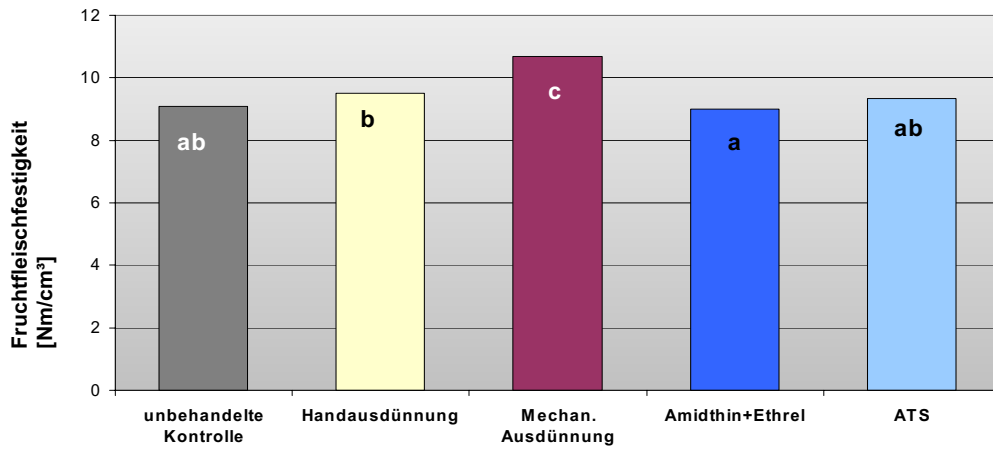


Abb. 8: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf die Fruchtfleischfestigkeit (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

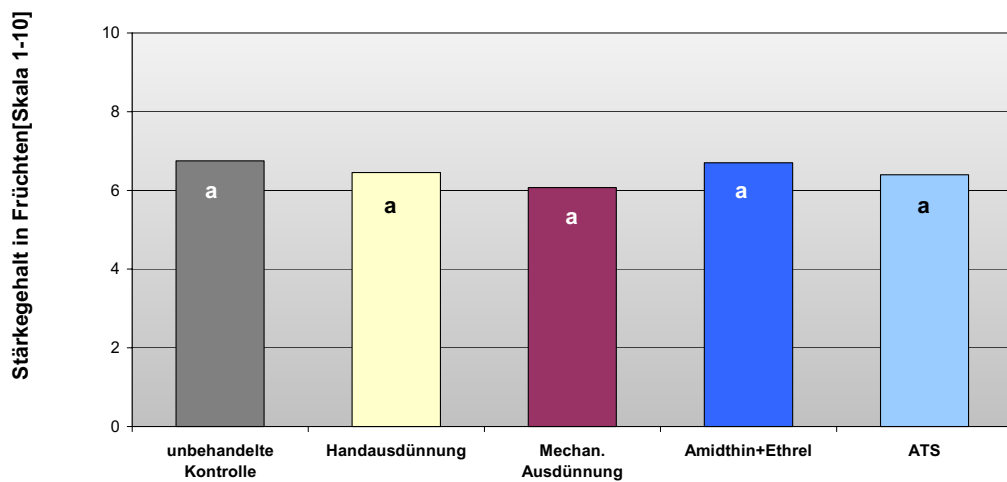


Abb. 9: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Stärkegehalt der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

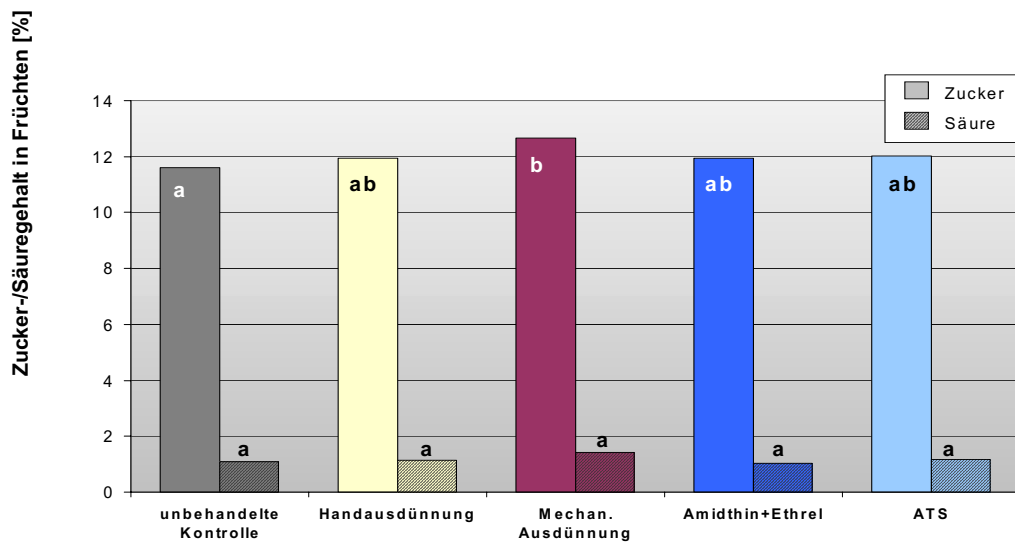


Abb. 10: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Zucker- und Säuregehalt der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

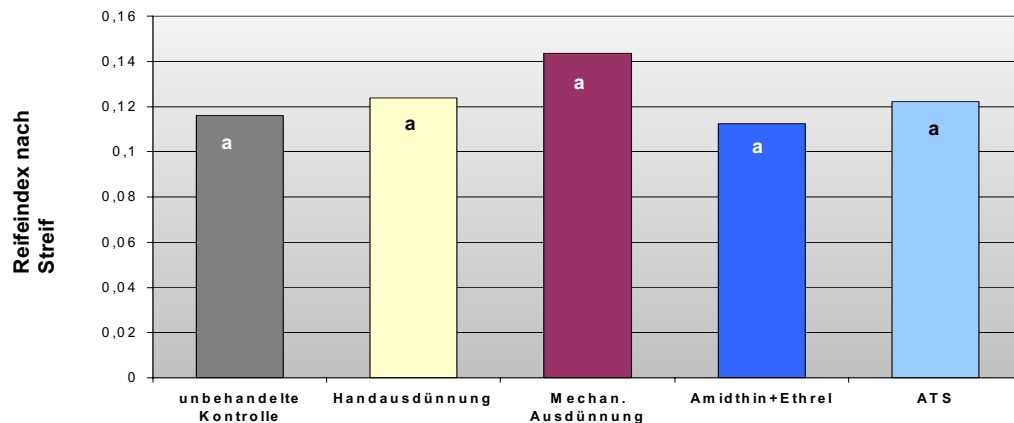


Abb. 11: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Reifeindex nach Streif (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Knospenqualität

Ende November 2000 erhöhte jede der durchgeführten Ausdünnungsmaßnahmen den quantitativen Anteil Blütenknospen der am zweijährigen Holz gebildeten Knospen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 12). Die deutlichste Zunahme konnte durch die mechanische Ausdünnung erzielt werden, da hier die Konkurrenz zwischen vorhandenen Früchten und entstehenden Blütenknospen aufgrund des geringen Fruchtansatzes reduziert wurde. Aber auch durch Handausdünnung und die Minderung des Blütenbesatzes durch ATS verdoppelten den Anteil Blütenknospen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

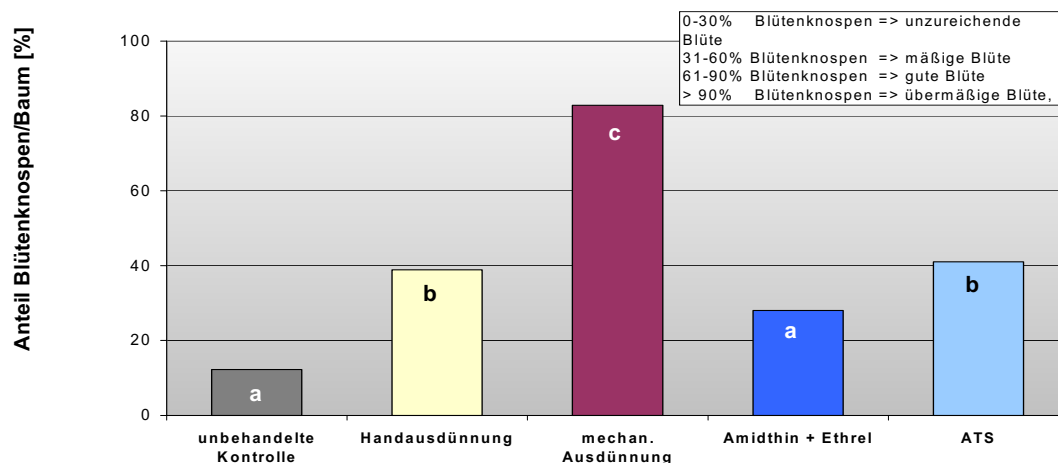


Abb. 12: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Anteil Blütenknospen am zweijährigen Holz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', November 2000)

Im Februar 2001 wurden erneut Knospenqualitätsuntersuchungen durchgeführt. Nur die Steigerung des Anteils Blütenknospen durch mechanische Ausdünnung blieb bis zu diesem Zeitpunkt als signifikanter Unterschied zur unbehandelten Kontrolle erhalten (Abb. 13). Die

übrigen Ausdünnungsmaßnahmen zeigten zwar Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle, diese konnten aber aufgrund der erwarteten leichten Reduktion des Blütenknospenanteils während des Winters statistisch nicht mehr abgesichert werden. Der Besatz der Blütenknospen mit Lateralblüten wurde durch keine der durchgeführten Ausdünnungen signifikant verändert. Der Anteil Blütenknospen mit fünf Lateralblüten konnte durch die mechanische und die beiden chemischen Behandlungen tendenziell erhöht und der Anteil mit vier Lateralknospen tendenziell verringert werden (Abb. 14).

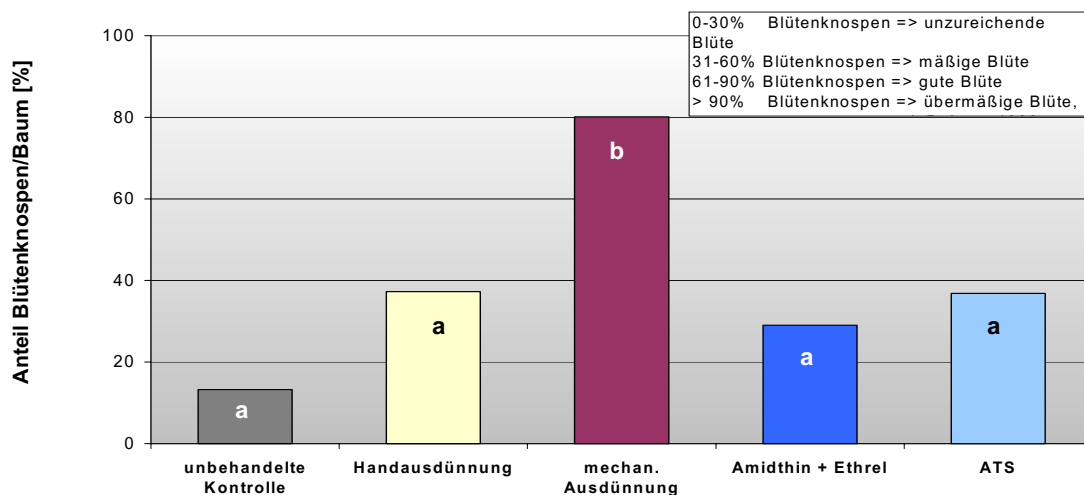


Abb. 13: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Anteil Blütenknospen am zweijährigen Holz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', Februar 2001)

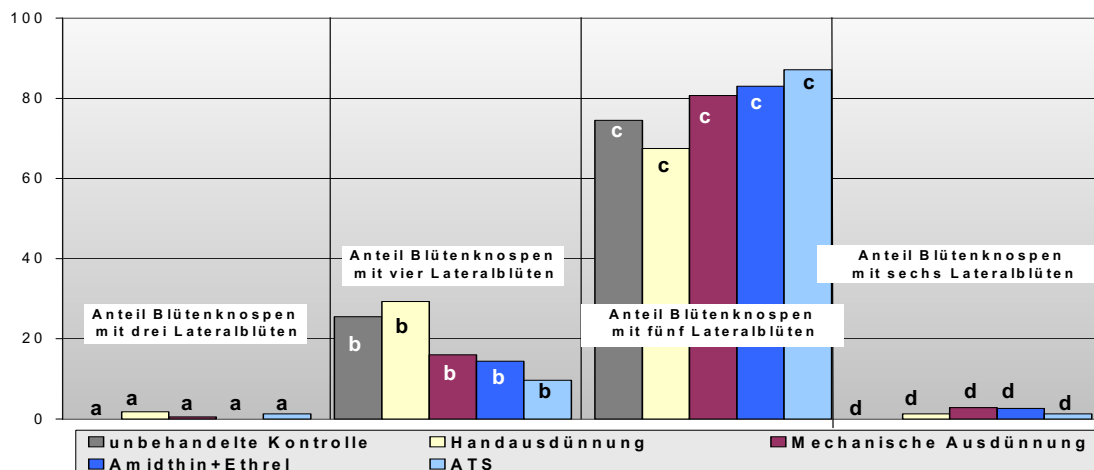


Abb. 14: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Besatz der vorhandenen Blütenknospen am zweijährigen Holz mit Lateralblüten (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', Februar 2001)

Blütenbonituren

Die Blühintensität wurde im Folgejahr der Behandlungen zur Zeit der Vollblüte (Mai) erfasst. Das Ergebnis der Knospenuntersuchungen konnte erneut bestätigt werden. Alle Ausdünnungsmaßnahmen verbesserten die Blüte des Folgejahres signifikant im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Durch die mechanische Ausdünnung wurde die Blüte im Folgejahr verdoppelt (Abb. 15).

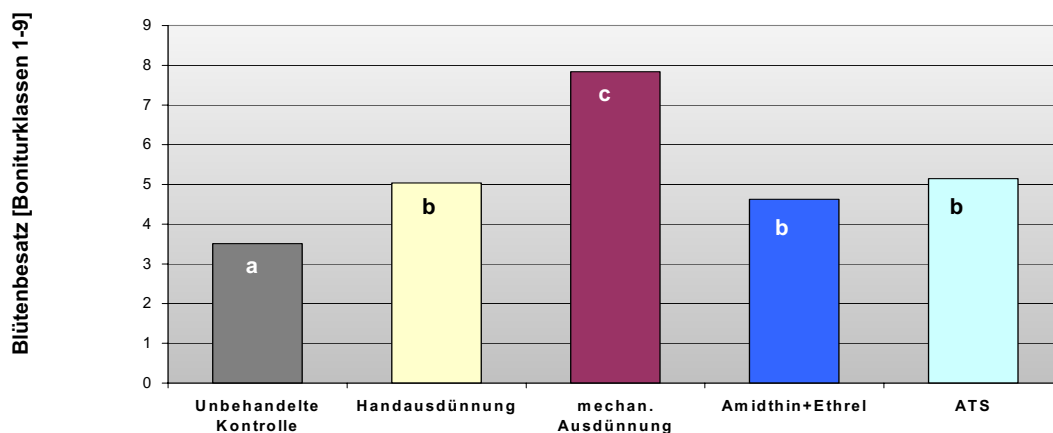


Abb. 15: Einfluss verschiedener Ausdünnungsmaßnahmen auf den Blütenbesatz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', Mai 2001)

3.1.2 Blattdüngung mit Wuxal- und Harnstoff-Lösung

Erträge 2000

Aufgrund des Behandlungsbeginns im Juni 2000 konnte ein Einfluss der Blattdüngergaben auf die Fruchtzahl pro Baum ausgeschlossen und auf diese Bonitur verzichtet werden.

Erträge 2001

Die viermalige Behandlung der Bäume mit Harnstoff erhöhte den Fruchtansatz signifikant im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle im Folgejahr der Behandlungen. Dieses Ergebnis bestätigte die durchgeführten Knospenuntersuchungen und die Blütenbonitur (Abb. 30, 31 und 33). Die statistisch abgesicherte Reduktion des Fruchtansatzes durch die Wuxal-Blattdüngung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle konnte bei den vorhergehenden Untersuchungen zur Blütenknospenqualität und zur Blühintensität nicht beobachtet werden (Abb. 16).

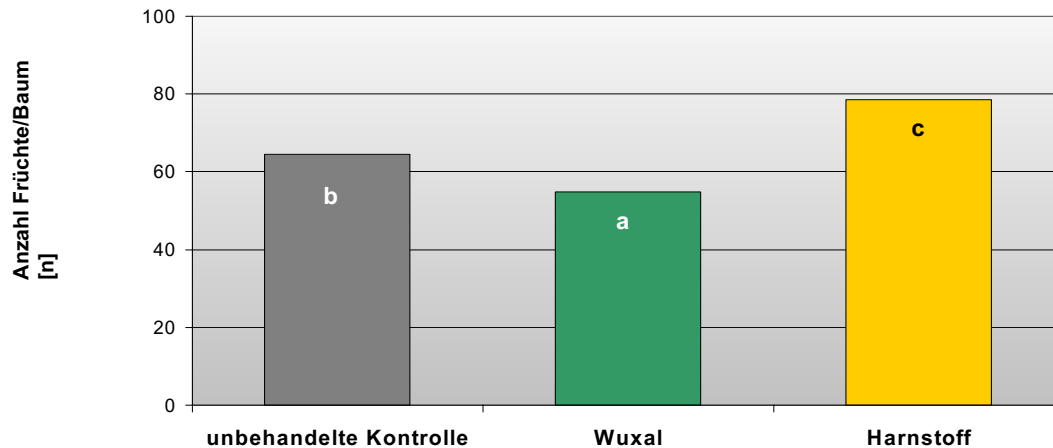


Abb. 16: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf die Anzahl Früchte pro Baum (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', Juni 2001)

Mineralstoffanalyse der Blätter

Die Mineralstoffanalyse der im September entnommenen Blattproben ergab, dass der Stickstoffgehalt durch die Behandlung der Bäume mit Wuxal im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und der Harnstoff-Variante signifikant verringert wurde (Abb. 17). Der leichte Kalium-Mangel der unbehandelten Kontrolle konnte durch die Harnstoff-Gaben behoben werden, da durch diese Behandlungen der Grenzwert von 1,10% überschritten wurde und ein signifikanter Unterschied zur unbehandelten Kontrolle und zur Wuxal-Variante vorliegt (Abb. 18). Weder Magnesium- noch Calciumgehalte der Blätter wurden durch die Applikationen der Blattdünger verändert (Abb. 19 und 20).

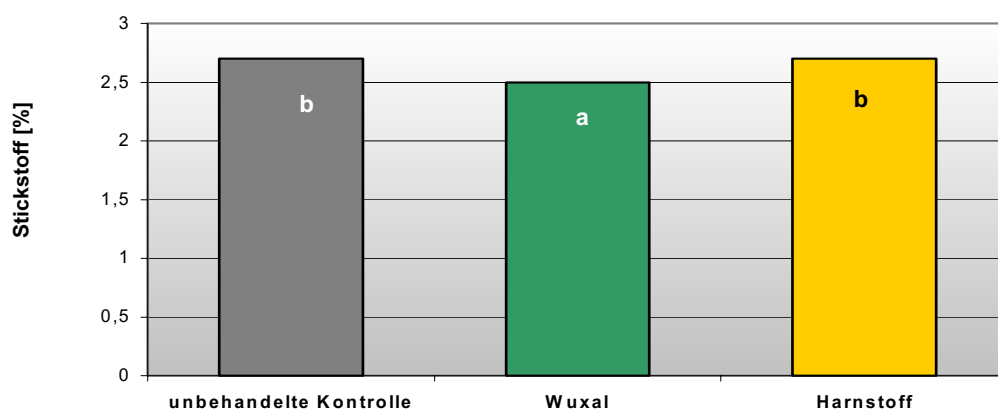


Abb. 17: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Stickstoffgehalt der Blatttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

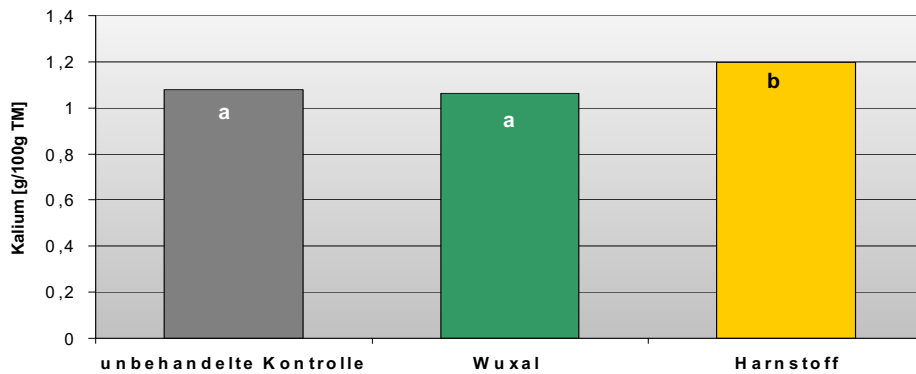


Abb. 18: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Kaliumgehalt der Blattdrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000; Mangel < 1,10% / Überversorgung > 1,40%)

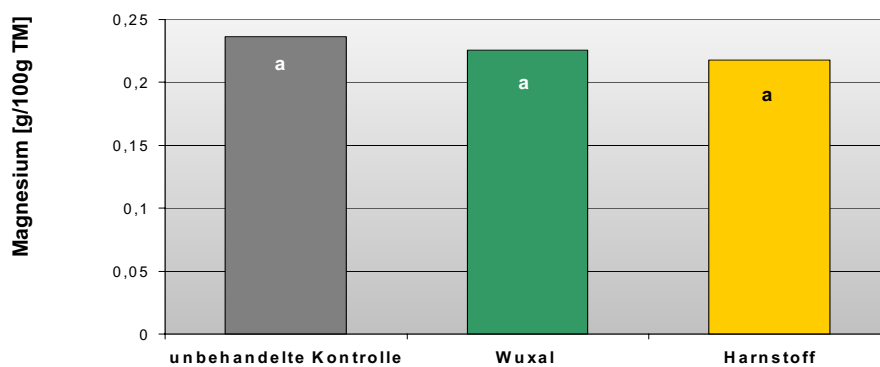


Abb. 19: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Magnesiumgehalt der Blattdrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000; Mangel < 0,20%)

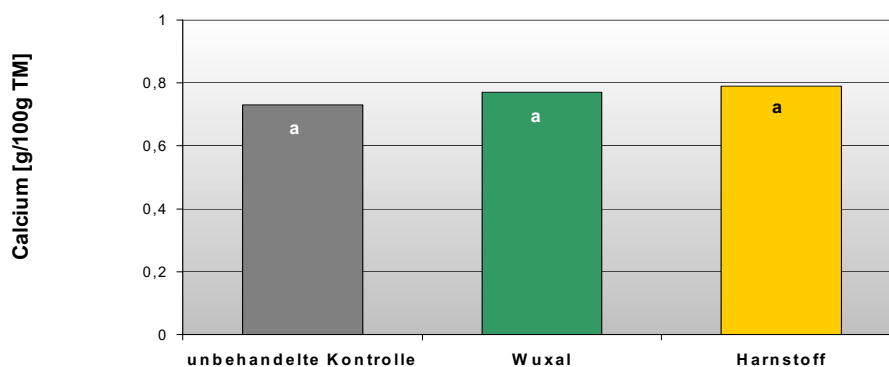


Abb. 20: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Calciumgehalt der Blattdrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Mineralstoffanalyse der Früchte

Die Probenahme für die Mineralstoffanalyse der Früchte erfolgte im September 2000. Magnesium- und Kaliumgehalte wurden weder durch Harnstoff noch durch Wuxal beeinflusst (Abb. 21 und 22). Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle verringerten die beiden Blattdünger den Calciumgehalt der Früchte signifikant (Abb. 23). Durch Kalkulation des Stippequotienten auf der Basis dieser Ergebnisse wird die Gefahr des Fruchtbefalls mit Stippe durch relativen Calcium-Mangel während der Lagerung ermittelt. Das Risiko nimmt durch Behandlung der Bäume mit Harnstoff im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant zu (Abb. 24). Alle Früchte dieses Versuches wurden durch Hagelschlag stark beschädigt, weshalb aufgrund erhöhter Fäulnisgefahr auf eine Einlagerung zur Überprüfung der Stippeprognose und einer endgültigen Bewertung der Blattdüngung mit Wuxal und Harnstoff verzichtet werden musste.

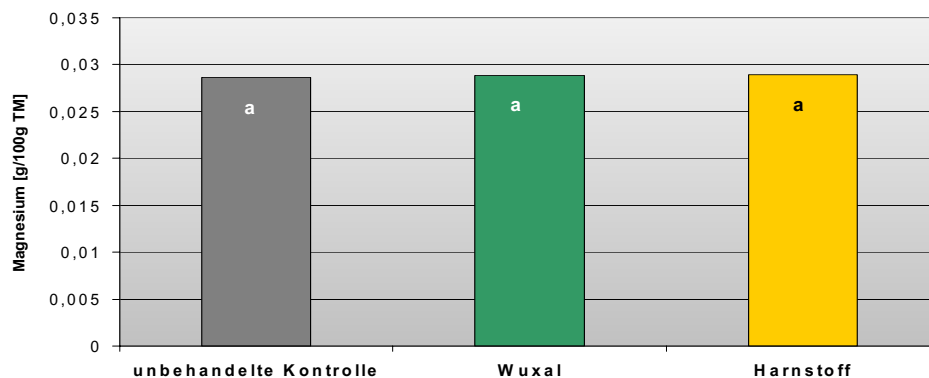


Abb. 21: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Magnesiumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/ M9', September 2000)

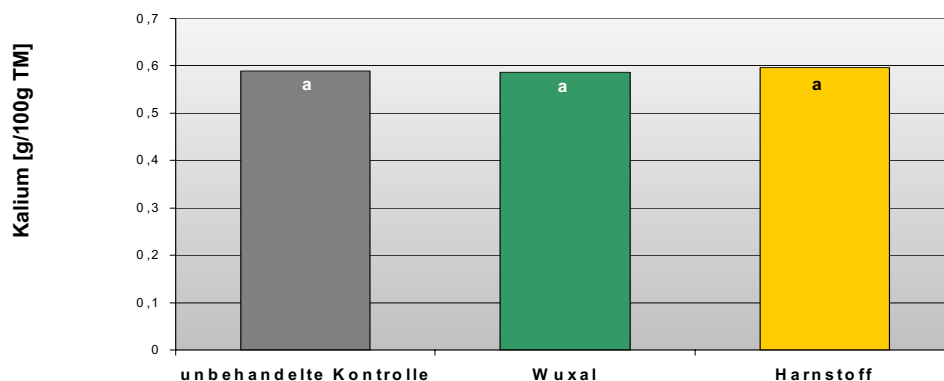


Abb. 22: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Kaliumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

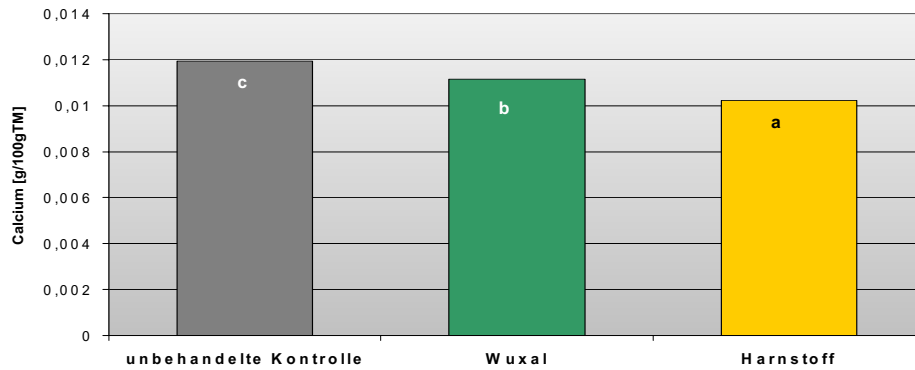


Abb. 23: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Calciumgehalt der Fruchttrockenmasse (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

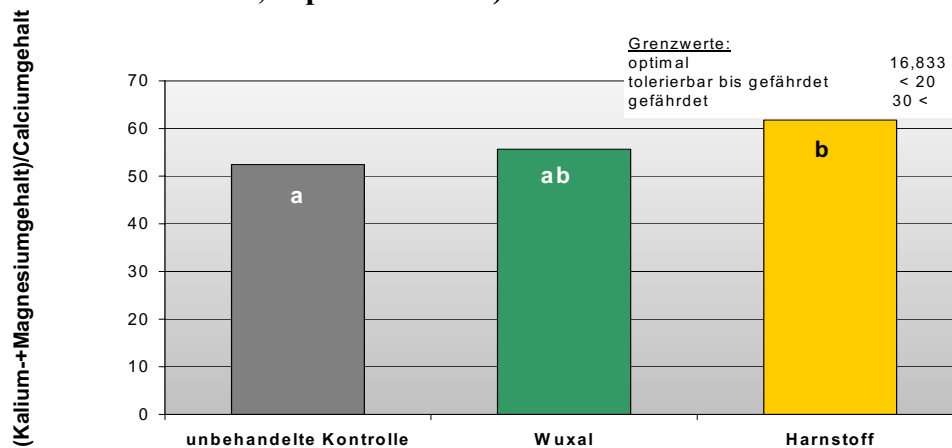


Abb. 24: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Stippequotienten, d.h. die Gefahr der Stippebildung an Früchten (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Fruchtqualität

Die Fruchtqualität wurde weder durch die Wuxal- noch durch die Harnstoffapplikationen beeinflusst (Abb. 25-29).

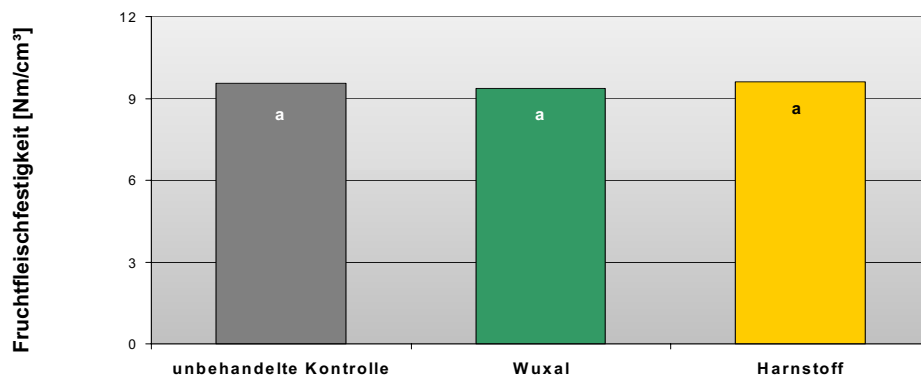


Abb. 25: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf die Fruchtfleischfestigkeit (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Stärkegehalt in Früchten [Boniturklassen 1-10]

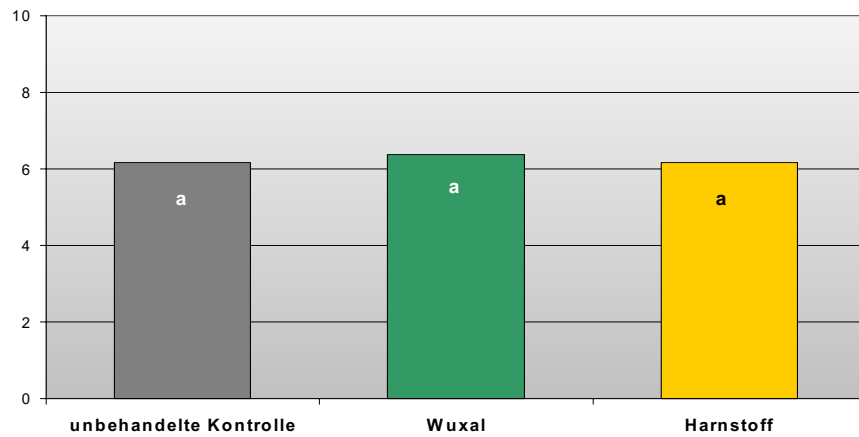


Abb. 26: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Stärkegehalt der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Zucker-/Säuregehalt in Früchten [%]

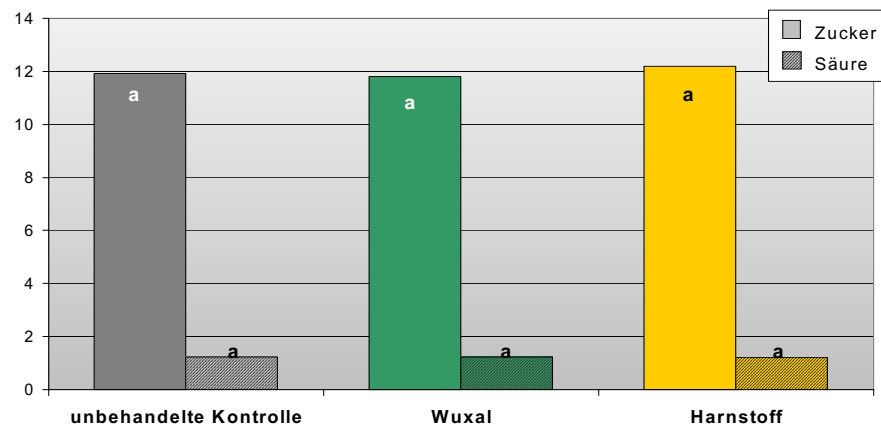


Abb. 27: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf Zucker- und Säuregehalt der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

LAB - Wert

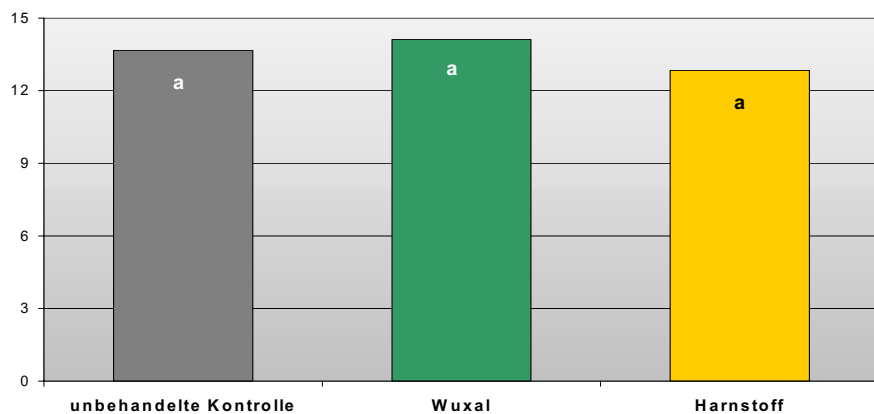


Abb. 28: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf die Rotfärbung der Früchte (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

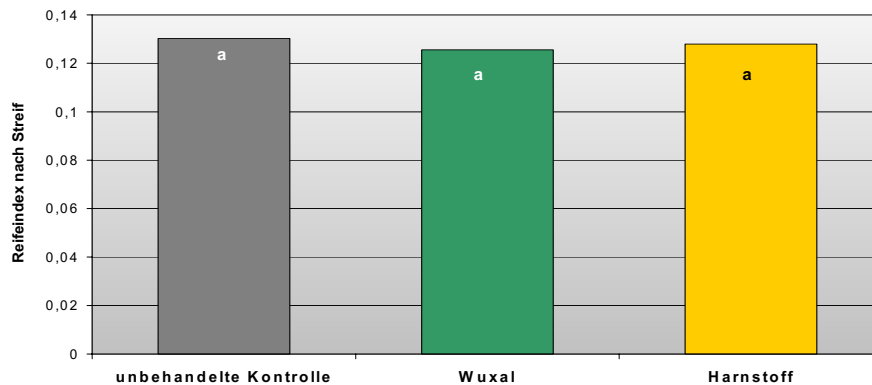


Abb. 29: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Reifeindex nach Streif (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/M9', September 2000)

Knospenqualität

Den Ergebnissen der Knospenqualitätsuntersuchungen zufolge wurde für alle Varianten dieses Versuches im Jahr 2001 nur eine mäßige Blüte erwartet. Der relativ geringe Anteil Blütenknospen Ende November 2000 wurde aber durch die viermalige Blattapplikation von Harnstoff im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle signifikant um 20% erhöht (Abb. 30).

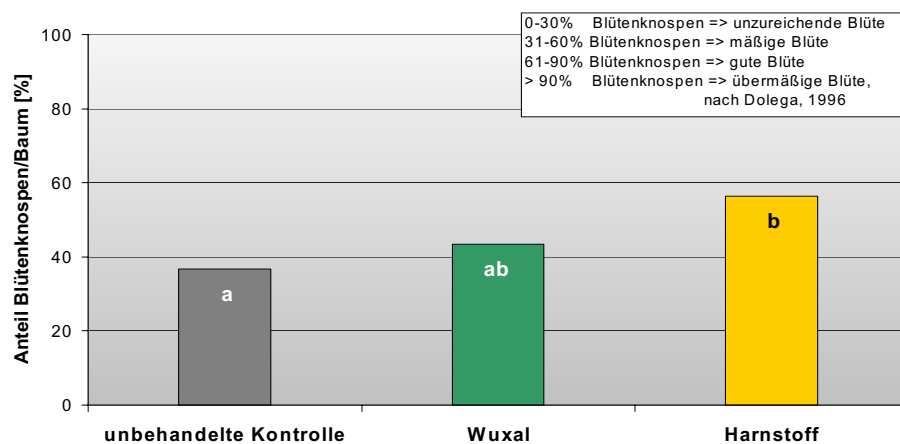


Abb. 30: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Anteil Blütenknospen am zweijährigen Holz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/ M9', November 2000)

Die zweite Bonitur der Blütenknospen im Frühjahr 2001 bestätigte das Ergebnis der ersten Untersuchung im Herbst 2000 (Abb. 31). Die Anzahl Lateralblüten pro Blütenknospe wurde durch die Blattdüngungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nur geringfügig verändert (Abb. 32).

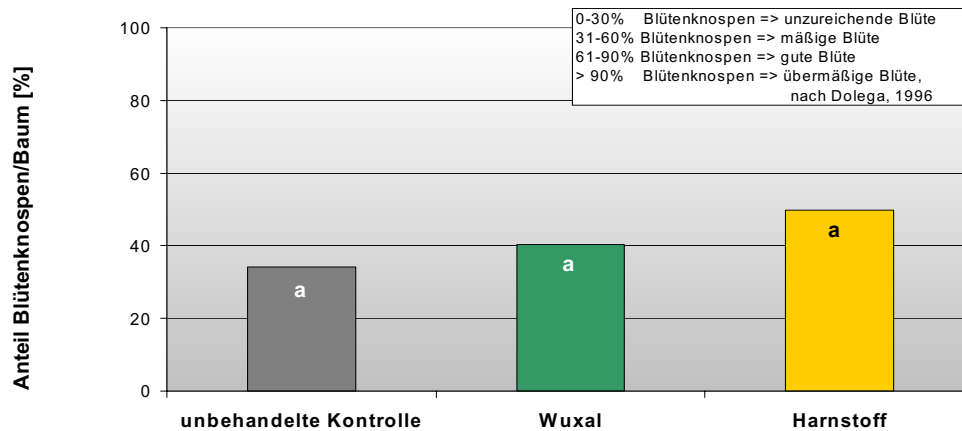


Abb. 31: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Anteil Blütenknospen am zweijährigen Holz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/ M9', Februar 2001)

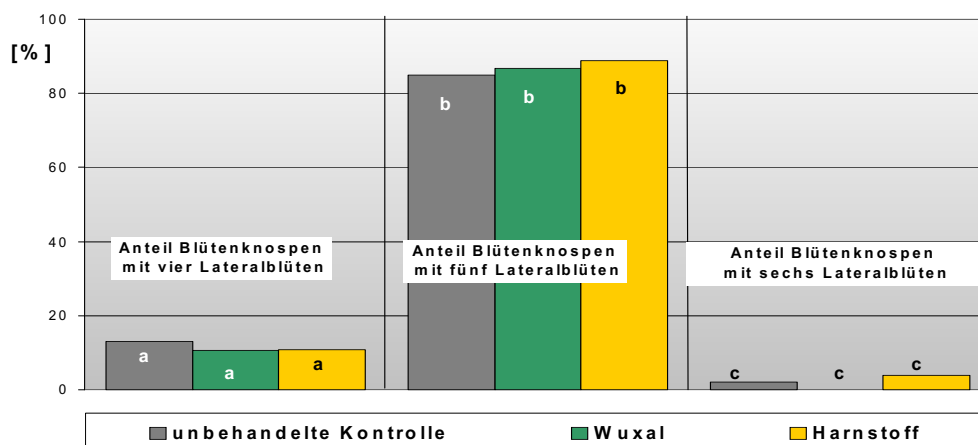


Abb. 32: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Besatz der vorhandenen Blütenknospen am zweijährigen Holz mit Lateralblüten (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/ M9', Februar 2001)

Blütenbonituren

Die Blühintensität wurde im Folgejahr der Behandlungen zur Zeit der Vollblüte (Mai) erfasst. Der Anteil Blütenknospen wurde durch die Harnstoff-Blattbehandlungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant erhöht (Abb. 34). Dieses Ergebnis deutete sich schon in der ersten Knospenqualitätsuntersuchung im Herbst 2000 an (Abb. 31).

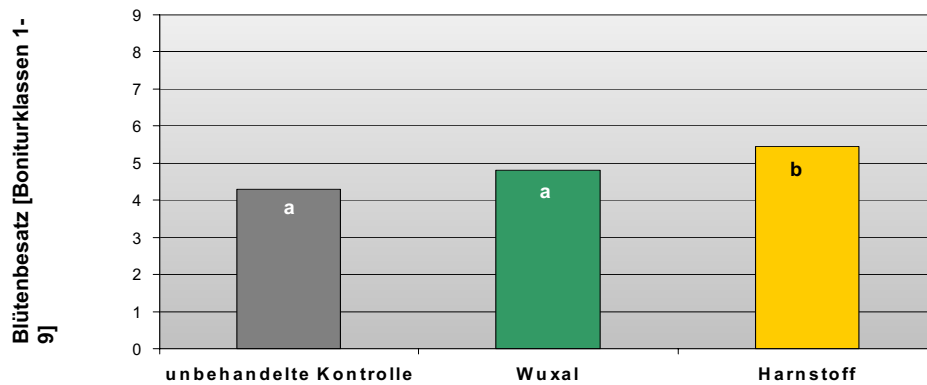


Abb. 33: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Wuxal- und Harnstoff-Lösungen auf den Blütenbesatz (Standort: Klein-Altendorf, 'Braeburn/ M9', Mai 2001)

3.1.3 Organische Blattdüngung mit Vinasse und einem Algenpräparat

Erträge 2000 und 2001

Fruchtbonituren bzw. Erträge konnten aufgrund der Alternanz der Versuchsbäume weder im Behandlungsjahr noch im Folgejahr durchgeführt werden, da die wenigen vorhandenen Früchte vor Versuchsbeginn im Praxisbetrieb entfernt wurden bzw. die Blüte zur Vermeidung erneuter Alternanz im Folgejahr der Behandlungen manuell ausgedünnt wurde.

Mineralstoffanalyse der Blätter

Die Mineralstoffanalyse der Blätter (Probenahme im September 2000) ergab eine grundsätzliche Überversorgung der behandelten und unbehandelten Varianten mit Kalium. Diese Situation wurde durch die Behandlungen nicht verändert (Abb. 34). Obwohl der Stickstoffgehalt durch beide Düngemittel signifikant erhöht wurde, lag zum Zeitpunkt der Probenahme eine Unterversorgung der Blattmasse aller Varianten mit Stickstoff vor (Abb. 35; ANONYM 2000). Calcium- und Magnesiumgehalte der Blätter wurden durch die Blattbehandlungen ebenfalls nicht beeinflusst (Abb. 36 und 37).

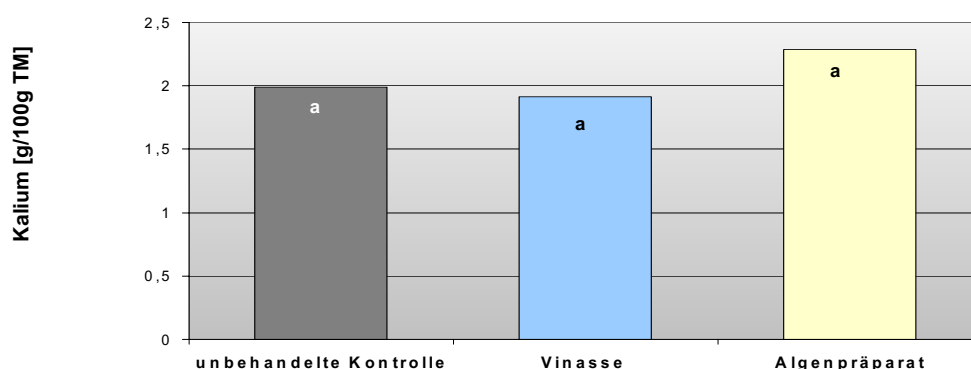


Abb. 34: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Kaliumgehalt der Blatttrockenmasse (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', September 2000; Mangel < 1,10% / Überversorgung > 1,40%)

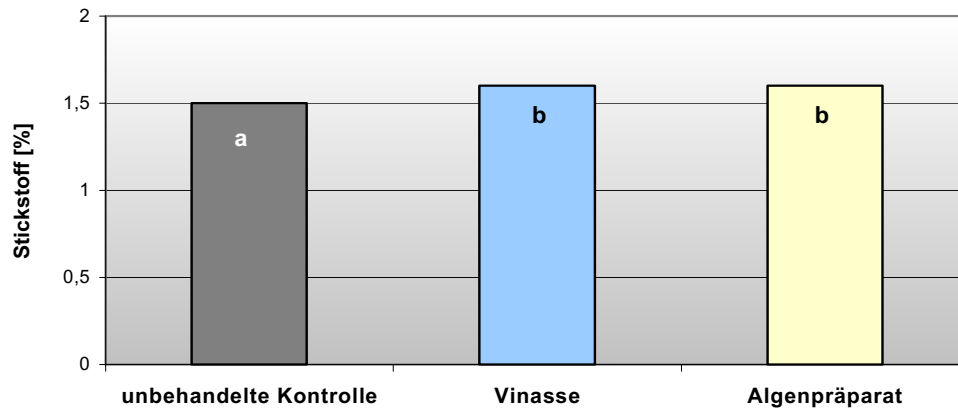


Abb. 35: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Stickstoffgehalt der Blatttrockenmasse (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', September 2000)

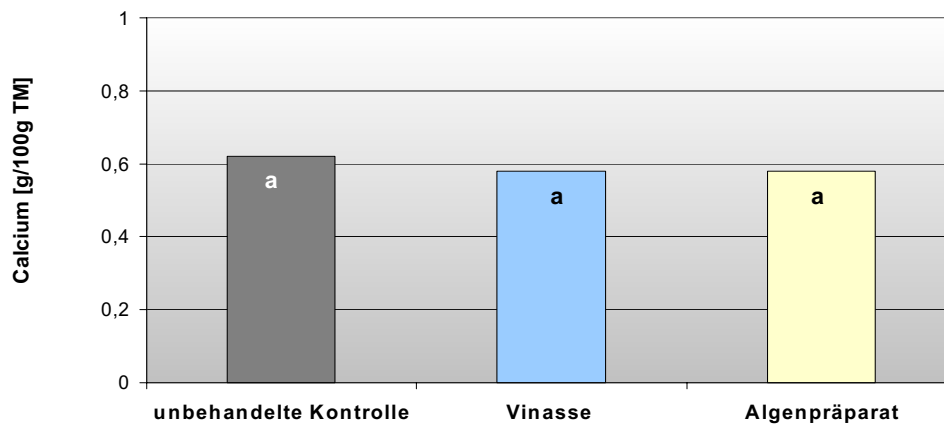


Abb. 36: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Calciumgehalt der Blatttrockenmasse (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', September 2000; Mangel < 0,80%)

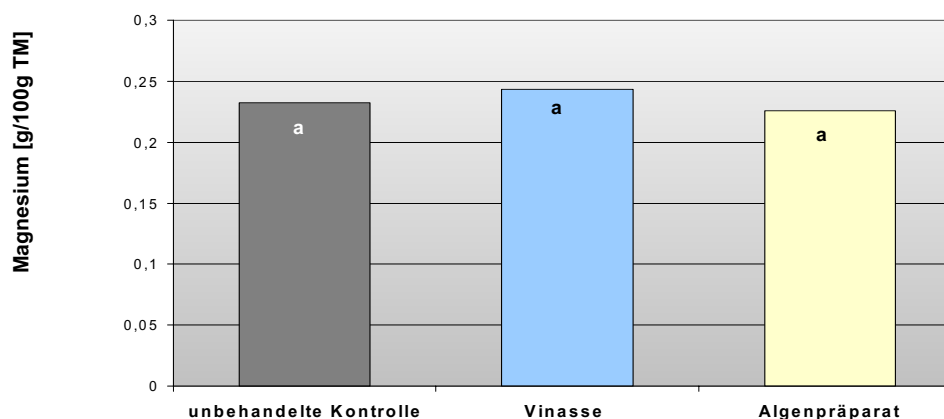


Abb. 37: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Magnesiumgehalt der Blatttrockenmasse (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', September 2000; Mangel < 0,20%)

Knospenqualität

Der Anteil Blütenknospen am mehrjährigen Holz wurde im Behandlungs- sowie im Folgejahr weder durch die Applikation von Vinasse noch durch die des Algenpräparates der Fa. AGLUKON verändert (Abb. 38 und 39). Aufgrund der erwähnten Alternanz und des fehlenden Fruchtansatzes konnte sowohl vor Winter als auch nach der Winterruhe ein guter bis übermäßiger Anteil Blütenknospen in den Proben bonitiert werden. Durch verstärkte Triebbildung der Versuchsbäume befanden sich aber insgesamt nur wenige Knospen am mehrjährigen Holz, so dass keine übermäßige Blüte für das Folgejahr der Behandlungen prognostiziert werden konnte.

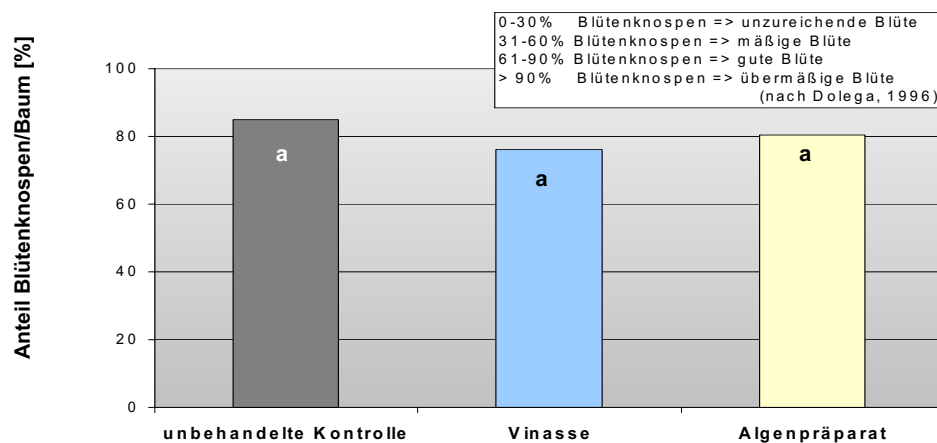


Abb. 38: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Anteil Blütenknospen am mehrjährigen Holz (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', Dezember 2000)

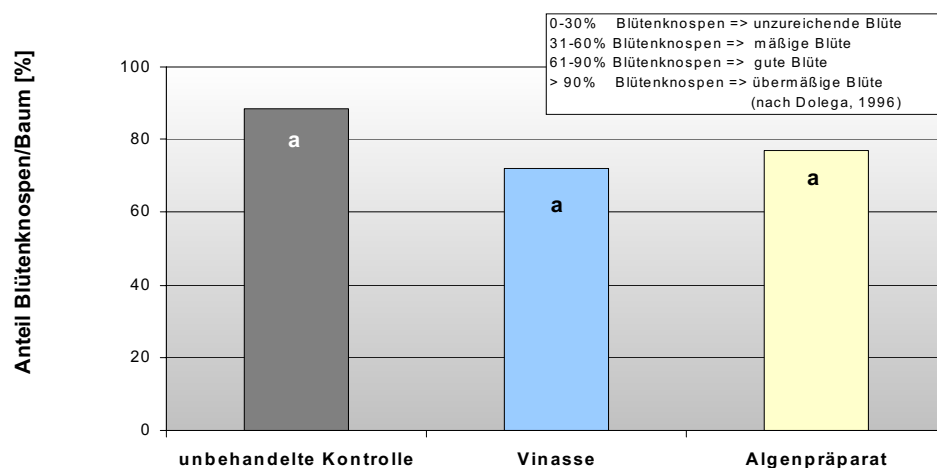


Abb. 39: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Anteil Blütenknospen am mehrjährigen Holz (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', Februar 2001)

Der Besatz der vorhandenen Blütenknospen mit Lateralblüten wurde durch die ausgewählten organischen Blattdünger nicht verändert (Abb. 40).

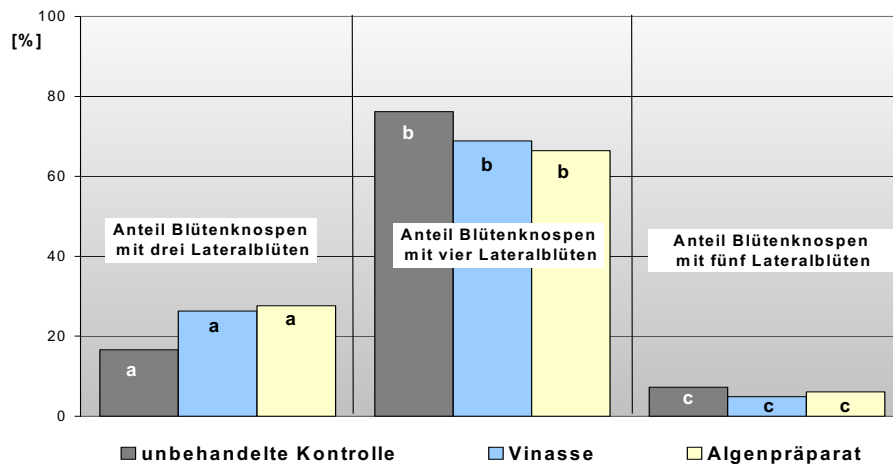


Abb. 40: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Besatz der vorhandenen Blütenknospen am mehrjährigen Holz mit Lateral-blüten (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', Februar 2001)

Blütenbonituren

Die nach den Knospenqualitätsuntersuchungen erwartete gute Blühintensität von 70-80% wurde aufgrund des verstärkten Triebwachstums im Vorjahr nicht erreicht, da insgesamt nur wenige Knospen am mehrjährigen Holz gebildet wurden. Aus diesem Grund enthielten bei der Blütenbonitur zur Zeit der Vollblüte nur bis zu 55% der vorhandenen und geöffneten Knospen Blüten (Abb. 41, 38 und 39).

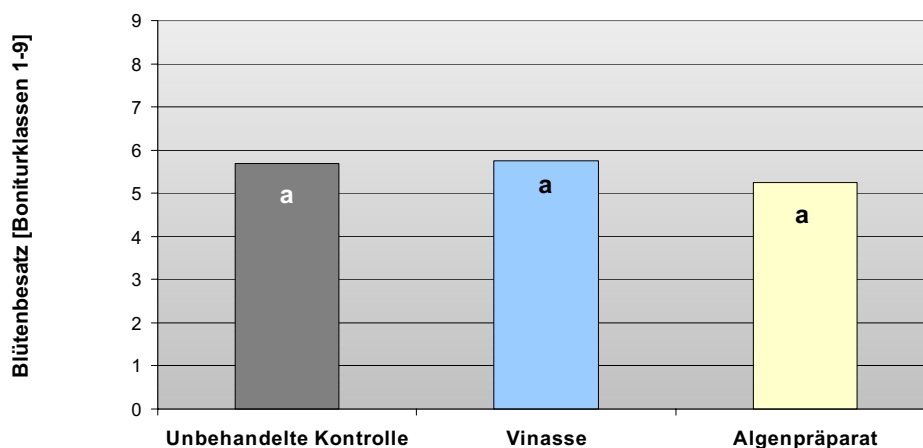
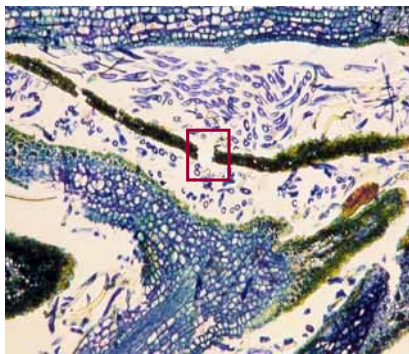


Abb. 41: Einfluss der zur Blattdüngung eingesetzten Vinasse- und Algenpräparat-Lösungen auf den Blütenbesatz (Standort: Praxisbetrieb, 'Elstar/M9', Mai 2001)

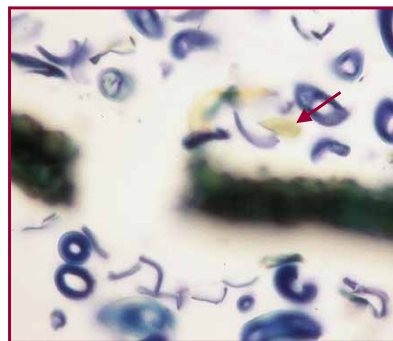
3.2 Überwinterung von *Venturia inaequalis*-Konidien

3.2.1 Untersuchungen zum Befall von Apfelknospen mit *Venturia inaequalis*

Lichtmikroskopische Untersuchungen des Befalls von Knospen mit *Venturia inaequalis* zeigten, dass Konidien des Apfelschorfs auch im Inneren sich entwickelnder Knospen zu finden sind (Abb. 42). Konidien im Meristembereich der Knospen wurden nur selten festgestellt. Bei der Bestimmung des Knospenbefalls mittels Polymerasekettenreaktion (PCR) trat ein methodisches Problem auf. Außen an Knospen anhaftende Konidien und Myzel konnten nicht vollständig entfernt werden, so dass auch deren DNA nachgewiesen wurde und keine zuverlässigen Aussagen zum Auftreten von Konidien im Knospeninneren gemacht werden konnten. Das Vorhandensein von außen an Knospen und Zweigen anhaftenden Konidien im Winter wurde sehr viel häufiger beobachtet, weshalb ihnen eine größere Bedeutung bei der Primärinokulumbildung zugesprochen werden muss (Abb. 44 und 45). Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zur Ergänzung der histologischen Untersuchungen bestätigten die Bildung von Konidien am Holz (Abb. 46 und 47).



100fache Vergrößerung



400fache Vergrößerung
des angegebenen Ausschnittes

Abb. 42: Konidie von *Venturia inaequalis* im Inneren von Apfelknospen (Probenahme: September 2000)



20fache Vergrößerung



50fache Vergrößerung

Abb. 43: Läsionen von *Venturia inaequalis* an Zweigen (Probenahme: Februar 2001)

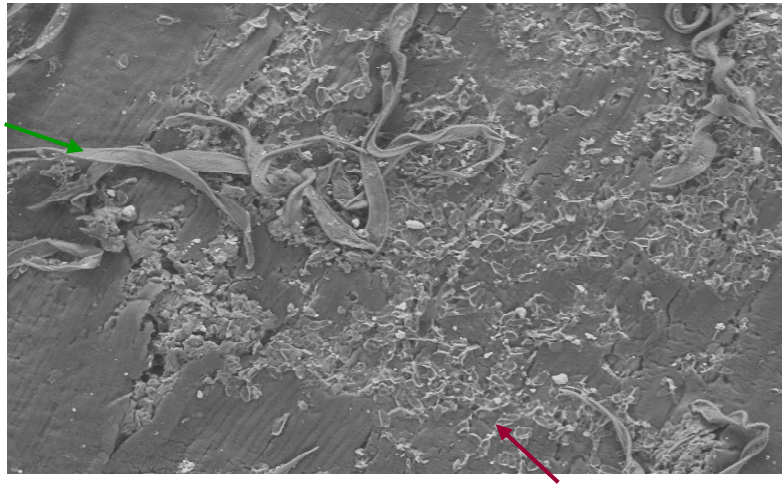
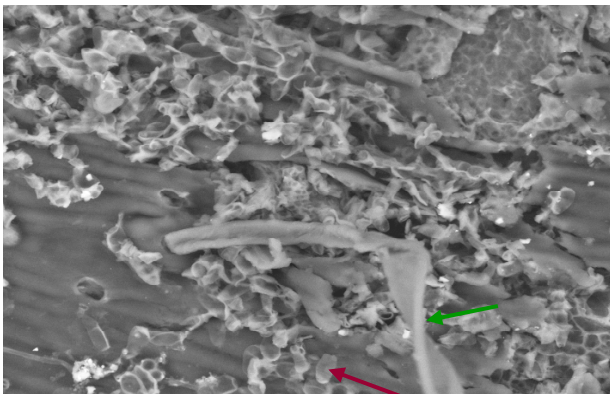
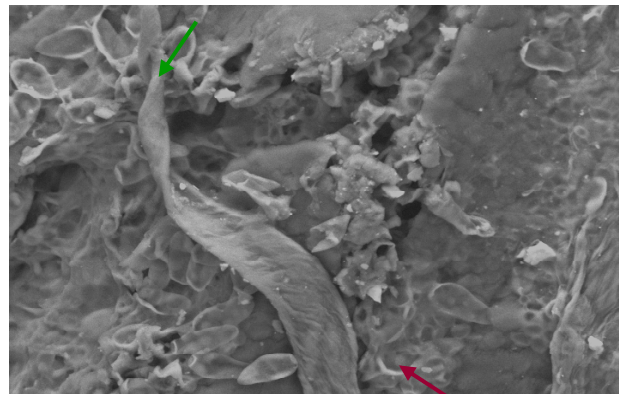


Abb. 44: Läsionen von *Venturia inaequalis* an Zweigen (Probenahme: September 2001, REM-Aufnahme, 199fache Vergrößerung)



545fache Vergrößerung



798fache Vergrößerung

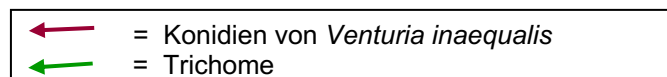


Abb. 45: Läsionen von *Venturia inaequalis* an Zweigen (Probenahme: September 2001, REM-Aufnahmen)

3.2.2 Einfluss niedriger Temperaturen auf die Keimung von *Venturia inaequalis*-Konidien

Die Keimfähigkeit wurde durch die niedrigere Inkubationstemperatur von 4°C unabhängig von der Lagerungstemperatur generell um ca. 10% gesenkt (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss der Temperatur auf die Keimung von Konidien von *Venturia inaequalis* (Plattentest, Auswertung 24 h nach Beimpfung, Inkubationstemperatur: 20°C und 4°C)

Variante	Gekeimte Konidien [%]
Inkubationstemperatur 20°C	95 (a)
Inkubationstemperatur 4°C	86 (b)

Konstante Temperaturen

Konstante Temperaturen unter –14°C beeinflussten die Keimfähigkeit der Konidien nur geringfügig. Schwankende Temperaturen zwischen 0 und –5°C reduzierten die Keimfähigkeit von Schorffkonidien innerhalb von drei Wochen um bis zu 50%. Trotzdem lag deren Keimfähigkeit immer noch bei mindestens 40% (Abb. 46 und 47).

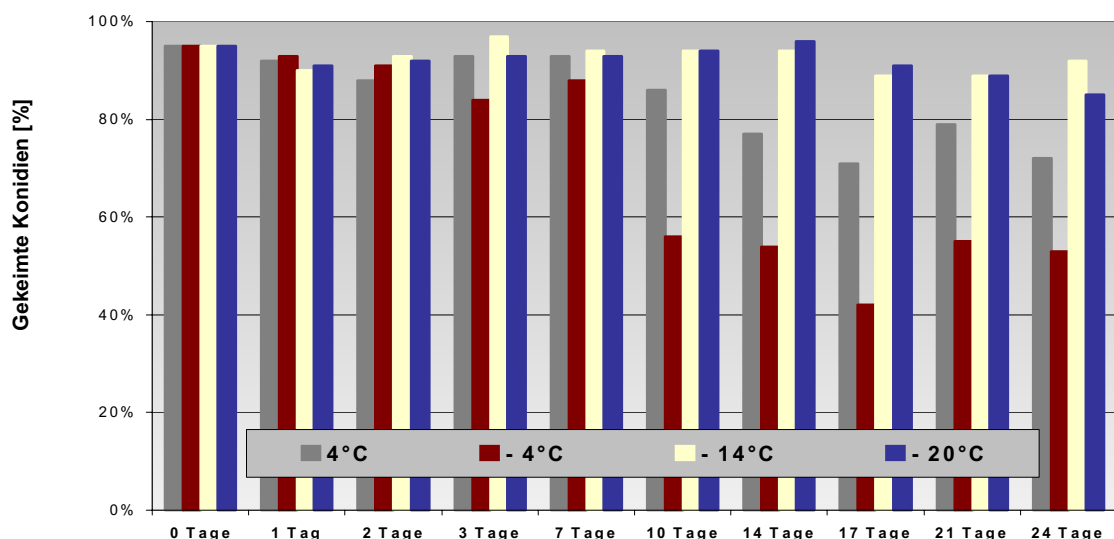


Abb. 46: Einfluss konstanter Lagerungstemperaturen auf die Keimung von Schorffkonidien (befallene Sämlingsblätter von ‚Golden Delicious‘, Keimtest bei 20°C)

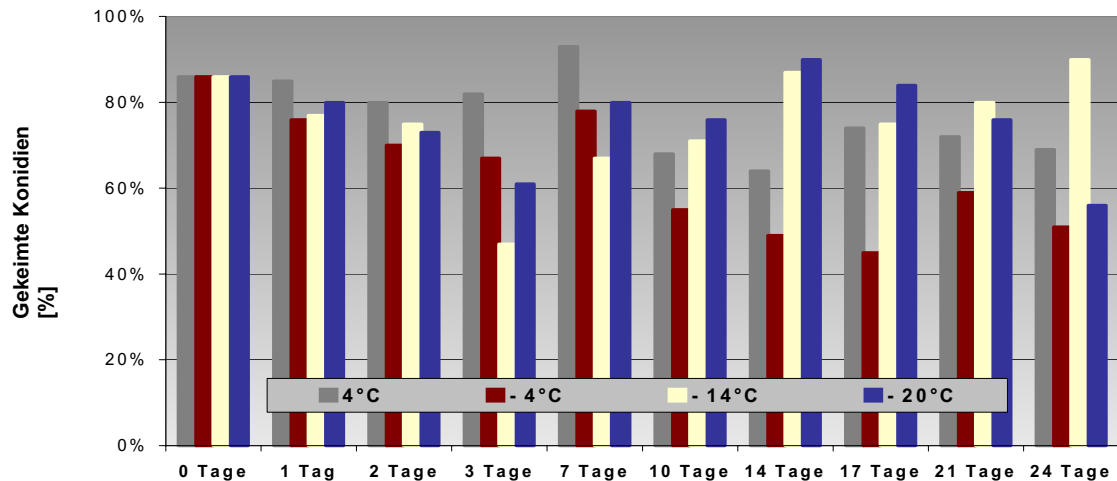


Abb. 47: Einfluss konstanter Lagerungstemperaturen auf die Keimung von Schorffkonidien (befallene Sämlingsblätter von ‚Golden Delicious‘, Keimtest bei 4°C)

Schwankende Temperaturen

Lagertemperaturen, die von 2 bis 6°C schwanken, beeinflussten die Keimrate von Konidien nur geringfügig. Schwankte die Umgebungstemperatur aber um 0°C (+/- 2°C), so fiel die Keimfähigkeit der Konidien im Verlauf einer Woche tendenziell um ca. 10-15%. Dieses Ergebnis war unabhängig von der Inkubationstemperatur der Keimtest-Platten. Schwankungen um -2°C (+/- 2°C) reduzierten die Keimfähigkeit um bis zu 40%, ebenfalls unabhängig von der Inkubationstemperatur. Trotzdem wurde auch nach dem Einfluss schwankender Temperaturen auf die befallenen Sämlingsblätter eine Keimfähigkeit von mindestens 30% selten unterschritten (Abb. 48 und 49).

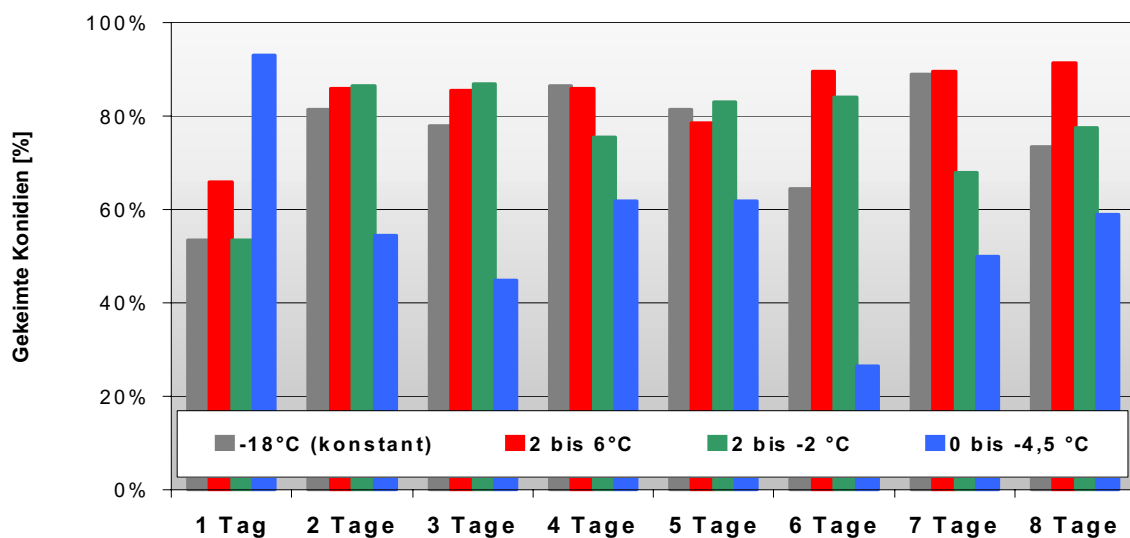


Abb. 48: Einfluss schwankender Lagerungstemperaturen auf die Keimung von Schorffkonidien (befallene Sämlingsblätter von ‚Golden Delicious‘, Keimtest bei 20°C)

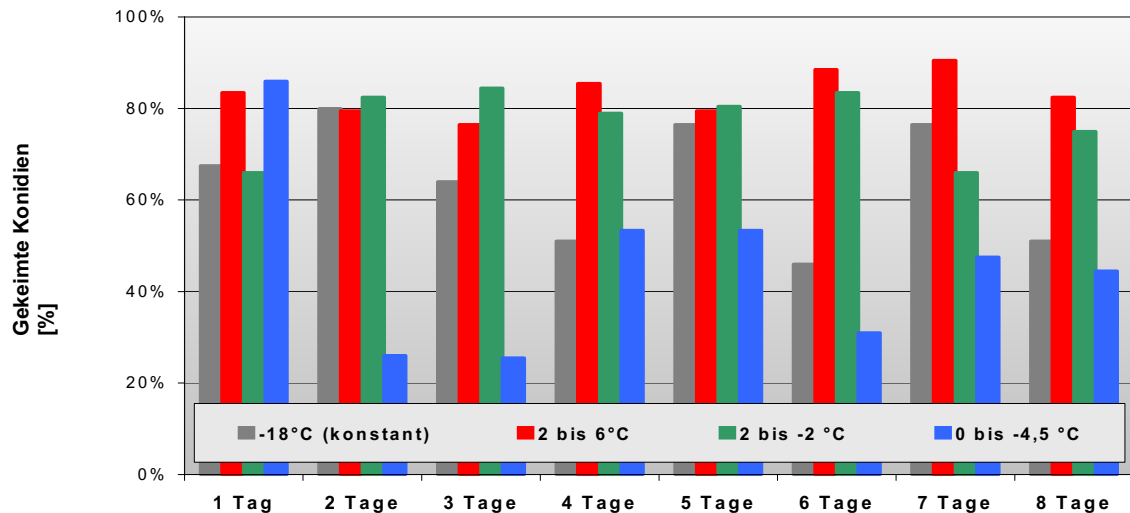


Abb. 49: Einfluss schwankender Lagerungstemperaturen auf die Keimung von Schorffkonidien (befallene Sämlingsblätter von ‚Golden Delicious‘, Keimtest bei 4°C)

3.2.3 Einfluss niedriger Temperaturen auf den Befall von *Venturia inaequalis*

Grundsätzlich wird, wie auch in der Literatur beschrieben, die Ausbildung von Befallssymptomen durch Temperaturen unter 5°C deutlich reduziert. Konidien von *Venturia inaequalis* sind aber nach den vorliegenden Untersuchungen in der Lage, Sämlingsblätter auch bei Temperaturen um 2°C (+/- 2°C) zu infizieren. Die Befallsentwicklung fand unter optimalen Klimabedingungen des Erregers statt (20°C, 70% relative Luftfeuchte) nach zwei Tagen Infektionszeit bei niedrigen Temperaturen und 100% relativer Luftfeuchte. Die befallene Blattfläche pro Blatt wurden aufgrund der niedrigen Temperatur während der Infektionsphase im Vergleich zur Infektion unter optimalen Bedingungen signifikant reduziert (Abb. 50).

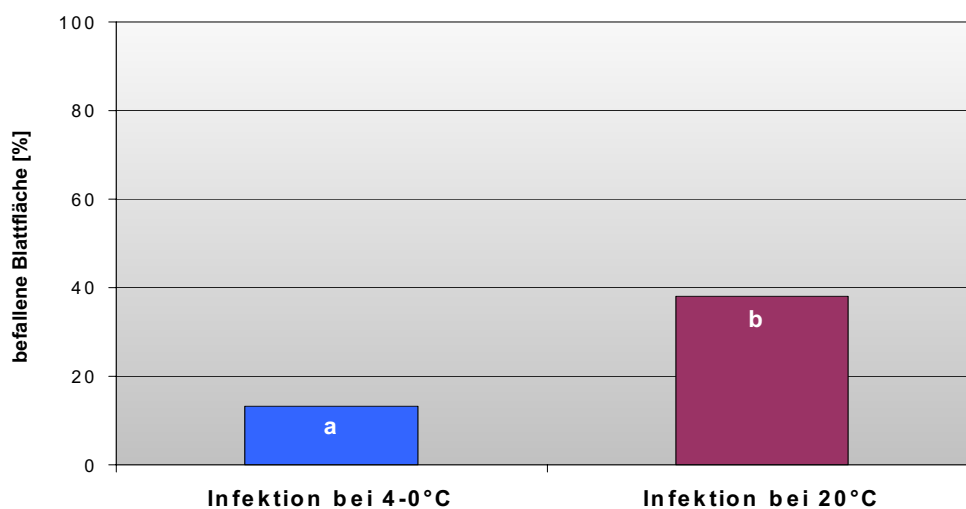


Abb. 50: Einfluss der Temperatur zum Zeitpunkt der Infektion (48h) auf die Befallshöhe des Apfelschorfs an Sämlingen der Sorte ‚Golden Delicious‘ (20°C, 70% relative Luftfeuchte)

3.2.4 Unterschiede in der Infektionseffizienz von Sommersporen (Konidien) und Ascosporen

Die Keimrate von Ascosporen und Konidien unterschied sich nach 24 Stunden Inkubationszeit bei 20°C und 100% relativer Luftfeuchte nicht (Tab. 2).

Tab. 2: Keimraten von Konidien im Vergleich zur Keimrate von Ascosporen (Plattentest, Bonitur 24 h nach Beimpfung, Inkubation bei 20°C und 100% relativer Luftfeuchte)

<i>Variante</i>	<i>Gekeimte Konidien [%]</i>
Ascosporen	93,5
Konidien	93

Auch die Symptomausprägung des Apfelschorfs auf mit Konidien inokulierten Blättern von 'Golden Delicious'-Sämlingen unterschied sich nicht von der Befallsintensität nach Ascosporen-Infektion (Abb. 51).

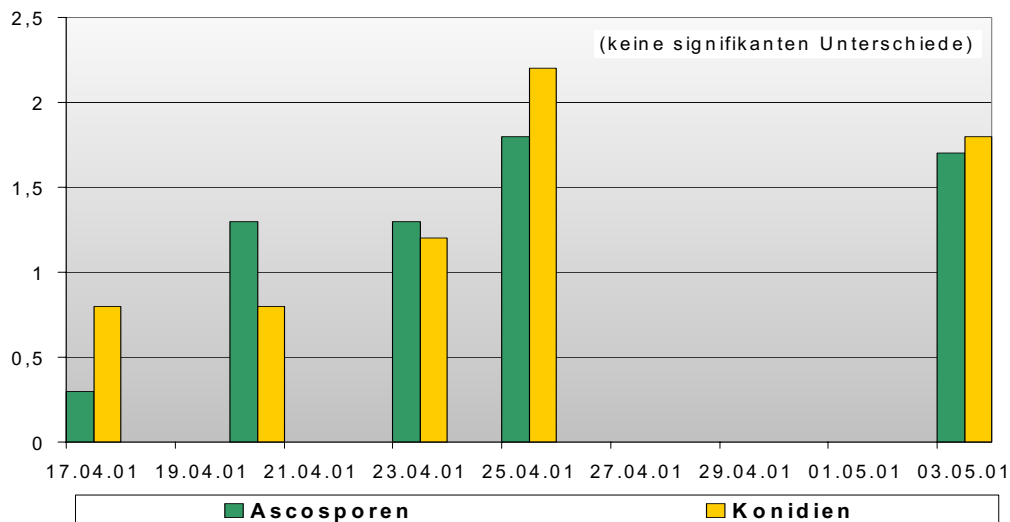


Abb. 51: Einfluss der Sporenform auf die Befallsentwicklung des Apfelschorfs an Sämlingen der Sorte ‚Golden Delicious‘ (20°C, 70% relative Luftfeuchte)

3.3 Untersuchungen zum Einfluss von Blattschorf auf die Blütenknospenentwicklung

Blattbefall mit *Venturia inaequalis* reduziert die Assimilationsfläche des Baumes, wodurch die Konkurrenz der verschiedenen Wachstumsprozesse um Assimilate möglicherweise verstärkt wird. Erste Blütenknospenuntersuchungen stark befallener Bäume im Vergleich zu unbefallenen Bäumen bestätigten diese Vermutung. Der Besatz mit Blütenknospen wurde im Herbst 2000 durch starken Blattbefall von 90% auf 50% reduziert (Tab. 3).

Tab. 3: Einfluss hohen Blattschorf-Befalls auf den Anteil Blütenknospen am mehrjährigen Holz (Standort: Klein-Altendorf, „Gloster/M9“, Dezember 2000)

Variante	Blütenknospen [%]	Blattknospen [%]
Schorf-freie Bäume	98,4 (a)	1,6 (c)
Bäume mit starkem Schorfbefall	51,6 (b)	48,4 (d)

4 Diskussion

Besonders im organischen Erwerbsobstbau ist häufig trotz reicher Blüte anschließend ein unzureichender Fruchtansatz zu beobachten. Dies könnte auf eine verminderte Blütenknospenqualität zurückzuführen sein. Die Blütenknospenentwicklung findet beim Kernobst zeitgleich mit dem Fruchtwachstum, einer verstärkten Triebbildung und starkem Blattmassezuwachs statt (WINTER et al. 1992, FRIEDRICH 1993). Diese fehlende zeitliche Trennung der vegetativen und generativen Wachstumsprozesse kann eine Konkurrenz um Assimilate im Baum hervorrufen. Regulationsmaßnahmen in Form von Blüten- und Fruchtausdünnungen sowie der Einsatz von Blattdüngern sind Möglichkeiten, das notwendige Gleichgewicht im Baum zu stabilisieren und auftretende Mangelsituationen zu mildern. Dadurch wird die regelmäßige Produktivität der Bäume sowie die äußere und innere Fruchtqualität sichergestellt (WERTHEIM 1996). Es gilt, je früher eine Maßnahme durchgeführt wird, desto stärker ist der Effekt. Demnach sind Blütenausdünnungen effektiver als Fruchtausdünnungen zur Sicherung eines gleichmäßigen Fruchtwachstums und einer ausreichenden Blütenknospenentwicklung für das Folgejahr. Von den für dieses Projekt ausgewählten Maßnahmen zur Blütenausdünnung sind die Handausdünnung und die mechanische Ausdünnung auch im organischen Apfelanbau zugelassen. Der Einsatz von Amidthin + Ethrel sowie Ammoniumhiosulfat muss auf die integrierte Produktion beschränkt bleiben.

Durch das vollständige Entfernen aller Blüten und Früchte einer Baumhälfte erzielte die mechanische Ausdünnung die deutlichste Wirkung, da hier auch die stärkste Ausdünnung stattfand. In der Literatur wird als Folge einseitiger Fruchtentfernung eine Umverteilung der Nährstoffe von der nicht tragenden zur tragenden Seite beschrieben. Den verbleibenden Früchten stehen demnach ausreichend Assimilate zur Verfügung, so dass keine Konkurrenz zwischen wachsenden Früchten und sich entwickelnden Blütenknospen entstehen kann (SCHUMACHER et al. 1993). Alle Früchte der mechanischen Ausdünnungsvariante wiesen eine deutliche Minderung des relativen Calciumgehaltes auf. Die Einlagerung von Calcium in die Frucht wird durch ein sehr komplexes System der Aufnahme, des Transportes, der Verteilung und des Verbrauches reguliert (HIMELRICK und MCDUFFIE 1983). Die Aufnahme sowie der Transport sind aufgrund der Phloemimmobilität des Calciums vom Transpirationsfluss und besonders von der Transpirationsrate abhängig (HILL 1980). Aus diesem Grund ist die Aufnahme des Calciums in die Früchte nur gewährleistet, wenn ein ausreichender Transpirationsstrom vorhanden ist (WINTER et al. 1993). Als Folge der mechanischen Ausdünnung mittels Ausdünnmaschine wurden zahlreiche Blätter und Triebe verletzt oder gänzlich zerstört, so dass die behandelte Baumseite zur Zeit der Einlagerung des Calciums in die jungen Früchte ein verstärktes Blatt- und Triebwachstum aufwies. Durch

starke Förderung des vegetativen Wachstums, wie es z.B. auch nach erhöhter Stickstoffdüngung zu beobachten ist, wird die Einlagerung von Calcium aufgrund einer Verschiebung des Sink-Source-Verhältnisses im Baum deutlich reduziert (SHEAR 1980). Hinzu kommt, dass Früchte zu den wenig transpirierenden Organen eines Apfelbaumes gehören und aus diesem Grund im Verlauf des Fruchtwachstums wenig Calcium in die Frucht gelangt (PALZKILL et al. 1976, SCHUMACHER et al. 1980). Der höhere Anteil größerer Früchte pro Baum als Folge der verschiedenen Ausdünnungsmaßnahmen und der damit verbundene Verdünnungseffekt des Fruchtcalciumgehaltes während des Fruchtwachstums sollten als weitere Möglichkeit der Erklärung für das gesteigerte Stippenrisiko hinzugezogen werden. Der beobachtete Calcium-Mangel der Früchte der ausgedünnten Bäume widerlegt die Angaben in die Untersuchungsergebnisse von SCHUMACHER und STADLER (1991). Diese Arbeitsgruppe entfernte die Früchte manuell, so dass eine Schädigung der Blattmasse ausgeschlossen wurde und keine Konkurrenz aufgrund verstärkter Blattneubildung die Umverteilung der Nährstoffe, besonders des Calciums, stören konnte. Blattdüngungen können diese Mangelercheinung aufgrund der zu diesem Zeitpunkt geringen Blattoberfläche vermutlich nicht ausreichend beheben.

Das Ertragsniveau im Behandlungsjahr wurde durch die hohe Ausdünnungsintensität der Maschine weit unter das ökonomisch notwendige Mass gesenkt und das Risiko einer Alternanz im Folgejahr deutlich gesteigert. Im Folgejahr der Behandlung konnte ein sehr hoher Blüten- und Fruchtansatz bonitiert werden, der eine erneute Ausdünnung notwendig macht. Durch eine Minderung der Ausdünnungsintensität besteht die Möglichkeit, Ertragsverluste und Alternanzgefahr evtl. soweit zu mindern, dass eine erfolgreiche Nutzung der Ausdünnungsmaschine für die Praxis möglich wird. Durch die beiden chemischen Behandlungen wurden die Blüten auf die gewünschte Anzahl von durchschnittlich 60 entstehenden Früchten pro Baum reduziert. Der Fruchtansatz im Folgejahr wurde im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle geringfügig erhöht, erreichte aber trotz des Hagelereignisses im Juli 2000 das für die sechsjährigen Versuchsbäume minimal notwendige Ertragsniveau von 50 Früchten pro Baum. Die beobachteten Ertragsschwankungen sind entweder Folge einer zu starken Minderung des Fruchtansatzes durch die beiden chemischen Ausdünnungsmaßnahmen oder auf eine zu starke Reduktion der Assimilationsfläche durch das Hagelereignis im Juli 2000 zurückzuführen, weshalb die Versorgung von Früchten und neuer Blattmasse sowie die gleichzeitige Entwicklung einer ausreichenden Anzahl generativer Knospen nicht sichergestellt werden konnte. Trotzdem bestätigen die Ergebnisse die Angaben in der Literatur bezüglich der recht zuverlässigen Wirkung von Amidthin- und Ammoniumthiosulfat-Präparaten zur Blütenausdünnung (NOGA und ENGEL 1986, KOEKEN 1998, HILBERS und CLEVER 1999, BUKOVAC et al. 2000). Die Handausdünnung erzielte mit den beiden chemischen Ausdünnungen vergleichbare

Ergebnisse, ist aber aufgrund der Handarbeit zu zeit- und personalintensiv. Diese Form der Fruchtausdünnung stellt allerdings zur Zeit eine der wenigen zuverlässigen und zugelassenen Methoden für den organischen Anbau dar und wird als Ergänzung der anderen Verfahren und zur frühzeitigen Entfernung beschädigter Früchte auch im integrierten Anbau notwendig und sinnvoll bleiben.

Zur Behebung eines Nährstoffmangels, welcher aufgrund der oben beschriebenen Konkurrenz zwischen vegetativem und generativem Wachstum entstehen kann, erscheint der Einsatz von Blattdüngern sinnvoll, um eine ausreichende Blütenknospendifferenzierung sicherzustellen. Aus diesem Grund wurden mit Harnstoff und Wuxal zwei Dünger der integrierten Produktion und mit Vinasse und einem Algenpräparat zwei Produkte für den organischen Apfelanbau ausgewählt und deren Einfluss auf die Blütenknospenentwicklung untersucht.

Die Deutung der Ergebnisse des Versuches zur Einflussnahme von Harnstoff und Wuxal als Blattdünger in der integrierten Produktion ist aufgrund eines extremen Hagelereignisses im Jahr 2000 schwierig. Blattflächen und Früchte wurden durch die Hagelkörner z.T. stark verletzt und deutlich reduziert. Der bessere Blütenknospenbesatz und Fruchtansatz der Harnstoff-Variante im Folgejahr der Behandlungen kann auf eine schnelle und hohe Aufnahme des Stickstoffs über das Blatt aufgrund der Amid-Form dieses Stickstoff-Düngers zurückgeführt werden (FRIEDRICH 1993). So standen mehr Assimilate zur Verfügung, weshalb die Konkurrenz zwischen der Neubildung von zerstörter Blattfläche, dem Fruchtwachstum und der Blütenknospendifferenzierung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle geringer ausfiel. Den Ergebnissen zufolge könnte Alternanz, welche durch negative Witterungseinflüsse bzw. Reduktion von Blattflächen und Schädigung von Früchten entstehen kann, durch eine viermalige Blattdüngung mit Harnstoff bzw. einem anderen, schnell wirkenden Stickstoffdünger gemildert werden.

Die Behandlung von Bäumen mit den beiden ökologischen Düngemitteln erzielte in der vorliegenden Versuchsanstellung keine Verbesserung der Ernährungssituation der Blätter und/oder keine Optimierung der Blütenknospendifferenzierung. Zwei Behandlungen während der Vegetationsperiode reichten nicht aus, um die durch fehlenden Fruchtbehang sehr triebigen Bäume ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen. Durch das Fehlen der Früchte als Folge einer vor Versuchsbeginn entstandenen Alternanz wurde die Konkurrenzsituation zwischen wachsenden Früchten und sich entwickelnden Blütenknospen vollständig ausgeschaltet. Aufgrund des vorhandenen Nährstoffdefizits, welches durch die Ergebnisse der Blattanalysen ermittelt wurde, konnte die Konkurrenz zwischen Triebwachstum und

Knospenbildung auch nach Applikation der beiden Düngemittel nicht gemindert werden, so dass insgesamt nur wenige Blatt- und Blütenknospen am mehrjährigen Holz entstanden. Die vorhandenen Knospen differenzierten sich unabhängig von den Blattdüngungen aber größtenteils zu Blütenknospen. Die beschriebene Situation einer geringen Knospenanzahl am mehrjährigen Holz kombiniert mit einem hohen Blütenknospenanteil soll als Erklärung für den Widerspruch zwischen Knospenuntersuchungen und Blütenbonitur dienen. Um die Wirkung der beiden Blattbehandlungsmittel erneut zu überprüfen, müsste der Versuch mit nicht alternierenden Bäumen wiederholt und eine Erhöhung der Anzahl an Behandlungen gewählt werden.

Das Vorkommen von Konidien von *Venturia inaequalis* in sich entwickelnden Blatt- und Blütenknospen konnte aufgrund der durchgeführten lichtmikroskopischen Untersuchungen bestätigt werden. Durch den Verzicht auf das Anschneiden der Knospen vor der Einbettung in Kunststoff wurde ein möglicher Eintrag während der Präparation ausgeschlossen. So konnten die Beobachtungen von BECKER et al. (1992) ohne die Gefahr einer Verunreinigung des Knospeninneren durch Eintrag außen anhaftender Sporen des Apfelschorfs auch für den rheinischen Obstanbau bestätigt werden. Im Meristembereich der Apfelknospen treten Konidien unseren Beobachtungen zufolge selten auf. Regelmäßig konnten Konidien des Apfelschorfs auch in größeren Mengen sowohl im Sommer wie im Herbst und im darauffolgenden Frühjahr außen anhaftend an Holz (Trieben) und Knospenschuppen nachgewiesen werden. Demnach kann das von KENNEL et al. (1981) beschriebene Phänomen des superfiziellen Schorfs und der von anderen Arbeitsgruppen untersuchte Holzschorf für den rheinischen Apfelanbau bestätigt werden (KENNEL et al. 1983, KENNEL 1981, MOOSHERR 1990, HILL 1975, IVANICKA et al. 1996, STENSVAND et al. 1996).

Versuche unter kontrollierten Bedingungen zeigten, dass Konidien von *Venturia inaequalis* bei niedrigen Temperaturen (4°C) keimen und mehrmalige Temperaturschwankungen um 0°C mit nur geringen Einbußen ihrer Keimfähigkeit überstehen können. Ebenso wurde gezeigt, dass Konidien bei Temperaturen um 2°C (+/- 2°C) Apfelblätter infizieren können. Diese Ergebnisse ergänzen und bestätigen die Veröffentlichungen von STENSVAND et al. (1996), TURNER et al. (1986) und DORAN (1922), welche Untersuchungen zur Keimung und Infektion von *Venturia inaequalis* bis 3°C beschreiben. Grundsätzlich ist die Keimung von Konidien in geringem Umfang und einer deutlichen Verlangsamung des Keimschlauchwachstums auch bei 0°C möglich (LOUW 1948). Aufgrund dieser Ergebnisse und der eigenen Beobachtungen zur Epidemiologie des Erregers ist eine Überwinterung außen anhaftender Konidien im Baum unter den vorherrschenden Witterungsbedingungen im

Rheinland grundsätzlich möglich. Als Voraussetzung hierfür muss ein ausreichend hoher Befall im Herbst gegeben sein oder ein später bzw. fehlender Triebabschluss die Entwicklung von Myzel an der Triebspitze fördern, weshalb ausreichend Inokulum zurückbleibt (MACHARDY 1996, MOOSHERR 1990). Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass Konidien von *Venturia inaequalis* das vorhandene Ascosporenpotential im Falllaub bei der Bildung des Primärinokulums im Frühjahr ergänzen können. Konidien stehen, da sie im Frühjahr nicht neu gebildet werden und heranreifen müssen, theoretisch vor dem ersten Ascosporenflug zur Verfügung. Bezüglich der Infektionseffizienz konnte unter optimalen Entwicklungsbedingungen des Erregers (20°C, 70% relative Luftfeuchte nach der Inkubation für 48 Stunden bei 100% rel. Luftfeuchte) kein Unterschied zwischen Ascosporen und Konidien nachgewiesen werden. In der Literatur werden schnellere Befallsentwicklungen nach Ascosporeninfektionen beschrieben, dies konnte jedoch in unseren Versuchen nicht bestätigt werden (MACHARDY 1996). Im Gegensatz zu Ascosporen, die durch Wind bis zu 600 m weit transportiert werden können, ist die Verbreitung der Konidien auf den befallenen Baum und dessen direkte Nachbarn begrenzt (MACHARDY 1996). Aus diesem Grund bleibt die Weiterverbreitung bei einer Primärinfektion, welche hauptsächlich auf Konidien zurückzuführen ist, zu Beginn räumlich auf befallene Bäume und deren nächste Umgebung begrenzt.

Die Untersuchungen zur zeitlichen Eingrenzung der Infektion von Holz und Knospen haben im Freiland aufgrund der Witterungsbedingungen des Frühjahrs 2001 keine aussagekräftigen Ergebnisse ergeben. Schorfprimärinfektionen fanden im Jahr 2001 erst verhältnismäßig spät statt. Aus diesem Grund war eine endgültige Überprüfung der Entwicklung und Bedeutung von überwinternden Konidien als Primärinokulumquelle im Frühjahr innerhalb der Projektlaufzeit im Freiland nicht möglich.

Während des Winters sterben in der Regel einige Knospen ab. Pathogeneinwirkungen konnten nicht festgestellt oder nicht zugeordnet werden, da sehr rasch schnell wachsende Saprophyten das Gewebe besiedeln und den Nachweis von *Venturia inaequalis* oder *Nectria galligena* ohne molekularbiologische Methoden unmöglich machen. Die geringe Anzahl absterbender Knospen rechtfertigt aber nicht den Einsatz teurer und zeitraubender Methoden, so dass das genannte Phänomen nicht in Zusammenhang mit Apfelschorf gebracht werden kann.

Insgesamt konnten die durchgeführten Untersuchungen das Auftreten überwinternder Konidien sowie deren mögliche Beteiligung an der Bildung des Primärinokulums im Frühjahr bestätigen. Die Bedeutung dieser Inokulumquelle ist schwer abzuschätzen. In Knospen überwinternde Konidien treten selten auf und sind schwer nachzuweisen. An Holz und

Knospenschuppen haftende Konidien können den Untersuchungen zufolge einen milden Winter mit geringen oder langsamen Temperaturschwankungen keimfähig überstehen. Ob sie Bedeutung bei der Etablierung des Erregers im Frühjahr erlangen, hängt von ihrer Anzahl und damit vom Vorbefall im Herbst des Vorjahres ab.

Starke Befallsintensitäten des Apfelschorfs auf dem Blatt verringern die Assimilationsfläche der Bäume und reduzieren dadurch die Menge verfügbarer Assimilate. Dadurch kann die zuvor bereits beschriebene Konkurrenz zwischen den vegetativen und generativen Wachstumsprozessen im Baum ebenfalls ausgelöst werden. Zu dieser Form der negativen Beeinflussung der Blütenknospenentwicklung konnten in der Literatur keine Angaben gefunden werden. Besonders für den organischen Apfelanbau würde ein negativer Einfluss von Blattschorf auf die Blütenknospenqualität ein zusätzliches Problem darstellen, da eine zuverlässige Kontrolle des Schorfs hauptsächlich durch den Einsatz von Kupfersalzen erzielt wird. Der Einsatz von Kupfer im Apfelanbau ist aber stark begrenzt und wird wohl innerhalb absehbarer Zeit gänzlich verboten werden. Aus diesem Grund wurden erste Untersuchungen zum Einfluss von Blattschorfbefall auf die Knospenqualität durchgeführt, welche die Vermutungen der negativen Einflussnahme von Blattschorfbefall auf die Knospenentwicklung bei sehr hohem Blattbefall im Vergleich zu einer schorffreien Variante bestätigten.

5 Zusammenfassung

Die verwendeten Ausdünnungsmaßnahmen beeinflussten die Entwicklung von Blütenknospen und die Ertragsbildung deutlich. Im Behandlungsjahr wurde der Baumertrag durch einseitige, mechanische Ausdünnung um 50% reduziert, der Anteil marktfähiger Früchte aber im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erhöht. Aufgrund der als Folge der verringerten Fruchtzahl erhöhten Fruchtgröße wurde der Fruchtcalciumgehalt reduziert, so dass die Stippeanfälligkeit während der Lagerung zunahm. Im Folgejahr der Behandlungen zeigten die im Vorjahr nicht bzw. mechanisch ausgedünnten Bäume deutliche Anzeichen von Alternanz. Während nicht ausgedünnten Bäume nur wenige Blüten aufwiesen, blühten die mechanisch ausgedünnten Bäume übermäßig, so dass eine weitere Regulationsmaßnahme notwendig wurde. Die manuelle und die chemischen Ausdünnungsvarianten sicherten einen reduzierten aber qualitativ hochwertigen und regelmäßigen Baumertrag im Behandlungs- sowie auch im Folgejahr.

Durch die Blattdüngung mit Harnstoff wurden die negativen Auswirkungen des extremen Hagelschlags im Juli 2000 im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und zur Wuxal-Variante reduziert. Der Fruchtansatz der mit Harnstoff gedüngten Bäume war im Folgejahr der Behandlungen aufgrund der gesteigerten Blütenanzahl erhöht. Demnach konnten Blattdüngungen mit Stickstoff akute Mangelsituationen im Sommer ausgleichen und die Blütenknospenentwicklung für das kommende Jahr verbessern. Die beiden organischen Blattdünger zeigten keine fördernde Wirkung auf die Blütenknospenentwicklung. Dies war sowohl auf die bereits alternierenden Versuchsbäume als auch auf die zu geringe Einsatzhäufigkeit zurückzuführen.

Die durchgeführten Knospenuntersuchungen ermöglichten bereits im Herbst Aussagen über die Blühintensität im darauffolgenden Frühjahr, so dass während des Winterschnitts der zukünftige Fruchtansatz miteinbezogen werden könnten.

Die Knospenentwicklung beim Apfel wurde durch den biotischen Einflussfaktor *Venturia inaequalis*, den Erreger des Apfelschorfs, sowohl direkt als auch indirekt modifiziert. So konnten als Folge des Knospenschorfs sehr frühe und hohe Befallsintensitäten an Blättern und Blütenknospen beobachtet werden. Konidien überwinterten unter rheinischen Anbaubedingungen selten im Knospeninneren aber häufig außen anhaftend an sich entwickelnden Knospen des Apfels. Schwankende Temperaturen kurz unterhalb des Gefrierpunktes, d.h. um -2°C , reduzierten die Keimfähigkeit der Sommersporen deutlich, aber nur selten unter einen Anteil von 30 % vitaler Konidien. Auch bei niedrigen Temperaturen (4°C) konnten Sommersporen Blätter infizieren. Zwischen Ascosporen und Konidien war kein Unterschied bzgl. ihrer Infektionseffizienz zu beobachten. Diese Ergebnisse veranlassten zu der Schlussfolgerung, dass Konidien auch im Rheinland Ascosporen als zusätzliche Primärinokulumquelle ergänzen und junge Blätter und Blüten bereits sehr früh befallen können.

Durch sehr hohen Blattbefall des Apfelschorfs während der Vegetationsperiode wurde der Anteil der assimilationsfähigen Blattfläche deutlich reduziert und die Blütenknospenentwicklung indirekt gehemmt.

6 Schlussfolgerungen für die Umsetzung in die Praxis

Bonituren der Knospenentwicklung ermöglichen bereits im Herbst des Vorjahres Aussagen zur Blühintensität der Bäume im Folgejahr der Behandlungen, so dass dem Anbauer eine längere Reaktionszeit zur Verfügung steht. Die dargestellten Ergebnisse bestätigen den deutlichen Einfluss von Ausdünnungsmaßnahmen auf die Blütenknospenentwicklung und die Sicherung eines gleichmäßigen Ertragsniveaus über mehrere Jahre hinweg. Bei zu starker Ausdünnung nimmt sowohl das Alternanz- als auch das Stipperisiko zu. Blattdüngungen mit Harnstoff können bei kurzfristigem, akutem Stickstoffmangel im Sommer die Blütenknospenentwicklung für das Folgejahr positiv beeinflussen.

Die Differenzierung von Blütenknospen des Apfels wird durch *Venturia inaequalis*, den Erreger des Apfelschorfs, sowohl direkt als auch indirekt verändert. Den dargestellten Untersuchungen zufolge könnten Konidien auch im Rheinland Ascosporen als zusätzliche Primärinokulumquelle ergänzen und frühzeitig, d.h. vor Ascosporenausstoß, sich entwickelnde Blätter und Blüten befallen. In im Herbst sehr stark befallenen Anlagen sollten Triebe und Knospenschuppen auf das Vorhandensein von Myzel und Konidien des Apfelschorfs überprüft und die Ergebnisse in den praxisüblichen Schorfwarnsystemen berücksichtigt werden.

Indirekt kann Apfelschorf durch sehr hohen Blattbefall während der Vegetationsperiode die Blütenknospenentwicklung für das Folgejahr deutlich reduzieren. Sehr hohe Befallsintensitäten könnten bei jungen bzw. besonders anfälligen Bäumen, die während der Vegetationsperiode unzureichend geschützt sind, auftreten. Aus diesem Grund sollte trotz der zunehmenden Altersresistenz der Früchte eine Etablierung des Erregers *Venturia inaequalis* während der Sommermonate unterbunden werden.

7 Literaturverzeichnis

- Anonym (2000).** Führer durch das Obstjahr 2000. Mitt. OVR 67/2000: 150-151
- Becker, C. M., Burr, T. J., Smith, C. A. (1992).** Overwintering of Conidia of *Venturia inaequalis* in Apple Buds in New York Orchards. Plant Disease, 76: 121-126
- Bukovac, M. J., Schroeder, M., Noga, G. (2000).** Effects of fruit thinning sprays of NAA and BA on cropping of ‚Elstar‘ and ‚Gloster‘ apples. Acta Hort. 514: 91-98, ISHS 2000
- Byers, R. E. (1997).** Effects of Bloom-Thinning Chemicals on Apple Fruit Set. Journal of Tree Production, Vol. 2(1): 13-31
- Chen, K., Hu, G., Lenz, F. (1997).** Effects of CO₂ concentrations of strawberry. V. Macronutrient uptake and utilization. J. of Applied Botany 71, 189-194
- Dolega, E., Bertschinger, L., Fankhause, F., Stadler, W. (1997).** Zur Untersuchung von Obstknospen: Aussagekraft und Anwendungsmöglichkeiten. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau, 133 (25): 633-635
- Dolega, E. (1996).** Blütenentwicklung bei Apfelbäumen. Obst und Garten, 113 (2): 48-51
- Dolega, E. K., Link, H. (1996).** Knospenuntersuchungen 1996. Obstbau 22: 174-178
- Doran, W. L. (1922).** Effect of external and internal factors on the germination of fungous spores. Bull. Torrey Bot. Club 49: 313-340
- Fallahi, E., Williams, M. W., Colt., W. M. (1997).** Blossom Thinning of ‚Law Rome Beauty‘ Apple with Hydrogen Cyanamide and Monocarbamide Dihydrogensulfate. Journal of Tree Fruit Production, Vol. 2(1): 33-44
- Friedrich, G. (1993).** Handbuch des Obstbaus. Neumann Verlag, Radebeul, ISBN 3-7402-0116-9
- Grunewaldt-Stöcker, G. (1985).** Zur Verwendung von 2-Hydroxyethyl-Methacrylat (GMA) als Einbettungsmedium bei histologischen Untersuchungen in der Phytopathologie. Phytopath. Z., 113: 150-157
- Handsack, M. (1999).** Alternative Verfahren der Blütenausdünnung. Obstbau 4/99: 221-225
- Hilbers, J., Clever, M. (1999).** Ausdünnungskonzept im Integrierten Tafelapfelanbau an der Niederelbe. Mitt. OVR 54: 34-47
- Hill, J. (1980).** The remobilization of nutrients from leaves. J. Plant Nutr., 2: 407-444
- Hill, S. A. (1975).** The importance of Wood Scab caused by *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. as a Source of Infection for Apple Leaves in Spring. Phytopath. Z., 82: 216-223
- Himelrick, D. G., McDuffie, J. H. (1983).** The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. HortScience, 18: 147-151

- Ivanicka, J., Kellerhals, M., Theiler, R. (1996).** Evaluation of Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.) on Shoots and Detached leaves from in vitro and Greenhouse Grown Plants of the Apple (*Malus domestica* Mill.) Cultivars Golden Delicious and Florina. *Gartenbauwissenschaft*, 61 (5): 242-248
- Kellerhals, M., Müller, W., Bertschinger, L., Darbellay, C., Pfammatter, W. (1997).** Obstbau. Merkur Druck AG, Langenthal, Schweiz, ISBN 3-906679-58-6
- Kennel, W., Moosherr, W. (1983).** Kelchblatt-Schorf, eine gefährliche aber wenig bekannte Erscheinungsform des Apfelschorfs. *Obstbau*, 8: 470-472
- Kennel, W. (1981).** Zum Auftreten von Schorffkonidien an äusserlich unversehrter Rinde von Apfelzweigen. 43. Deutsche Pflanzenschutztagung, Hamburg, 5-9 Oct. 1981, Proc. 203: 117
- Koeken, J. G. P. (1998).** Bloem- en bladschade door ATS. *Fruiteelt* 88 (16). 24-25
- Louw, A. J. (1948).** The germination and longevity of spores of the apple-scab fungus, *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.. *Union S. Afric. Sci. Bull.* 285. 19 pp.
- McCartney, S. J., Tustin, D. S., Seymour, S., Cashmore, W., Looney, N. E. (1995).** Benzyladenine and carbaryl effects on fruit thinning and the enhancement of return flowering of three apple cultivars. *Journal of Hort. Science* 70 (2): 287-296
- MacHardy, William E. (1996).** Apple Scab-Biology, Epidemiology, and Management. APS Press, Minnesota, USA, ISBN 0-89054-206-6
- Moosherr, W. (1990).** Untersuchungen zu superfizielllem Schorf und zu Knospenschorf (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.) beim Apfel. Dissertation Universität Hohenheim
- Noga, G., Engel, G. (1986).** Chemische Ausdünnung von Äpfeln mit Hilfe von Netzmitteln – neue Ansätze für die Praxis. *Erwerbsobstbau* 28: 141-143
- Palzkill, D. A., Tibbitts, T. W., Williams, P. H. (1976).** Enhancements of calcium transport to inner leaves of cabbage for prevention of tipburn. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 101: 645-648
- Schumacher, R., Neuweiler, R., Stadler, W. (1993 a).** Einfluss der Fruchtausdünnung auf Fruchtansatz, Frucht- und Triebwachstum. *Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 129: 421-426
- Schumacher, R., Neuweiler, R., Stadler, W. (1993 a).** Einfluss unterschiedlicher Fruchtausdünnung auf Ertrag und Fruchtqualität. *Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 129: 510-514
- Schumacher, R., Stadler, W. (1991).** Fruchtausdünnung bei Elstar. *Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 127: 761-770

- Schumacher, R., Fankhauser, F., Stadler, W. (1980).** Influence of shoot growth, average fruit weight and daminozide on bitter pit. In: D. Atkinson, J. E. Jackson, R.O. Sharples, W. M. Walles (Editors), Mineral Nutrition of Fruit Trees. Butterworths, Sevenoaks, pp.17-28
- Shear, C. B. (1980).** Interactions of nutrition and environment on mineral composition of fruits. In: D. Atkinson, J. E. Jackson, R.O. Sharples, W. M. Walles (Editors), Mineral Nutrition of Fruit Trees. Butterworths, Sevenoaks, pp. 41-50
- Stensvand, A., Amundsen, T., Semb, L. (1996).** Observations on wood scab caused by *Venturia inaequalis* and *V. pirina* in apple and pear in Norway. Norwegian Journal of Agricultural Science, 10 (4): 533-540
- Stierl, R. (1999).** Vergleichende Untersuchungen zur Wirkungsweise Induzierter Resistenz. Dissertation Universität Bonn
- Stockert, T., Stösser, R. (1996).** Blütenqualität und Ertrag beim Apfel. Erwerbsobstbau, 38: 170-173
- Streitberg, H. (1980).** Die Blütenqualität bei Apfelbäumen - ein Kriterium für den Fruchtansatz. 27 (3): 83-85
- Turner, M. L., MacHardy, W. E., Gadoury, D. M. (1986).** Germination and appressorium formation by *Venturia inaequalis* during infection of apple seedling leaves. Plant Dis., 70: 658-661
- Waldner, Walther (2000).** Leitfaden 2000 des Südtiroler Beratungsrings für Obst- und Weinbau. Pötzlberger Druck GmbH, Meran, 67
- Wertheim, S. J. (1996).** Valversterking door dunmiddelen een ingewikkelde zaak. Fruiteelt 86 (16): 12-13
- Winter, F., Janssen, H., Kennel, W., Link, H., Scherr, F., Silbereisen, R., Streif, J. (1992).** Lucas' Anleitung zum Obstbau. 31., Neubearb. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, ISBN 3-8001-5534-6

8 Konsequenzen für evtl. weitere Forschungsaktivitäten

Im Bereich der Ausdünnungsmaßnahmen wäre ein Einsatz der Ausdünnungsmaschine zur mechanischen Ausdünnung als Ergänzung und als Ersatz vorhandener Maßnahmen sinnvoll.

Der Einfluss des Blattschorfs auf die Knospenqualität sowie mögliche Maßnahmen zur Minderung des Apfelschorfs, welche auch im organischen Apfelanbau zugelassen sind, erscheinen aufgrund der verstärkten Alternanzprobleme und des zukünftig zu erwartenden Kupfer-verbotes die notwendigsten Forschungsaktivitäten, welche sich aus diesem Projekt ergeben.

9 Mitteilungen über evtl. schützenswerte Nutzungsrechte

keine

10 Liste über Vorträge

Das Thema und die grundsätzliche Problematik wurden bei einer Tagung des ‚Arbeitskreises der biologisch-dynamischen Obstbetriebe des Rheinlandes‘ im Frühjahr 2000 vorgestellt.

11 Liste über Posterpräsentationen, Vorführungen und Demonstrationen

Die grundsätzliche Problematik wurde als Poster mit dem Titel ‚Nachweis und Kontrolle primärer Inokulumquellen von *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. bei Apfel‘ bei der 37. Gartenbauwissenschaftlichen Tagung vom 08.03.-10.03.2001 in Osnabrück präsentiert.

12 Kurzfassung

Besonders im organischen Erwerbsobstbau ist häufig eine reiche Blüte mit anschließend unzureichendem Fruchtansatz zu beobachten. Dies könnte auf eine verminderte Blütenknospenqualität zurückzuführen sein. Die Blütenknospenentwicklung findet beim Kernobst zeitgleich mit Fruchtwachstum, verstärkter Triebbildung und starkem Blattmassezuwachs statt (WINTER et al. 1992, FRIEDRICH 1993). Diese fehlende zeitliche Trennung der vegetativen und generativen Wachstumsprozesse kann eine Konkurrenz um Assimilate hervorrufen. Regulationsmaßnahmen in Form von Blüten- und Fruchtausdünnung sowie Blattdüngungen sind Möglichkeiten, das physiologische Gleichgewicht im Baum zu stabilisieren und auftretende Mangelsituationen zu mildern. Dadurch kann die regelmäßige Produktivität der Bäume sowie die äußere und innere Fruchtqualität sichergestellt werden (WERTHEIM 1996). Hierbei gilt, je früher eine Maßnahme durchgeführt wird, desto stärker ist der Effekt. Demnach sind Blütenausdünnungen effektiver als Fruchtausdünnungen zur Sicherung des Gleichgewichts zwischen Fruchtwachstum und Blütenknospenentwicklung. Von den für dieses Projekt ausgewählten Maßnahmen zur Blütenausdünnung sind die Handausdünnung und die mechanische Ausdünnung auch im organischen Apfelanbau zugelassen. Der Einsatz von Amidthin + Ethrel sowie Ammoniumhiosulfat muss auf die integrierte Produktion beschränkt bleiben. Durch das vollständige Entfernen aller Blüten u. Früchte einer Baumhälfte führte die mechanische Ausdünnung zu einer Reduktion der Früchte unterhalb des wirtschaftlich notwendigen Ertragsniveaus, eine übermäßige Förderung der Blütenknospenentwicklung für das Folgejahr und eine Förderung der Alternanz. Diese Maßnahme zur Blütenausdünnung ist nur dann sinnvoll, wenn sie in ihrer Intensität deutlich reduziert wird, so dass weniger Blüten, Blätter und Triebe beschädigt werden, eine gleichmäßige Produktivität der Bäume gesichert und die beobachtete Unterversorgung der Früchte mit Calcium verhindert wird. Die beiden chemischen Ausdünnungsmaßnahmen erzielten annähernd die erwarteten Ergebnisse und reduzierten den Fruchtbehang in ausreichendem Maß, so dass die durch ein extremes Hagelereignis im Behandlungsjahr geschädigten Bäume im Folgejahr trotzdem eine zufriedenstellende Anzahl Früchte pro Baum produzierten.

Nur durch eine Blattdüngung mit Harnstoff wurde die Knospenentwicklung auf ein annehmbares Niveau im Folgejahr der Behandlungen gefördert. Zwei Behandlungen mit Vinasse und einem Algenpräparat der Firma AGLUKON reichten nicht aus, um den Blütenknospenbesatz zu verbessern oder die Anzahl Lateralblüten pro Blütenknospe zu beeinflussen.

Der frühe Befall von Blatt- und Blütenknospen mit Konidien des Apfelschorfs konnte bestätigt werden. Konidien von *Venturia inaequalis* überwintern aber hauptsächlich außen anhaftend an Knospenschuppen und an Trieben von befallenen Apfelbäumen. Temperaturen um 0°C (+/-2°C) reduzieren die Keimfähigkeit der Konidien um ca. 50%, aber bereits bei Temperaturen um 2°C (+/-2°C) können Blätter durch Schorfkongidien infiziert werden. Die Bedeutung der überwinternden Konidien bei der Bildung und Ergänzung des Primärinokulums im Frühjahr bleibt aufgrund der geringen Weiterverbreitung von Konidien auf Bäume stark befallener Anlagen begrenzt, sollte aber nicht unterschätzt werden.

Apfelschorf kann durch Blattbefall auch indirekt die Knospenentwicklung beeinflussen. Als Folge hoher Befallsintensitäten von *Venturia inaequalis* auf Blättern wird die Assimilationsfläche der Bäume während der Vegetationsperiode reduziert. Dadurch kann die oben beschriebene Konkurrenz zwischen den vegetativen und generativen Wachstumsprozessen im Baum zu Lasten generativer Prozesse verschoben werden, wodurch eine negative Beeinflussung der Blütenknospenentwicklung wahrscheinlich wird. In der Literatur konnten zu dieser Fragestellung keine Angaben gefunden werden. Besonders für den organischen Apfelanbau würde ein negativer Einfluss von Blattschorf auf die Blütenknospenqualität ein erhebliches Problem darstellen, da eine zuverlässige Kontrolle des Schorfs hauptsächlich durch den Einsatz von Kupfersalzen erzielt wird. Der Einsatz von Kupfer im Apfelanbau ist aber stark begrenzt und wird wohl innerhalb absehbarer Zeit gänzlich verboten werden. Aus diesem Grund wurden erste Untersuchungen zum Einfluss von Blattschorfbefall auf die Knospenqualität durchgeführt, welche die Vermutungen der negativen Einflussnahme von Blattschorfbefall auf die Knospenentwicklung bei sehr hohem Blattbefall im Vergleich zu einer schorffreien Variante bestätigten. Weitere Untersuchungen zum Einfluss geringerer Befallsintensitäten des Blattschorfs stehen noch aus.