Mechanische und chemische Ausdünnung bei der Apfelsorte Pinova mit einer Überprüfung von Fruchtfallprognosemodellen

Masterarbeit

eingereicht von:

Johannes Kuenz

betreut von:

Ao. Univ. Prof. DI Dr. Helmut Redl

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung für Pflanzenschutz

Wien, März 2012

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Ao. Univ. Prof. DI Dr. Helmut Redl für die gute Zusammenarbeit sowie für die konstruktiven Gespräche.

Besonders herzlich möchte ich mich bei meiner Familie und meiner Freundin Sabine für die Geduld und den nötigen Freiraum bei der Erstellung der Arbeit sowie bei meiner Schwester Angelika und ihrem Ehemann Markus für die Korrekturen bedanken.

Mein Dank gilt ebenso dem Leiter des Referats für Obst- und Weinbau des Landwirtschaftlichen Versuchszentrums Steiermark DI Dr. Leonhard Steinbauer sowie seinen Mitarbeitern Dr. Gottfried Lafer und Ing. Markus Fellner. Ohne die Bereitstellung der Versuchsanlage und der Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Versuche wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Abschließend möchte ich von ganzem Herzen allen Freunden, die ich durch dieses Studium gewonnen habe, für ihre Unterstützung und die wunderschöne Zeit danken.

Johannes Kuenz

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG 3

2 LITERATURÜBERBLICK 6

2.1 FRUCHTFALL 6

2.2 FRUCHTAUSDÜNNUNG 7

2.2.1 HÄNDISCHE AUSDÜNNUNG 8

2.2.2 CHEMISCHE AUSDÜNNUNG 8

2.2.2.1 BIOREGULATOREN 10

2.2.2.2 ÄTZMITTEL 12

2.2.3 MASCHINELLE AUSDÜNNUNG 14

2.3 PROGNOSE DES FRUCHTFALLS 16

2.3.1 MODELLANSATZ VON GREENE 17

2.3.2 MODIFIZIERTE ANSATZ ZUR PROGNOSE DES JUNIFRUCHTFALLS 18

3 MATERIAL UND METHODEN 19

3.1 VERSUCHSSTANDORT UND WITTERUNG 19

3.1.1 STANDORT UND VERSUCHSPARZELLE 19

3.1.2 WITTERUNGSVERLAUF 19

3.2 VERSUCHSVARIANTEN 21

3.3 VERSUCHSAUSWERTUNG 25

3.3.1 WACHSTUMSPARAMETER 25

3.3.2 ERTRAGSDATEN 26

3.3.3 BESTIMMUNG DER FRUCHTQUALITÄT 27

3.3.3.1 ÄUßERE QUALITÄTSPARAMETER 27

3.3.3.2 INNERE QUALITÄTSPARAMETER 28

3.3.4 PARAMETER FÜR DIE PROGNOSEMODELLE 29

3.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG 32

4 ERGEBNISSE 33

4.1 AUSDÜNNVERSUCH 33

4.1.1 BAUMENTWICKLUNG 33

4.1.2 ERNTEDATEN 36

4.1.3 FRUCHTQUALITÄT 45

4.2 FRUCHTFALLPROGNOSE **52**
4.2.1 VERLAUF DER FRUCHTFÄLLE 52
4.2.2 FRUCHTGRÖßENENTWICKLUNG 53
4.2.3 MINDESTWACHSTUMSBERECHNUNG 55
4.2.4 PROGNOSEERGEBNISSE DER MODELLE 58

5 DISKUSSION **61**

5.1 AUSDÜNNUNGSVERSUCH **61**
5.2 FRUCHTFALLPROGNOSE **68**

6 ZUSAMMENFASSUNG **72**

7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS **73**

8 TABELLENVERZEICHNIS **74**

9 LITERATURVERZEICHNIS **75**

10 ANHANG **79**

1 Einleitung und Problemstellung

Die Qualitätsansprüche bezüglich Fruchtgröße, Ausfärbung und innerer Fruchtqualität sind bei Äpfeln in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Besonders zu kleine, unterentwickelte Früchte stellen immer häufiger ein Problem in der Vermarktung dar und können nur noch schwer abgesetzt werden. Aufgrund des Überangebots am europäischen Markt wird die Fruchtqualität zunehmend zu einem Schlüsselfaktor in der Produktion. Die Rentabilität und somit die langfristige wirtschaftliche Überlebensfähigkeit für die Apfelproduzenten ist davon abhängig, ob es gelingt durch anbautechnische Maßnahmen die geforderte Qualität der Früchte zu gewährleisten. Ohne eine konsequente Blüten- und Fruchtausdünnung sowie einer zusätzlichen händischen Nachkorrektur ist dieses Ziel auf Dauer nicht zu erreichen.

Die Obstbauern müssen aber nicht nur aus Sicht der Fruchtqualität eine rechtzeitige Behangregulierung durchführen. Um regelmäßige Erträge sichern zu können und Alternanzerscheinungen vorzubeugen ist eine rechtzeitige Ausdünnung unumgänglich. Ohne diese gelingt es nicht, den zweijährigen Ertragsrhythmus bestimmter Sorten zu unterbinden. Neben geringeren durchschnittlichen Erntemengen alternierender Anlagen kommt es außerdem durch zu starkes Wachstum zu physiologischen Störungen der Bäume und Früchte.

Die Fruchtausdünnung zählt aus diesen Gründen als die wichtigste Kulturmaßnahme zur Steigerung der Fruchtqualität und Brechung der Alternanz im Apfelanbau (SCHUMACHER 1989; PIEBER 1991; WINTER et al. 1992; LINK 2011). In der integrierten Produktion wird im Normalfall versucht, mit chemischen Wirkstoffen (Pflanzenhormone und Ätzmittel) den Behang auf das für die jeweilige Apfelsorte und Anlage optimale Niveau zu reduzieren.

Die integrierte sowie die biologische Produktion haben es zum Ziel, ökologisch verträglich und ökonomisch rentabel zu wirtschaften. Eine „chemiefreie“ Ausdünnung ist notwendig, um diese Ziele zu erreichen (BERTSCHINGER et al. 1998). Aktuell wird der Einsatz von Pflanzenhormonen immer häufiger auch aus Gesundheitsgründen und aus Sicht der Lebensmittelsicherheit kritisiert (LEWKO UND BLANKE 2007).

In der jüngsten Vergangenheit ist es durch Änderungen in der Zulassung von Wirkstoffen zu großen Herausforderungen bei der Ausdünnung gekommen. Durch das Verbot des Wirkstoffs Carbaryl mussten die Ausdünnstrategien radikal geändert werden. WALDNER (2007) sprach damals von einem „Damokles-Schwert“ über den Ausdünnungsmitteln. Solche Veränderungen bringen für den Obstbauer vor allem in den ersten Jahren große Unsicherheit. Besonders bei einem so komplexen Thema wie der Behangregulierung führt dies meistens zu einer Unter- oder Überdünnung und in weiterer Folge zu Qualitätseinbußen.

Die VERORDNUNG (EG) Nr. 1107/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates hat das Ziel, den europäischen Pflanzenschutzmittelmarkt zu vereinheitlichen und zudem „ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit von Mensch und Tier und für die Umwelt“ zu gewährleisten. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft eine weitere Einschränkung des Einsatzes chemischer Ausdünnmittel erfolgen wird.

Besonders in Bereichen, in denen sich Alternativen zur Verwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln anbieten, sollten daher verstärkt Prüfungen auf deren Praxistauglichkeit erfolgen. Ein sehr zukunftsträchtiger Ansatz schein in der maschinellen Blütenausdünnung mittels Traktoranbaugerät zu liegen. Derartige Geräte wurden in den letzten Jahren offenbar bereits soweit marktreif entwickelt, dass sie nach SCHUPP et al. (2008) für die Praxis eine viel versprechende Alternative mit einer gut vorhersagbaren Ausdünnwirkung darstellen.

In der vorliegende Arbeit war es das Ziel, eine derartige Ausdünnmaschine (Typ: *Darwin 250*’), im Vergleich zu zwei Bioregulatoren (Ethephon, 6-Benzyladenin), einem Ätzmittel (Ammoniumthiosulfat) sowie händisch ausgedünnten und unbehandelten Bäumen, hinsichtlich ihres Einflusses auf den Ausdünnerfolg, die Ertragsleistung (Erntemenge, Fruchtzahl, Fruchtgröße) und Fruchtqualität unter steirischen Verhältnissen an der Apfelsorte *’Pinova’* zu prüfen. Durch Kombination von maschineller und chemischer Fruchtausdünnung konnten zudem mehrstufige Ausdünnstrategien miteinander verglichen werden.

Alle im Versuch eingesetzten Wirkstoffe bzw. Präparate sind in Österreich zur Ausdünnung bei Apfel derzeitig (entweder laut Düngemittelgesetz oder gemäß den Übergangsbestimmungen des § 15 Abs. 8 der Pflanzenschutzmittelverordnung 2011) zumindest bis Ende des Jahres 2013 zugelassen (AGES 2011a).

In einem zweiten Schwerpunkt wollte die vorliegende Arbeit – unter Verwendung des im Ausdünnungsversuch erzielten Datenmaterials - der Frage nachgehen, ob es möglich ist, den natürlichen Junifruchtfall vorherzusagen. GREENE et al. (2005) haben in Nordamerika ein Prognosemodell zur frühzeitigen Bestimmung der Wirkung eines Ausdünnmittels entwickelt. Dieses sollte unter den steirischen Bedingungen des Versuchsjahres (2010) auf seine Tauglichkeit zur Vorhersage des Junifruchtfalls geprüft werden, und zwar im Vergleich zu einem persönlich modifizierten Modell. Derzeit erfolgt die Abschätzung des natürlichen Fruchtfalls bzw. des Wirkungsgrades der Ausdünnung nur auf Grund subjektiver Eindrücke und Erfahrungen. Möglichst objektive Anhaltspunkte wären dringend erforderlich, um rechtzeitig über eine abschließende chemische Ausdünnung entscheiden zu können, und somit den Junifruchtfall bei Bedarf noch zu beeinflussen.

Ein langfristiges Ziel ist es, die arbeits- und kostenintensive Fruchtfallprognose überbetrieblich durchzuführen, um das Verfahren auch für Kleinbetriebe nutzbar zu machen, für die der Aufwand einer individuellen Vorhersage zu groß ist.

2 Literaturüberblick

2.1 Fruchtfall

Natürliche Fruchtfälle treten in Phasen verminderter Auxinproduktion der Früchte auf. Diese Phasen können verstärkt und somit für die chemische Ausdünnung genutzt werden (LUCKWILL 1953; HANDSCHACK 2000; LINK 2011). In Abbildung 1 wird die schwankende Hormonproduktion ab der Blüte schematisch dargestellt. Ein geringes Hormonniveau in den Äpfeln führt in weiterer Folge zwangsläufig zu einem Abfallen schwächerer Früchte. Die Zeitspanne bis nach dem sogenannten Junifruchtfall ist für regelmäßige Erträge besonders bedeutend, da es bereits Anfang Juni zur Induktion der Blütenbildung für das nächste Jahr kommt (FRIEDRICH 2000).

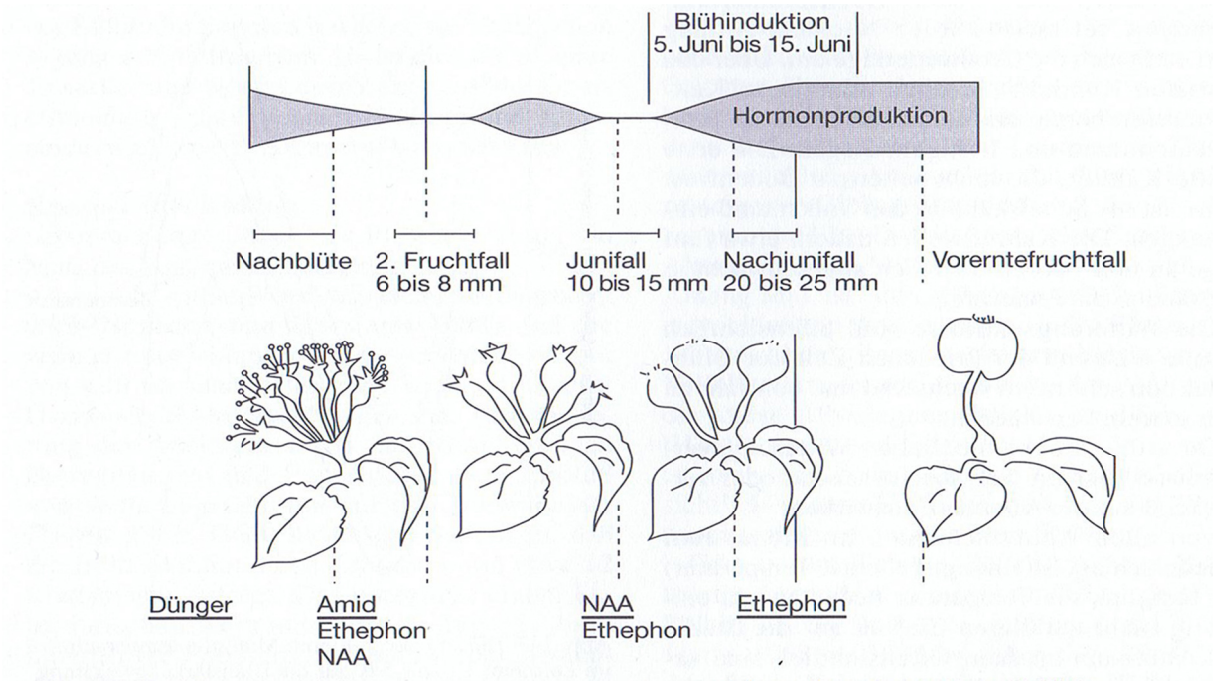

Abbildung 1: Fruchtfallperioden und Hormonproduktion durch Samen (nach HANDSCHACK 1997)

Grundsätzlich steht die Wuchsstoffproduktion von Apfelbäumen in Wechselwirkung mit der Wuchs- und Hemmstoffproduktion der Samenanlagen junger Früchte. Nach der Befruchtung verhindert die Auxinproduktion des Embryos die Ausbildung von Trenngewebe zwischen Baum und Frucht. Diese Phytohormonproduktion fehlt in unbefruchteten Äpfeln und deshalb werden diese daraufhin abgestoßen. Ungefähr drei Wochen nach dem Fall der Blütenblätter kommt es zu einem vermehrten Eigenverbrauch an Auxin durch die jungen Früchte. Dadurch reißt der Wuchsstoffstrom

zwischen dem Fruchtansatz und dem Baum ab und es kommt zum Fruchtfall. Dieser Vorgang wiederholt sich ein weiteres Mal bei ca. 10-15 mm Fruchtgröße und führt zum sogenannten Junifruchtfall (FRIEDRICH 2000).

Die überwiegende Zahl an Früchten fällt in den ersten 4-6 Wochen ihrer Entwicklung ab. Zentralfrüchte setzen dabei besser an als Seitenfrüchte und terminale besser als laterale Blütenbüschel. Es bestehen auch erhebliche Sortenunterschiede. Langsamer wachsende Früchte mit wenigen Samen fallen aufgrund ihrer fehlenden Konkurrenzfähigkeit zuerst ab (DENNIS 2003).

Die Stärke des Fruchtfalls wird von vielen Faktoren beeinflusst: Neben Befruchtungsverhältnissen spielen vor allem die Witterungsbedingungen während und unmittelbar nach der Blüte eine entscheidende Rolle. Schlechte Befruchtung und feuchtkalte Witterung fördern den Fall unbefruchteter Blüten und verstärken den ersten Fruchtfall (WURM 2010).

Auch die Konkurrenz zwischen den Früchten hat einen Einfluss auf die Stärke des Fruchtfalls. Dadurch lässt sich erklären, dass es bei hohem Fruchtansatz zu einem stärkeren Junifruchtfall kommt als bei schwachem (SCHUMACHER 1989).

BYERS et al. (1985) zeigte durch Versuche an Pfirsichen und Äpfeln den Zusammenhang zwischen der photosynthetischen Aktivität und dem darauf folgenden Fruchtfall. Durch die Beschattung und der daraus folgenden Reduktion der Photosyntheseleistung wurden die natürlichen Fruchtfälle verstärkt. BYERS et al. (1991) gehen sogar davon aus, dass Schlechtwetterperioden zwischen 7-30 mm Fruchtgröße mehr zum Junifruchtfall beitragen, als die herkömmliche chemische Ausdünnung.

Laut SCHUMACHER (1989) haben zudem die Sorte, die Mineralstoffversorgung, die Wasserverfügbarkeit und die Unterlage Einfluss auf die Stärke des Fruchtfalls.

2.2 Fruchtausdünnung

Die Fruchtausdünnung soll regelmäßige Erträge mit guter Fruchtgröße sichern und die Alternanz vermeiden bzw. brechen (KEPPEL 1991; SCHUMACHER 1989).

Die Verbesserung der Fruchtgröße, der Farbe und des Geschmacks machen die Ausdünnung zu einer der wichtigsten Maßnahmen im modernen Obstbau. Je früher die Verringerung des Fruchtansatzes erfolgt, desto günstiger sind die Auswirkungen auf die Bildung von Blütenknospen für das nächste Jahr (PIEBER 1991).

Seit mindestens zweihundert Jahren ist bekannt, dass sich ein Auspflücken junger Früchte positiv auf die Fruchtqualität und die Blüte des Folgejahres auswirkt. Dennoch konnte sich die Ausdünnung erst im Laufe des letzten Jahrhunderts bei den Produzenten durchsetzen (SCHUMACHER 1989). Um „tadelloste Schaufrüchte“ ernten zu können wies GAUCHER (1912) bereits Anfang des letzten Jahrhunderts auf die Notwendigkeit einer Ausdünnung hin.

2.2.1 Händische Ausdünnung

Die erste und einfachste Methode stellte das Auspflücken überzähliger Blüten bzw. Früchte per Hand dar. Die genaue Regulierung des Fruchtansatzes erwies sich als großer Vorteil dieser Ausdünnungsmethode. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen wurde sie im Laufe der Zeit zunehmend von der chemische Ausdünnung abgelöst (SCHUMACHER 1989).

Dennoch gilt die Handausdünnung nach dem Junifruchtfall heute als wichtige Maßnahme zur Qualitätsverbesserung. Neben einer deutlichen Steigerung der Fruchtgröße wird auch die Ausfärbung, Fruchtfleischfestigkeit sowie die Ernteleistung positiv beeinflusst. Die chemische kann die selektive händische Ausdünnung also nicht zur Gänze ersetzen (BAAB UND LAFER 2005).

2.2.2 Chemische Ausdünnung

Für die chemischen Ausdünnung werden in Österreich momentan Bioregulatoren (natürliche und synthetische Phytohormone) und Ätzmittel (z.B. Ammoniumthiosulfat und im biologischen Anbau v.a. Ca-Polysulfide) eingesetzt (LAFER 2010a).

Tabelle 1 zeigt die Ätzmittel und Bioregulatoren, die für die Ausdünnung bei Äpfeln in Österreich derzeit verwendet werden.

Tabelle 1: Für die Ausdünnung bei Apfel in Österreich zugelassene Wirkstoffe (AGES 2012; BVL 2012; CTGB 2012; Stand 1. Jänner 2012)

Wirkstoff	Handelsnamen	Reg. Zul. Nr.	Wirkungs-weise	Zulassung	
				Beginn	Ende
Ethephon	*Flordimex 420*	024035-00	Bioregulator (Ethylen)	14.06.06[1]	31.12.16
Naphthyl-1-essigsäure	*Late-Val Vloeibaar* *Fruitone*	9887 N 6083 N	Bioregulator (Auxin)	22.12.87[2] 25.10.93[2]	- -
Naphthyl-1-essigsäure-amid	*Dirigol-N*	2200	Bioregulator (Auxin)	25.04.85	30.06.12
6-Benzyladenin	*MaxCel*	13147 N	Bioregulator (Cytokinin)	12.12.08[2]	01.01.19
Ammoniumthiosulfat	*Agro-20 N,* *Agro N fluid*	-	Ätzmittel (Blattdünger)	-	-
Ca-Polysulfide	Schwefelkalk	3087	Ätzmittel (Fungizid)	01.04.11[3]	31.07.11

[1] Zulassung in der Bundesrepublik Deutschland
[2] Zulassung im Vereinigten Königreich der Niederlande
[3] befristete Gefahr im Verzug-Zulassung für Österreich gem. § 13 PMG 97 als Fungizid, ausschließlich für den biologischen Anbau

Bei einer optimalen Wirkung der chemischen oder mechanischen Ausdünnung kann der Arbeitsaufwand für die Handausdünnung und die Ernte deutlich reduziert werden. Die Behangregulierung ist daher für die Wirtschaftlichkeit der Apfelproduktion entscheidend (WIDMER UND GÖLLES 2009).

Leider sind die Wirkungsmechanismen von Phytohormon-Analoga im Zusammenhang mit der Fruchtausdünnung durch teilweise widersprüchliche Versuchsergebnisse und dem komplexen Wechselspiel vieler Einflussfaktoren nach wie vor unklar. Ein besseres Verständnis davon ist allerdings Voraussetzung für die Entwicklung neuer Präparate (GOSCH et al. 2009).

2.2.2.1 Bioregulatoren

Ethylen

Ethephon (2-Chlorethylphosphonsäure) war der erste auf dem Phytohormon Ethylen basierend Wachstumsregler am Markt. Bei der Markteinführung 1971 wurde es zur Verbesserung des Milchflusses bei Kautschukbäumen eingesetzt. Mittlerweile ist Ethephon bei über 20 verschiedenen Kulturen auf der gesamten Welt im Einsatz (GREENE 2003).

Die Ausdünnwirkung von Ethephon beruht auf der Abspaltung von Ethylen nach der Aufnahme in die Pflanze. Dadurch wird die Auxinbildung gehemmt, die Bildung von Trenngewebe gefördert und in weiterer Folge ein Fruchtfall verstärkt. Die Abspaltung von Ethylen ist sehr stark von der Temperatur während und nach der Applikation abhängig (STADLER UND WIDMER 2006).

Für österreichische Anbaubedingungen empfiehlt LAFER (2009) zwei Einsatzzeiträume für die Anwendung von Ethephon: Vom Ballonstadium bis zur Vollblüte als Ausdünnmittel und zur Förderung des Blütenansatzes, sowie bei 20-24 mm Fruchtgröße zur alleinigen Blütenansatzförderung.

Bei der Anwendung ist besonders die Temperaturabhängigkeit ein Problem. Ideal sind Temperaturen von 18-22 °C und eine hohe Luftfeuchtigkeit bei der Applikation zur Verbesserung der Aufnahmen. Bei Temperaturen von über 25 °C kann es zu einer Überdünnung kommen. Zudem ist die stärkere Wirkung von Ethephon auf schwächer blühende Bäume ein großer Nachteil (ANONYM 2011).

Auxine

Naphthyl-1-essigsäure und **Naphthyl-1-essigsäureamid** sind synthetische Auxine. Durch ihre Anwendung kommt es zu einer künstlichen Erhöhung des Auxinspiegels sowie einer Förderung der Ethylensynthese. Zugleich wird die Cytokinine- und Gibberellinproduktion gehemmt. Die endogene Auxinproduktion wird dadurch verringert und der Auxinfluss zwischen Samenanlage und Stielbasis wird unterbrochen. Dies führt in weiterer Folge zur Bildung von Trenngewebe und die unterversorgten Früchte fallen ab (SCHUMACHER 1989).

Die Apfelsorten könnten nach LAFER (2010a) im Bezug auf ihre Empfindlichkeit gegenüber der Auxingruppe in drei Klassen eingeteilt werden:

hoch – mittelmäßig empfindlich:	'Gala', 'Idared'
mittelmäßig – wenig empfindlich:	'Arlet', 'Braeburn', 'Golden Delicious', 'Jonagold', **'Pinova'**, 'Summerred'
unempfindlich – „Resistente Sorten":	'Fuji', 'Elstar', 'Kronprinz Rudolf', 'Mairac', 'Rubens', 'Rubinette'

Bei „auxinresistenten" Sorten kommt es häufig zur Ausbildung von Pygmäenfrüchten (Zwergfrüchten), wobei „auxinempfindliche" Sorten des Öfteren phytotoxische Schäden zeigen (LAFER 2010a).

Cytokinine

Das Cytokinin **6-Benzyladenine (**BA) erhöht die Ethylenproduktion in der Pflanze und hemmt den Indeol-3-Essigsäure-Transport physiologisch schwacher Früchte. Dadurch wird die Bildung von Trenngewebe gefördert und in weiterer Folge ein Fruchtfall verstärkt (WIDMER UND GÖLLES 2008).

WILLIAMS UND STAHLY (1969) erkannten als Erste die längenfördernde Wirkung von BA auf Äpfel. In der weiteren Entwicklung wurde der Wirkstoff mit GA_{4+7} kombiniert und als Verzweigungsmittel eingesetzt. Bei genaueren Untersuchungen erkannte man die gute Ausdünnwirkung von BA bei Äpfeln (GREENE 2003).

Der positive Einfluss auf die Bildung von Trenngewebe, die Blütenknospenbildung und die Fruchtgröße, unabhängig von der Ausdünnwirkung, sind dabei die Schlüsselfaktoren für die gute Eignung als Ausdünnmittel (GREENE 2003).

Zudem wird bei guten Witterungsbedingungen die Photosyntheseleistung reduziert und die Dunkelatmung erhöht. Dies dürfte ein wichtiger Bestandteil der Wirkungsweise von BA sein, wobei der genaue Wirkungsmechanismus noch nicht vollständig erforscht ist (YUAN UND GREENE 2000).

Als Cytokinin fördert BA die Zellteilung in jungen Früchten und hat dadurch unabhängig von der Reduktion der Fruchtzahl einen positiven Einfluss auf die Fruchtgröße. In einigen Untersuchungen kam es außerdem zu einer Verbesserung der Fruchtfleischfestigkeit (GREENE et al. 1990; DORIGONI UND LEZZER 2007).

Nach WIDMER UND GÖLLES (2009) ist die Witterung für die gewünschte Wirkung während und vor allem nach der Applikation entscheidend. Eine hohe Luftfeuchtigkeit und Temperatur von mindestens 15 °C bei der Anwendung sowie 20-25 °C in den zwei bis drei darauf folgenden Tage sind Voraussetzungen für eine entsprechende Ausdünnung. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass die Witterungsbedingungen entscheidender sind als der Anwendungszeitpunkt (Fruchtgröße).

TORGGLER (2009) beschreibt eine selektive Wirkung auf schwächere Früchte und empfiehlt für Südtiroler Anbaubedingungen einen ein- bis zweimaligen Einsatz bei einer Fruchtgröße von 10-16 mm. In der für Österreich gültigen niederländischen Zulassung ist maximal eine Anwendung pro Jahr erlaubt (CTGB 2012).

2.2.2.2 Ätzmittel

Ammoniumthiosulfat – ATS

$(NH_4)_2S_2O_3$ - Ammoniumthiosulfat wird im Obstbau als stickstoffhaltiger Blattdünger eingesetzt. Durch die hygroskopische Wirkung von ATS kommt es zu einer Austrocknung der Blütenorgane. Neben der Hemmung des Pollenschlauchwachstums hat der Dünger auch über die behandelten Blätter eine ausdünnende Wirkung. Es kommt zu einer kurzzeitigen Unterdrückung der Photosynthese und der Auxintransport aus den Früchten wird verringert. Beides fördert die Ethylenbildung, was wiederum zu einer Alterung der Eizellen und deren Abstoßung führt. Die Wirkung später eingesetzter Fruchtausdünner wird durch die geringere Samenzahl in den Früchten und der Hemmung des Hormonflusses verstärkt (VIGL 2009a).

In Abbildung 2 werden die unterschiedlichen Wirkungsmechanismen von ATS beim Einsatz als Ausdünnmittel dargestellt. Dabei begründet SCHRÖDER (2001) die Wirkung mit der unmittelbaren Verhinderung der Befruchtung und der späteren Verstärkung des Junifruchtfalls.

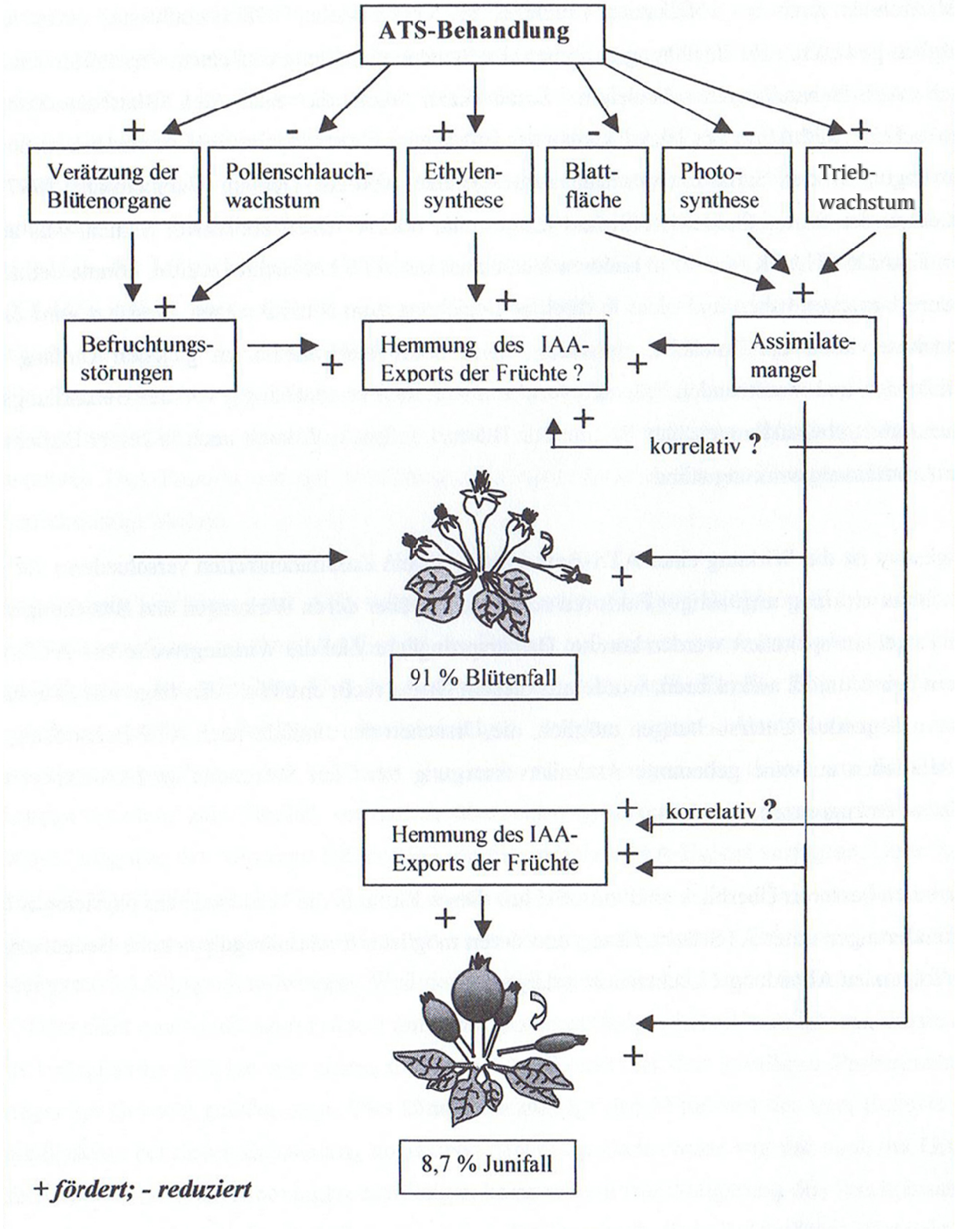

Abbildung 2: Ausdünnwirkung von ATS (nach SCHRÖDER 2001)

Für eine entsprechende Ausdünnwirkung werden Temperaturen zwischen 15 und 22 °C benötigt. Bei einer Applikation auf nasses Laub bzw. vor Niederschlägen kommt es häufig zu Blattverbrennungen. Eine höhere Wasseraufwandsmenge führt zu einer

stärkeren Wirkung, wobei die Empfehlungen zwischen 500 und 1000 Liter/ha liegen (ANONYM 2011; PROAGRO GMBH 2011).

Um ein optimales Ausdünnergebnis zu erreichen, empfiehlt VIGL (2009a) für Südtirol eine Doppelbehandlung mit ATS. Dabei sollte die zweite Applikation ca. drei Tag nach der ersten bzw. nach dem Öffnen der Blüten am einjährigen Holz erfolgen. Diese schwächeren Blüten können dadurch gezielt ausgedünnt werden und damit wird verhindert, dass diese zu unterentwickelten Früchten werden.

Die Sorten 'Boskoop', 'Jonagold' und 'Braeburn' reagieren laut LAFER (2005) besonders empfindlich auf ATS und neigen stärker als andere Sorten zu Blattverbrennungen. Nach demselben Autor sind Junganlagen sensibler als Altanlagen.

2.2.3 Maschinelle Ausdünnung

Um die umstrittenen Wirkstoffe Naphthyl-1-essigsäure und Naphthyl-1-essigsäure-amid zu ersetzen und den Einsatz von Wachstumsreglern zu minimieren, wird vermehrt nach anderen Wegen in der Behangregulierung gesucht. Die maschinelle Ausdünnung hat sich dabei in den vergangenen Jahren als Alternative bzw. Ergänzung zu den chemischen Wirkstoffen herausgestellt (SOLOMAKHIN UND BLANKE 2010).

LINK (2011) sieht unter anderem folgende Eigenschaften der maschinellen Ausdünnung als besonders vorteilhaft:

- Witterungs- und temperaturunabhängige Wirkung
- Prompte und nachprüfbare Wirkung
- Einsatzmöglichkeit im biologischen Anbau
- Hohe Schlagkraft

Problematisch sind allerdings die Ast- und Blattschäden sowie das vermehrte Triebwachstum und die mögliche Verbreitung von Krankheiten (LAFER 2010b).

Das Bakterium *Erwinia Amylovora*, der Auslöser von Feuerbrand, stellt dabei die größte Gefahr dar. NGUGI und SCHUPP (2009) haben nach einer mechanischen Ausdünnung

bei Versuchen an Topf- und Freilandbäumen eine signifikant höhere Feuerbrandinfektion festgestellt. Bei diesen Untersuchungen wurden zuerst erkrankte und im Anschluss gesunde Bäume mit derselben Maschine ausgedünnt.

Ausdünnmaschinen

Die derzeit am europäischen Markt erhältlichen Ausdünnmaschinen arbeiten im Wesentlichen nach demselben Prinzip: Eine oder mehrere rotierende Spindeln, die mit Kunststofffäden bestückt sind, werden durch den Baum geführt. Durch ihre Rotation werden zwischen den Stadien Grüne Knospe und Vollblüte einzelne Blüten bis ganze Blütenbüschel vom Baum geschlagen.

Die Maschine '*Darwin*' des Herstellers FRUIT TEC (88677 Markdorf, Deutschland) besteht aus einer durchgehenden senkrechten Spindel. Laut POLDERVAART (2011) ist sie derzeit die am häufigsten verkaufte Ausdünnmaschine für Äpfel. Seit 2009 wird dieses Gerät mit neuen Kunststofffäden ausgeliefert. Die neuen Schnüre sind in einem Stück gegossen, zudem elastischer, was ihre Lebensdauer gegenüber den ursprünglichen Schnüren deutlich verlängert (POLDERVAART 2011).

Abbildung 3: Ausdünnmaschine 'Darwin 250' (Foto: Kuenz)

Das zweite derzeit verfügbare Gerät wurde von L. Damerow und M. Blanke an der Universität Bonn entwickelt. Im Gegensatz zum Gerät *'Darwin'* besteht diese Maschine aus drei kürzeren horizontalen Spindeln, die in unterschiedlicher Höhe arbeiten.

Beide Geräte werden als Frontanbaugerät am Traktor montiert und hydraulisch angetrieben.

Inzwischen gibt es auch unterschiedliche tragbare Geräte, die speziell für die Steinobstausdünnung gedacht sind. Die akkubetriebenen Geräte werden per Hand durch den Baum geführt. WURM (2011) führte dazu einen Versuch zur Blütenausdünnung bei Marillen und Kirschen durch. Bei beiden getesteten Geräten kam es zu der gewünschten Fruchtgrößenförderung, wobei es Unterschiede zwischen den Fabrikaten gab. Der Autor verweist bei der Blütenausdünnung von Marillen und Kirschen allerdings auf ein höheres Ausfallrisiko im Fall eines Spätfrostes.

2.3 Prognose des Fruchtfalls

Die größte Herausforderung bei der Behangregulierung besteht für den Obstbauern darin zu entscheiden, ob und wenn wie stark ausgedünnt werden soll. Neben der Wahl der Ausdünnvariante spielen viele Einflussfaktoren eine Rolle für die Wirkung der eingesetzten Maßnahme: Der Blütenansatz, der Gesundheitszustand der Bäume, die Sorte, der Zeitpunkt der Anwendung sowie die Witterung sind von großer Bedeutung für die Wirkung einer Ausdünnung (SCHUMACHER 1989; HANDSCHACK 2000).

GREENE et.al. (2005) sehen das Fehlen von Entscheidungshilfen für den Einsatz von Ausdünnmitteln als ein großes Problem für die Apfelproduzenten an.

Um die Ausdünnung besser auf die gegebenen Bedingungen einstellen zu können, wäre eine rechtzeitige Prognose der Stärke des Junifruchtfalls wünschenswert (HANDSCHACK 1997).

WARD UND MARINI (1999) haben in diesem Zusammenhang erkannt, dass sich das Fruchtwachstum später abfallender Früchten innerhalb von wenigen Tagen nach einer Behandlung mit Ethephon und Carbaryl einstellt. Eine Fruchtwachstumsmessung ist

deshalb laut den Autoren eine einfache, kostengünstige sowie praxistaugliche Methode, um die Wirkung von chemischen Ausdünnmitteln abschätzen zu können.

2.3.1 Modellansatz von GREENE

GREENE et al. (2005) beschreiben ein Verfahren mit dem die Wirkung eines chemischen Ausdünnmittels, das bei 6-7 mm Fruchtgröße eingesetzt wird, prognostiziert werden kann. Ziel ist es dabei die Stärke des Fruchtfalls bereits zu einem Zeitpunkt zu bestimmen, an dem eine weitere chemische Ausdünnung noch möglich wäre.

Im Wesentlichen beruht das Modell auf der Messung des individuellen Fruchtzuwachses einer repräsentativen Stichprobe von Äpfeln. Dabei wird der Ansatz verfolgt, dass Früchte, die schlechter versorgt werden, ihr Wachstum einstellen und abfallen. Konkret wird angenommen, dass Früchte, die in dem bestimmten Zeitraum weniger als 50 % des Zuwachses der am schnellsten wachsenden Früchte aufweisen, in weiterer Folge abfallen werden. Abbildung 4 stellt den tatsächlichen (Actual) und den vereinfachten (Simple Model) Zusammenhang zwischen Wachstum und Fruchtfall dar (GREENE et al. 2005).

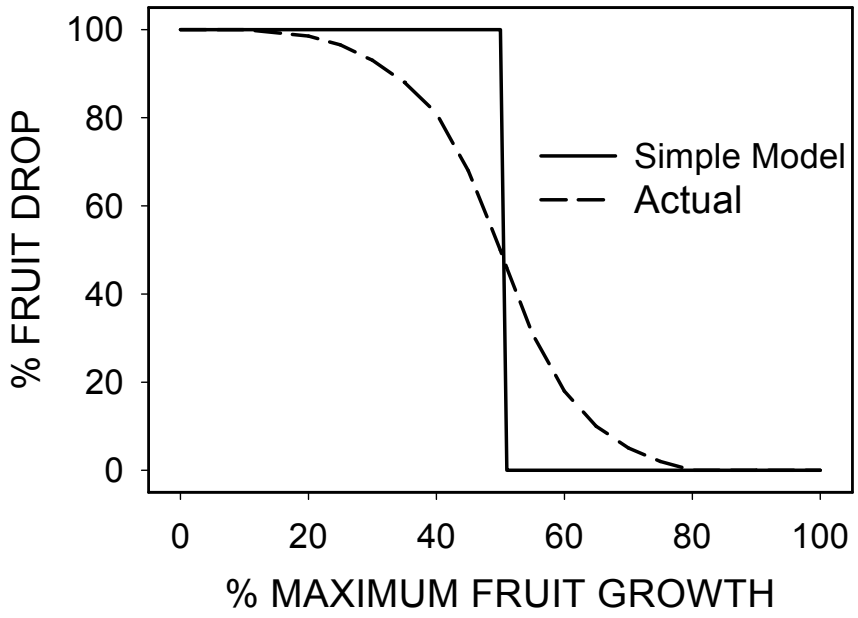

Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Fruchtwachstum und Fruchtfall (nach Greene et.al 2005)

Die Fruchtgrößenmessungen werden nach GREENE (2008a) an 105 Fruchtansätzen verteilt auf 7 Bäume durchgeführt. Nachdem es sich um ein temperaturabhängiges Modell handelt, werden die Abstände der Messungen in Gradtagen angegeben.

2.3.2 Modifizierte Ansatz zur Prognose des Junifruchtfalls

GREENE et al. (2005) gehen davon aus, dass der Schwerpunkt der chemischen Ausdünnung bei 7-10 mm Fruchtgröße durchgeführt wird. In Österreich wird momentan allerdings nur ein einzelner Wirkstoff (*Naphthyl-1-Essigsäure*) für eine Ausdünnung bei dieser Fruchtgröße empfohlen (LAFER 2011).

Zudem setzt Greene voraus, dass jeder Obstbauer die Prognose für die Hauptsorten des Betriebes selbst durchführt. Die durchschnittliche Betriebsgröße der Obstbaubetriebe liegt in Österreich allerdings nur bei 2,9 ha (ANONYM 2007). Ein derartig hoher Zeitaufwand ist deshalb für einen einzelnen Betrieb nicht rentabel. Ein Modell auf Basis von Fruchtgrößenmessungen ist aus diesem Grund in Österreich primär für den überbetrieblichen Einsatz von Interesse.

Wie von SCHUMACHER (1989) beschrieben, wirken sich frühe Ausdünnmaßnahmen auf die Stärke des Junifruchtfalls aus. Eine überbetriebliche Prognose muss deshalb genaue Ergebnisse unabhängig von der Ausdünnmethode liefern.

Aus diesen Gründen wurde neben dem originalen Modell von Greene ein modifizierter Prognoseansatz zur Bestimmung des Junifruchtfalls untersucht. Es wurde versucht den vorherrschenden Anbaubedingungen sowie dem geänderten Verwendungszweck der Vorhersage Rechnung zu tragen.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsstandort und Witterung

3.1.1 Standort und Versuchsparzelle

Das Landwirtschaftliche Versuchszentrum Steiermark (LVZ), Versuchsstation für Obst- und Weinbau in Haidegg, Ragnitzstraße 193, 8047 Graz, stellte für den Versuch kostenlos eine Parzelle der Sorte *'Pinova'* (*Evelina RoHo* 3615) zur Verfügung. Die einreihige Parzelle wurde im Jahr 2005 im Abstand von 3,4x1,0 m als Einzelreihe unter schwarzen Hagelnetzen gepflanzt. Nach der in Punkt 3.3.2 angeführten Formel ergibt das eine errechnete Baumzahl pro Hektar von 2941 Bäumen. Die verwendete Unterlage ist M9 und die Bäume wurden als schlanke Spindel erzogen.

3.1.2 Witterungsverlauf

Das LVZ verfügt über eine eigene Wetterstation der Firma ADCON (3400 Klosterneuburg, Austria). Für den Vergleich mit den langjährigen Durchschnittswerten (1971-2000) wurden die Daten der ZAMG-Messstation Graz-Messendorfberg in 3,5 km Entfernung herangezogen.

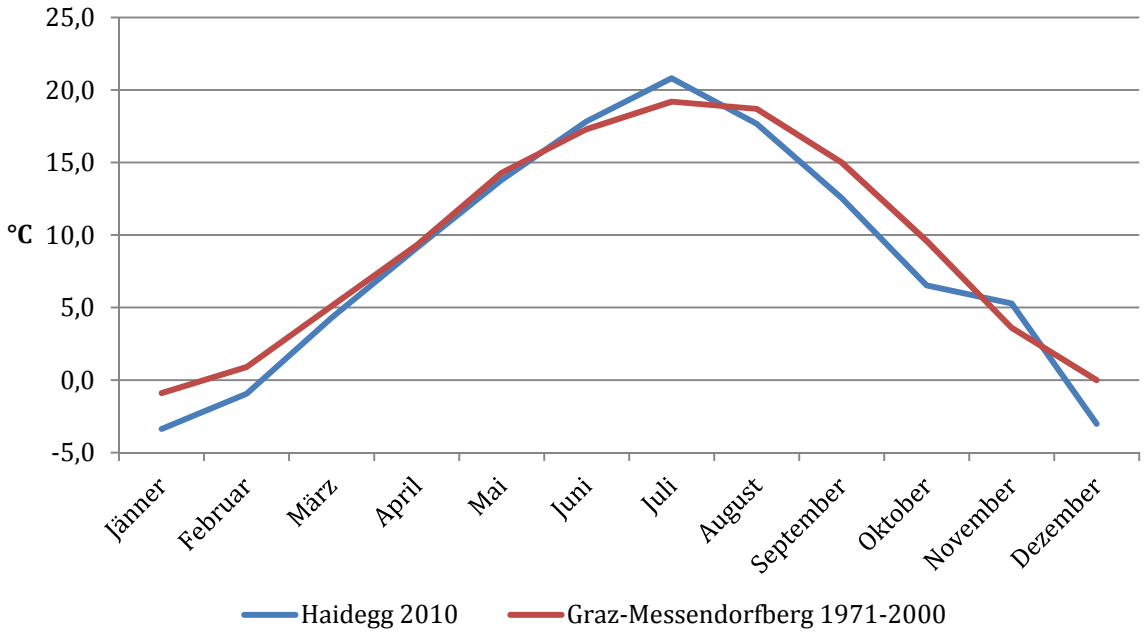

Abbildung 5: Monatsdurchschnittstemperaturen 2010 am LVZ Haidegg im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1971-2000) der ZAMG-Wetterstation Graz-Messendorfberg

Abbildung 5 zeigt die Monatsdurchschnittstemperaturen (°C) des Jahres 2010 im Vergleich zum Mittel der Jahre 1971-2000. Mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,4 °C war das Jahr 2010 in Summe gesehen um 0,9 °C kälter als im Durchschnitt. Dabei waren vor allem die Monate Jänner und Februar sowie August bis Oktober deutlich zu kalt.

Während der Vegetationszeit waren die Monate Mai, September, aber vor allem der Monat August niederschlagsreicher als der langjährige Durchschnitt (Abbildung 6). Mit 976 mm Gesamtniederschlag lag das Jahr 2010 deutlich über den 840 mm Niederschlag, der im Mittel an der Station Graz-Messendorfberg gemessen wurde.

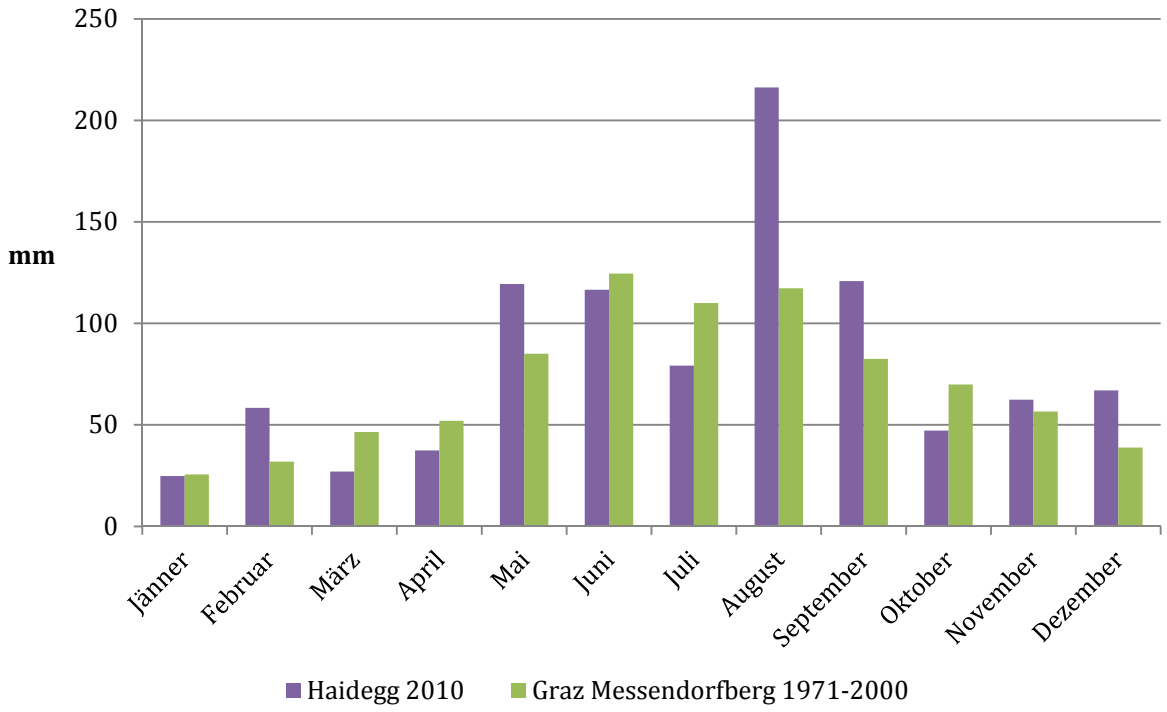

Abbildung 6: Monatsniederschlagssummen 2010 am LVZ-Haidegg im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1971-2000) der ZAMG-Wetterstation Graz-Messendorfberg

3.2 Versuchsvarianten

Insgesamt wurden 8 Varianten mit 4 Wiederholungen zu je 3 Bäumen sowie eine Kontrolle mit 3 Wiederholungen zu 3 Bäumen miteinander verglichen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Versuchsvarianten

<table>
<tr><th>Nr.</th><th>Variante</th><th>Abkürzung</th><th colspan="2">Ausdünnmethode</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Unbehandelte Kontrolle</td><td>UK</td><td colspan="2">keine</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Handausdünnung</td><td>HAND</td><td colspan="2">manuell</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Ethephon</td><td>Eth</td><td rowspan="3">chemisch</td><td rowspan="2">Bioregulatoren</td></tr>
<tr><td>4</td><td>6-Benzyladenin</td><td>BA</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Ammoniumthiosulfat</td><td>ATS</td><td>Ätzmittel</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Maschinell</td><td>MA</td><td colspan="2">maschinell</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Maschinell + Ethephon</td><td>MA+Eth</td><td colspan="2" rowspan="3">maschinell + chemisch</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Maschinell + 6-Benzyladenin</td><td>MA+BA</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Maschinell + Ammoniumthiosulfat</td><td>MA+ATS</td></tr>
</table>

In Tabelle 3 sind die genauen Daten zur Applikation der Ausdünnmittel und zur Anwendung der Ausdünnmaschine beschrieben. Dabei werden zu den im Versuch eingesetzten Aufwandsmengen und Wasseraufwandsmengen jeweils die laut Zulassung erlaubten bzw. von den Herstellern empfohlenen Werte angegeben. Für die Wirkung der Bioregulatoren aber auch des Ätzmittels sind die Tageshöchst-temperaturen am Tag der Anwendung und an den Folgetagen von großer Bedeutung.

Die Ausbringung aller Ausdünnmittel im Rahmen des Versuchs erfolgte mit einem Parzellenspritzgerät der Versuchsanstalt Haidegg. Das Gerät wird jährlich geprüft.

Tabelle 3: Applikations- und Anwendungsdaten

	Chemisch			Maschinell
	Bioregulatoren		Ätzmittel	
Wirkstoff	**Ethephon**	**6-Benzyl-adenin**	**Ammonium-thiosulfat**	
Handelsprodukt	*Flordimex 420*	*MaxCel*	*Agro N fluid*	*Darwin 250*
Wirkstoffkonzentration des Produkts	420 g/l	1,93 %	52-53 %	-
Zahl der Anwendungen lt. Zulassung (max.)	2	1	-	-
Mittelaufwandsmenge lt. Zulassung	0,15 l/m Kronenhöhe[1]	0,375 %-0,750 %[2]	13-20 l/ha[3]	-
Mittelaufwandsmenge im Versuch	0,15 l/m Kronenhöhe[1]	0,500 %	25 l/ha	-
Wasseraufwandsmenge lt. Zulassung (l)	500 l/m Kronenhöhe[1]	1000	500-1000 l/ha	-
Wasseraufwandsmenge im Versuch (l/ha)	333 l/m Kronenhöhe[1]	1000	500	-
Netzmittelzusatz	*ProNet Alfa*	-	-	-
Datum der Anwendung	23.04.2010	20.05.2010	30.04.2010	29.04.2010
Uhrzeit der Anwendung	11:30	11:15	14:45	16:45
Entwicklungsstadium	Ende Ballonstadium	10 mm	Vollblüte + 1 Tag	Vollblüte
Tageshöchsttemperatur (°C)				
Tag der Anwendung	8,6	15,5	27,2	22,6
1. Folgetag	20,9	17,6	22,8	27,9
2. Folgetag	21,5	21,5	21,2	22,8
3. Folgetag	22,7	22,6	17,4	21,2
rel. Luftfeuchtigkeit (%)	73	47	30	32
Nächster Niederschlag	26.04.2010	21.05.2010	03.05.2010	03.05.2010

[1] Kronenhöhe im Versuch: 3 m
[2] bei 1000 l Wasseraufwandsmenge (Berechnungsbasis)
[3] vom Hersteller empfohlener Mittelaufwand bei einer Doppelanwendung als Ausdünnmittel

Ethephon – Eth

Im vorliegenden Versuch kam das in der Bundesrepublik Deutschland zugelassene Produkt *Flordimex 420* (Zulassung-Nr.: 024035-00) des Zulassungsinhabers CWB CHEMIE GMBH (06766 Bitterfeld-Wolfen, Deutschland) zum Einsatz. Das Mittel kann auf Grund der „Gleichstellungsverordnung Bundesrepublik Deutschland", BGBl. II Nr. 109/1998, in Österreich unter den für Deutschland geltenden Bestimmungen angewendet werden (AGES 2011a).

Für den Apfelanbau ist *Flordimex 420* mit einer maximalen Mittelaufwandsmenge von 0,15 l/ha und je Meter Kronenhöhe in 500 l Wasser je Meter Kronenhöhe zugelassen. Die Zulassung des Mittels zur Förderung der Blütenbildung lautet auf einen Einsatz bis 4 Wochen nach der Vollblüte als Doppelanwendung mit mindestens 7 Tagen Abstand. Für die im Versuch vorhandene Kronenhöhe von 3 m bedeutet das eine maximale Aufwandsmenge von 0,45 l/ha bei einer maximalen Wasseraufwandsmenge von 1500 Liter. Laut Zulassung ist die Wartezeit durch die Anwendungsbedingungen und/oder die Vegetationszeit abgedeckt. Von Seiten der Zulassung spricht nichts einem früheren Einsatz entgegen. Die Applikation von 0,45 l/ha *Flordimex 420* mit einer Wasseraufwandsmenge von 1000 l/ha erfolgte zum Ende des Ballonstadiums am 23. April 2010.

Um die Benetzung der Bäume zu verbessern wurde beim Einsatz von Ethephon das Netzmittel *ProNet Alfa* des Herstellers PROAGRO GMBH (91183 Abenberg, Deutschland) beigemischt. Das Netzmittel kam dabei in einer Konzentration von 0,1 % zur Anwendung.

6-Benzyladenine - BA

Das Produkt *MaxCel* (19,3 g/l 6-Benzyladenin) besitzt eine niederländische Zulassung (Zulassung-Nr.: 13147 N) als Ausdünnmittel und darf auf Grund der „Gleichstellungsverordnung Königreich der Niederlande", BGBl. II Nr. 52/2002, in Österreich angewendet werden.

MaxCel wird von VALENT BIOSCIENCES CORPORATION (Illinois 60048, USA) hergestellt und in Österreich von STÄHLER AUSTRIA GMBH & CO KG (8042 Graz, Österreich) vertrieben.

In der Zulassung wird die Dosierung mit 0,375-0,750 % (375-750 ml/100 Liter Wasser) bei einer Wasseraufwandsmenge von 1000 l/ha (Berechnungsbasis) angegeben. Eine Wartefrist zwischen Anwendung und Ernte ist in der Zulassung nicht angegeben, wobei das Wiederbetreten der Anlage bis zum Antrocknen der Spritzbrühe untersagt ist (CTGB 2011). Die Applikation von 5 l/ha *MaxCel* mit einer Wasseraufwandsmenge von 1000 l/ha erfolgte bei einer Fruchtgröße der Königsfrüchte von ca. 10 mm am 20. Mai 2010.

Ammoniumthiosulfat – ATS

Für diesen Versuch wurde das flüssig formulierte Produkt *Agro N fluid* der Firma PROAGRO GMBH (91183 Abenberg, Deutschland) verwendet. Der Spezialdünger wird vom Hersteller als „EG-Düngemittel“ in Verkehr gebracht und darf in Österreich als solches laut Düngemittelverordnung eingesetzt werden.

Im Produktdatenblatt werden der Stickstoffgehalt mit ca. 15 % und der Schwefelgehalt mit ca. 22 % angegeben. Der ATS-Anteil beläuft sich auf 52-53 %. Für die Sorte *'Pinova'* wird eine Aufwandsmenge von 13-20 l/ha *Agro N fluid* bei einer Wasseraufwandsmenge von 500 – 1000 l/ha vom Hersteller empfohlen (PROAGRO GMBH 2011).

Nachdem die Witterungsbedingungen eine doppelte Anwendung wie vorgesehen nicht zuließen, wurde am 30. April 2010 zur Vollblüte eine hoch dosierte Applikation mit 25 l/ha *Agro N fluid* in 500 l/ha Wasser durchgeführt.

Ausdünnmaschine „*Darwin 250*“

Die Versuchsanstalt Haidegg besitzt seit dem Jahr 2009 ein Ausdünngerät vom Typ *'Darwin 250'* des Herstellers FRUIT TEC (88677 Markdorf, Deutschland) mit neuen Spritzgussseilen. Das Fadengerät wurde am 29. April 2010 zur Vollblüte mit einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h und einer Spindeldrehzahl 200 Umdrehungen/Minute mit halber Fadenzahl beidseitig eingesetzt.

Handausdünnung

Bei der Handausdünnung wurde darauf geachtet, dass unterentwickelte, deformierte und beschädigte Früchte zuerst ausgedünnt werden. Sie wurde am 26. Juni 2010 durchgeführt. Ziel war es, auf 12 Früchte pro cm^2 Stammquerschnitt auszudünnen.

3.3 Versuchsauswertung

3.3.1 Wachstumsparameter

Stammdurchmesser und Stammquerschnittsfläche

Der Stammdurchmesser (mm) wurde 30 cm über der Veredelungsstelle mit einer elektronischen Schieblehre gemessen. Die erste Messung wurde am 18. Dezember 2009 und die zweite am 13. Dezember 2010 durchgeführt und der Zuwachs in der Vegetationsperiode als Differenz der beiden Werte bestimmt. In weiterer Folge wurde die kreisrunde Stammquerschnittsfläche (cm^2) für beide Messungen berechnet.

Blüte

Zum Zeitpunkt der Vollblüte wurde mittels einer Bonitur die Blütenzahl der einzelnen Versuchsbäume abgeschätzt. Dabei kam die bereits von LAFER (2002) eingesetzte 9-teilige Punkteskala (Tabelle 4) zur Anwendung. Die Blüte im Jahr der Ausdünnung wurde am 29. April 2010 und die Wiederblüte im Folgejahr am 19. April 2011 bewertet.

Am 22. April 2010 (Ballonstadium) wurden die Blütenbüschel zur exakten Bestimmung der Blütenzahl gezählt.

Tabelle 4: Blütenboniturschema

Blühstärken	Blütenbesatz
1	keiner (100 % Holzknospen)
2	sehr gering
3	gering
4	gering-mittel
5	mittel
6	mittel-hoch
7	hoch
8	sehr hoch
9	Weißblüte (100 % Blütenknospen)

3.3.2 Ertragsdaten

Einzelbaumertrag und Fruchtzahl/Baum

Die Ernte erfolgte am 5. Oktober 2010 in einem Durchgang. Dabei wurden die Äpfel jedes Versuchsbaumes gezählt und mittels einer elektronischen Waage (+/- 0,05 kg Genauigkeit) gewogen. Aus dem Mittel der 3x4 Bäume wurde der Einzelbaumertrag bestimmt.

Einzelfruchtgewicht

Das durchschnittliche Fruchtgewicht wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\textbf{Ø-Fruchtgewicht (g)} = \frac{\text{Einzelbaumertrag (kg) x 1000}}{\text{Fruchtzahl/Baum}}$$

Spezifischer Ertrag

Der spezifische Ertrag setzt den Einzelbaumertrag ins Verhältnis zur Baumstärke (Stammquerschnittsfläche) und wurde folgendermaßen berechnet:

$$\textbf{Spezifischer Ertrag (kg/cm}^2\textbf{)} = \frac{\text{Einzelbaumertrag (kg)}}{\text{Stammquerschnittsfläche (cm}^2\text{) Dez. 2010}}$$

Hektarertrag

Der hochgerechnete Hektarertrag ergibt sich aus dem durchschnittlichen Einzelbaumertrag multipliziert mit der errechneten Baumzahl pro Hektar.

Die Baumzahl/Hektar errechnet sich nach KEPPEL (1991) folgendermaßen:

$$\textbf{Baumzahl/Hektar} = \frac{10.000}{\text{Reihenabstand x Pflanzabstand in der Reihe}}$$

Der Hektarertrag wird nach folgender Formel berechnet:

Hektarertrag (kg) = Ø- Einzelbaumertrag x Baumzahl/Hektar

Fruchtansatz

Der Fruchtansatz errechnet sich aus der Fruchtzahl pro Baum bei der Ernte bezogen auf die Zahl der Blütenbüschel pro Baum. Diese Kennzahl bezieht sich auf 100 Blütenbüschel und wird nach folgender Formel berechnet:

$$\textbf{Fruchtansatz}: \quad \frac{\text{Fruchtzahl pro Baum}}{\text{Blütenbüschel pro Baum}} \times 100$$

Relativer Fruchtansatz

Beim relativen Fruchtansatz wird der Fruchtansatz einer Variante ins Verhältnis zum Fruchtansatz der unbehandelten Kontrolle gesetzt. Dadurch wird die prozentuelle Reduktion des Fruchtansatzes gegenüber dem natürlichen Fruchtansatz dargestellt. Diese Kennzahl wird nach folgender Formel berechnet:

$$\textbf{relativer Fruchtansatz} = \frac{\text{Fruchtansatz der Variante}}{\text{Fruchtansatz der unbehandelten Kontrolle}} \times 100$$

3.3.3 Bestimmung der Fruchtqualität

Bei der Ernte wurde von jeder Versuchsparzelle eine zufällige Stichprobe (ca. 20 kg) für die Beurteilung der äußeren sowie der inneren Fruchtqualität genommen. Neben der Größensortierung unmittelbar nach der Ernte wurde die Lagerfähigkeit an Hand der Veränderung der inneren Qualitätsparameter beurteilt. Die Lagerung der Stichprobe erfolgte unter kontrollierter Atmosphäre (CA) in den Kühlzellen der Versuchsanstalt Haidegg. Die Temperatur wurde bei 1 °C gehalten. Der CO2 Gehalt lag bei 3,5 % und der Sauerstoffgehalt wurde auf 1,2 % gesenkt.

3.3.3.1 Äußere Qualitätsparameter

Größensortierung

Die Größensortierung der eingelagerten Stichprobe wurde mit einer automatischen Sortieranlage der Firma AWETA G&P bv (2631 HG Nootdorp, Niederlande) am 28. Oktober 2010 durchgeführt. Die Einteilung erfolgte in Größenklassen zu je 5 mm

beginnend bei 55 mm. Um die Übersichtlichkeit bei der Auswertung zu bewahren wurden die Gruppen mit einem Durchmesser von über 75 mm in der Gruppe >75 mm zusammengefasst. Alle Früchte unter 65 mm Durchmesser wurden ebenfalls gruppiert (<65 mm) und auf Grund der zu geringen Fruchtgröße als vermarktungsunfähig eingestuft.

Neben der Verteilung der Früchte in den Größenklassen wurde an Hand des Sortierergebnisses die durchschnittliche Fruchtgröße (mm) berechnet.

Berostung

Die Fruchtberostung wurde durch eine visuelle Bonitur am 9. November 2010 beurteilt. Dabei sind alle eingelagerten Früchte nach ihrer flächenmäßigen Berostung in Klassen eingeteilt worden. Folgende Klassen kamen zur Anwendung:

Tabelle 5: Berostungsboniturschema

Klasse	1	2	3	4	5	6
Berostung (Flächenanteil)	< 1 %	1-5 %	6-10 %	11-20 %	21-50 %	>50 %

3.3.3.2 Innere Qualitätsparameter

Für die nähere Beschreibung der inneren Fruchtqualität wurde das vollautomatische Analysegerät *'Pimprenelle'* des Herstellers SETOP GIRAUD TECHNOLOGY (84300 Cavaillon, Frankreich) eingesetzt. Das wöchentlich geeichte Gerät bestimmte die Fruchtfleischfestigkeit (Penetrometerwert), den Gehalt an löslicher Trockensubstanz (Refraktometerwert) und den Säuregehalt der Früchte.

Die Messungen der inneren Fruchtqualität wurden unmittelbar nach der Ernte (6. Oktober 2010), bei der Auslagerung (23. März 2011) und nach einer einwöchigen Lagerung bei 20 °C (Shelf-Life-Phase) am 31. März 2011 durchgeführt. An jedem Messtermin wurden aus der eingelagerten Stichprobe getrennt für jede einzelnen Versuchsparzellen zufällig 15 Früchte ausgewählt. Die Bestimmung der inneren Fruchtqualität wurde anhand der 15 ausgewählten Früchte gemacht.

Vor der Messung der Fruchtfleischfestigkeit wurde die Fruchtschale der Äpfel automatisch entfernt (ca. 1 cm tief). Dadurch wurde sichergestellt, dass es durch die Schale nicht zu Verfälschungen bei den Messungen kommen konnte. Die Messung der Festigkeit erfolgte mittels Penetrometer (Querschnittsfläche des Stempels: 1 cm^2) und die Ergebnisse werden in kg/cm^2 angegeben.

Die Bestimmung der löslichen Trockensubstanz (°Brix) erfolgte über das integrierte Durchflussrefraktometers des Analysegeräts, wobei der Saft jeder Frucht einzeln gemessen wurde.

Für die Säuremessung wurde vom Analysegerät eine Mischprobe aus dem Saft der 15 untersuchten Äpfel erstellt. Nach der Entnahme von 10 ml Fruchtsaft wurde eine Säuretitration mit 0,1 molarer Natronlauge (NaOH) durchgeführt. Der Gehalt an titrierbarer Säure wurde in mval angegeben und nach der Multiplikation mit dem Faktor 0,67 in g/L Äpfelsäure ausgedrückt (DHATT UND MAHAJAN 2007).

3.3.4 Parameter für die Prognosemodelle

Variantenauswahl

Um zu testen, ob die Modelle durch die unterschiedliche Ausdünnstrategie beeinflusst werden, wurden die Verfahren an den folgenden Versuchsvarianten getestet:

- Unbehandelte Kontrolle
- Handausdünnung
- Ethephon
- Ammoniumthiosulfat
- Maschinell

Größenmessungen

In Tabelle 6 sind die genauen Messtermine und die Abstände der Größenmessungen angegeben, welche für das jeweilige Prognosemodell entscheidend sind. Vor Beginn der Messungen wurden die ausgewählten Bäume, Fruchtstände sowie Einzelfürchte markiert. Bei den Bäumen und Fruchtständen erfolgte dies mit Schildern; bei den Früchten wurden die Stiele mit einem wasserfesten Stift der Marke *Edding* (Typ: 3000

permanent Marker) gekennzeichnet. Dadurch konnte jede Frucht durch eine eindeutige Nummer im Laufe der Messungen wieder gefunden werden. Diese Arbeiten wurden vom 13.-14. Mai 2010 durchgeführt.

Die erste Fruchtgrößenmessung für das modifizierte Modell wurde bei durchschnittlich 7 mm Fruchtgröße durchgeführt. Die erste Größenbestimmung für das Modell nach Greene erfolgte drei Tage später. Die abschließende Messung erfolgte zum selben Zeitpunkt am 26. Mai 2010.

Der tatsächliche Fruchtansatz wurde nach dem Junifruchtfall am 25. Juni 2011 durch eine Zählung der verbliebenen markierten Äpfel bestimmt. Um die Vergleichbarkeit zwischen den beiden Modellansätzen zu gewährleisten, wurden alle Untersuchungen an den gleichen Früchten durchgeführt.

Tabelle 6: Termine der Fruchtgrößenmessungen

	Modell Greene	**modifiziertes Modell**
Anzahl Versuchsbäume	7	7
Untersuchte Fruchtansätze	105 (15 Ansätze/Baum)	105 (15 Ansätze/Baum)
1. Messung (durchschn. Fruchtgröße)	7 mm + 3 Tage 20.05.2010	7 mm 17.05.2010
2. Messung	26.05.2010	
	Intervall zwischen 1. und 2. Messung	
Tage	6	9
Gradtage Basis: 50 °Fahrenheit (Basis: 10°Celsius)	70,0 (38,8)	82,1 (45,5)
	Bestimmung des tatsächlichen Fruchtansatzes **(nach dem Junifruchtfall)**	
Fruchtzählung	25.06.2010	

Bezugswachstum und Mindestwachstum

Als Basis für die Vorhersage wurde nach den Messungen das Bezugswachstum berechnet und im Anschluss das Mindestwachstum für das Überleben einer Frucht bestimmt. Tabelle 7 zeigt die Berechnung der zwei Kennwerte.

Das Bezugswachstum wurde nach den Vorgaben im Originalmodell von Greene bei beiden Modellen gleich berechnet. Dazu wurden die gemessenen Werte für jeden der 7 Versuchsbäume getrennt voneinander ihrer Höhe nach sortiert. Der Mittelwert der 3 größten Zuwächse pro Baum stellte das Bezugswachstum dar.

Das Mindestwachstum wird von Greene mit 50 % des Bezugswachstums angegeben. Für das modifizierte Modell wurde dabei der Prozentsatz ermittelt, bei dem es über alle untersuchten Varianten zur geringsten absoluten Abweichung der Prognose gegenüber dem tatsächlichen Fruchtfall gekommen ist. Dabei stellte sich für diesen Versuch ein Mindestwachstum von 76 % des Bezugswachstums als optimal heraus.

Tabelle 7: Berechnung des Bezugswachstums und des Mindestwachstums

	Modell Greene	**modifiziertes Modell**
Bezugswachstum	Mittelwert der 3 größten Zuwächse pro Versuchsbaum (3 x 7 Zuwächse)	
Mindestwachstum	50 % des Bezugswachstums	76 % des Bezugswachstums

Berechnung des Fruchtfalls

Der prognostizierte Fruchtfall wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\textbf{Fruchtfall (\%)} = \frac{\text{Anzahl an Früchten mit einem Zuwachs} < \text{Mindestwachstum}}{\text{Anzahl gemessener Früchte (17.05.2010)}} \times 100$$

3.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm *SPSS 15.0 für Windows* und *Microsoft Excel für Mac 2011* durchgeführt. Es wurden Tests auf Normalverteilung, Tests auf Varianzhomogenität (Levene-Test), einfaktorielle Varianzanalysen mit anschließendem Tukey Test und Mittelwertvergleiche durchgeführt.

Die Signifikanzniveaus wurden nach EHRENDORFER (1958) wie folgt festgelegt:

$p > 0{,}05$	nicht signifikant	n.s.
$p \leq 0{,}05$	signifikant	*
$p \leq 0{,}01$	hoch signifikant	**
$p \leq 0{,}001$	sicher	***

4 Ergebnisse

4.1 Ausdünnversuch

4.1.1 Baumentwicklung

Baumstärke

Zu Beginn des Versuchs hatten die Variante MA mit 6,2 cm^2 die schwächsten Bäume (Abbildung 7). Nur unwesentlich stärker waren die Varianten MA+ATS (6,5 cm^2) und UK (6,7 cm^2). Die dicksten Bäume standen in den Parzellen der Variante MA+BA (8,4 cm^2). Nach der Vegetationsperiode hatte die Variante MA+ATS mit 7,3 cm^2 die dünnsten und MA+BA mit 9,0 cm^2 die stärksten Stämme. Der Zuwachs im Laufe der Vegetationsperiode war mit 0,7 cm^2 bei Eth am geringsten. Am stärksten wuchsen die Bäume der Variante MA (1,7 cm^2). Durchschnittlich wuchsen die Bäume von 7,1 cm^2 im Jahr 2009 auf 8,1 cm^2 im Jahr 2010. Ein eindeutiger Einfluss der maschinellen Ausdünnung auf das Wachstum konnte nicht festgestellt werden. Einerseits war MA die Variante mit dem stärksten Zuwachs, andererseits zeigte die Variante MA+BA die geringste Vergrößerung des Stammquerschnitts.

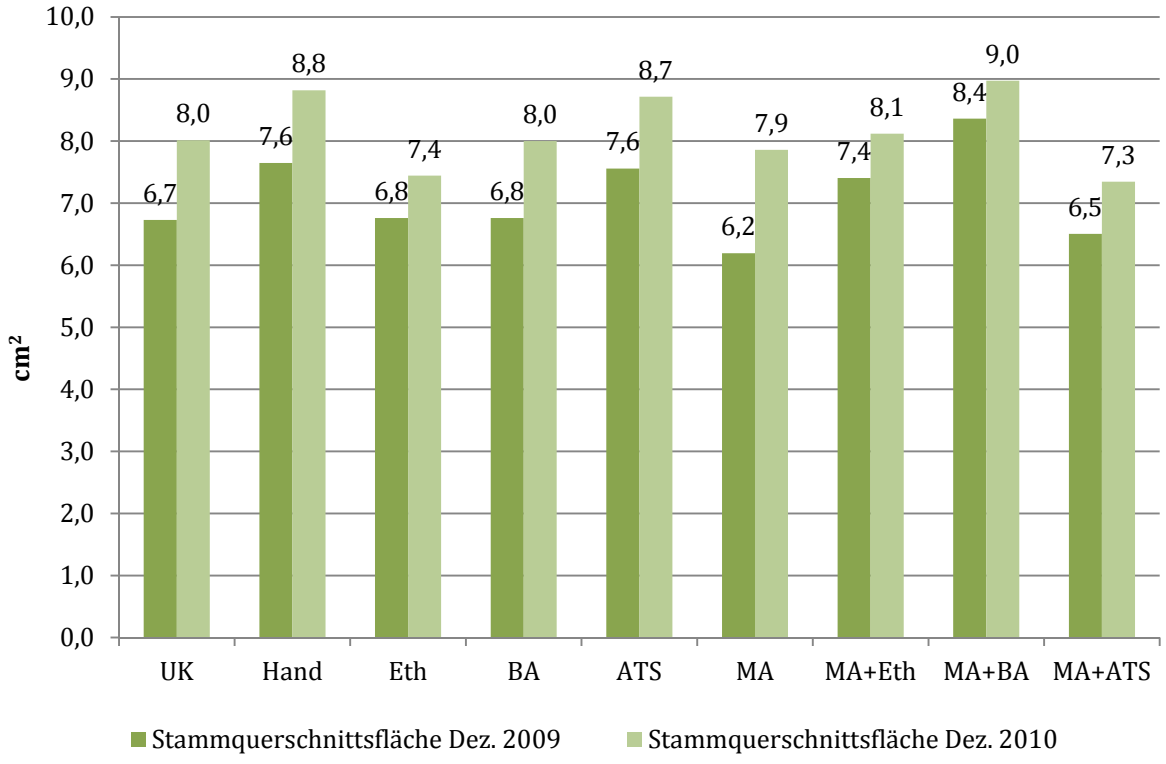

Abbildung 7: Zunahme der Baumstärke (in cm^2)

Blütenbonitur 2010

Abbildung 8 zeigt den Durchschnitt sowie die Minimal- und Maximalwerte der Blütenbonitur im Jahr 2010. Die Bonitur anhand der 9-stufigen Skala ergab im Mittel aller Varianten 7,6 Punkte. Dabei zeigten die Variante ATS mit 8,0 Punkten und die Varianten UK, MA+Eth, MA+BA und MA+ATS (7,9 Punkte) die stärkste Blüte. Die geringste Blühintensität zu Beginn des Versuchs zeigte sich bei BA (7,0 Punkte) und Hand (7,1 Punkte). Bei der Variante Hand streute die Bonitur von 3-9 Punkte, wohingegen die Streuung bei allen anderen Varianten gering war.

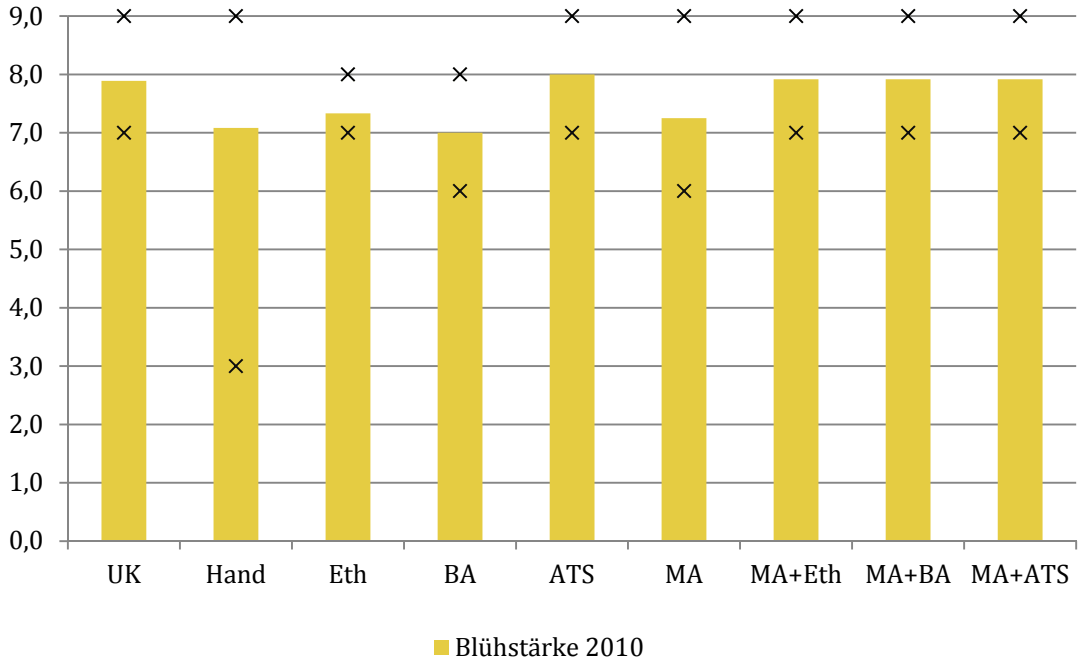

Abbildung 8: Ergebnis der Blütenbonitur 2010

Zahl der Blütenbüschel 2010

Ein exaktes Bild der Blütenzahl zeigte die, gegenüber der Bonitur zeitaufwändigere, Zählung der Blütenbüschel (Abbildung 9). Durchschnittlich wurden 157,8 Infloreszenzen pro Baum gezählt. Auch wenn wiederum die Variante ATS die stärkste Blüte aufwies, wurden größere Unterschiede zwischen den Varianten sichtbar als bei der visuellen Bonitur.

Die geringste Anzahl an Infloreszenzen hatte die Variante MA mit 132,5, gefolgt von den händisch bearbeiteten Bäumen mit 141,8 Blütenbüscheln pro Baum. Die Werte bei der Variante Hand sowie bei drei weiteren Varianten (UK, BA und MA+Eth) streuten

relativ stark. Besonders bei Bäumen, die sehr schwach bzw. stark blühten, wurde bei der Bonitur häufig in Richtung des Mittelwertes bewertet. In der Grafik werden Ausreißer, die einen größeren Abstand zum Mittelwert als das 1,5-fachen der Boxhöhe (Abstand zwischen dem 25 %-Perzentil und dem 75 %-Perzentil) aufwiesen, gesondert dargestellt (Kreis-Symbol). Zudem werden Extremwerte (Stern-Symbol) mit einem Abstand zum Mittelwert von mehr als dem 3-fachen der Boxhöhe extra markiert.

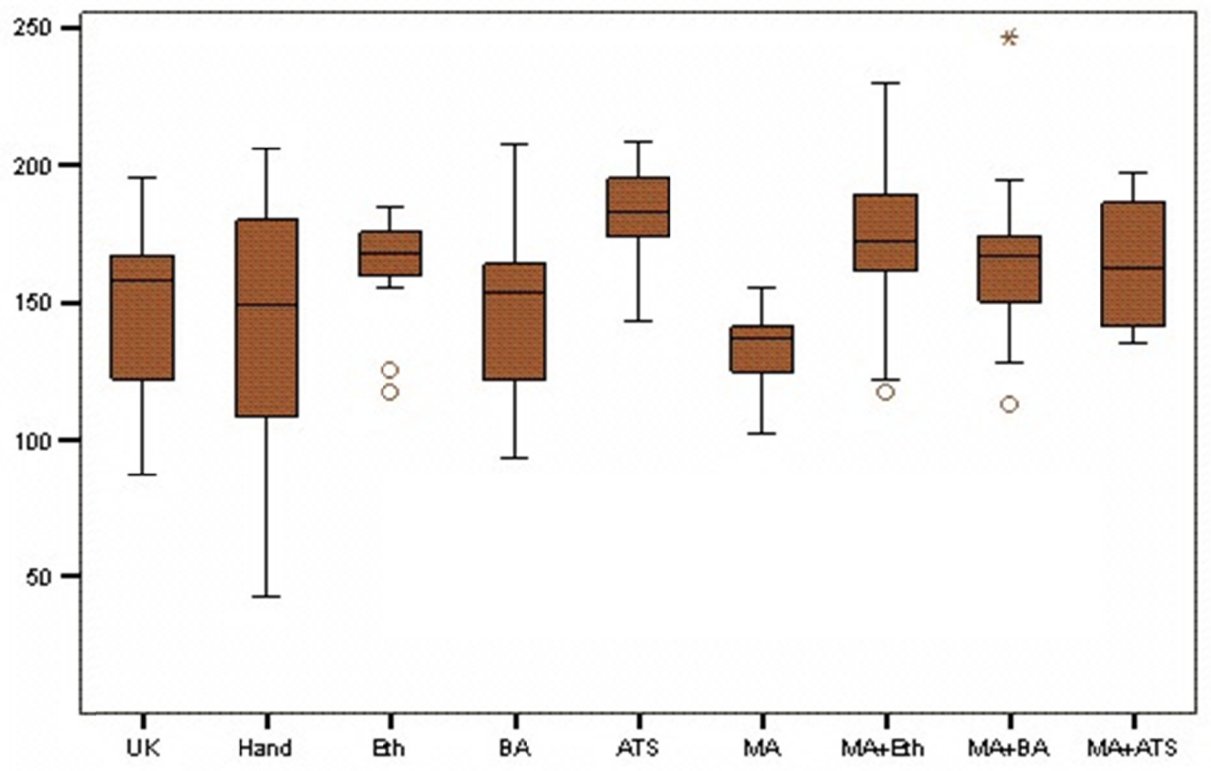

Abbildung 9: Blütenbüschel pro Baum 2010

Blütenbonitur 2011

Die Blütenbonitur im Jahr 2011 zeigte bei allen Varianten eine schwächere Blüte als im Ausgangsjahr (Abbildung 10). Im Durchschnitt aller Versuchsbäume lag die Blühstärke bei 6,7 Punkten; um 0,9 Punkte unter dem Wert des Vorjahres. Wie im Jahr 2010 zeigten MA+Eth (7,2), MA+ATS (7,1) und ATS (6,9) eine starke Blüte. Bei den Varianten MA und BA (beide 6,3 Punkte) sowie bei MA+BA (6,4 Punkte) fiel die Blüte verhältnismäßig schwach aus. Durch den Einsatz der Ausdünnmaschine wurde die Blüte des Folgejahres allerdings nicht positiv beeinflusst. Ethephon und 6-Benzyladenin konnten in diesem Versuch ebenfalls keine Verbesserung der Wiederblüte bewirken.

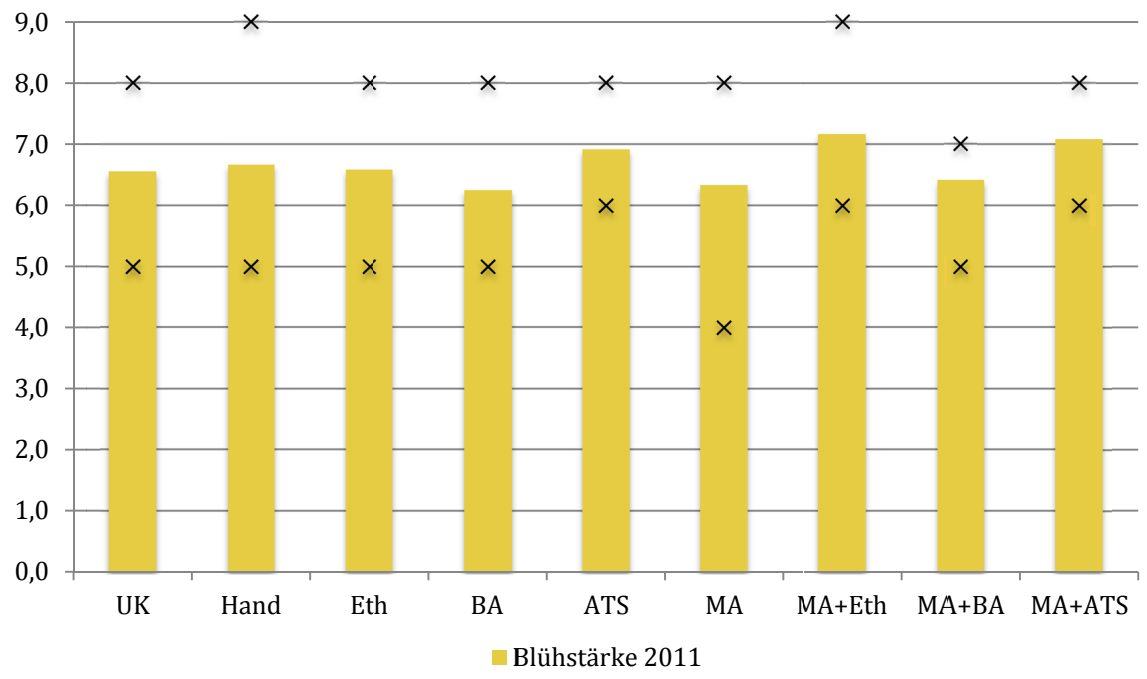

Abbildung 10: Ergebnis der Blütenbonitur 2011

4.1.2 Erntedaten

Einzelbaumertrag

Die Einzelbaumerträge streuten mit Werten zwischen 8,50 kg und 27,05 kg sehr stark, wobei der Durchschnitt aller Varianten bei 17,62 kg lag. Die Variante MA+ATS brachte mit 13,76 kg (= 40,5 t/ha), gefolgt von der Variante MA mit 14,85 kg (= 43,7 t/ha), die geringste Erntemenge. Den absolut höchsten Ertrag zeigte die Variante MA+BA mit 20,69 kg (60,9 t/ha). Die unbehandelte Kontrolle lag mit 19,87 kg (= 58,4 t/ha) an dritter Stelle (Tabelle 8).

Der Einsatz der Ausdünnmaschine hatte keinen einheitlichen Einfluss auf die Erntemenge. Bei den Varianten MA+ATS und MA wurde das Erntegewicht signifikant gegenüber der Kontrolle reduziert. Auch bei der Kombination MA+Eth konnte ein geringerer Einzelbaumertrag gegenüber den unbehandelten Parzellen festgestellt werden. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant. Bei der vierten Variante, bei der die Maschine zu Einsatz kam (MA+BA), lag der Ertrag hingegen über dem der Kontrolle.

Von den drei chemischen Varianten konnte nur bei BA eine Verringerung des Einzelbaumertrages gegenüber der Kontrolle festgestellt werden. Dieser Unterschied konnte

allerdings statistisch nicht bestätig werden. Bei den beiden weiteren chemischen Wirkstoffen konnte keine Veränderung gegenüber der Kontrollvariante gefunden werden.

Nur auf Basis der Erntemenge kann allerdings noch kein Urteil über die Ausdünnwirkung einer Behandlungsmethode gefällt werden. Durch eine Steigerung des Einzelfruchtgewichts könnte bei einer entsprechenden Ausdünnung der Einzelbaumertrag ebenfalls hoch ausfallen.

Trotz fehlender Varianzhomogenität wurde eine einfaktorielle Anova mit anschließendem Post-Hoc-Test (Turkey-HSD) durchgeführt. Dadurch sollte aus praktischer Sicht eine bessere Beurteilung der Ergebnisse ermöglicht werden.

Tabelle 8: Einzelbaumertrag (kg) - Mittelwertvergleich der Varianten

Variante	N	Mittelwert[1]	Standard-abweichung	Standard-fehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert	
					Untergrenze	Obergrenze
UK	9	19,87 (a)	2,251	0,750	18,137	21,597
Hand	12	16,77 (abc)	6,108	1,763	12,886	20,648
Eth	12	18,47 (ab)	3,433	0,991	16,285	20,648
BA	12	16,86 (abc)	3,493	1,008	14,639	19,077
ATS	12	20,56 (a)	2,378	0,686	19,052	22,073
MA	12	14,85 (bc)	2,776	0,801	13,082	16,609
MA+Eth	12	17,35 (abc)	2,463	0,711	15,785	18,915
MA+BA	12	20,69 (a)	3,528	1,018	18,450	22,933
MA+ATS	12	13,76 (c)	3,300	0,953	11,666	15,859

[1] Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey HSD, Irrtumswahrscheinlichkeit: 5 %, Varianzhomogenität nicht gegeben)

Der Levene-Test zeigte eine Inhomogenität der Varianzen. Zum Vergleich der Mittelwerte wurde deshalb der Welch-Test eingesetzt (Tabelle 9). Laut diesem können die Unterschiede der Einzelbaumerträge als sicher angesehen werden (p=0,000).

Tabelle 9: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Einzelbaumertrag)

Levene Test			
Levene-Statistik	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
2,860	8	96	0,007
Welch Test			
Statistik[1]	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
7,292	8	39,632	0,000
[1] Asymptotisch F-verteilt			

Fruchtzahl

Die Anzahl der Äpfel bei der Ernte schwankte sehr stark. Es wurden zwischen 54 und 233 Äpfel pro Baum gezählt. Bei der unbehandelten Kontrolle wurden mit durchschnittlich 196,7 Äpfeln die meisten Früchte geerntet. Die Fruchtzahl wurde bei den drei ausschließlich chemisch ausgedünnten Varianten sowie bei MA+BA nur unwesentlich verringert (Tabelle 10).

Die geringste Fruchtzahl zeigte sich, mit durchschnittlich 99,8 Äpfeln pro Baum, bei der Variante MA+ATS. Neben dieser Variante wurden bei MA, Hand, MA+Eth und bei BA signifikante Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle bestätigt.

Bei den Varianten MA und MA+ATS kann man schon von einer etwas zu starken Ausdünnung sprechen, da die Werte unter dem Niveau der Variante Hand lagen. Dadurch wären nicht mehr genügend Früchte vorhanden gewesen, um nach dem Junifruchtfall selektiv händisch nachzudünnen. Bei MA liegt die geringe Fruchtzahl bei der Ernte mitunter auch darin begründet, dass bei dieser Variante am wenigsten Blütenbüschel gefunden wurden.

Wie schon beim Einzelbaumertrag gilt auch bei der geernteten Fruchtzahl, dass eine eindeutige Beurteilung der Ausdünnwirkung nur im Zusammenhang mit der Fruchtgröße möglich ist.

Um eine praxisorientierte Beurteilung zu ermöglichen, wurde auch in diesem Fall, trotz fehlender Varianzhomogenität, eine einfaktorielle Anova mit anschließendem Post-Hoc-Test (Turkey-HSD) durchgeführt.

Tabelle 10: Fruchtzahl bei der Ernte - Mittelwertvergleich der Varianten

Variante	N	Mittelwert[1]	Standard-abweichung	Standard-fehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert	
					Untergrenze	Obergrenze
UK	9	196,7 (a)	19,059	6,353	182,017	211,317
Hand	12	117,5 (d)	43,657	12,603	89,762	145,238
Eth	12	173,0 (abc)	35,924	10,370	150,175	195,825
BA	12	156,3 (bc)	32,415	9,357	135,654	176,846
ATS	12	182,0 (ab)	14,598	4,214	172,725	191,275
MA	12	114,3 (d)	23,581	6,807	99,351	129,316
MA+Eth	12	136,4 (cd)	24,051	6,943	121,135	151,698
MA+BA	12	163,8 (abc)	22,574	6,517	149,490	178,177
MA+ATS	12	99,8 (d)	33,493	9,669	78,553	121,114

[1] Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey HSD, Irrtumswahrscheinlichkeit: 5 %, keine Varianzhomogenität gegeben)

Der Levene Test zeigte auch bei der geernteten Fruchtzahl eine Varianzinhomogenität. Der Welch-Test bestätigte die Unterschiede zwischen den Varianten bezüglich der Fruchtzahl bei der Ernte als sicher (Tabelle 11).

Tabelle 11: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Fruchtzahl)

Levene Test			
Levene-Statistik	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
3,129	8	96	0,003
Welch Test			
Statistik[1]	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
18,916	8	39,397	0,000

[1] Asymptotisch F-verteilt

Einzelfruchtgewicht

Das größte Fruchtgewicht wies die Variante Hand (143,4 g) gefolgt von MA+ATS (143,0 g) auf. Die kleinsten Früchte hatte, mit knapp 101,0 g, die unbehandelte Kontrolle. Neben der händischen Ausdünnung ist es nur durch den Einsatz der Ausdünnmaschine gelungen das Einzelfruchtgewicht gegenüber der Kontrolle signifikant zu erhöhen (Tabelle 12).

Auch bei der statistischen Auswertung der Einzelfruchtgewichte wurde eine einfaktorielle Anova mit anschließendem Turkey-HSD-Test, trotz fehlender Varianz-homogenität, durchgeführt.

Tabelle 12: Einzelfruchtgewicht (g) bei der Ernte – Mittelwertvergleich der Varianten

Variante	N	Mittelwert [1]	Standard-abweichung	Standard-fehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert	
					Untergrenze	Obergrenze
UK	9	101,0 (a)	4,5377	1,5126	97,505	104,481
Hand	12	143,4 (d)	13,0980	3,7811	135,086	151,730
Eth	12	107,6 (a)	7,9646	2,2992	102,520	112,641
BA	12	108,2 (a)	6,9610	2,0095	103,814	112,659
ATS	12	113,0 (ab)	9,4974	2,7417	106,949	119,018
MA	12	130,9 (cd)	13,9406	4,0243	122,025	139,739
MA+Eth	12	128,3 (bcd)	11,7197	3,3832	120,883	135,775
MA+BA	12	126,4 (bc)	14,4372	4,1677	117,254	135,600
MA+ATS	12	143,0 (cd)	21,9639	6,3404	129,059	156,970

[1] Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey HSD, Irrtumswahrscheinlichkeit: 5 %, keine Varianzhomogenität gegeben)

Die gesteigerten Fruchtgewichte bei MA, MA+Eth und MA+ATS stimmten gut mit den jeweiligen Einzelbaumerträgen und der geernteten Fruchtzahl überein. Die Reduktion der Fruchtzahl führte zu einer geringeren Erntemenge und zu einer Steigerung des Einzelfruchtgewichts.

Interessant ist die Variante MA+BA: Obwohl sie die Variante mit der größten Erntemenge war, konnte ein durchschnittliches Fruchtgewicht von 126,4 g erreicht werden. Eine Reduktion der Fruchtzahl um 16,7 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle führte zu einer Erhöhung des Fruchtgewichts von über 25,1 % ohne einen negativen Einfluss auf den Einzelbaumertrag zu haben.

Im Gegensatz zu den maschinell behandelten Parzellen konnte bei keiner der rein chemisch ausgedünnten Varianten ein signifikant höheres Fruchtgewicht im Vergleich zu den unbehandelten Bäumen gemessen werden. Die Variante ATS hatte in dieser Gruppe mit 113,0 g noch die größten Äpfel.

Der Levene-Test zeigte eine Inhomogenität der Varianzen. Die signifikanten Unterschiede der Mittelwerte der einzelnen Varianten wurden durch den Welch-Test bestätigt (Tabelle 13).

Tabelle 13: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Einzelfruchtgewicht)

Levene Test			
Levene-Statistik	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
2,403	8	96	0,021
Welch Test			
Statistik[1]	**df1**	**df2**	**Signifikanz**
23,556	8	39,872	0,000
[1] Asymptotisch F-verteilt			

Spezifischer Ertrag

Mit 2,5 kg/cm^2 Stammquerschnitt hatten die beiden Varianten UK und Eth den größten spezifischen Ertrag. Durch die verhältnismäßig stärkeren Bäume der Variante MA+BA relativierte sich der hohe absolute Einzelbaumertrag etwas und es ergab sich mit 2,3 kg/cm^2 ein knapp über dem Durchschnitt von 2,2 kg/cm^2 liegender Wert. Der Einzelbaumertrag, bezogen auf die Baumstärke, lag bei den drei Varianten Hand, MA und MA+ATS auf gleich niedrigem Niveau (1,9 kg/cm^2).

Im Hinblick auf die maschinelle Ausdünnung brachten alle Varianten, mit Ausnahme von MA+BA, eine deutliche Reduktion des spezifischen Ertrages gegenüber der unbehandelten Kontrolle.

Bei den chemischen Ausdünnmitteln konnte nur mit 6-Benzyladenin der spezifische Ertrag gegenüber der Kontrolle deutlich reduziert werden. Ethephon zeigte keine Veränderung des spezifischen Ertrages und bei ATS war die Verringerung mit 0,1 kg/cm^2 in einem kaum messbaren Bereich (Abbildung 11).

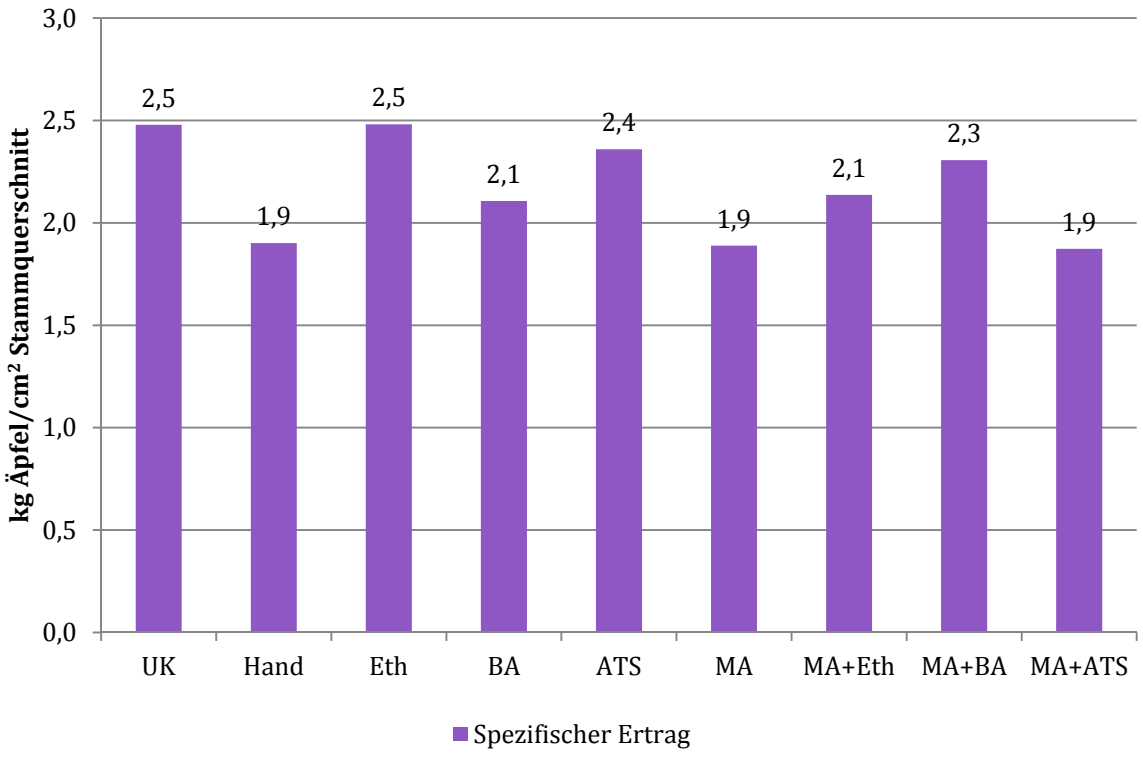

Abbildung 11: Spezifischer Ertrag - Erntemenge (kg) pro cm^2 Stammquerschnitt

Hektarertrag

Die höchsten Hektarerträge errechnen sich bei den Varianten MA+BA (60,9 t/ha) und ATS (60,5 t/ha). Mit 40,5 t/ha brachte die Variante MA+ATS den geringsten Flächenertrag. Die händisch ausgedünnten Bäume lagen mit 49,3 t/ha knapp unter dem Durchschnitt aller Varianten von 51,8 t/ha (Abbildung 12).

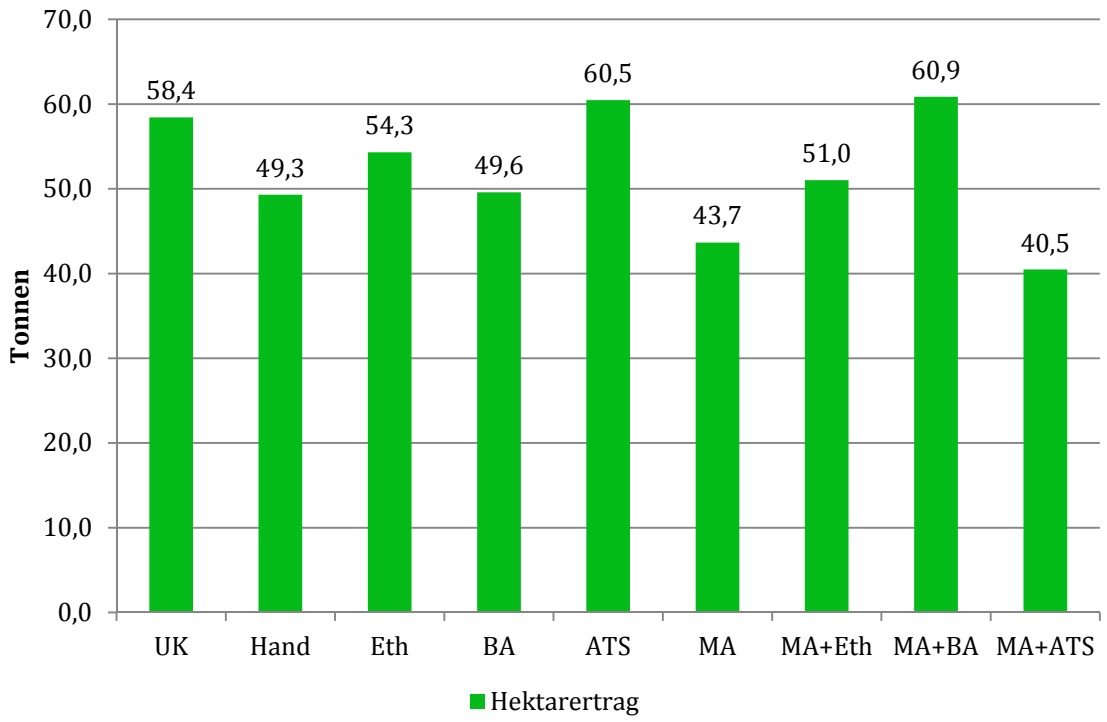

Abbildung 12: Errechneter Hektarertrag

Fruchtansatz

Der Fruchtansatz variierte zwischen den unterschiedlichen Behandlungsmethoden sehr stark (Abbildung 13): Den größten Ansatz mit 132,1 Früchten/100 Blütenbüscheln wies wenig überraschend die unbehandelte Kontrolle auf. Im Gegensatz dazu waren es bei MA+ATS nur mehr 60,7 Äpfel/100 Blütenansätze.

Es zeigt sich, dass durch die Anwendung der Maschine der Fruchtansatz deutlich reduziert werden konnte. Die sehr starke Ausdünnwirkung der Kombination Maschine und ATS könnte für die Praxis allerdings zu viel Risiko mit sich bringen.

Die Kombination MA+BA zeigt überraschenderweise einen etwas höheren Ansatz, als der alleinige Einsatz der Maschine (MA).

Die chemische Ausdünnung reduzierten den Fruchtansatz auf 99,7 (ATS) bis 106,6 (BA) Früchte/100 Blütenbüschel. Es ist im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle eine Ausdünnwirkung erkennbar, wobei der Ansatz bei den drei Varianten noch deutlich über dem Niveau der Variante MA lag.

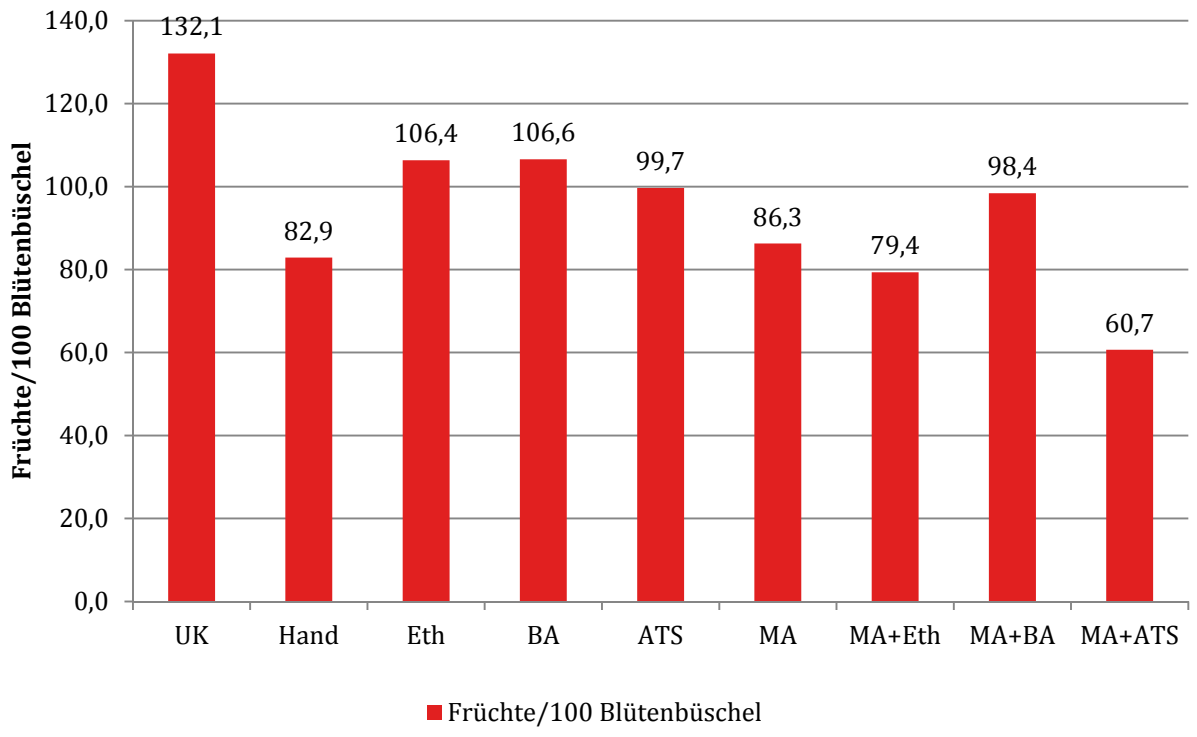

Abbildung 13: Fruchtansatz (Früchte pro 100 Blütenbüschel)

Relativer Fruchtansatz

Anhand des relativen Fruchtansatzes wird die prozentuelle Reduktion des Ansatzes gegenüber der unbehandelten Kontrolle aufgezeigt (Abbildung 14). Durch die händische Ausdünnung wurde der Ansatz im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle um 37,2 % verringert. Bei der Variante MA konnte der Fruchtansatz um fast 35 % verkleinert werden. Durch den zusätzlichen Einsatz des Wirkstoffs Ethephon zur Maschine wurde der Behang um weitere 5 Prozentpunkte reduziert.

Auch beim relativen Fruchtansatz bestätigte sich allerdings die unerwartet geringe Wirkung der Kombination MA+BA. Es wurde zwar gegenüber der Variante BA eine verstärkte Ausdünnwirkung gemessen, dass Niveau von MA wurde aber nicht erreicht. Die stärkste Ausdünnwirkung zeigt mit 54,1 % wiederum die Kombination MA+ATS.

Bei den drei chemischen Varianten Eth, BA und ATS wurde eine Reduktion des Ansatzes von ca. 20-25 % erreicht. Damit lag der relative Fruchtansatz aber immer noch um ca. 10-15 Prozentpunkte über dem der Variante MA.

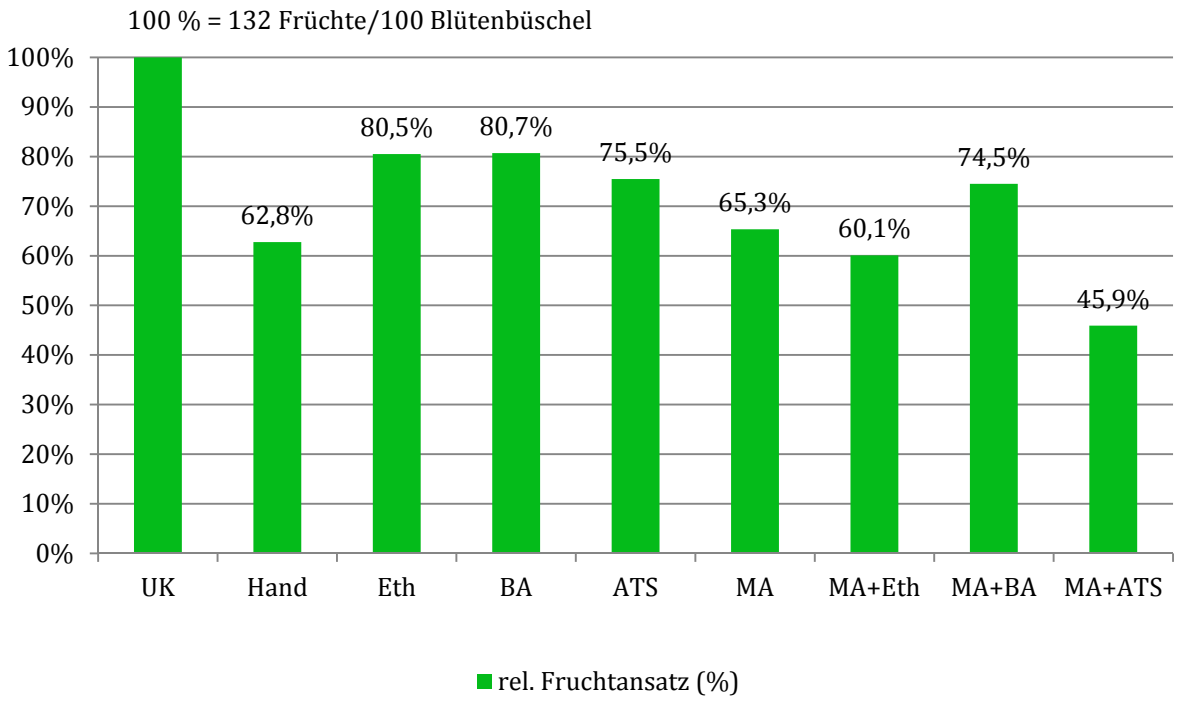

Abbildung 14: Fruchtansatz im Verhältnis zur unbehandelten Kontrolle - relativer Fruchtansatz

4.1.3 Fruchtqualität

Größensortierung

Bei der Sortierung wurden die untersuchten Früchte in die festgelegten Größenkassen eingeteilt. Die prozentuellen Anteile der einzelnen Klassen an der Gesamtzahl der pro Variante sortierten Äpfel sind in Abbildung 15 dargestellt.

Das schlechteste Ergebnis brachte, wie zu erwarten, die Kontrollvariante: 82,5 % der Früchte hatten einen Durchmesser von weniger als 65 mm. Unwesentlich besser schnitten die Varianten BA (67,3 % <65 mm), ATS (63,5 % <65 mm) und Eth (62,9 % <65 mm) ab.

Die per Hand ausgedünnten Bäume hatten mit über 81,1 % vermarktungsfähigen Äpfeln (größer als 65 mm) das beste Sortierergebnis. Ein vergleichbar gutes Bild zeigte sich bei der Variante MA+ATS. In der Klasse 65-75 mm hatte diese Variante einen Anteil von 59,9 % und bei der Klasse über 75 mm mit 18,9 % sogar den höchsten Anteil aller Varianten.

Bei der Variante MA waren knapp 70 % der Äpfel in den Gruppen über 65 mm. Der zusätzliche Einsatz von ATS konnte diesen Anteil nochmal um 9 Prozentpunkte erhöhen. Im Gegensatz dazu brachte die Behandlung mit Ethephon zusätzlich zum Einsatz des Fadengeräts keine Verbesserung der Sortierung. Bei der Kombination MA+BA zeigte sich die geringere Ausdünnwirkung durch einen um 10 Prozentpunkte höheren Anteil vermarktungsunfähiger Äpfel gegenüber der Variante MA.

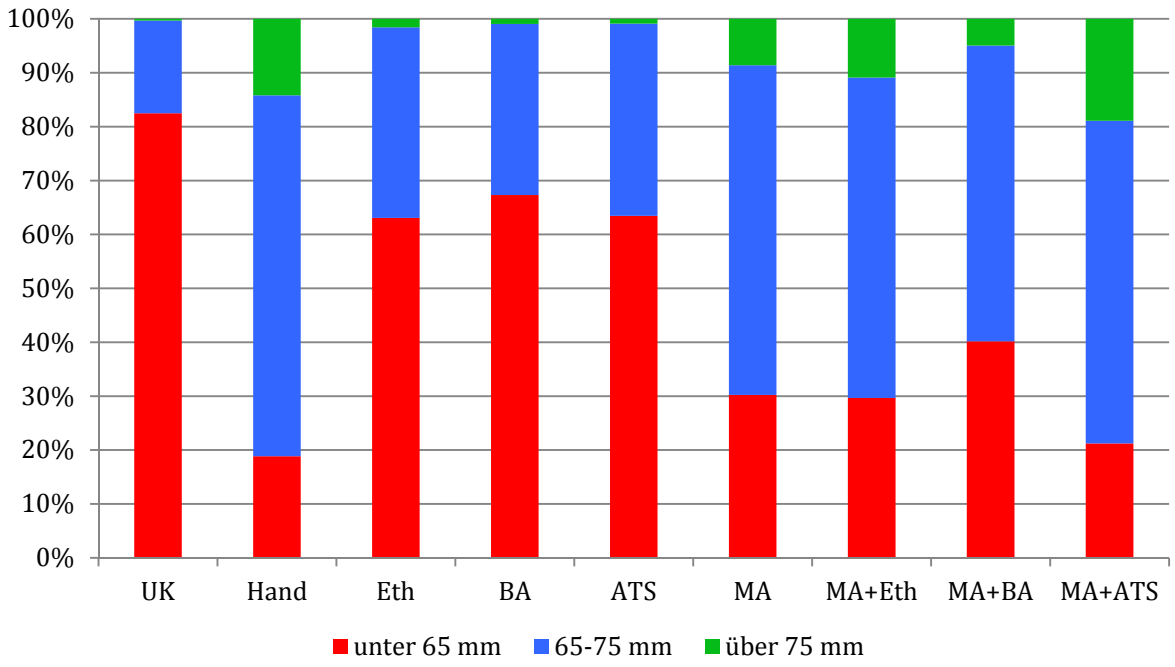

Abbildung 15: Anteil der einzelnen Größenklassen an der Gesamtzahl der sortierten Früchte (%)

Als weiteres Ergebnis der Größensortierung zeigt Tabelle 14 die durchschnittlichen Fruchtgrößen der sortierten Stichprobe: Die größten Äpfel wurden dabei mit 68,3 mm bei der Variante MA+ATS gefunden. Erwartungsgemäß hatte die Kontrollvariante die kleinsten Äpfel (59,7 mm), gefolgt von den drei chemischen Varianten.

Neben den händisch ausgedünnten Bäumen konnten nur bei den Varianten, bei denen die Maschine eingesetzt wurde, signifikant größere Früchte als bei der Kontrolle fest-gestellt werden.

Auch hier bestätigte sich die unzureichende Wirkung der drei getesteten chemischen Varianten. Keine von ihnen konnte in diesem Versuch eine statistisch abgesicherte Verbesserung der Fruchtgröße erreichen.

Tabelle 14: Fruchtgröße (mm) als Ergebnis der Größensortierung – Mittelwertvergleich der Varianten

Variante	N	Mittelwert[1]	Standard-abweichung	Standard-fehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert	
					Untergrenze	Obergrenze
UK	3	59,7 (a)	0,64374	0,37166	58,1009	61,2991
Hand	4	67,7 (d)	1,58073	0,79036	65,1597	70,1903
Eth	4	61,5 (ab)	2,08284	1,04142	58,1632	64,7918
BA	4	61,2 (ab)	1,00527	0,50263	59,6479	62,8471
ATS	4	62,1 (abc)	1,03700	0,51850	60,4749	63,7751
MA	4	66,3 (cd)	2,28604	1,14302	62,6799	69,9551
MA+Eth	4	66,7 (d)	2,96966	1,48483	61,9346	71,3854
MA+BA	4	64,8 (bcd)	2,39458	1,19729	60,9572	68,5778
MA+ATS	4	68,3 (d)	0,51739	0,25869	67,4442	69,0908

[1] Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey HSD, Irrtumswahrscheinlichkeit: 5 %)

Der Levene-Test bestätigte die Homogenität der Varianzen. Laut Varianzanalyse können die Unterschiede der Fruchtgrößen zwischen den einzelnen Varianten als sicher angesehen werden (Tabelle 15).

Tabelle 15: Test auf Homogenität der Varianzen und einfaktorielle Anova (Fruchtgröße)

Levene Test			
Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
1,975	8	26	0,091

Oneway Anova					
	Quadrat-summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	299,284	8	37,411	11,086	0,000
Innerhalb der Gruppen	87,737	26	3,374		
Gesamt	387,021	34			

Berostung

Die unbehandelte Kontrolle hatte mit über 40 % in der Klasse unter 1 %-Berostung die schönsten Früchte (Abbildung 16). Alle anderen Varianten zeigten eine stärkere Berostung. Am meisten geschädigt waren die Äpfel der Variante MA+Eth, wobei nur 13,3 % unberostete Früchte und 78 % der Äpfel in der Klasse 1-5 %-Berostung gefunden wurden. Einen knapp 67 %-igen Anteil in der Klasse 1-5 % zeigte MA+ATS als zweit schlechteste Variante. Am meisten Früchte mit mehr als 5 % Berostung konnten bei den mit Ethephon behandelten Parzellen beobachtet werden.

Mit Ausnahme der Variante MA+Eth war zwischen den mechanisch und nicht mechanisch behandelten Parzellen kein Unterschied der Berostung erkennbar.

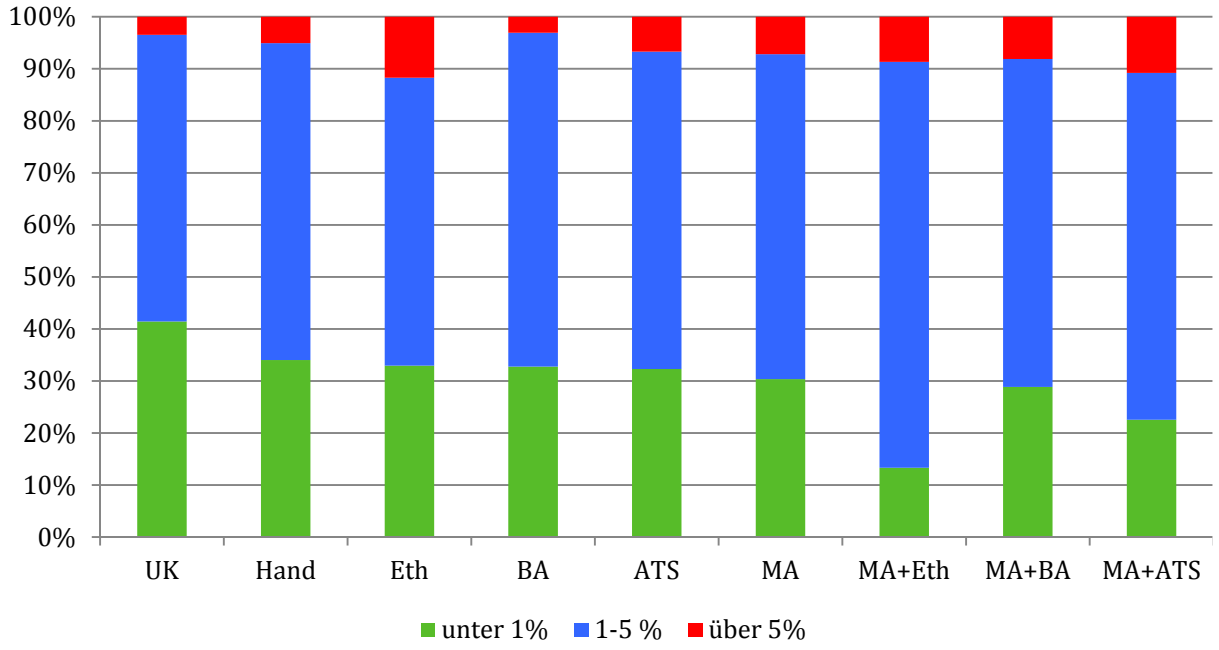

Abbildung 16: Ergebnis der Berostungsbonitur

Fruchtfleischfestigkeit

Die durchschnittliche Fruchtfleischfestigkeit lag zur Zeit der Einlagerung bei 7,3 kg/cm^2. Die Unterschiede der einzelnen Varianten waren sehr gering. Die Äpfel mit der größten Festigkeit wies kurz nach der Ernte die Variante BA (7,6 kg/cm^2) auf. Mit 7,1 kg/cm^2 hatte die Kombination MA+BA zum selben Zeitpunkt den kleinsten Wert.

Bis zur Auslagerung verringerte sich die Festigkeit auf durchschnittlich 6,0 kg/cm^2 und sank bis zum Ende der 7-tägigen Shelf-Life-Phase weiter auf 5,9 kg/cm^2. Auch bei

diesen beiden Messterminen konnten keine Unterschiede zwischen den chemischen und den maschinellen Varianten festgestellt werden. Lediglich die händisch ausgedünnte Variante zeigte eine etwas höhere Festigkeit bei der Auslagerung und 7 Tage danach (Abbildung 17).

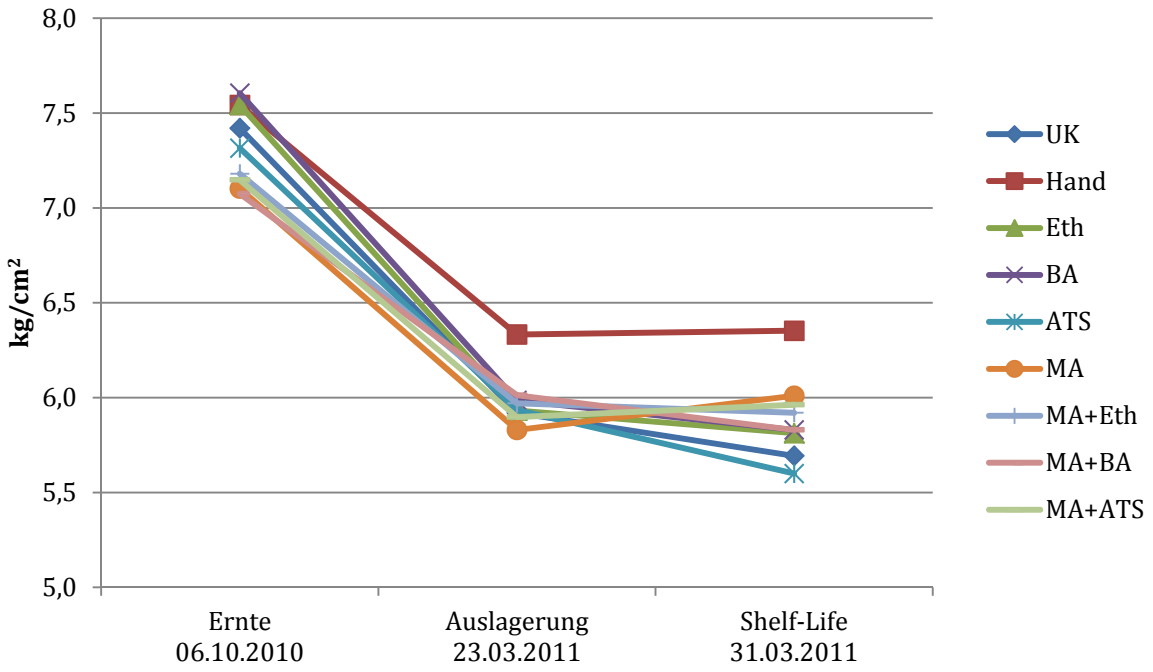

Abbildung 17: Ergebnis der Messung der Fruchtfleischfestigkeit

Lösliche Trockensubstanz - Refraktometerwert

Zum Zeitpunkt der Einlagerung wurde im Durchschnitt aller Varianten ein Wert für die lösliche Trockensubstanz von 12,0 °Brix gemessen (Abbildung 18). Die Variante Hand zeigte dabei mit 12,9 °Brix den höchsten Refraktometerwert und lag somit deutlich über dem Mittelwert. Auch die Varianten MA und MA+ATS erreichten zu diesem Zeitpunkt Gehalte über dem Durchschnitt.

Die Refraktometerwerte stiegen im Laufe der Lagerung und der anschließenden Shelf-Life-Phase leicht an. Durchschnittlich wurde am 23. März 2011 ein Wert von 12,3 °Brix und am 31. März 2011 ein Wert von 12,4 °Brix gemessen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten vergrößerten sich gegenüber der ersten Messung, wobei zu allen Zeitpunkten die händische Variante die höchsten Gehalte erreichte.

Tendenziell konnten bei den Varianten mit den größeren Früchten auch höhere Zuckergehalte festgestellt werden, wodurch die maschinell bearbeiteten Varianten etwas höhere Gehalte zeigten als die rein chemisch behandelten.

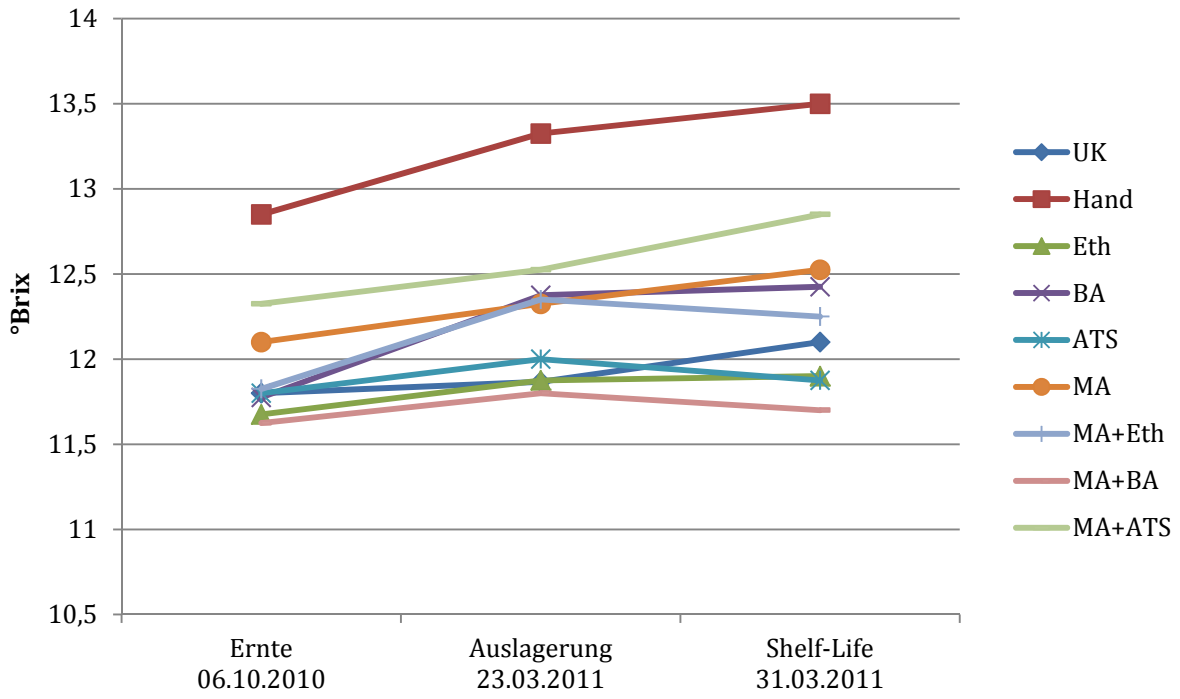

Abbildung 18: Ergebnis der Bestimmung der löslichen Trockensubstanz (Brix)

Titrierbare Säure

Die Säuregehalte lagen bei der Ernte zwischen 5,1 g/l (UK) und 7,1 g/l (Hand). Der durchschnittliche Wert betrug zu diesem Zeitpunkt 5,9 g/l (Abbildung 19). Durch den Säureabbau bis zur Auslagerung am 23. März 2011 fiel der Wert im Mittel auf 4,6 g/l. Wiederum hatte die unbehandelte Kontrolle mit 3,8 g/l den niedrigsten und die händisch ausgedünnten Bäume mit 5,3 g/l den höchsten Säuregehalt.

Im Laufe der einwöchigen Shelf-Life-Phase kam es zu einer weiteren Verringerung der Säurewerte auf durchschnittlich 4,1 g/l. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Variante MA und die Kombination MA+ATS mit 4,6 g/l die höchsten Gehalte.

Auch im Hinblick auf den Säuregehalt konnten bei den Varianten mit größeren Früchten höhere Werte festgestellt werden (Abbildung 19).

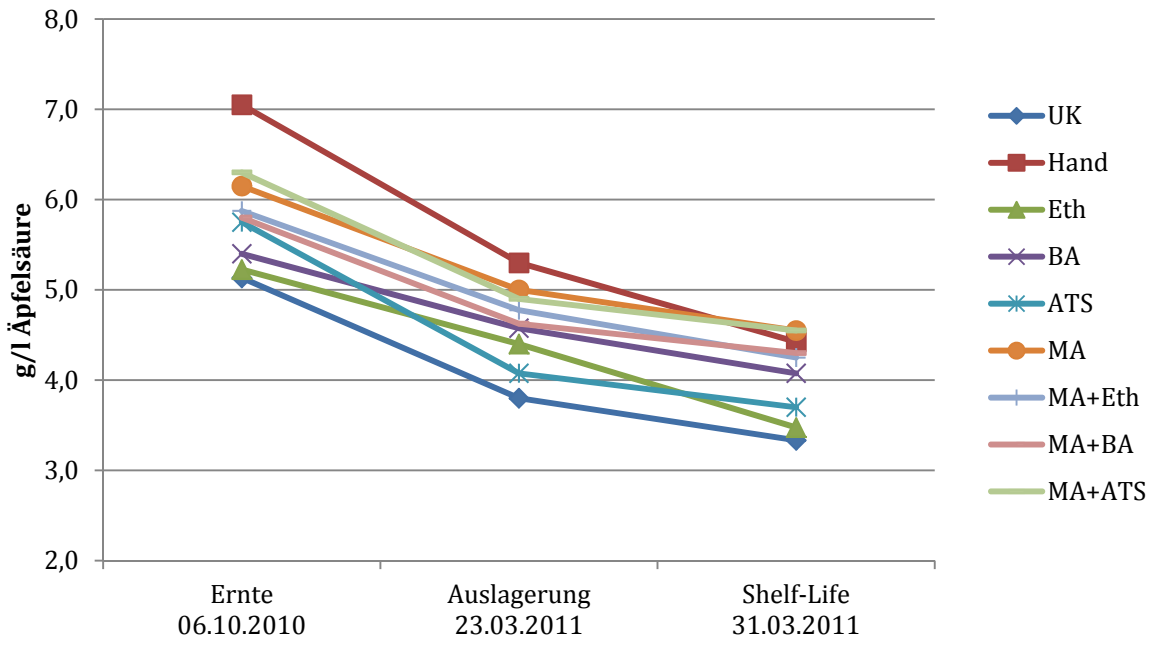

Abbildung 19: Ergebnis der Säuretitration

4.2 Fruchtfallprognose

4.2.1 Verlauf der Fruchtfälle

Abbildung 20 zeigt die Anzahl, der für die Fruchtansatzprognose gemessenen Früchte, an den 105 Fruchtansätzen im Verlauf der vier Messtermine. Am 17. Mai 2010 lagen die Fruchtzahlen zwischen 368 Früchte/105 Fruchtansätze bei der Variante MA und 520 Früchte/105 Fruchtansätze bei der Variante Hand. Bis zum 20. Mai 2010 verringerte sich die Fruchtzahl aller Varianten nur unwesentlich um bis zu 19 Früchte. Etwas stärker reduzierte sich der Fruchtansatz in weiterer Folge bis zum 26. Mai 2010: Zu diesem Zeitpunkt lag die Anzahl der Äpfel zwischen 298 (MA) und 405 (Hand) an den 105 ausgewählten Fruchtansätzen.

Der Verringerung des Ansatzes zwischen 26. Mai und 25. Juni 2010 kann in weiterer Folge zur Gänze dem Junifruchtfall zugrechnet werden. Dabei reduzierte sich die Fruchtzahl je nach Variante auf 173 bis 228 Früchte pro 105 Fruchtansätze.

Die beiden Varianten UK und Hand wurden bis zum 25. Juni 2010 gleich behandelt. Der Verlauf der beiden Kurven kann deshalb als Kontrolle verwendet werden, ob die Anzahl an gemessenen Früchten ausreicht, um Werte zu erhalten, die den tatsächlichen Fruchtfallverlauf widerspiegeln. Die größte Abweichung zwischen diesen beiden Varianten wurde am 26. Mai 2010 mit ca. 4 % festgestellt. Durch diesen geringen Unterschied kann davon ausgegangen werden, dass die Zahl der gemessenen Fruchtansätze groß genug ist, um den realen Fruchtfall darzustellen.

Bei der Variante ATS kam es besonders zwischen den beiden letzten Terminen zu einem stärkeren Fruchtfall, als bei den übrigen Varianten. Die rein maschinell ausgedünnten Bäume hingegen ließen in diesem Zeitraum verhältnismäßig wenige Früchte fallen.

Im Verlaufe der Aufzeichnungen kam es insgesamt zu einer Annäherung der einzelnen Varianten. Betrug der maximale Unterschied der Fruchtzahl zwischen den Varianten zu Beginn der Messungen am 17. Mai 2010 noch 153 Früchte, so war es bei der letzten Zählung am 25. Juni 2010 nur mehr eine Differenz von 64 Früchten.

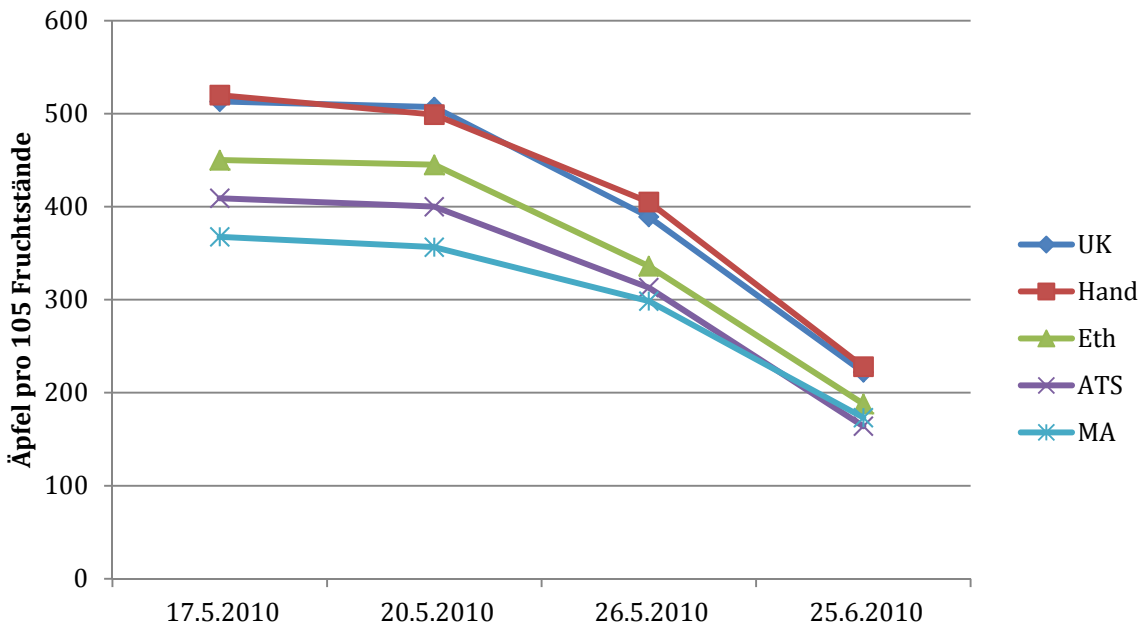

Abbildung 20: Veränderung der Fruchtzahlen im Verlauf der Größenmessungen

Bei den Varianten, bei denen zu Beginn eine höhere Fruchtzahl vorgefunden wurde, fielen absolut gesehen mehr Früchte ab, als bei den bereits stärker ausgedünnten Bäumen. Bezogen auf die zu Beginn erhobene Fruchtzahl zeigten die Varianten UK (56,7 %) und Hand (56,2 %) praktisch einen gleich starken Fruchtfall. Eth (58,2 %) und ATS (59,9 %) lagen über diesen Werten. Im Gegensatz dazu wurde bei MA mit nur 52,9 % der geringste Fruchtfall beobachtet.

4.2.2 Fruchtgrößenentwicklung

In Abbildung 21 sind die durchschnittlichen Fruchtgrößen der einzelnen Varianten dargestellt. Die gemessenen Werte am 17. Mai 2010 lagen zwischen 6,64 mm (ATS) und 7,16 mm (UK). In den drei Tagen bis zum 20. Mai 2010 kam es durch die kühle Witterung nur zu einem geringen Zuwachs. Bei der abschließenden Messung am 26. Mai 2010 konnten durchschnittliche Fruchtgrößen von 12,87 mm (ATS) bis 13,57 mm (Eth) gemessen werden.

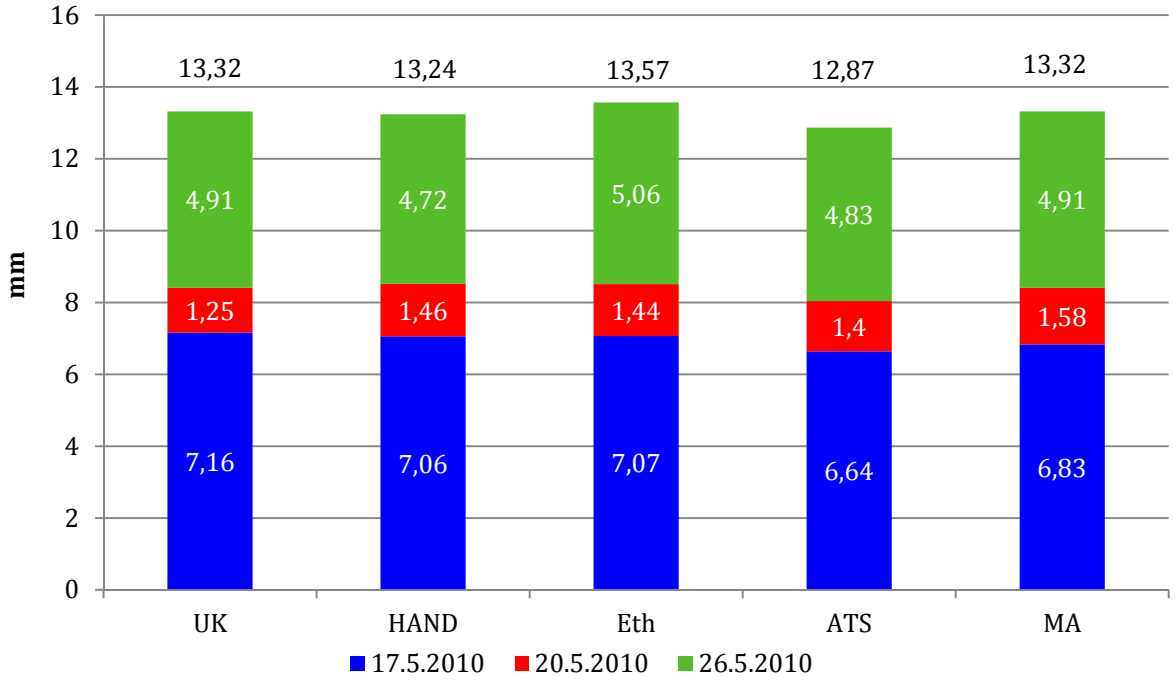

Abbildung 21: Fruchtgrößenentwicklung im Verlauf der Größenmessungen

Die Mittelwerte zeigen allerdings auf Grund der großen Streuung der einzelnen Werte nur bedingt das tatsächliche Bild.

In Abbildung 22 sind die gemessenen Fruchtgrößen bei der ersten Größenmessung am 17. Mai 2010 dargestellt. Der Durschnitt aller gemessenen Früchte lag bei 6,93 mm. Es wird ebenso wie bei den späteren Messungen eine sehr hohe Streuung der Werte sichtbar. Die Werten bei denen die Abstände zum Mittelwert über dem 1,5-fachen der Boxhöhe (Abstand zwischen dem 25 %-Perzentil und dem 75 %-Perzentil) liegen, werden als Ausreißer (Kreissymbol) dargestellt.

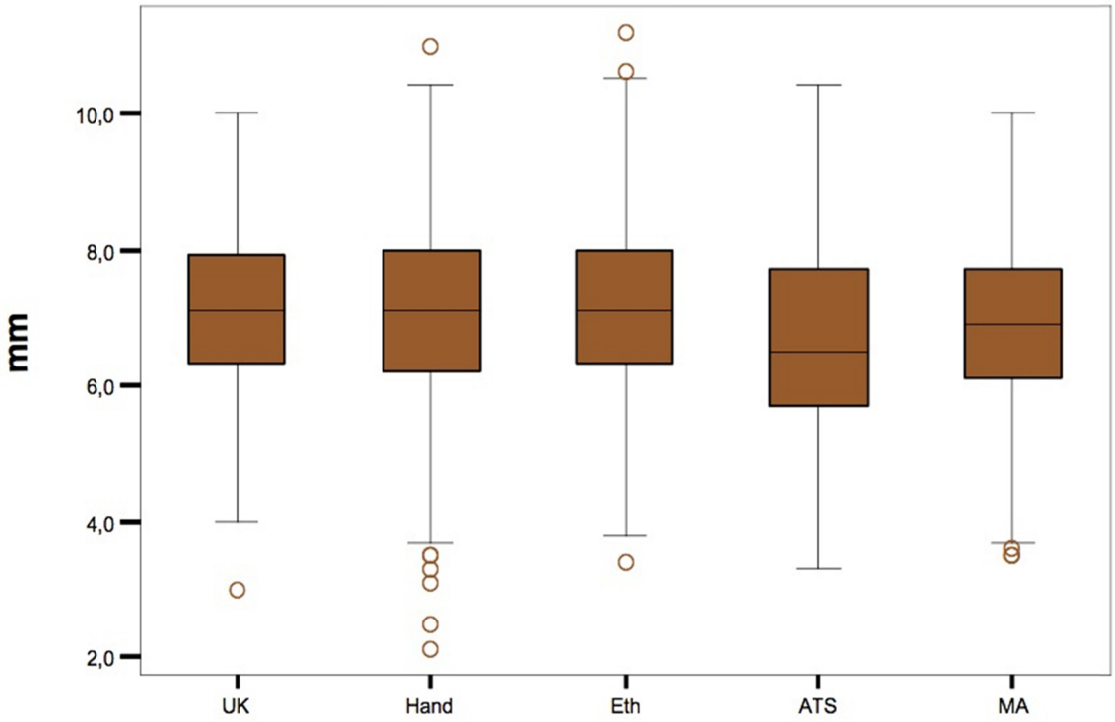

Abbildung 22: Fruchtgrößen der für die Prognosemodelle ausgewählten Früchte am 17. Mai 2010

Das Bild der Fruchtgrößen bei den weiteren Messungen war ähnlich. Die mittlere Fruchtgröße aller Früchte am 20. Mai 2010 lag bei 8,38 mm, wobei die Einzelwerte zwischen 3,50 und 13,00 mm lagen. Auch am 26. Mai 2010 zeigten die Fruchtgrößen mit 6,30 mm bis 18,50 mm eine große Streuung um den Mittelwert von 13,27 mm.

4.2.3 Mindestwachstumsberechnung

Um die Fruchtfallprognose durchführen zu können muss zu Beginn das Mindestwachstum für das Überleben einer Frucht für die beiden Modelle berechnet werden.

Modell von Greene

Tabelle 16 zeigt die 3 Früchte der 7 ausgewählten Bäume, die in dem für das Modell von Greene entscheidenden Beobachtungszeitraum (20.-26. Mai 2010) am schnellsten gewachsen sind. Der Mittelwert der 21 Zuwächse stellt das Bezugswachstum für das Prognosemodell dar. Daraus errechnet sich in weiterer Folge das Mindestwachstum für das Überleben einer Frucht. Für das Modell von Greene ergaben sich dabei Zuwächse zwischen 2,98 mm (UK) und 3,15 mm (Hand).

Tabelle 16: Bezugswachstum und Mindestwachstum (Greene)

		Zuwachs (mm) 20.05. bis 26.05.2010				
	Frucht Nr.	**UK**	**Hand**	**Eth**	**ATS**	**MA**
Baum 1	1	6,7	6,1	6,5	7,8	6,8
	2	6,0	5,9	5,9	6,7	6,4
	3	6,0	5,8	5,9	6,7	6,2
Baum 2	1	6,0	8,9	6,1	5,9	7,7
	2	5,9	8,5	5,8	5,9	6,4
	3	5,8	5,4	5,7	5,8	6,1
Baum 3	1	5,4	6,5	6,1	6,8	6,3
	2	5,3	6,2	6,1	6,4	6,0
	3	5,2	5,4	6,0	6,4	5,8
Baum 4	1	6,4	8,0	6,4	8,4	7,2
	2	6,2	6,9	5,6	5,7	6,2
	3	6,1	6,7	5,5	5,7	5,9
Baum 5	1	7,7	6,0	6,7	5,8	6,1
	2	5,8	5,3	6,0	5,7	6,1
	3	5,7	5,3	5,4	5,6	6,1
Baum 6	1	6,0	6,5	5,9	6,3	6,7
	2	5,7	5,8	5,9	5,9	5,6
	3	5,6	5,7	5,7	5,6	5,5
Baum 7	1	6,0	6,1	7,3	6,0	5,8
	2	5,9	5,8	7,2	5,9	5,8
	3	5,8	5,5	6,6	5,8	5,6
Bezugswachstum (mm)		**5,96**	**6,30**	**6,11**	**6,23**	**6,20**
Mindestwachstum (mm) 50 % des Bezugswachstums		**2,98**	**3,15**	**3,05**	**3,11**	**3,10**

Modifiziertes Modell

Ebenso wie für das Originalmodell muss auch für das modifizierte Modell zuerst das Mindestwachstum bestimmt werden. Bei dem abgeänderten Prognoseansatz ist der Beobachtungszeitraum um drei Tage verlängert worden und der Prozentsatz für die Berechnung des Mindestwachstums angehoben worden.

In Tabelle 17 sind die drei größten Zuwächse der 7 ausgewählten Bäume zwischen dem 17. und 26. Mai 2010 dargestellt. Das sich daraus errechnete Bezugswachstum liegt zwischen 7,78 mm (UK) und 8,25 mm (MA). Für das Mindestwachstum ergeben sich Werte zwischen 5,91 und 6,27 mm.

Durch die Verlängerung des Beobachtungszeitraums beim modifizierten Modell ist es zu größeren Zuwächsen gekommen. Dadurch wurde die Größendifferenzierung zwischen den einzelnen Früchten besser sichtbar.

Tabelle 17: Bezugswachstum und Mindestwachstum (modifiziertes Modell)

		Zuwachs (mm) 17.05. bis 26.05.2010				
	Frucht Nr.	**UK**	**Hand**	**Eth**	**ATS**	**MA**
Baum 1	1	7,8	8,8	7,8	8,5	8,4
	2	7,6	7,8	7,6	8,1	7,9
	3	7,6	7,6	7,6	8,1	7,9
Baum 2	1	8,1	8,6	9,7	7,7	9,5
	2	7,9	7,6	8,0	7,5	8,3
	3	7,7	6,9	8,0	7,5	8,1
Baum 3	1	7,6	8,6	8,3	8,6	8,0
	2	7,3	7,6	8,3	8,0	8,0
	3	7,2	6,9	8,1	7,9	7,9
Baum 4	1	8,0	8,8	8,2	9,9	8,9
	2	7,8	8,1	7,7	8,4	8,0
	3	7,8	7,9	7,7	8,1	7,5
Baum 5	1	8,0	7,6	10,3	9,6	8,4
	2	7,7	7,4	8,1	8,1	8,3
	3	7,6	7,3	8,0	8,1	8,3
Baum 6	1	8,7	8,3	7,9	8,2	8,9
	2	7,9	8,0	7,8	7,7	7,9
	3	7,9	7,7	7,4	7,7	7,5
Baum 7	1	7,8	7,9	9,2	8,4	9,7
	2	7,7	7,8	8,5	8,2	8,0
	3	7,7	7,6	8,0	8,1	7,8
Bezugswachstum (mm)		**7,78**	**7,85**	**8,20**	**8,21**	**8,25**
Mindestwachstum (mm) 50 % des Bezugswachstums		**5,91**	**5,96**	**6,23**	**6,24**	**6,27**

4.2.4 Prognoseergebnisse der Modelle

Um ein Prognoseergebnis erhalten zu können müssen die Zuwächse der einzelnen Früchte mit dem Mindestwachstum des jeweiligen Modells verglichen werden. Überschreitet der Zuwachs der Frucht das Mindestwachstum so wird angenommen, dass sie den Fruchtfall überlebt. Bei einem niedrigeren Wachstum wird davon ausgegangen, dass der Apfel im Laufe des Junifruchtfalls abfallen wird.

In Tabelle 18 sind die Prognoseergebnisse beider Modelle gegenübergestellt: Neben den absoluten Zahlen für den Fruchtansatz bzw. für den Fruchtfall sind auch die prozentuellen Werte bezogen auf die am 17. Mai 2010 erhobene Fruchtzahl angegeben.

Modell nach Greene

Dem Modell von Greene folgend, sollten sich Fruchtfälle zwischen 32,8 % (MA) und 42,8 % (ATS) ergeben. Demgegenüber müssten Fruchtansätze von 57,2 % bei ATS bis 67,2 % bei MA feststellbar sein.

Absolut gesehen fallen laut der Originalprognose bei der Variante MA von den 368 Früchten zu Beginn der Messungen 121 Äpfel bis zum Ende des Fruchtfalls ab. Bei den unbehandelten Bäumen verringert sich laut Greene die Fruchtzahl von 513 Äpfeln um 194 Früchte auf nur mehr 319 Äpfel nach dem Junifruchtfall.

Modifiziertes Modell

Die prognostizierten Fruchtfälle nach dem modifizierten Modell sollten zwischen 54,1 % bei der Variante MA und 62,1 % bei ATS liegen. Demgegenüber stehen Fruchtansätze von 37,9 % bei ATS bis 45,9 % bei der Variante MA.

Absolut verringert sich laut diesem Modell der Ansatz im Verlauf des Fruchtfalls um 199 (MA) bis 306 (Hand) Äpfel.

Es zeigte sich, dass besonders die Anhebung des Mindestwachstums (der Grenze für das Überleben einer Frucht) beim modifizierten Modell gegenüber dem Originalmodell einen großen Einfluss auf das Prognoseergebnis hat.

Tabelle 18: Berechnung des vorhergesagten Fruchtfalls laut den Prognosemodellen

	UK	Hand	Eth	ATS	MA
Gemessene Früchte (Stück) (17.05.2010)	513	520	450	409	368
durchschn. Wachstum (mm) **20.05.2010 bis 26.05.2010**	4,91	4,72	5,06	4,83	4,91
durchschn. Wachstum (mm) **17.05.2010 bis 26.05.2010**	6,16	6,18	6,50	6,23	6,49
Prognoseergebnis nach Greene					
	UK	**Hand**	**Eth**	**ATS**	**MA**
Fruchtansatz (Stück)	319	331	289	234	247
Fruchtfall (Stück)	194	189	161	175	121
Fruchtansatz (%)[1]	62,2	63,6	64,2	57,2	67,2
Fruchtfall (%)[1]	**37,8**	**36,4**	**35,8**	**42,8**	**32,8**
Prognoseergebnis des modifizierten Modells					
	UK	**Hand**	**Eth**	**ATS**	**MA**
Fruchtansatz (Stück)	226	214	185	155	169
Fruchtfall (Stück)	287	306	265	254	199
Fruchtansatz (%)[1]	44,0	41,1	41,1	37,9	45,9
Fruchtfall (%)[1]	**56,0**	**58,9**	**58,9**	**62,1**	**54,1**

[1] in Prozent der gemessenen Früchte am 17.05.2010

Abbildung 23 stellt den tatsächlichen Fruchtfall und das Ergebnis der beiden Prognosemodelle gegenüber.

Im Durchschnitt lag die Prognose von Greene um 19,7 Prozentpunkte unter dem tatsächlichen Fruchtfall. Dabei wurde bei der Variante ATS mit 17,1 Prozentpunkte die geringste und bei Eth mit 22,4 Prozentpunkten die größte Abweichung festgestellt.

Durch die Anhebung des Mindestwachstums und die Verlängerung des Beobachtungszeitraums konnte die Genauigkeit im modifizierten Modell gegenüber der Vorhersage von Greene deutlich verbessert werden. Die durchschnittliche Abweichung gegenüber dem tatsächlichen Fruchtfall war mit 1,5 Prozentpunkte sehr gering. Auch bei der am weitesten abweichenden Variante (Hand) war der Unterschied mit 2,7 Prozentpunkte aus praktischer Sicht vernachlässigbar. Die Abweichung zum tatsächlichen Fruchtansatz betrug bei dieser Variante lediglich 14 Äpfel.

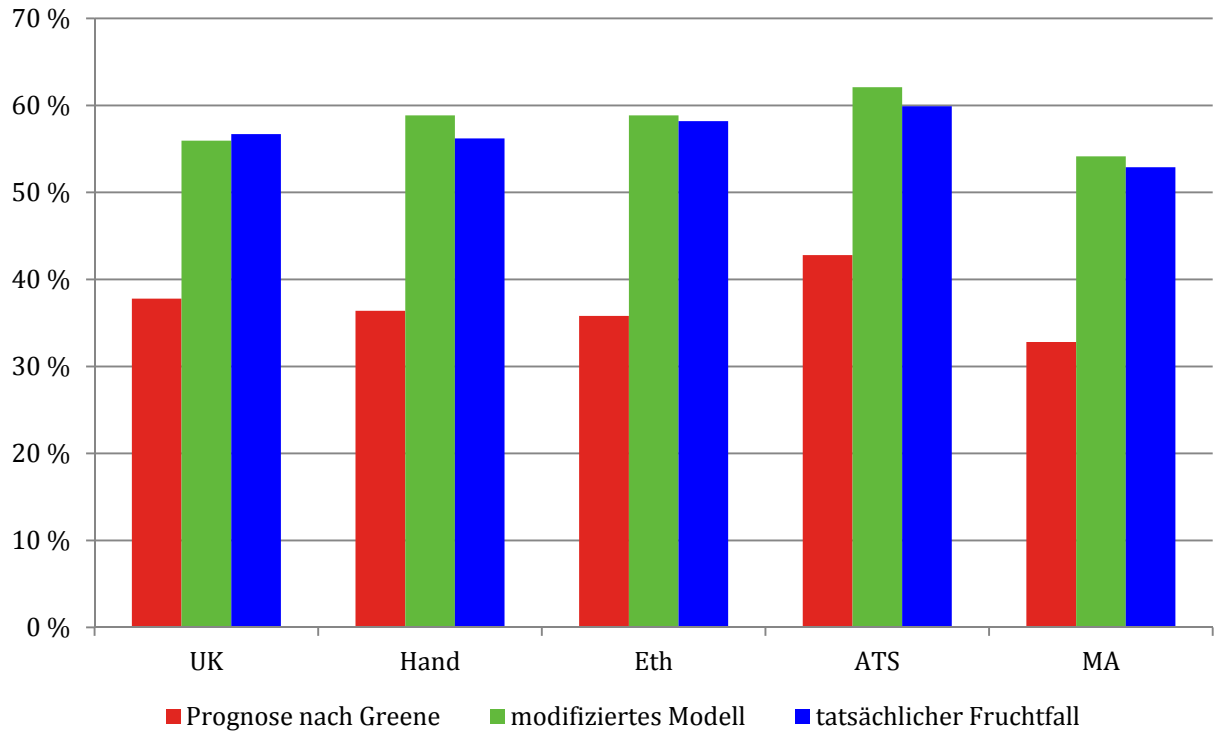

Abbildung 23: Tatsächlicher Fruchtfall und Prognoseergebnis der beiden Modelle

5 Diskussion

5.1 Ausdünnungsversuch

Die Fruchtausdünnung zählt als ertrags- und qualitätsregulierende Maßnahme zu den wichtigsten Pflegemaßnahmen im Apfelanbau. Die Verminderung von Alternanz und die Verbesserung der Fruchtgröße, der Fruchtfarbe und des Geschmacks stehen dabei im Mittelpunkt (PIEBER 1991). In der biologischen aber auch der integrierten Produktion ist in diesem Zusammenhang die maschinelle Ausdünnung zunehmend von Interesse. Besonders die mangelnde Verfügbarkeit und die teilweise unzureichende Wirkung von chemischen Ausdünnmitteln verstärken die Nachfrage (LAFER 2010a).

Durch den Einsatz der Ausdünnmaschine '*Darwin 250*' konnte in diesem Versuch ein gutes Ausdünnergebnis erreicht werden. Die Applikation zusätzlicher chemischer Ausdünnmittel hatte bei einigen Varianten eine weitere Verringerung der Fruchtzahl bis zu einer zu starken Ausdünnung zur Folge. Mit der alleinigen Anwendung der chemischen Ausdünnmittel konnte kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Die Blütenknospenbildung für das folgende Jahr und die Verhinderung von Alternanz sind wichtige Ziele der Ausdünnung (SCHUMACHER 1989). Entscheidend für die Bewertung des Ausdünnerfolgs ist aus dieser Sicht auch die Wiederblüte im Folgejahr. Obwohl die Blühstärke laut Blütenbonitur im Vergleich zum Ausgangsjahr um knapp einen Punkt schwächer war, konnte im Folgejahre mit durchschnittlich 6,9 Punkten auf der 9-teiligen Skala, immer noch eine ausreichend starke Blüte festgestellt werden.

Ein eindeutiger Einfluss der maschinellen Ausdünnung auf die Blühstärke im folgenden Frühjahr war in diesem Versuch allerdings nicht beweisbar. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich auch bei Versuchen mit der '*Bonner-Maschine*' von DAMEROW et al. (2007). Die Autoren konnten bei der Sorte '*Braeburn*' im Jahr nach der maschinellen Ausdünnung keine Unterschiede zu unbehandelten Bäumen feststellen.

MELAND UND KAISER (2011) beschrieben in diesem Zusammenhang eine Verbesserung der Wiederblüte durch den Einsatz von Ethephon. Auch MCARTNEY et al. (2007) erreichten bei *'Golden Delicious'* und *'Fuji'* mit einer vergleichbaren Aufwandsmengen und einer einmaligen Applikation von Ethephon eine um 25 % bzw. 16 % höhere

Wiederblüte. Derartige Einflüsse konnten an Hand dieses Versuchs allerdings nicht bestätigt werden. Inwieweit eine entsprechende Ausdünnwirkung dieses Wirkstoffs erforderlich ist, um in weiterer Folge die Blütenknospenbildung zu verbessern, konnte in diesem Versuch nicht geklärt werden.

Im Hinblick auf die Einzelbaumerträge gab es in diesem Versuch deutliche Unterschiede zwischen den Varianten: Die Varianten MA und MA+ATS zeigten signifikant geringere Erträge als die Kontrolle. Bei den weiteren mechanisch behandelten Varianten, aber auch bei den rein chemisch ausgedünnten Parzellen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Wirkungsschwankungen beim Einsatz der Ausdünnmaschine können aus diesem Grund nicht gänzlich ausgeschlossen werden. KONG et al. (2009) konnten nach einem Einsatz der '*Bonner-Maschine*' ein ähnliches Ergebnis erzielen: Dabei gab es bei vier von fünf maschinell behandelte Varianten signifikant geringeren Erträge gegenüber der Kontrolle.

Anders als von MELAND UND KAISER (2011) beschrieben, konnte mit Ethephon kein signifikant niedrigerer Einzelbaumertrag erzielt werden. Eine deutliche Ertragsreduktion durch einen Einsatz von ATS einen Tag nach der Vollblüte, wie es THOMANN et al. (2009) feststellten, war ebenfalls nicht messbar. BREGOLI (2007) konnten mit BA den Ertrag signifikant reduzieren. Auch das konnte auf Basis der Daten dieses Versuchs nicht bestätigt werden.

Zur Beurteilung der Ausdünnwirkung kann der Gesamtertrag eines Baumes aber nicht ohne die Berücksichtigung der Fruchtzahl und der Fruchtgröße herangezogen werden. Durch eine entsprechende Ausdünnung wird üblicherweise das Fruchtgewicht gesteigert und es kann trotz einer geringeren Fruchtzahl ein hoher Einzelbaumertrag erreicht werden.

Bei den gerade angesprochenen Fruchtzahlen zeigten sich bei der Ernte signifikante Unterschiede zwischen den Varianten: Bei MA, MA+Eth und MA+ATS wurden signifikant niedrigere Fruchtzahlen, als bei den unbehandelten Bäumen festgestellt. Somit zeigten drei der vier Varianten, bei denen die Maschine eingesetzt wurde, einen deutlichen Einfluss auf die Fruchtzahl. Bei der Kombination MA+BA wurden zwar weniger Äpfel als bei UK geerntet, die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.

Von den chemisch ausgedünnten Varianten konnten in diesem Zusammenhang nur bei 6-Benzyladenin statistisch sichere Unterschiede zur Kontrolle gefunden werden. Eine vergleichbar starke Verringerung der Fruchtzahl wie bei MA+ATS konnte jedoch nicht erreicht werden.

Eine geringere Fruchtzahl führt im Allgemeinem zu einem höheren Einzelfruchtgewicht. Im Versuch entwickelten sich bei den händisch ausgedünnten Bäumen und bei der Variante MA+ATS die größten Früchte. Das Fruchtgewicht konnte nur durch den Einsatz der Ausdünnmaschine signifikant gegenüber der unbehandelten Kontrolle erhöht werden. Auch SOLOMOKHIN UND BLANKE (2009) konnten bei ihren Untersuchungen ein höheres Fruchtgewicht nach einer Anwendung einer Ausdünnmaschine beweisen.

Es ist jedoch anzumerken, dass es bei der Variante MA+ATS gegenüber der Variante Hand trotz des geringeren Einzelbaumertrags zu keiner Steigerung des Fruchtgewichts mehr gekommen ist. Dasselbe gilt für die rein mechanisch ausgedünnten Bäume. Deshalb kann bei diesen beiden Varianten bereits von einer leichten Überdünnung gesprochen werden. Eine zusätzliche selektive Handausdünnung hätte in diesen Fällen zu einer weiteren Reduktion des Mengenertrags geführt. HANDSCHACK (2002) verweist jedoch auf die Notwendigkeit einer selektiven händischen Nachdünnung nach einer chemischen Ausdünnung. Auch wenn laut der Autorin die Alternanz nur mehr geringfügig beeinflusst wird, können die Fruchtgröße, die Ausfärbung und die innere Fruchtqualität noch deutlich verbessert werden.

Obwohl in diesem Versuch nach einem Einsatz von ATS etwas schwerere Früchte als bei Varianten mit vergleichbaren Erntemengen und Fruchtzahlen gemessen wurden, konnten keine signifikanten Unterschiede zu diesen Varianten bestätigt werden. Eine Größenförderung von ATS unabhängig von der Ausdünnwirkung, wie von LINK (2000) beschrieben, konnte also nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Von einem positiven Einfluss des Wirkstoffs BA auf das Fruchtgewicht unabhängig von der Ausdünnwirkung berichtet GREENE et al. (1990). Im Bezug auf die Variante MA+BA bestätigte sich diese Beobachtung. Diese Kombination zeigte gegenüber der Variante MA bei einer deutlich höheren Fruchtzahl ein vergleichbares Einzelfruchtgewicht.

Allerdings wurde bei der Variante BA gegenüber der Variante Hand bei nahezu identen Baumerträgen deutlich geringere Fruchtgrößen gemessen. Eine eindeutige Größenförderung von BA konnte also nicht bewiesen werden.

Eine gewisse zusätzliche Größenförderung zeigte sich sowohl bei der Variante MA+Eth als auch bei MA+BA: Das Fruchtgewicht lag bei beiden Kombinationen über den anhand der Erntemenge zu erwartenden Werten. Bei alleiniger Applikation der beiden Wirkstoffe Ethephon und 6-Benzyladenin zeigte sich hingegen keine Größenförderung. Daher kann vermuten werden, dass diese Steigerung auf die maschinelle Behandlung zurückzuführen ist. Diesbezüglich sind allerdings noch weitere Untersuchungen notwendig.

Die drei chemisch ausgedünnten Varianten zeigten zwar geringfügig größere Fruchtgewichte als die Kontrolle, die Unterschiede waren allerdings in keinem der Fälle signifikant.

Ein Grund für die geringe Wirkung von Ethephon und BA könnte die kühle Witterung zum Einsatzzeitpunkt dieser Wirkstoffe gewesen sein. Obwohl die empfohlenen Mindesttemperaturen nach den Behandlungen erreicht wurden, lagen sie unter den optimalen Werten. JONES UND KOEN (1985) konnten bei Versuchen im Glashaus einen linearen Zusammenhang zwischen der Ausdünnwirkung von Ethephon und der Temperatur bei und nach der Anwendung beweisen. Dabei kam es erst ab 16 °C zu einer signifikanten Wirkung, die sich linear bis 24 °C verstärkte. Bei 4-12 °C zeigte Ethephon keine Wirkung.

Bei Versuchen beobachteten YUAN UND GREENE (2000) eine unterschiedlich starke Ausdünnwirkung von BA bei hohen Temperaturen (30 °C) im Gegensatz zu niederen Temperaturen (20 °C). Die Dunkelatmung, als Teil eines möglichen Wirkungsmechanismus von BA, war bei hohen Temperaturen deutlich höher und in weiterer Folge kam es zu einer stärkeren Ausdünnung.

Bei dem Ätzmittel ATS wurde wetterbedingt nur eine einmalige Anwendung durchgeführt. In diesem Zusammenhang hält VIGL (2009a) fest, dass gerade eine zweite Anwendung in einem Abstand von drei Tagen für die Ausdünnung der Blüten am

einjährigen Holz von großer Bedeutung ist. Damit könnte die geringe Wirkung der ATS-Behandlung zumindest teilweise erklärt werden.

Die Wetterabhängigkeit der chemischen Wirkstoffe ist nach wie vor eines der Hauptprobleme bei der Ausdünnung. Der Wirkungsmechanismus der mechanischen Ausdünnung ist hingegen weitgehend wetterunabhängig, wobei es trotzdem zu Wirkungsschwankungen kommen kann.

Um die gemessenen Einzelbaumerträge besser interpretieren zu können wurde der spezifische Ertrag berechnet. Dabei wurde die Erntemenge im Verhältnis zur Baumstärke gesetzt und somit die Ertragsfähigkeit der Bäume in die Betrachtungen miteinbezogen. Die verhältnismäßig geringen Mengenerträge der Varianten MA und MA+ATS wurden nach einer Relativierung durch die Baumstärke mit dem Wert der händisch ausgedünnten Variante vergleichbar. Bei den Varianten ATS und MA+BA lag der spezifischen Ertrag unter dem der unbehandelten Kontrolle. Bis zu einem gewissen Grad erklären sich dadurch die hohen absoluten Einzelbaumerträge dieser Varianten.

Ein Einfluss der Baumstärke auf die Ausdünnwirkung der Maschine konnte nicht bewiesen werden. Dennoch ist aus praktischer Sicht nicht auszuschließen, dass größere Bäume mit weit ausladenden Ästen verhältnismäßig schlechter von den Schnüren der Maschine erfasst werden, als Bäume mit kürzeren Ästen. Es zeigte sich schon bei Versuchen von STRIMMER (1997) in Südtirol eine deutlich unterschiedliche Wirkung der Ausdünnmaschine je nach Baumbereich. Besonders im inneren Bereich der Bäume konnte keine Ausdünnung erzielt werden. Für eine optimale Ausdünnwirkung des Fadengerätes ist demnach eine schlanke Baumerziehung von Vorteil.

Bei der Analyse der Fruchtzahl pro 100 Blütenbüschel konnten große Unterschiede der einzelnen Varianten festgestellt werden: Einheitlich zeigte sich die Wirkung der drei chemischen Wirkstoffe mit einer Reduktion des Ansatzes auf ca. 100-105 Früchte pro 100 Blütenbüschel. Vergleichsweise dazu hatte die unbehandelte Kontrolle mit 132 Früchten pro 100 Blütenbüschel den höchsten Fruchtansatz aller Varianten.

Etwas größere Schwankungen gab es zwischen den maschinell ausgedünnten Varianten: Die Varianten MA+BA brachte in diesem Zusammenhang nicht die erwartete

Ansatzreduktion. Dabei könnten die großen Bäume und die damit vermutlich geringere Wirkung des Ausdünngerätes eine Rolle spielen.

Der relative Fruchtansatz verdeutlichte das Bild, dass sich beim absoluten Ansatz zeigte. Die Varianten MA und MA+Eth konnten den Ansatz um 35-30 % verringern und lagen somit auf dem Niveau der händisch ausgedünnten Bäume.

Eine bereits zu starke Ausdünnung zeigte sich allerdings auch in diesem Zusammenhang bei MA+ATS. Mit einer Ansatzreduktion von knapp 55 % im Vergleich zur Kontrolle lag diese Variante noch deutlich unter der Variante Hand. Damit hätte es keinen Spielraum mehr für eine selektive händische Ausdünnung nach dem Junifruchtfall gegeben.

Die bereits erwähnten unterschiedlichen Fruchtgewichte spiegeln sich auch im Sortierergebnissen wider: Hier zeigte sich, dass bei den drei chemischen Varianten der Anteil von nicht vermarktungsfähigen Früchten (unter 65 mm Fruchtgröße) nicht ausreichend verringert werden konnte. Im Gegensatz dazu kam es durch den Einsatz des Fadengeräts in allen Fällen zu einer deutlichen Verbesserung der Größensortierung. Derartige Beobachtungen wurden schon von SEEHUBER et al. (2010) gemacht: Bei Versuchen an Birnen kam es durch die maschinelle Ausdünnung zu einer Verbesserung des Sortierergebnisses. Weiters konnte DAMEROW (2007) nach maschineller Behangregulierung bei '*Braeburn'* einen um 10-20 % höheren Anteil an Früchten über 70 mm feststellen.

Auch die Auswertung der Fruchtdurchmesser zeigte ein ähnliches Bild: Neben den händisch gedünnten Parzellen konnten der Durchmesser nur durch den Einsatz des Fadengeräts signifikant gegenüber der Kontrolle verbessert werden. Im Gegensatz dazu wurde bei keiner der drei chemischen Varianten eine signifikante Verbesserung festgestellt.

Die Pflanzenverträglichkeit und dabei insbesondere die Fruchtberostung spielt in der Praxis eine entscheidende Rolle. Bei der visuellen Beurteilung der Berostung wurden die Früchte der unbehandelten Kontrolle am besten beurteilt. Mit etwa 40 %

unberosteten Früchten und in Summe über 95 % der Äpfel unter 5 % Berostung zeigte diese Variante das beste Ergebnis.

CLEVER (2007) fand im Gegensatz zu WIDMER UND STADLER (2007) keine erhöhte Berostung durch eine Ausdünnung mit Ethephon. Der alleinige Einsatz des Wirkstoffs zeigte im vorliegenden Versuch keinen Unterschied zu den anderen Wirkstoffen. Die Kombination mit dem '*Darwin-Gerät*' brachte allerdings die Früchte mit der stärksten Berostung, wobei nicht geklärt ist, ob die Maschine oder chemische Ausdünnung dieses Ergebnis verursacht hat.

Beim Einsatz von ATS gab es hinsichtlich der Berostung keine erkennbaren Unterschiede zu den anderen Ausdünnvarianten. Der Wirkstoff BA führte genauso zu keiner Veränderung der Fruchtschale. 6-Benzyladenin wurde von VIGL (2009b) als berostungsneutral bezeichnet, obwohl es bei Tankmischungen und besonders beim Zusatz von Netzmitteln zu Problemen kommen kann. Laut dem Autor wird von den Herstellern auf Grund der schwierigen Formulierbarkeit des Wirkstoffs häufig Netzmittel hinzugefügt. In diesem Zusammenhang berichtet WERTHEIM (2000) von nicht eindeutigen Versuchsergebnissen bei einer Anwendung von BA.

Neben den äußeren spielen auch die inneren Qualitätsparameter in der Praxis eine wichtige Rolle. Die Fruchtfleischfestigkeit lag zum Zeitpunkt der Ernte bei allen Varianten auf einem vergleichbaren Niveau. Erst nach der einwöchigen Shelf-Life-Phase konnten Unterschiede festgestellt werden, wobei nur die händisch ausgedünnte Variante deutlich höhere Werte als die Kontrolle zeigte. Auch MAAS (2007) fand keine veränderte Fruchtfleischfestigkeit nach einer Behandlung mit ATS oder BA. Der Einsatz der Ausdünnmaschine hatte in diesem Versuch keine unterschiedliche Festigkeit zur Folge. KONG et al. (2009) stellten in diesem Zusammenhang bei Versuchen an den Sorten *'Gala'* und '*Golden Delicious*' ebenfalls keinen Einfluss der maschinellen Ausdünnung fest. Eine Verbesserung der Festigkeit durch eine stärkere Ausdünnung, wie Sie von LINK (2000) beschrieben wird, konnte jedoch mit diesem Versuch nicht bestätigt werden.

Die Refraktometerwerte unterschieden sich bei der Ernte geringfügig, wobei die Varianten mit größeren Früchten auch höhere Gehalte an löslicher Trockensubstanz

aufwiesen. Ein eindeutiger Einfluss eines Wirkstoffs oder der mechanischen Behandlung auf die Brix-Werte konnte nicht festgestellt werden.

Größere Schwankungen gab es bei den Äpfelsäuregehalten, wobei auch in diesem Zusammenhang primär die unterschiedlichen Fruchtgrößen für die schwankenden Gehalte verantwortlich sein dürften. MAAS (2007) beschrieb nach Versuchen an der Sorte '*Elstar*' Zusammenhänge zwischen der Ausdünnwirkung, der Fruchtgröße sowie des Zucker- und des Äpfelsäuregehalts.

5.2 Fruchtfallprognose

Die Einflüsse auf die Fruchtfallperioden sind sehr vielfältig. Die Menge an verfügbaren Assimilaten, das hormonale Gleichgewicht und die Konkurrenz zwischen den Früchten sind laut SCHUMACHER (1989) zentrale Einflussfaktoren für die natürlichen Fruchtfälle.

In dieser Arbeit wurde versucht zwei Fruchtfallprognosemodelle zur Vorhersage des Junifruchtfalls unter steirischen Anbaubedingungen einzusetzen. Der Zusammenhang zwischen dem Fruchtwachstum und dem Abfallen von Früchten wurde schon von WARD UND MARINI (1999) beschrieben und als möglicher Ansatzpunkt für eine Vorhersage von Fruchtfällen vorgeschlagen. Das von Greene et al. (2005) veröffentlicht Prognosemodell wurde auf Basis dieses Ansatz entwickelt. Damit soll die Ausdünnwirkung einer chemischen Ausdünnung bei 6-7 mm Fruchtgröße prognostiziert werden können. Mit einem modifizierten eigenen Modell wurde in der vorliegenden Arbeit versucht das Modell von Greene dem geänderten Anwendungszweck, der Vorhersage des Junifruchtfalls, und den vorherrschenden Anbaubedingungen anzupassen.

Durch die Größenmessungen und der Zählung der Äpfel nach dem Junifruchtfall konnte der Fruchtfallverlauf ab ca. 7 mm Fruchtgröße an den fünf ausgewählten Varianten verfolgt werden. Dabei wurde vom 17. Mai 2010 bis zum 25. Juni 2010 eine Verringerung der Fruchtzahl von 53-60 % festgestellt.

Den stärksten Junifruchtfall zeigte dabei die Variante ATS. Diese Beobachtung deckt sich mit denen von SCHRÖDER (2001). Der Autor nannte die Verstärkung des Junifruchtfalls als wichtigen Teil der Wirkungsweise dieses Ausdünnmittels.

Bei der Variante MA wurde hingegen der geringste Fruchtfall in dem Beobachtungszeitraum festgestellt. In diesem Zusammenhang beschreiben bereits HANSEN (1978) und SCHUMACHER (1978) einen geringeren Junifruchtfall in Folge einer früheren Ausdünnung.

GREENE et al. (2005) veröffentlichten Versuche bei denen die Ausdünnwirkung von unterschiedlichen Wirkstoffen abhängig von den Wetterbedingungen zwischen 6 und 10 Tagen nach der Applikation prognostiziert werden konnten. Dabei wurde versucht, gezielt die Wirkung einer chemischen Ausdünnung bei ca. 6-7 mm Fruchtgröße vorherzusagen. Im vorliegenden Versuch wurde untersucht, ob es möglich ist das selbe Modell für die Prognose des Junifruchtfalls unter steirischen Anbaubedingungen zu verwenden.

In diesem Zusammenhang mussten allerdings beträchtliche Unterschiede zwischen dem tatsächlichen Fruchtfall und der Vorhersage von Greene festgestellt werden. Mit Abweichungen von 17,1 bis 22,4 Prozentpunkten lag die Prognose durchwegs unter dem tatsächlichen Fruchtfall. Der Zusammenhang zwischen Fruchtwachstum und Fruchtfall wurde aber unter anderem auf Grund der einheitlichen Abweichungen bestätigt.

Das modifizierte Modell hingegen brachte ein wesentlich genaueres Ergebnis: Durch die Verlängerung des Beobachtungszeitraums gelang es die Größendifferenzierung besser sichtbar zu machen. Entscheidend war allerdings eine weitere Änderung des Ausgangsmodells. Dabei wurde das Mindestwachstum für das Überleben einer Frucht um etwa die Hälfte erhöht. Dadurch ist es gelungen, die Abweichung der Vorhersage gegenüber dem tatsächlichen Ansatz bei den einzelnen Varianten auf 0,8 bis 2,7 Prozentpunkte zu verringern.

Besonders bei der Terminfestlegung für die Größenmessungen sind aber noch einige Fragen zu klären: GREENE (2008a) bezieht sich bei die Festlegung des ersten

Messtermins auf die Fruchtgröße. Die Streuung der Fruchtgrößen war zu diesem Termin sehr hoch, wodurch eine genaue Festlegung des ersten Messzeitpunkts schwierig war. Da die Prognosemodelle stark vom Zeitpunkt der ersten Größenmessung abhängig sind, ist es notwendig genügend Anhaltspunkte für die Festlegung dieses Termins zu haben. Es ist auch zu hinterfragen, ob es sinnvoll ist den Zeitpunkt einer Messung mit dem Parameter festzulegen, der bei der Messung erhoben werden soll.

Auch für die späteren Messtermine muss es, besonders für einen Einsatz in der Praxis das Ziel sein, noch genauere Vorgaben zu machen. GREENE (2008a) arbeitet dabei ausschließlich mit Temperatursummen. In diesem Versuch ist es jedoch nicht gelungen, die geforderten Temperatursummen zu erreichen. Eine weitere Verschiebung der letzten Messung wäre auf Grund der bereits fortgeschrittenen Fruchtgrößen nicht mehr sinnvoll gewesen. Es muss beachtet werden, dass eine Fruchtfallprognose nur dann hilfreich ist, wenn die Ergebnisse bei einer Fruchtgröße zur Verfügung steht, bei der noch chemisch ausgedünnt werden kann.

Im Laufe der Arbeit hat sich zudem herausgestellt, dass die Berechnung des Bezugswachstums sehr sensibel gegenüber Mess- und Eingabefehler reagiert. GREENE (2008a) berechnet das Bezugswachstum jeweils aus den 3 größten Zuwächsen der 7 Versuchsbäume und bezieht sich damit auf nur 21 Werte. Kommt es bei der Eingabe der Daten zu Fehlern (z.B. Kommaverschiebungen) so kann sich dies schwerwiegend auf das Prognoseergebnis auswirken. Ziel muss es sein, ein statistisch abgesichertes Verfahren zur Berechnung des Mindestwachstums zu entwickelt.

Unabhängig von der Höhe des Fruchtansatz und der gewählten Ausdünnmethoden kam es bei beiden Prognosemodellen über allen Varianten zu gleich genauen Ergebnissen. Damit kann ein Einfluss der Ausdünnvariante auf die Prognose weitgehend ausgeschlossen werden und ein wichtiger Schritt in Richtung Praxistauglichkeit wurde gemacht.

Conclusio

Die Fruchtausdünnung wird in Zukunft eine noch entscheidendere Rolle für die Rentabilität im Apfelanbau spielen. Trotz des Überangebots am Markt sind jährlich hohe Erträge eine Voraussetzung um gewinnbringend wirtschaften zu können. Zudem ist die Fruchtqualität und dabei in erster Linie die Fruchtgröße und die Ausfärbung zu einem Schlüsselfaktor im Obstbau geworden. Eine frühzeitige Ausdünnung ist aus diesen Gründen unumgänglich.

Mit dem Hintergrund einer Ökologisierung des Obstbaus müssen auch bei der Ausdünnung Alternativen genutzt werden. Die maschinelle Ausdünnung stellt dabei eine große Chance dar. Bei vergleichbaren Wirkungsgraden ist es möglich nahezu wetterunabhängig eine termingerechte Ausdünnung durchzuführen. Diese Eigenschaft stellt einen großen Vorteil gegenüber den chemischen Wirkstoffen dar. Zudem steht damit für die biologische Produktion erstmals eine Methode zur Verfügung, mit der die Alternanz gewisser Sorten gebrochen werden kann.

Negative Auswirkungen durch die mechanischen Beschädigungen dürfen allerdings nicht außer Acht gelassen werden: Auch wenn es aus der Praxis noch keine Berichte über die Verschleppung des Feuerbrandbakteriums (*Erwinia amylovora*) gibt, so wird nicht zu Unrecht vielfach auf diese Gefahr hingewiesen. Es ist darüber hinaus zu befürchten, dass es durch die teilweise auftretenden Holzschäden zu vermehrten Problemen mit Schädlingen wie der Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*) kommen kann.

Die Obstbauern stehen bei der Wahl der Ausdünnstrategie immer noch vor einer großen Herausforderung: Widersprüchliche Versuchsergebnisse und schwankende Fruchtfallintensitäten erschweren die Entscheidung. Der Zusammenhang zwischen dem Fruchtwachstum und dem darauf folgenden Fruchtfall steht außer Frage. Ob es gelingt Prognosemodelle auf Basis von Fruchtgrößenmessungen soweit zu verbessern, dass über Jahre stabile Ergebnisse erzielt werden können, ist allerdings fraglich.

Ein entscheidender Punkt für einen praktischen Einsatz wird sein, ob es möglich ist den Zeitaufwand bei gleichbleibender Prognosegenauigkeit soweit zu senken, dass die Prognose rentabel ist. Es wird wohl auch in Zukunft nicht ohne die Erfahrung und Intuition der Obstbauern möglich sein optimale Ausdünnergebnisse zu erreichen.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, bei der Apfelsorte *'Pinova'* unter den Bedingungen des Jahres 2010 eines Standortes in der Oststeiermark verschiedene Fruchtausdünnungsvarianten hinsichtlich Ertragsleistung (Erntemenge, Fruchtzahl, Fruchtgröße) und innere Fruchtqualität zu prüfen. Im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle sowie einer händisch ausgedünnten Variante wurden ein Traktoranbaugerät für die maschinelle Blütenausdünnung (*'Darwin 250'*), zwei zugelassene Bioregulatoren (Ethephon und 6-Benzyladenin) und das Ätzmittel Ammoniumthiosulfat (Blattdünger) in Einzelanwendung sowie in verschiedener Kombinationsgestaltung getestet.
Im Ergebnis zeigte die chemische Ausdünnung bei alleiniger Anwendung durchwegs eine unzureichende Wirkung. Im Gegensatz dazu wurde bei allen Varianten mit maschineller Korrektur eine bessere Größensortierung erreicht, ohne dabei einen negativen Einfluss auf die Fruchtqualität zu haben. In der Kombination Maschine mit zusätzlichem Ammoniumthiosulfat-Einsatz kam es jedoch zu einer zu starken, wirtschaftlich untolerierbaren Ernteminderung.

In einem zweiten Arbeitsschritt wurde zudem untersucht, ob die Stärke des Junifruchtfalls auf Basis von Fruchtwachstumsmessungen vorhergesagt werden kann. Diese Prüfung erfolgte auf Basis des im ersten Arbeitsschritt erzielten Datenmaterials von fünf ausgewählten Varianten anhand eines US-Prognosemodells einerseits und eines persönlich modifizierten Modells andererseits. Durch die Abänderungen des amerikanischen Modells konnte eine präzisere, praxisgerechtere Vorhersage der Stärke des Junifruchtfalls in dem Versuchsjahr berechnet werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fruchtfallperioden und Hormonproduktion durch Samen (nach HANDSCHACK 1997) 6
Abbildung 2: Ausdünnwirkung von ATS (nach SCHRÖDER 2001) 13
Abbildung 3: Ausdünnmaschine 'Darwin 250' (Foto: Kuenz) 15
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Fruchtwachstum und Fruchtfall (nach Greene et.al 2005) 17
Abbildung 5: Monatsdurchschnittstemperaturen 2010 am LVZ Haidegg im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1971-2000) der ZAMG-Wetterstation Graz-Messendorfberg 19
Abbildung 6: Monatsniederschlagssummen 2010 am LVZ-Haidegg im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (1971-2000) der ZAMG-Wetterstation Graz-Messendorfberg 20
Abbildung 7: Zunahme der Baumstärke (in cm^2) 33
Abbildung 8: Ergebnis der Blütenbonitur 2010 34
Abbildung 9: Blütenbüschel pro Baum 2010 35
Abbildung 10: Ergebnis der Blütenbonitur 2011 36
Abbildung 11: Spezifischer Ertrag - Erntemenge (kg) pro cm^2 Stammquerschnitt 42
Abbildung 12: Errechneter Hektarertrag 43
Abbildung 13: Fruchtansatz (Früchte pro 100 Blütenbüschel) 44
Abbildung 14: Fruchtansatz im Verhältnis zur unbehandelten Kontrolle - relativer Fruchtansatz 45
Abbildung 15: Anteil der einzelnen Größenklassen an der Gesamtzahl der sortierten Früchte (%) 46
Abbildung 16: Ergebnis der Berostungsbonitur 48
Abbildung 17: Ergebnis der Messung der Fruchtfleischfestigkeit 49
Abbildung 18: Ergebnis der Bestimmung der löslichen Trockensubstanz (Brix) 50
Abbildung 19: Ergebnis der Säuretitration 51
Abbildung 20: Veränderung der Fruchtzahlen im Verlauf der Größenmessungen 53
Abbildung 21: Fruchtgrößenentwicklung im Verlauf der Größenmessungen 54
Abbildung 22: Fruchtgrößen der für die Prognosemodelle ausgewählten Früchte am 17. Mai 2010 55
Abbildung 23: Tatsächlicher Fruchtfall und Prognoseergebnis der beiden Modelle 60

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Für die Ausdünnung bei Apfel in Österreich zugelassene Wirkstoffe (AGES 2012; BVL 2012; CTGB 2012; Stichtag 1. Jänner 2012) 9
Tabelle 2: Versuchsvarianten 21
Tabelle 3: Applikations- und Anwendungsdaten 22
Tabelle 4: Blütenboniturschema 25
Tabelle 5: Berostungsboniturschema 28
Tabelle 6: Termine der Fruchtgrößenmessungen 30
Tabelle 7: Berechnung des Bezugswachstums und des Mindestwachstums 31
Tabelle 8: Einzelbaumertrag (kg) - Mittelwertvergleich der Varianten 37
Tabelle 9: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Einzelbaumertrag) 38
Tabelle 10: Fruchtzahl bei der Ernte - Mittelwertvergleich der Varianten 39
Tabelle 11: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Fruchtzahl) 39
Tabelle 12: Einzelfruchtgewicht (g) bei der Ernte – Mittelwertvergleich der Varianten 40
Tabelle 13: Test auf Homogenität der Varianzen und Welch-Test (Einzelfruchtgewicht) 41
Tabelle 14: Fruchtgröße (mm) als Ergebnis der Größensortierung – Mittelwertvergleich der Varianten 47
Tabelle 15: Test auf Homogenität der Varianzen und einfaktorielle Anova (Fruchtgröße) 47
Tabelle 16: Bezugswachstum und Mindestwachstum (Greene) 56
Tabelle 17: Bezugswachstum und Mindestwachstum (modifiziertes Modell) 57
Tabelle 18: Berechnung des vorhergesagten Fruchtfalls laut den Prognosemodellen 59

9 Literaturverzeichnis

AGES - ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT (2011a): Liste der gemäß § 3 Abs. 4 Pflanzenschutzmittelgesetz 1997 gemeldeten Pflanzenschutzmittel, für die die Übergangsbestimmungen des § 15 Abs. 8 der Pflanzenschutzmittelverordnung 2011 zur Anwendung kommen. http://pmg.ages.at/ pls/psmlfrz/pmgweb2$.anmeldungen?z_user= (18.11.2011).

AGES - ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT (2012): Pflanzenschutzmittelregister. http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2$.Startup (05.01.2012).

ANONYM (2007): Erwerbsobstanlagen 1989 – 2007 nach Bundesländern. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/index.html (1.12.2011).

ANONYM (2011): Blütenausdünnung bei Apfel mit Ethephon oder ATS. European Fruit Magazine (03):12-13.

BAAB, G.; LAFER, G. (2005): Kernobst. Harmonisches Wachstum – optimaler Ertrag. Leopoldsdorf: Österreichischer Agrarverlag.

BERTSCHINGER, L.; STADLER, W., STADLER, P.; WEIBEL, F.; SCHUMACHER, R. (1998): New methods of environmentally safe regulation of flower and fruit set and of alternate bearing of the apple crop. Acta Hort. 466: 64-70.

BREGOLI, A.M.; FABBRONI, C.; RAIMONDI, V.; BRUNNER, P. UND COSTA, G. (2007): 6-BA and NAA effect on `Galaxy` fruit growth, abscission and quality: a comparison between the Po Valley and the South Tyrol producing areas. Erwerbs-Obstbau 49: 97-100.

BVL –Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2012): Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel. https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/ (05.01.2012).

BYERS, R.E., LYONS, C.G., YODER, K.S., BARDEN, J.A., YOUNG, R.W (1985). Peach and apple thinning by shading and photosynthetic inhibition. J. Hort. Sci. 60: 465-472.

BYERS, R. E.; CARBAUGH, D. H., PRESLEY, C. N. UND WOLF, T. K. (1991): The influence of low light on apple fruit abscission. J. Hort. Sci. 66: 7-17.

CTGB - COLLEGE VOOR DE TOELATING VAN GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN EN BIOCIDEN (2012): Pesticides databank - MaxCel. http://www.ctb-wageningen.nl/ (5.01.2012).

DAMEROW, L.; KUNZ, A. UND BLANKE M. (2007): Mechanische Fruchtbehangsregulierung. Erwerbs-Obstbau 49: 1-9.

DENNIS. F.JR. (2003): Flowering, Pollination and Fruit Set and Development. In Ferree, D.C. und Warrington, I.J. (Hrsg.): Apples – Botany, Production and Uses. Wallingford: CABI Publishing.

DHATT, A.S. UND MAHAJAN, B.V.C. (2007): Harvesting, Handling and Storage of Horticultural Crops. http://nsdl.niscair.res.in/bitstream/123456789/314/4/Revised+Harvesting,+Handling+and+Storage.pdf (04.12.2011).

DORIGONI, A. UND LEZZER, P. (2007): Chemical thinning of apple with new compounds. Erwerbs-Obstbau 49: 93-96.

EHRENDORFER, K. (1958): Grundbegriffe des Versuchswesens. Der Feldversuch. Wien: Gerold's Sohn.

FRIEDRICH, G. (2000): Entwicklung, Wachstum, Bau und Funktion der reproduktiven Organe. In Friedrich, G. und Fischer, M.: Physiologische Grundlagen des Obstbaues. 3., völlig neubearbeitete Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.

GAUCHER, N. (1912): Obstbaukunde. 2. Auflage. Berlin: Paul Parey.

GOSCH, C.; STICH, K. UND TREUTTER, D. (2009): Wirkungsweise von Wachstumsregulatoren auf die Fruchtausdünnung. Obstbau Weinbau 46: 45-48.

GREENE, D.W.; AUTIO, W.R. AND MILLER, P. (1990): Thinning Activity of Benzyladenine on Several Apple Cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 394-400.

GREENE, D.W. (2003): Endogenous Hormones and Bioregulator Use on Apples. In FERREE, D.C. und WARRINGTON, I.J. (Hrsg.): Apples – Botany, Production and Uses. Wallingford: CABI Publishing.

GREENE, D.W.; KARUPA, J.; VEZINA, M.; LAKSO, A.N. UND ROBINSON T.L. (2005): A Method to Predict Chemical Thinner Response on Apples. Fruit Notes 70: 12-17.

GREENE, D.W. (2008a): A Growers Guide to Predicting the Response to a Chemical Thinner Application. http://www.umass.edu/fruitadvisor/2008/predictthinprocedure.pdf (18.11.2011).

GREENE, D.W. (2008b): Predicting Fruitset – Berechnungsmodell. http://www.umass.edu/fruitadvisor/2008/predictfruitset2008.xls

HANDSCHACK, M. (1997): Fruchtfall beim Apfel – Prognosemodell. Obstbau 22: 286-290.

HANDSCHACK, M. (2000): Chemische Fruchtausdünnung und Alternanzminderung. In FRIEDRICH, G.; FISCHER, M. (Hrsg.): Physiologische Grundlagen des Obstbaues. 3., völlig neubearbeitete Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.

HANDSCHACK, M. (2002): Blüten- und Fruchtentwicklung. In FISCHER, M. (Hrsg.): Apfelanbau – integriert und biologisch. Stuttgart: Eugen Ulmer.

HANSEN, P. (1978): Blatt/Frucht-Verhältnis, Assimilateverteilung und Fruchtentwicklung. Erwerbs-Obstbau 11: 228-231.

KEPPEL, H. (1991): Betriebswirtschaftliche Überlegungen zur Pflanzung. In: KEPPEL, H.; PIEBER, K.; WEISS, J.; HIEBLER, A.(Hrsg.): Obstbau – Anbau und Verarbeitung. Graz: Leopold Stocker Verlag.

LAFER, G. (2002): Auswirkungen der Applikation verschiedener Bioregulatoren auf die Ertragsleistung, Fruchtqualität, Lagerfähigkeit und vegetative Entwicklung der Apfelsorten Elstar und Gala. Wien: Diss. Universität für Bodenkultur.

LAFER, G. (2009): Tipps zur Ertragsregulierung 2009. Besseres Obst (4): 12-16.

LAFER, G. (2010a): Wachstums- und Ertragsregulation. In: WURM, L.; LAFER, G.; KICKENWEIZ, M.; RÜHMER, T.; STEINBAUER, L.: Erfolgreicher Obstbau. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

LAFER, G. (2010b): Der optimalen Ausdünnung näher.... Besseres Obst (4): 22-25.

LAFER, G. (2011): Fruchtausdünnung: Zulassungssituation und Strategien für 2011. Besseres Obst (4): 8-11.

LEWKO, J.; BLANKE, M. (2007): Environmentally-Friendly Regulation of Fruit Set in Apple Trees. Acta Hort. 732: 647-651.

LINK, H. (2000): Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. Plant Growth Regulation 31: 17-26.

LINK, H. (2011): Ertragssteigerung im Obstbau. Stuttgart: Eugen Ulmer.

LUCKWILL, L.C.: (1953): Studies of fruit development in relation to plant hormones. I. Hormone production by the developing apple seed in relation to fruit drop. J. Hort. Sci. 28: 25-40.

MAAS, F. (2007): Thinning strategies for 'Elstar' apples – Experiences with ammonium thiosulphate, calcium hydroxide and benzyladenine. Erwerbs-Obstbau 49: 101-105.

MCARTNEY, S.; UNRATH, D.; OBERMILLER, J.D. UND GREEN, A. (2007): Naphthaleneacetic Acid, Ethephon, and Gibberellin A4 + A7 Have Variable Effects on Flesh Firmness and Return Bloom of Apple. HortTechnology 17: 32-38.

MELAND, M. UND KAISER, C. (2011): Ethephon as a Blossom and Fruitlet Thinner Affects Crop Load, Fruit Weight, Fruit Quality, and Return Bloom of 'Summered' Apple (Malus xdomestica) Borkh. Hortscience 46: 432-438.

NGUGI, H.K. UND SCHUPP, J.R. (2009): Evaluation of the Risk of Spreading Fire Blight in Apple Orchards with a Mechanical String Blossom Thinner. Hortscience 44: 862-865.

PIEBER, K. (1991): Besondere Pflegemaßnahmen im Obstbau. In: KEPPLE, H.; PIEBER, K.; WEISS, J. UND HIEBLER, A.(Hrsg.): Obstbau – Anbau und Verarbeitung. Graz: Leopold Stocker.

POLDERVAART, G. (2011): Ausdünnmaschine als Alternative zu ATS oder Ethephon. European Fruit Magazine (03): 14-17.

PROAGRO GMBH (2011): Agro N fluid - Datenblatt. http://www.proagro-gmbh.de/. (14.08.2011).

SCHÖRDER, M. (2001): Bedeutung und Wirkungsweise chemischer Ausdünnungsmittel beim Apfel am Beispiel von Ammoniumthiosulfat, Benzyladenin und Harnstoff. Beuren: Grauer.

SCHUMACHER, R (1978): Chemische Ausdünnung und natürlicher Fruchtfall bei unterschiedlichem Fruchtansatz. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau 114: 245-252.

SCHUMACHER, R. (1989): Die Fruchtbarkeit der Obstgehölze. 3. neubearbeitete und überarbeitete Auflage. Stuttgart: Ulmer.

SCHUPP, J.R.; AUXT BAUGHER, T.; MILLER, S.S.; HARSH, R.M. UND LESSER, K.M. (2008): Mechanical Thinning of Peach and Apple Trees Reduces Labor Input and Increases Fruit Size. HortTechnology 18: 660-670.

SEEHUBER, C.; DAMEROW, L.; KUNZ, A. UND BLANKE, M. (2010): Mechanische Fruchtbehangsregulierung verringerte den Junifruchtfall und verbesserte die Fruchtqualität und Fruchtgröße bei „Conference"- und „Alexander Lucas" – Birnen. Erwerbs-Obstbau 52: 45-53.

SOLOMAKHIN, A.A. UND BLANKE, M.M. (2010): Mechanical flower thinning improves the fruit quality of apples. J. Sci. Food Agric. 90: 735-741.

STADLER, W. UND WIDMER, A. (2006): Ethephon: Neuzulassung für alle Apfelsorten. Scheiz. Z. Obst-Weinbau 142: 10-13.

STRIMMER, M (1997): Ertragsregulierung im ökologischen Apfelanbau unter Südtiroler Produktionsbedingungen. Wien: Dipl.-Arb. Univ. für Bodenkultur.

THOMANN, M.; ALBER, M.; BOTHNER, B.; FISCHER, R. UND TUMLER, E. (2009): Praxisbeobachtungen zum Ausdünnen mit ATS. Obstbau Weinbau 46: 61-63.

TORGGLER, B. (2009): Vorschläge des Beratungsringes zur Fruchtausdünnung. Obstbau Weinbau 46: 71-73.

VIGL, J. (2009a): Wirkungsweise von ATS. Obstbau Weinbau 46: 49.

VIGL, J. (2009b): Ausdünnversuche mit 6-Benzyladenin. Obstbau Weinbau 46: 56-58.

WALDNER, W. (2007): Damokles-Schwert über Ausdünnungsmittel. Obstbau Weinbau 44: 252.

WARD, D. UND MARINI, R.P. (1999): Growth and Development of Young Apple Fruits Following Applications of Ethephon Plus Carbaryl for Thinning. HortScience 34: 1057-1059.

WERTHEIM, S.J. (2000): Developments in the chemical thinning of apple and pear. Plant Growth Regulation 31: 85-100.

WIDMER, A. UND GÖLLES, M. (2008): Äpfel-Behangregulierung mit MaxCel (Benzyladenin). Scheiz. Z. Obst-Weinbau 144: 9-11.

WIDMER, A. UND GÖLLES, M. (2009): Wirkstoffe und Strategien zur Behangsregulierung. Scheiz. Z. Obst-Weinbau 145: 10-12.

WIDMER, A. UND STADLER, W. (2007): Aktuelles zur Behangsregulierung: Wirkstoffe und Strategien. Scheiz. Z. Obst-Weinbau 143: 14-16.

WILLIAMS, M.W. UND STAHLY, E.A. (1969): Effect of cytokinins and gibberellins on shape of 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 17-19.

WINTER, F.; JANSSEN, H.; KENNEL, W.; LINK, H.; SCHERR, F.; SILBEREISEN, R.; STREIF, J. (1992): Lucas' Anleitung zum Obstbau. 31., neubearbeitete Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.

WURM, L. (2010): Biologie der Obstpflanzen. In: WURM, L.; LAFER, G.; KICKENWEIZ, M.; RÜHMER, T.; STEINBAUER, L.: Erfolgreicher Obstbau. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

WURM, L.; STÖGBAUER, T. (2011): Effiziente Steinobstausdünnung: Besser per Hand oder maschinell? Besseres Obst (5): 14-16.

YUAN, R. UND GREENE, D.W. (2000): Benzyladenine as a Chemical Thinner for <McIntosh> Apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 169-176.

ZAMG (2011): Klimadaten von Österreich 1971 – 2000. Station Graz-Messendorfberg. http://www.zamg.ac.at (14.08.2011).

10 Anhang

A Growers Guide to Predicting the Response to a
Chemical Thinner Application Duane Greene, University of Massachusetts Amherst
dgreene@pssci.umass.edu

The strategy for regulating crop load on apples trees has evolved over time. We frequently recommend at least two thinner applications. The procedure outlined below will allow orchardists to assess the effectiveness of a thinner, under most circumstances, within 7 days of the application of the thinner.

1. Assessment of Bloom and Selection of a Target Final Set

Select and mark 7 trees or 2 limbs on 7 trees that are representative of the block of trees where you want to make the thinning assessment. At the pink stage of flower development count all blossom clusters on the tree or limbs and record the number. At the same time decide the number of fruit that you would like to harvest from that tree or branch portion. Average the bloom and the final desired crop load. For example, if you have an average of 200 blossom clusters and you want 100 fruit on the tree or branch, then you want 1 fruit for every 2 spurs.

2. Selecting and Tagging Fruit

Wait until fruit reach at least 6 to 7 mm in size and you can see some fruit starting to size. Select and tag 15 spurs on 7 representative trees in the block. In selecting these spurs distribute the tags so that they represent the location of flowering spurs on a tree. What you measure on these spurs will form the basis for what you predict will happen in the whole orchard. Just prior to making a thinner application number all fruit on a spur using an indelible marker, measure fruit at the equator at the location where the fruit was marked and then record this diameter. Continue marking and measure all fruit on the spurs that have been selected. All data should be entered into a spreadsheet such as Excel. The order in which the data is entered should be: tree #1 (replication #1) spur #1 and then the diameter of all of the fruit in that spur. A data set of how to set up a data sheet is attached or it has been sent to you. Apply the thinner.

3. Measuring the Fruit After Thinner Application

It generally requires about 4 days (3 to 5 days depending upon temperature) from the time of thinner application for the thinning spray to start to slow fruit growth. Since this process is temperature dependent it may be best to wait until fruit have been exposed to 40 to 50 heating degree units (base 50 °F). Measure all fruit in the tagged clusters at the point they were previously measured and record fruit diameter. At 7 days after the initial application or when the

treated fruit has been exposed to 130 to 140 heating degree units (Base 50 °F), measure all fruit on the tagged spurs as done previously and record in the spreadsheet. The prediction is based upon the growth rate of fruit that occur between 4 and 7 days after thinner application.

We are suggesting on a trial basis a modification this of the procedure outlined above. In the revised procedure you will do the set up at 3 to 4 days after thinner application rather than just prior to thinner application. The initial measurement of fruit should wait until the treated trees have been exposed to at least 40 to 50 heating degree unit. The final measurement should be no earlier than 7 days after application and when 130 to 140 heating degree units have been completed. The advantage of this revised procedure is that it may not be necessary to measure as many fruit because some will have naturally stopped growing and only two rather than three measurements would be required. We have not tested this approach but the same criteria are used for both; fruit growth between 4 and 7 days after thinner application.

Cut and paste the data into the spreadsheet in the input page. Fill in the dates of measuring of the fruit, block treated and the thinning treatment used. Open the Summary sheet and click on the button “Run Calculator”. All calculations will be made in a matter of a few seconds. Push the button “Print Summary Page” and this will give you a printed sheet from which to work.

4. Interpreting the Results

At bloom time you counted bloom and made a decision about how many fruit that you would like to harvest from the selected trees or limbs. Based upon the counting of the number of blossom clusters and your assessment that you wanted one fruit for each two blossom clusters. In the set up instructions we suggested tagging and measuring 105 spurs. The Excel spreadsheet is programmed to base all calculations on 105 spurs. Therefore, based upon the earlier assessment you want at the end of June drop to have 52 to 53 fruit. Assume on the spurs that you tagged, there were 430 developing fruit. Therefore to get your ideal crop load you would make the calculations 50/430 x 100 = 12.1 % the percent set of tagged fruit that will give you an ideal final crop load. If set is much higher than the predicted 12.1 % then an additional thinning spray is warranted.

This is a weather driven model. Therefore, we suggest that you record at least maximum and minimum daily temperatures during the period from thinner application to 14 days after application. If you have the capability to collect solar radiation, that may be very useful information also.

This is an initial set of instructions. It is also our first attempt to extrapolate many years of research to a level that might be helpful to growers. Your participation is this trial run is most appreciated. If you have questions please get back to me and I will try to clarify gray or unclear areas.