

# **Forschungsbericht**

**Nr. 143**

**Regulierung der Fruchtbehangsdichte im Kernobstanbau**

Verfasser:

Dr. Lutz Damerow

Dr. Michael Blanke

Prof. Dr. Ing. Peter Schulze Lammers

**Institut für Landtechnik**

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

Meckenheimer Allee 172 15, 53115 Bonn  
Tel.: 0228 – 73 2285; Fax.: 0228 – 73 1776  
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen  
Bonn, Juni 2007

ISSN 1610-2460

**Projektleitung:** Prof. Dr. Peter Schulze Lammers

**Projektbearbeiter:** Dr. Ing. Lutz Damerow  
Institut für Landtechnik  
Nussallee 5  
53115 Bonn

Dr. agr. Michael Blanke  
INRES, FB Gartenbauwissenschaft  
Auf dem Hügel 6  
53121 Bonn

**Zitiervorschlag:**

DAMEROW, L., BLANKE, M. UND P. SCHULZE-LAMMERS (2007): Mechanische Fruchtbehangsregulierung im Kernobstbau. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 143, 24 Seiten.

## **1. Einleitung**

### **1.1 Problemstellung und Wissensstand**

Der Obstbaum kann nicht alle Früchte bis zur Reife bzw. Ernte versorgen. Trotz natürlicher Ausdünnung durch Blütenfall, Junifruchtfall und Vorerntefruchtfall reichen die Photosyntheseprodukte nicht aus, um ausreichend Früchte der gewünschten Handelsklasse 1 zu erzielen. Bei vielen Obstarten tritt zu dem ein Wechsel von ertragsreichen und ertragsarmen Jahren auf, der z.B. durch Spätfrost hervorgerufen wird und als Alternanz bezeichnet wird. Nach heutigem Kenntnisstand beruht die Alternanz im Obstbau auf einem Ungleichgewicht von Kohlenhydraten, d.h. Stärkeanreicherung im ertragsarmen Jahr und Ungleichgewicht von pflanzeigenen Wachstumsregulatoren. Betroffen von der Alternanz sind beim Apfel 'Elstar' und 'Fuji' und zusätzlich von kleiner Fruchtgröße die aktuellen Sorten 'Gala' und 'Pinova'. Beim Kernobst führen 5-7 % der Blüten bereits zu einer Vollernte.

Um die natürlichen Ausdünnungsmechanismen zu unterstützen und gegebenenfalls die Alternanz zu brechen, werden verschiedene Methoden angewandt. Bereits in den Anfängen des Obstbaus wurden mit Schlegeln überzählige Blüten bzw. überzählige und/oder zu kleine Früchte während des Fruchtwachstums per Hand entfernt. Diese auch heute noch – in veränderter Form - angewandte Form der Ausdünnung (Handausdünnung) kann bis zu 16 % am Arbeitsaufwand von bis zu 600 Akh/ha im Apfelanbau betragen und ist damit – nach der Ernte - die zweit zeitintensivste Arbeit. Um diesen hohen Arbeitsaufwand zu reduzieren, wurde nach anderen Methoden der Ausdünnung gesucht, die zeitlich vor der Handausdünnung zum Einsatz kommen, so dass der Fruchtbehang mit der Handausdünnung im Juli nur noch nachreguliert wird.

Eine Möglichkeit ist der Einsatz chemischer Präparate, wobei zwei Wirkmechanismen zum Einsatz kommen. Ein Wirkmechanismus beruht auf der zeitweisen Reduktion der Photosynthese der zur Blüte bereits vorhandenen, wenigen Kronblätter. Damit wird das Obstgehölz unter Streß gesetzt und reagiert darauf mit einem teilweisen Abwurf von Blüten. Zum Einsatz kommen im Integrierten Obstbau Ammoniumthiosulfat (ATS) und im ökologischen Obstbau Schwefelkalk.

Der zweite Wirkmechanismus beruht auf der Ethylenabgabe. Das führt zur Ausbildung der bereits angelegten Trennschicht am Grunde des Blütenstiels und zum partiellen Fruchtfall. Zum Einsatz kommen im Integrierten Anbau Benzyladenin (BA) im 10 mm - 12 mm Fruchtstadium und Ethephon (Flodimex) im 20 mm - 24 mm Fruchtstadium. Im ökologischen Obstanbau steht kein vergleichbares Präparat zur Verfügung.

Die Wirkung dieser beiden chemischen Präparate mit dem zweiten Wirkmechanismus ist besonders vom Anwendungszeitpunkt und von der Temperatur nach der Applikation abhängig, so dass nur eine kurze Einsatzzeit zur Verfügung steht. Das Temperaturoptimum für die Präparate dieser Wirkstoffgruppe liegt zwischen 18°C und 22°C, bei tieferen Temperaturen unter 15°C – wie sie im April/Mai häufig vorkommen können - sind die Präparate BA und Flordimex wirkungslos.

Vorteile der chemischen Ausdünnung sind a) die Nutzung der in jedem Obstbaubetrieb vorhandenen Applikationstechnik, b) die hohe Flächenleistung sowie c) ein geringer Arbeitsaufwand.

Im Moment nimmt das Interesse an alternativen Verfahren zur Ausdünnung wie der mechanischen Fruchtbehangsregulierung zu. Als optimaler Einsatzzeitpunkt wird für die mechanische Ausdünnung das Blühstadium zwischen Ballonstadium und Aufblühen angesehen, so dass ein längerer Zeitraum als bei der chemischen Ausdünnung zur Verfügung steht, da die mechanische Ausdünnung nicht temperaturabhängig ist.

Zwei unterschiedliche Geräte zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung wurden in den vergangenen Jahren in Deutschland entwickelt.

Bei einer Variante ("Darwin2000", Hermann Gessler Spezialmaschinen, Friedrichshafen) rotieren Kunststoffschlegel horizontal um eine vertikale Achse in einem starren Rahmen. Die Kunststoffschlegel greifen horizontal in die Baumkrone ein und schlagen Blüten ab. Da die Schlegel von außen horizontal in den Baum eingreifen, werden die eigentlich erwünschten Blüten bzw. späteren Früchte in der Baumperipherie entfernt. Insbesondere bei größeren Kronenvolumen bleiben Blüten im Inneren der Krone erhalten, die später Früchte geringerer Qualität bilden. Daher eignet sich dieses Gerät besonders zur Fruchtbehangsregulierung von Superspindeln. Ein wesentlicher Vorteil dieses Gerätes ist die hohe Flächenleistung, da es eine Fahrgeschwindigkeit bis zu 15 km/h zulässt.

Die Ergebnisse zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung mit dem 'Darwin 2000' bei Apfel im Entwicklungsstadium zwischen roter Knospe und Blühbeginn zeigten übermäßige Blütenausdünnung, verstärkten anschließenden Fruchtfall und mögliche Rinden-, Ast- und Blattschäden sowie 1 bis 2wöchigem Wachstumsschock mit verspätetem und verstärktem Austrieb (Strimmer et al., 1997; Czechi, 2001; Höhne, 2001).

Ein anderes Gerät zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung wurde am Institut für Landtechnik der Universität Bonn entwickelt. Im Gegensatz zum "Darwin 2000" greifen bei dem Bonner System zur Fruchtbehangsregulierung drei unabhängig von einander einstellbare Rotoren in die Baumkrone (Abb. 1) ein. Die Rotoren können in unterschiedlichen Winkeln so angeordnet werden, dass die Schlegel vorzugsweise vertikal - von oben- in die Krone bzw. Äste schlagen. Somit werden einzelne Blüten aus den Blütenbüscheln entfernt und die Konkurrenz um die Photosyntheseprodukte innerhalb eines Blütenbüschels reduziert. Weiterhin werden Blüten über die gesamte Tiefe der Krone ausgedünnt, das heißt, es werden auch Blüten im Inneren der Krone entfernt, die sonst Früchte geringerer Qualität bilden. Das Bonner Gerät wird im Frontanbau des Schleppers montiert, so dass der Schlepperfahrer in ergonomischer Arbeitshaltung bei akzeptabler Fahrgeschwindigkeit den Eingriff der Rotoren kontrollieren kann. Die Vorteile des Gerätes sind die Anpassbarkeit an den Kronenaufbau der verschiedenen Baumformen und die flexiblen Einstellmöglichkeiten (verschiedene Winkel, Rotordrehzahl). So ist eine Verringerung der Schlegel am Rotor denkbar, wenn z.B. stärker im Innenbereich als in der Peripherie der Baumkrone ausgedünnt werden soll oder weiter entfernte bzw. weniger Schlegel am oberen der drei Rotoren, wenn im oberen, gut belichteten Teil der Baumkrone weniger stark ausgedünnt werden soll. Die Flächenleistung bei diesem System ist geringer als beim "Darwin 2000", da die mechanische Fruchtbehangsregulierung nur mit einer Fahrgeschwindigkeit von 2,5 km/h durchgeführt werden konnte. Die geringe Fahrgeschwindigkeit ergab sich aus der maximal möglichen Rotordrehzahl von 320 min<sup>-1</sup>.

## **1.2 Zielsetzung**

Ziel des Vorhabens ist die Verbesserung der Fruchtqualität und die Verhinderung oder Brechung der Alternanz beim Apfel. Dies soll durch die mechanische Reduzierung des Blütenbesatzes erreicht werden, so dass das Verfahren sowohl im konventionellen Apfelanbau als Ergänzung oder als Ersatz für die chemische Ausdünnung als auch im ökologischen Apfelanbau eingesetzt werden kann.

Das im Institut für Landtechnik entwickelte Gerät zeigte positive Ergebnisse hinsichtlich der Reduzierung der Fruchtbehangsdichte, der Verbesserung der Fruchtqualität sowie eine sehr geringe mechanische Beanspruchung der Apfelbäume. Um das Gerät im praktischen Obstbau in Nordrhein-Westfalen einsetzen zu können, ist eine höhere Flächenleistung erforderlich, die nur durch eine höhere Fahrgeschwindigkeit erreicht werden kann. Dazu sollen die Wirkungen von Rotordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit auf die Fruchtbehangsdichte, Ethylenproduktion und Fruchtqualität (HKL) untersucht werden.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Gerät zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung

Für die Versuche wurde das Bonner Gerät zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung (Abb. 1) verwendet. Drei in der Höhe verstellbare Arme mit Rotoren ermöglichen eine Anpassung an den jeweiligen Kronenaufbau und die Baumhöhe im Bereich von 50 cm bis 2,30 m Höhe. An den Rotoren sind 25 cm lange Kunststoffschlegel im rechten Winkel angebracht, die von oben oder unten in die Äste des Baumes greifen (Abb. 1). Die Rotoren werden durch die Hydraulikanlage des Traktors angetrieben. Die vorhandenen Hydraulikmotoren, die die Rotoren antreiben, wurden gegen neue ausgetauscht, die doppelt so schnell drehen. Dadurch war 2007 eine höhere Fahrgeschwindigkeit bei gleicher Eingriffshäufigkeit der Schlegel möglich.



**Abb. 1: Einsatz des Gerätes zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung**

### 2.2 Obstanlage, Versuchsaufbau und Bonituren

Für den Versuch wurden Apfelbäume der Sorten 'Braeburn' und 'Gala' auf M9 im Abstand 3,50m x 1,20m (ca. 2.000 Bäume/ha) mit starker Blüte auf der Lehr- und Forschungsstation der Universität für Obstbau in Klein-Altendorf ausgewählt. Vor der Behandlung der Bäume im Stadium aufgehende Blüte (BBCH Stadium 61) Ende April wurde der Blütenbesatz sowie

vor und nach dem Junifall der Fruchtbehang ganzer Bäume bonitiert. Pro Behandlung dienten zehn Bäume als Wiederholung. Zudem wurde eine Kombination von mechanischer Fruchtbehangsregulierung mit a) anschließender Handausdünnung Mitte Juli und b) mit anschließender chemischer Ausdünnung (5 l/ha Benzyladenin, 12 mm Fruchtdurchmesser Ende Mai) geprüft. Als Kontrolle bzw. Vergleich zur mechanischen Ausdünnung dienten eine unbehandelte sowie eine handausgedünnte Variante. Die Handausdünnung erfolgte auf zu dichten Fruchtbehang, d.h. Handspanne zwischen den Früchten und Entfernen zu kleiner oder beschädigter Früchte.

Die Werte wurden mit Hilfe von SPSS Version 13 einer Varianzanalyse unterzogen, um die Grenzdifferenzen bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit zu bestimmen.

### **2.3 Ethylenachweis**

Zur Bestimmung der Ethylenproduktion wurden 2007 ca. 30 cm lange Astenden von Apfel- oder Birnbäumen in ca. 2 L Polyäthylenbeutel eingeschlossen (Abb. 1). Als Kontrolle diente ein leerer Polyäthylenbeutel (100 µm Folienstärke) und Polyäthylenbeutel mit Astenden ohne Beschädigung. Nach einer Zeit von 18, 20, 22 und 24 h wurden 20 ml Gasproben mit einer Spritze aus den Polyäthylenbeuteln entnommen und in Glasskolben verschlossen (3-fache Wiederholung).



**Abb 2: Eingetütetes Astende für die Ethylenbestimmung im April 2007**

Die 1 ml Gasproben wurden anschließend in einen Gaschromatographen Modell GC6000 Vega Series mit Flammenionisationsdetektor (FID) der Fa. Carlo Erba Strumentazione, Italien eingespritzt. Die Kalibrierung erfolgte mit einem 8 ppm C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Luftgemisch (Fa. Linde Gase, Deutschland).

#### **2.4 Fruchtqualität (Fruchtgröße und Handelsklasseneinteilung)**

Nach der Ernte wurden die Früchte pro Variante einer Großkistensortierung unterzogen. Die Anteile an der Handelsklasse I wurden mit Hilfe einer automatischen Sortieranlage (MSE 2000, Greefa, Niederlande) mit Einzelfruchterfassung bestimmt.

### **3 Ergebnisse**

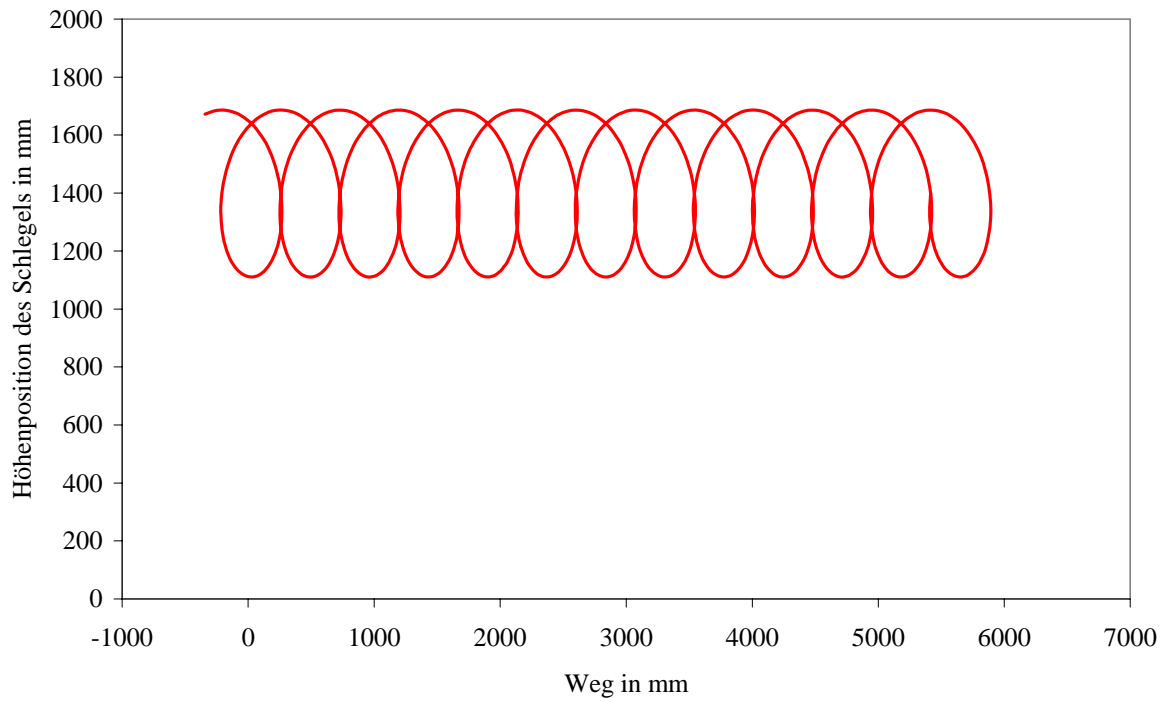
#### **3.1 Bewegungsbahn der Schlegel**

Mit Hilfe des Programms „Pro-Engineer“ wurden die Bewegungsbahnen (Zykloiden) der Schlegel in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und der Rotordrehzahl berechnet, um die Anzahl der Versuchsvarianten Fahrgeschwindigkeit und Rotor einzuschränken. Die Abbildungen 3, 4 und 5 zeigen die Veränderung der Position des Schlegelendpunktes in der Baumkrone bei einer konstanten Fahrgeschwindigkeit (2,5 km/h) und verschiedenen Rotordrehzahlen. Wie erwartet nimmt das wiederholte Überstreichen eines Kronenabschnittes durch das Schlegelende mit der Rotordrehzahl zu. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, daß einzelne Blüten bzw. ganze Blütenbüschel durch einen Schlegel getroffen werden größer. Durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit bei gleich bleibender Rotordrehzahl (Abb. 6, 7, und 8) tritt das Gegenteil ein - nicht jeder Kronenabschnitt wird durch den Schlegel überstrichen und die Wahrscheinlichkeit, das eine Blüte oder ein Blütenbüschel getroffen wird nimmt ab.

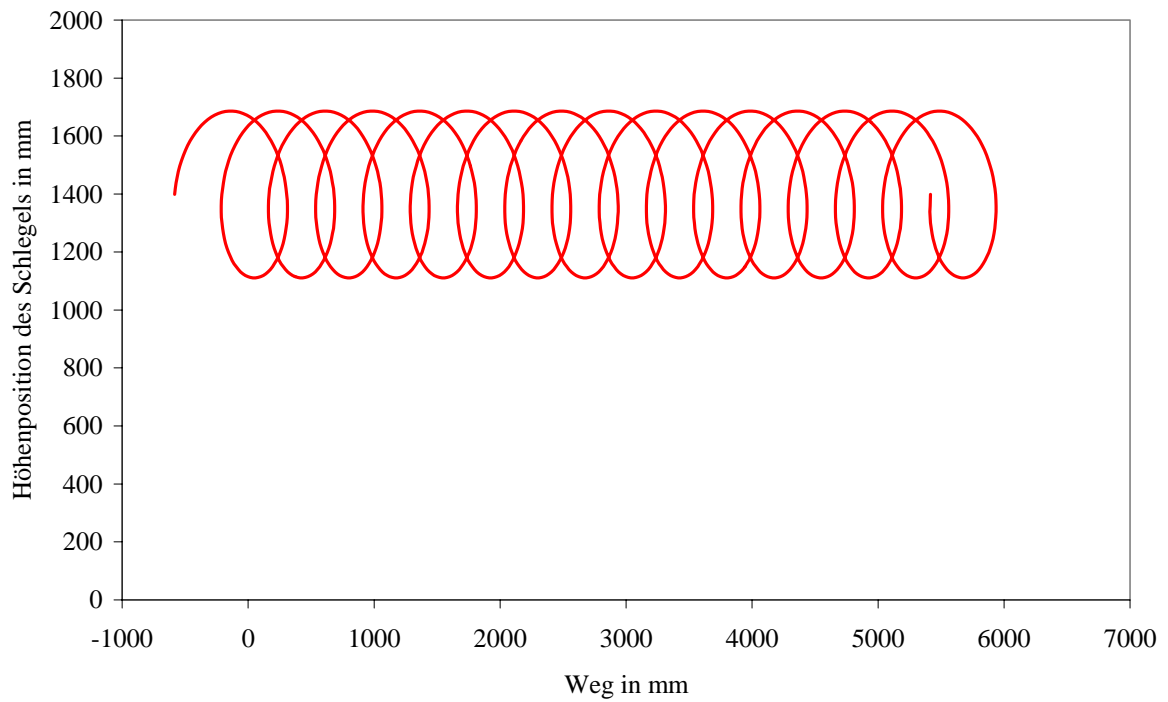
In den Abbildungen 3 bis 8 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit immer nur die Bewegungsbahn eines Schlegels, einer Schlagleiste dargestellt. An den Rotoren befinden sich jedoch vier um 90 ° versetzte Schlagleisten, so dass sich in der Realität vier um 90° versetzte Bewegungsbahnen ergeben.

Aufgrund der theoretischen Berechnungen wurden der Versuchsfaktor Fahrgeschwindigkeit auf 2 Geschwindigkeiten (2,5 km/h und 5,0 km/h) für die praktischen Versuche eingegrenzt. Für den Versuchsfaktor Rotordrehzahl wurden 4 Drehzahlen in Stufen von 60 min<sup>-1</sup> festgelegt (300 min<sup>-1</sup>, 360 min<sup>-1</sup>, 420 min<sup>-1</sup>, 480 min<sup>-1</sup>).

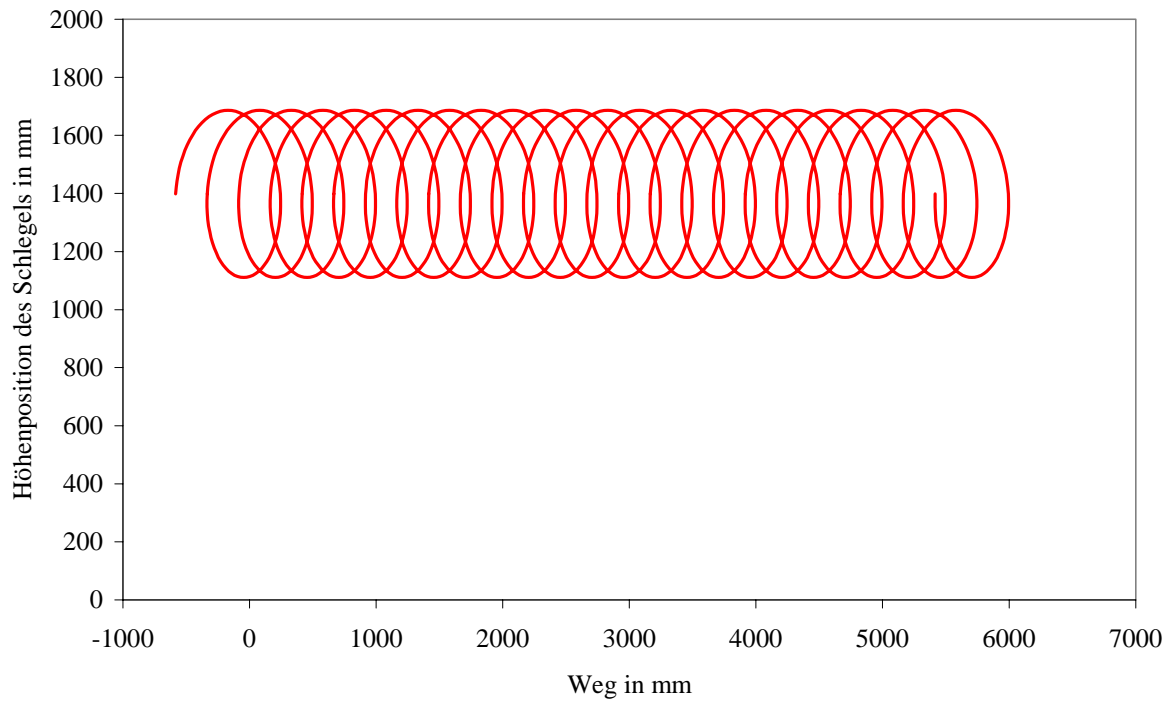




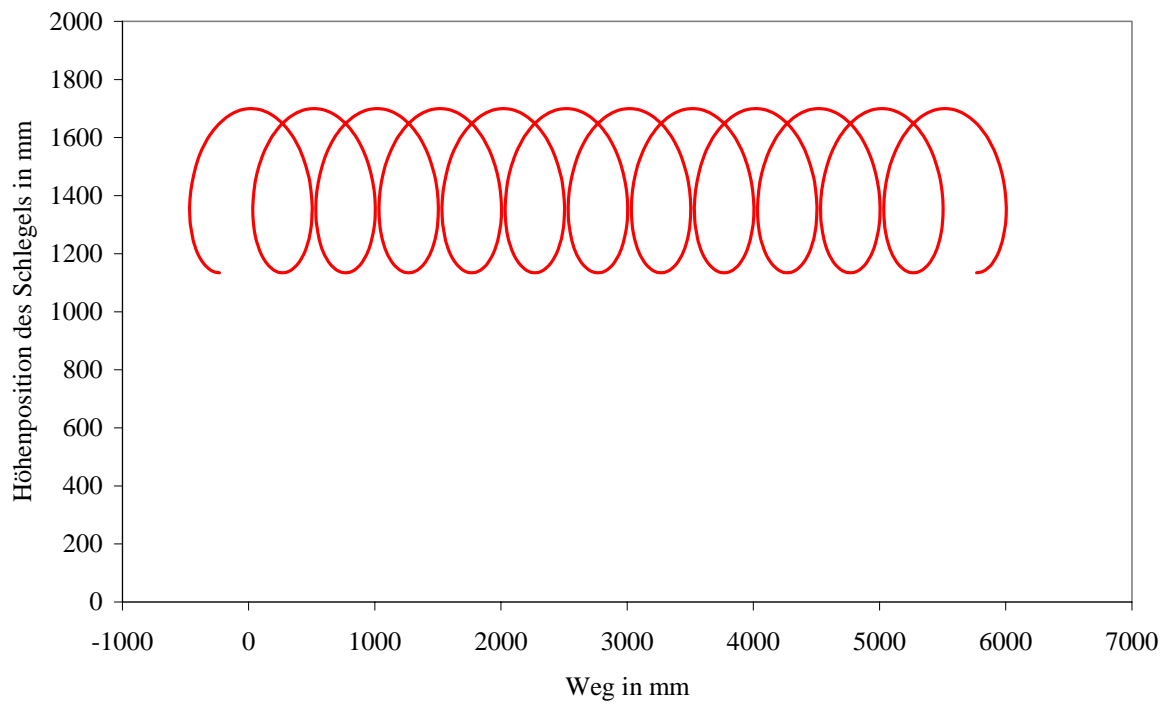
**Abb. 3: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 2,5 km/h und 320 min<sup>-1</sup>**



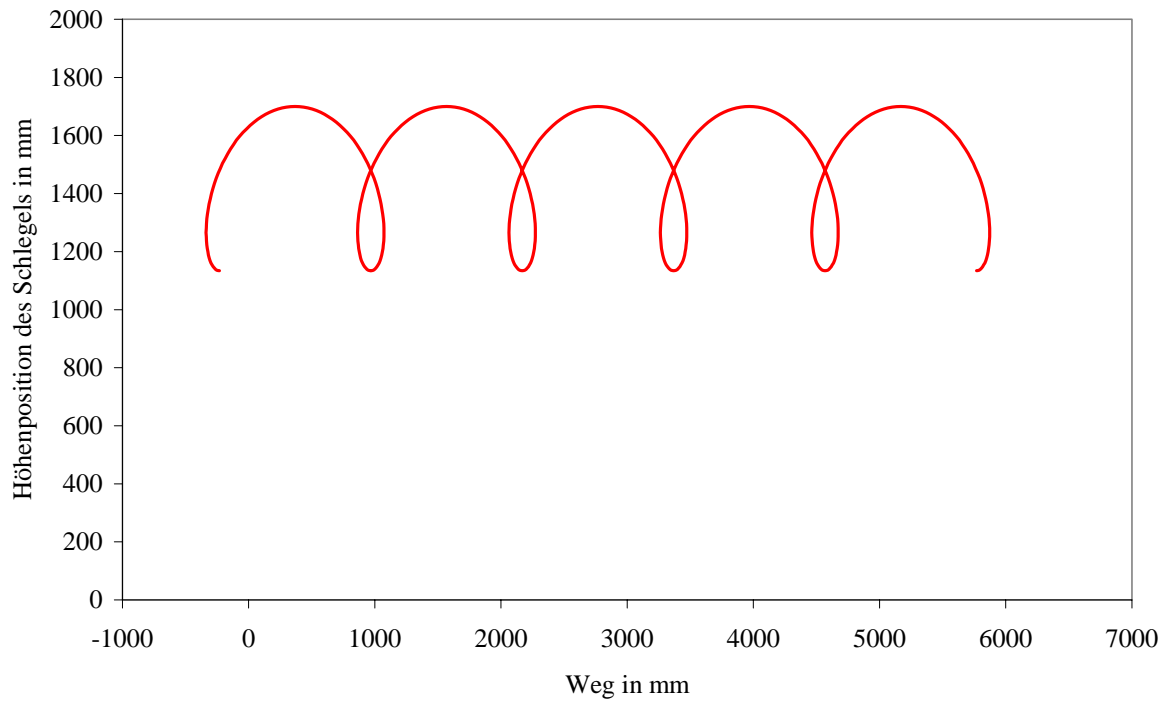
**Abb. 4: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 2,5 km/h und 400 min<sup>-1</sup>**



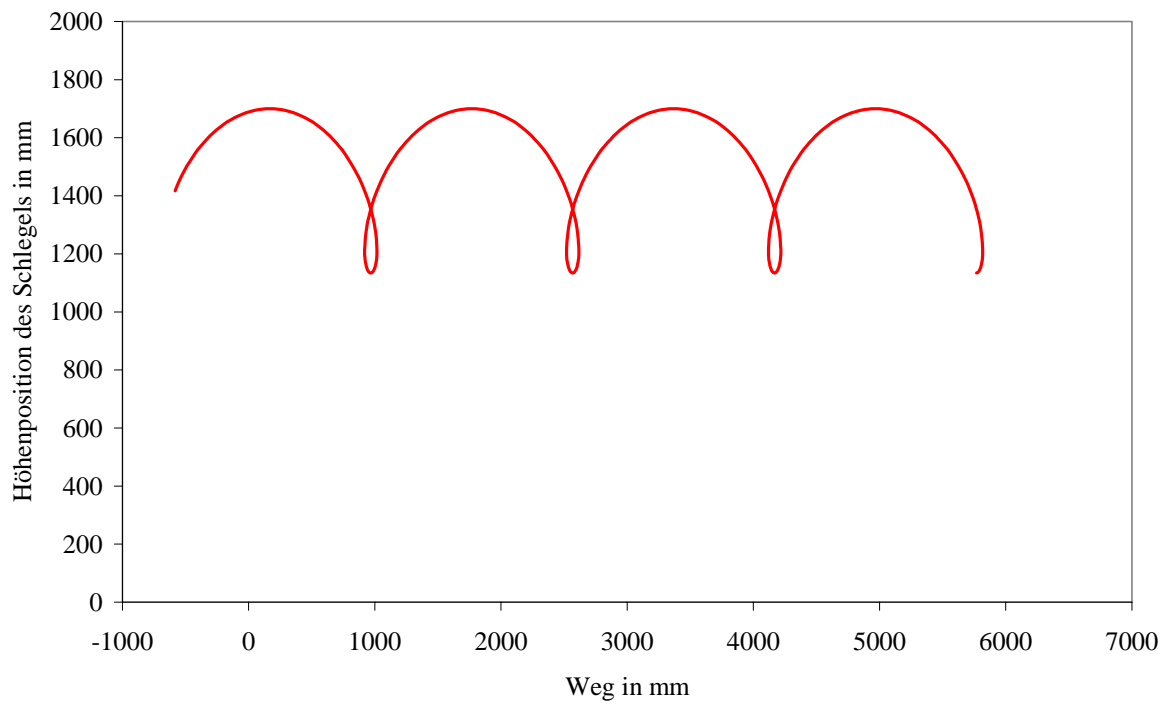
**Abb. 5: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 2,5 km/h und 600 min<sup>-1</sup>**



**Abb. 6: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 2,5 km/h und 300 min<sup>-1</sup>**



**Abb. 7: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 6,0 km/h und 300 min<sup>-1</sup>**



**Abb. 8: Bewegungsbahn des Schlegelendpunktes bei 8,0 km/h und 300 min<sup>-1</sup>**

### 3.2 Wirkungen der mechanischen Fruchtbehangsregulierung bei Apfel

Vorversuche hatten gezeigt, daß schnellere Fahrgeschwindigkeiten über 2,5 km/h bei Rotordrehzahlen bis 320 min<sup>-1</sup> zu unzureichendem Eingriff führen können. Die Drehzahl der Rotoren übte - bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2,5 km/h - den stärksten Einfluss auf die Ausdünnung aus, gefolgt von der Zahl der Rotoren und dem Eingriffswinkel. Abbildung 1 zeigt den Eingriff der Rotoren und Schlegel von oben in die Baumkrone bis zur Baummitte bzw. dem Stamm.



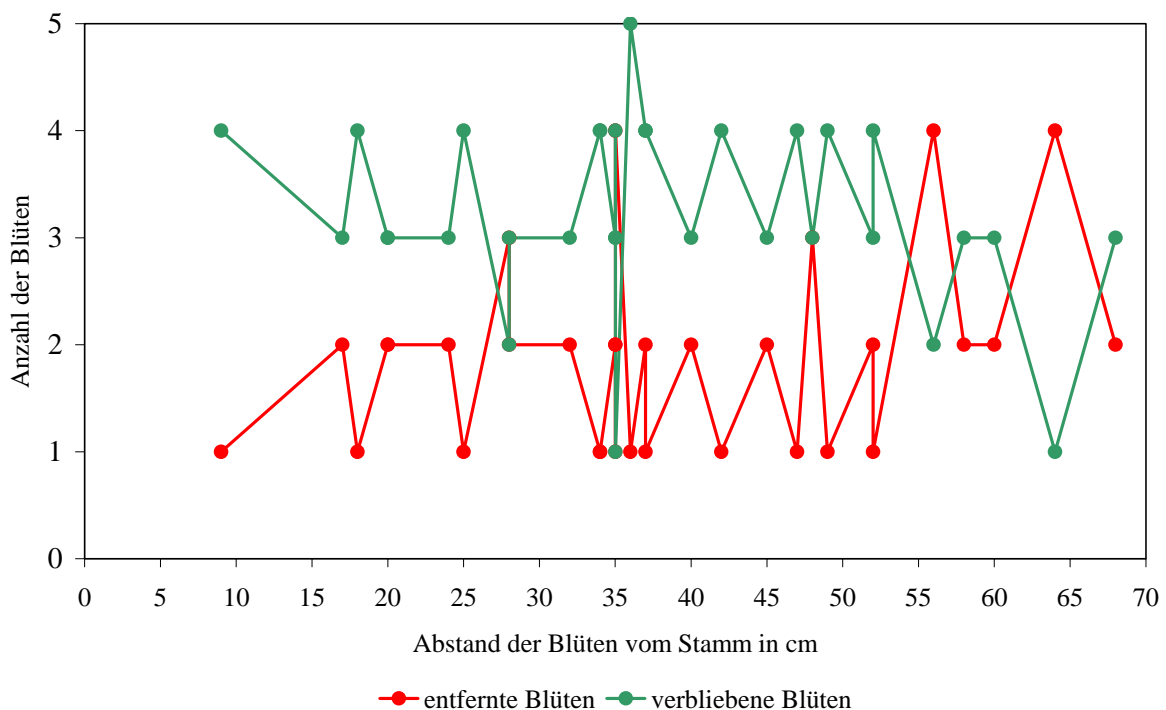
**Abb. 9: Auswirkungen des mechanischen Behandlung bei Apfel**

Durch die mechanische Behandlung wurden einige Blüten entfernt (Abb. 9). Links unten ist in Abbildung 3 erkennbar, daß durch die mechanische Behandlung 2 Blüten von 5 Blüten aus einem Blütenbüschel entfernt wurden - dies entspricht dem gestellten Ziel. Somit wird der Konkurrenzdruck der einzelnen Blüten bzw. späteren Früchte untereinander um Assimilate vermindert. Im oberen Teil der Abbildung 3 sind geringfügige Blattschäden in Form von Rissen oberhalb der Seitentriebe zu sehen. In der Mitte der rechten Bildhälfte ist ein Astschaden erkennbar. Da der Anspruch bestand, auch Blüten im schlechter belichteten

Inneren der Baumkrone zu entfernen, wurde die Anzahl der entfernten und verbliebenen Blüten in Abhängigkeit vom Abstand zum Stamm ermittelt (Abb. 10).

### 3.2 Position des Blütenbüschels im Baum

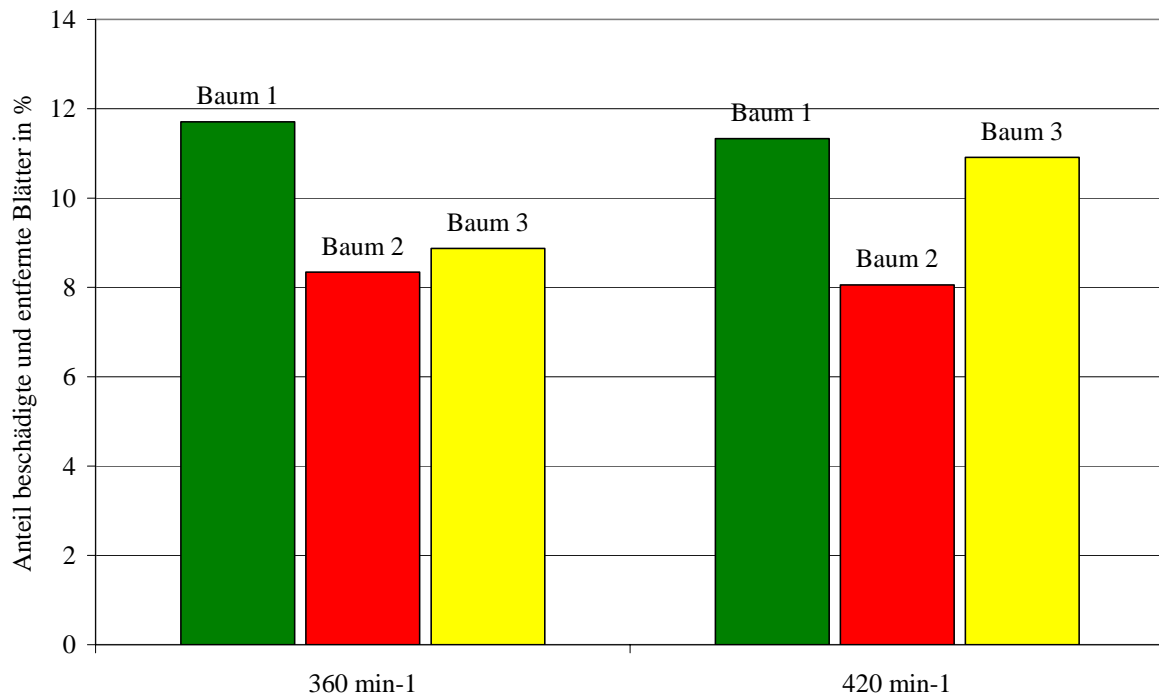
Am Tag nach der mechanischen Fruchtbehangsregulierung im April 2007 wurden die Verteilung und die Wirkung bei der Apfelsorte 'Gala' bonitiert (Abb. 10). In Abbildung 10 sind die Bonituren der entfernten und verbliebenen Blüten im Blütenbüschel an verschiedener Ästen und verschiedenen Rotordrehzahlen gemeinsam dargestellt. Die ausgewählten Äste hatten Winkel von 30°, 50°, 70° und 90° zur Fahrtrichtung des Schleppers. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung bzw. die Rotoren griffen über die gesamte Baumtiefe gleichmäßig ein (Abb. 10). Bei den getroffenen Blütenbüscheln wurden 1-3 Blüten entfernt bzw. beschädigt, so dass 2-4 Blüten pro Blütenbüschel erhalten bleiben und hochwertige Früchte ergeben



**Abb. 10: Anzahl der entfernten bzw. verbliebenen Blüten in Abhängigkeit von Ihrer Entfernung vom Stamm (Sorte: Gala; n=30, 3 Astwinkel)**

### 3.3 Blatt- und Astbeschädigungen bei mechanischer Fruchtbehangsregulierung

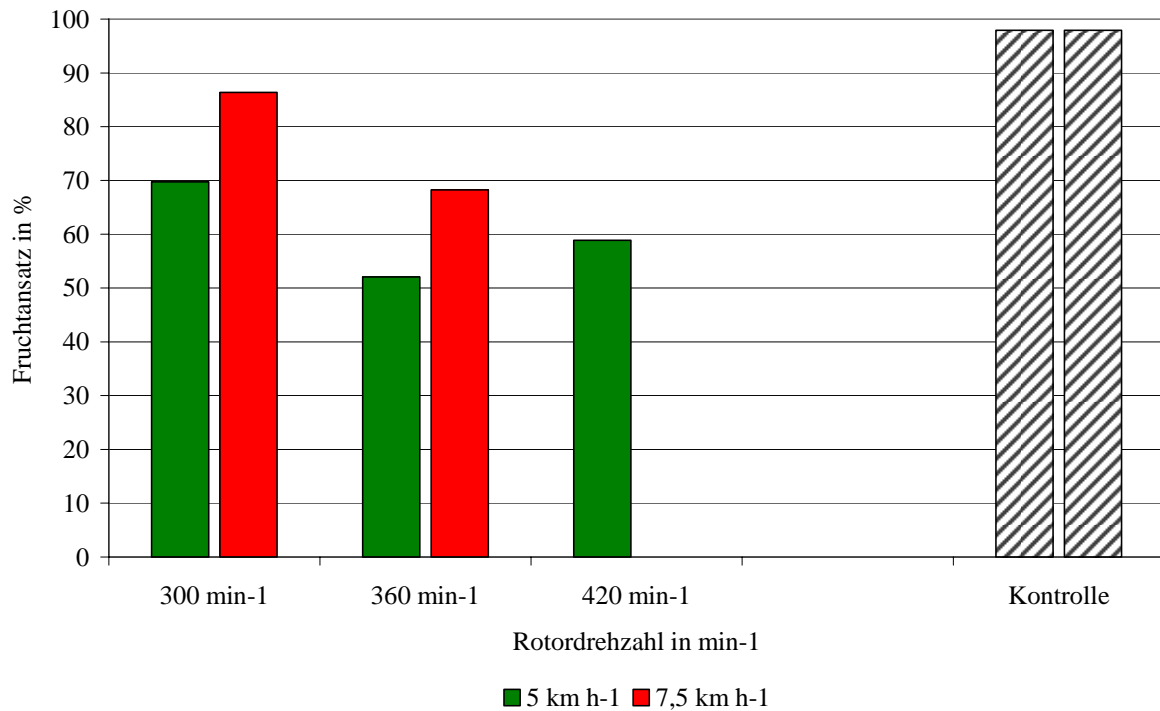
Äste und Blätter wurden beim Einsatz der mechanischen Fruchtbehangsregulierung mit durchschnittlich 10% nur geringfügig geschädigt (Abb. 11). Die Schäden wurden 2007 direkt nach der Maßnahme für die zwei Behandlungen mit dem stärksten Eingriff (420 min<sup>-1</sup> und 360 min<sup>-1</sup>, 5 kmh<sup>-1</sup>) bei der Apfelsorten ‚Gala‘ bonitiert - ohne große Unterschiede zwischen den beiden Behandlungen; Holzschäden waren selten.



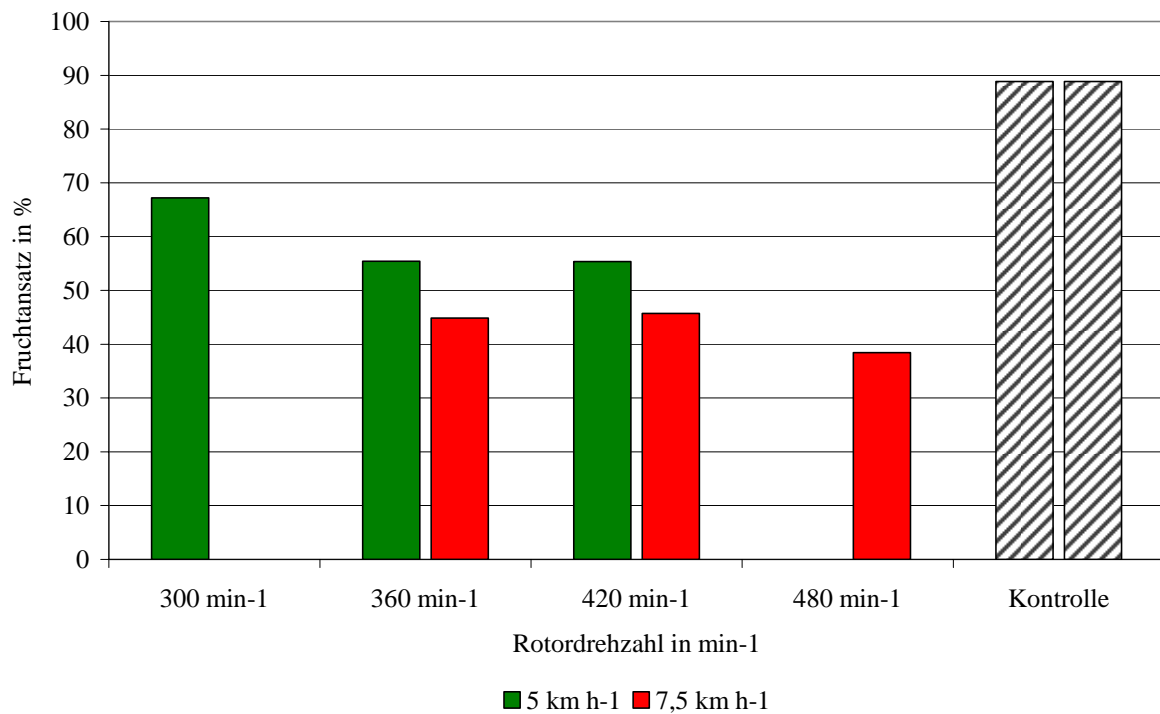
**Abb. 11: Anteil beschädigter und entfernter Blätter bei zwei Rotordrehzahlen (Sorte Gala, 2007)**

### 3.4 Auswirkung auf den Fruchtansatz

Mit steigender Rotordrehzahl nahm die Anzahl entfernter Blüten zu, so dass der Fruchtansatz (in Prozent bzw. pro 100 Blütenbüschel) im Vergleich zur Kontrolle abnahm (Abb. 6).



**Abb. 12: Einfluß von Rotordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit auf den Fruchtansatz (Sorte Gala, 2007)**



**Abb. 13: Einfluß von Rotordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit auf den Fruchtansatz (Sorte Golden Delicious)**

Die mechanische Fruchtbehangsregulierung bei einer Rotordrehzahl unter  $280 \text{ min}^{-1}$  wies eine geringe Wirkung auf den Fruchtansatz auf. Eine stärkere Ausdünnwirkung wurde bei Rotordrehzahlen von  $360 \text{ min}^{-1}$  und  $420 \text{ min}^{-1}$  erzielt, mit geringfügigen Abstufungen zwischen einseitigem und zweiseitigem mechanischen Eingriff. Besonders interessant war die einseitige frühzeitige Behandlung zur Alternanzbrechung im BBCH-Stadium 60, deren Ausdünnwirkung genau so stark war wie bei den zweiseitigen Eingriffen zum späteren Zeitpunkt (BBCH 61 - aufgehende Blüte). Die Ergebnisse haben auch gezeigt, daß sich ein einseitiger mechanischer Eingriff zum BBCH-Stadium 61 später im Stadium 12 mm Frucht Durchmesser durch eine weitere chemische Maßnahme noch steigern läßt, so daß eine zu vorsichtige mechanische Ausdünnung zu Blühbeginn nach dem Fruchtansatz noch reguliert werden kann.

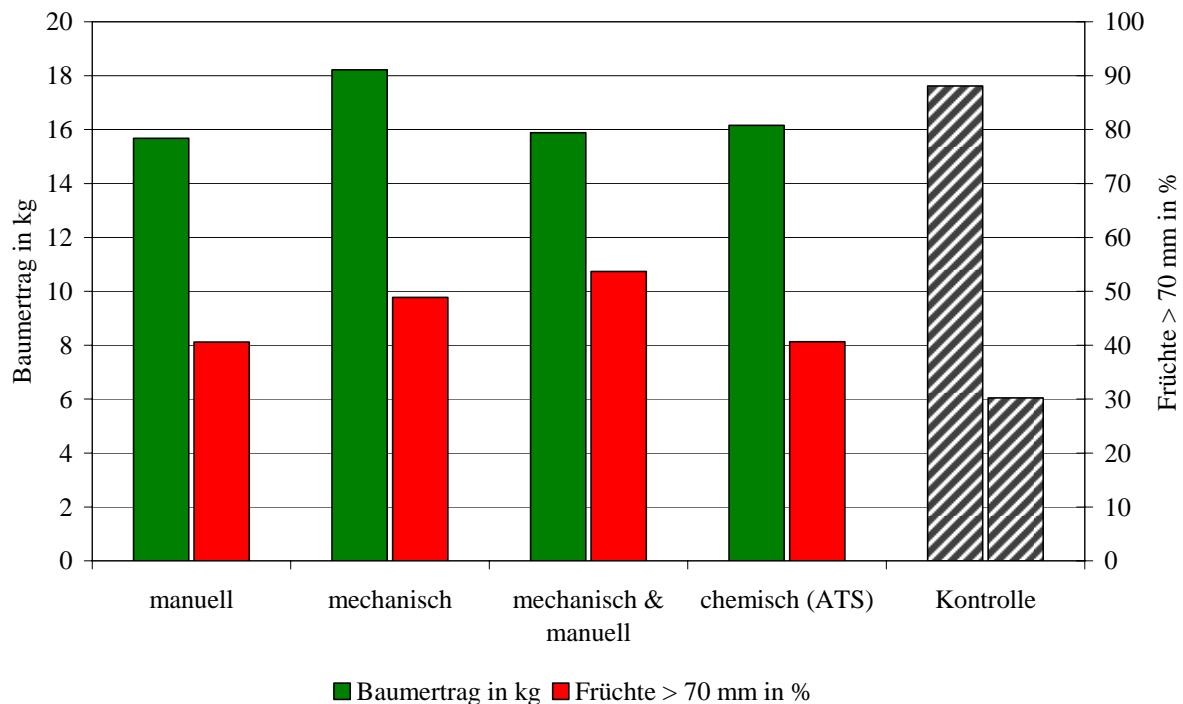
Aus den Abbildungen geht hervor, daß mit der neuen Konstruktion bei optimaler Einstellung bis zu einem Drittel der Blüten entfernt werden können. Es erfolgte kein verzögerter Blütenfall als Folge des mechanischen Eingriffs und nur eine geringe Minderung des Junifruchtfalls, was auf eine geringe Ethylenabgabe (Abb. 9) hinweist.

Sowohl im IP als auch in ökologisch bzw. organisch wirtschaftenden Betrieben läßt sich eine vorsichtige mechanische Ausdünnung zur Blüte mit einer späteren Handausdünnung kombinieren. Durch den Einsatz der mechanischen Ausdünnung ließ sich dieser Aufwand für die Handausdünnung bei 2.200 Bäumen um 45 % ( $15 \text{ h ha}^{-1}$  oder  $115 \text{ €/ ha}$ ) bei zweiseitiger Behandlung bei schwachem bis mittlerem Fruchtansatz reduzieren; in Jahren mit stärkerem Fruchtansatz kann mit einer noch höheren Einsparung gerechnet werden.

### **3.4 Wirkung auf den Baumertrag, Fruchtqualität und HKL**

Die Großkistensortierung mit Handelsklasseneinstufung zeigte eine Erhöhung des Anteils an Früchten über 70 mm (HKL 1) um 10- 20 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Das Fruchtgewicht wurde je nach Einstellung um etwa 10 g ohne bzw. um 20 g mit Ertragsminderung von 5-10 % erhöht (Abb. 13) und so der finanzielle Erlös durch bessere Größensortierung gesteigert. Eine übermäßige Ausdünnung ist mit dieser Konstruktion unwahrscheinlich.





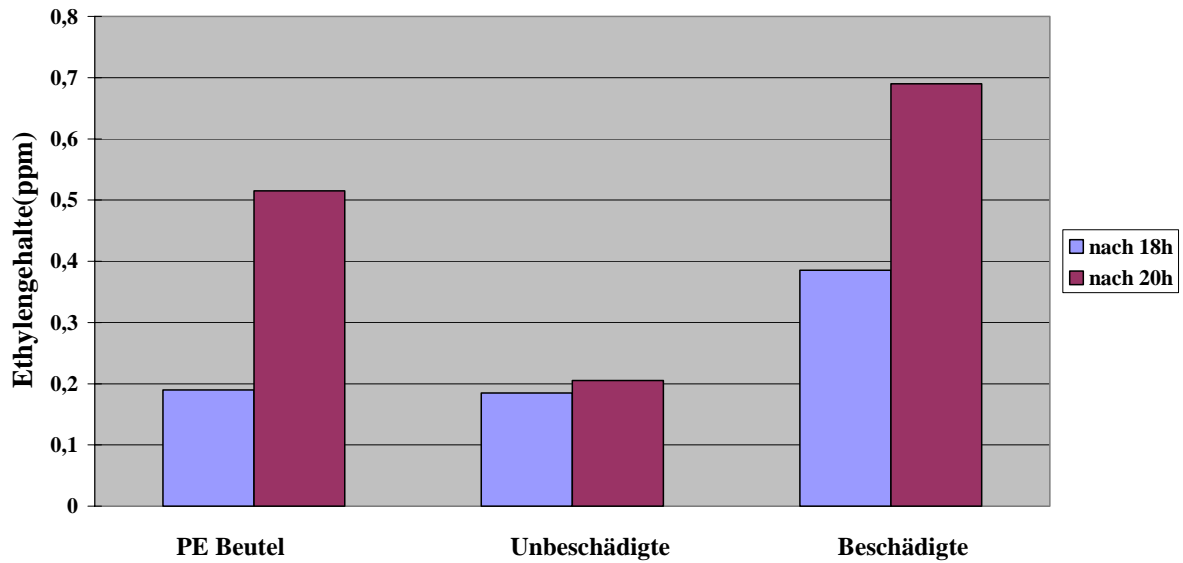
**Abb. 14: Einfluß des Ausdünnverfahrens auf den Baumertrag und den Anteil an Früchte über > 70 mm (HKL 1) bei einer Rotordrehzahl ( $280 \text{ min}^{-1}$ , Sorte: ‚Gala‘, 2006)**

### 3.5 Ethylenabgabe als Stressindikator und Folge der mechanischen Fruchtbehangsregulierung

Aufgrund der Literaturlauswertung bestand die Arbeitshypothese, dass der Obstbaum durch einen mechanischen Eingriff derart unter Stress gesetzt wird, dass er als Folge „Stress-Ethylen“ freisetzt. Vorversuche dienten daher der Entwicklung einer Methode, mit der dies nicht-destruktiv bzw. nicht-invasiv am Baum gemessen werden konnte (Abb. 1). Dieses Phänomen ist von besonderer Bedeutung, da das Stress-Ethylen in diesem Entwicklungsstadium zu einem weiteren, ungewollten bzw. unvorhersehbaren Blüten- und Fruchtfall führen könnte und damit das Ausdünnergebnis verfälschen würde.

Ein Vergleich von leeren PE-Beuteln, solchen mit eingetüteten Ästen ohne und solchen mit manueller Beschädigung zeigte, dass die Polyethylenbeutel – in Abhängigkeit von der Außentemperatur – selbst Ethylen abgeben. Abbildung 14 zeigt, dass die Ethylengehalte in den PE-Beuteln mit beschädigten Ästen zwar höher sind als unbeschädigte, aber wegen der Ethylenproduktion der Ethylenbeutel nicht generell mehr Ethylen von beschädigten Blüten und Blätter produziert wurde.

## Ethylenproduktion



**Abb. 15: Auswirkung der mechanischer Beschädigung auf die Ethylenabgabe von Blütenständen: Vergleich von leerem PE-Beutel und eingetüteter Astenden ohne und mit Beschädigung.**

Das Ergebnis ist ein Vergleich von leeren PE-Beuteln und eingetüteten Blütenständen von Apfel (Gala)- bzw. Birne (Conference) ohne und mit maschineller Beschädigung (Tab. 2). Im Verlauf der Untersuchung kam es bei allen PE-Beuteln zur Ethylenproduktion. Äste nach mechanischer Beschädigung (bis 420 min<sup>-1</sup>) produzierten nicht mehr Ethylen als die unbeschädigten Kontrolläste, so dass mit dem Bonner Gerät auch nach dem Umbau auf stärkere Hydraulikmotoren kein „Stress-Ethylen“ entsteht, das zu unkontrolliertem Blüten- oder Fruchtfall führen könnte.

**Tabelle 2: Ethylenmessung von eingetüteten Apfelzweigen in Klein-Altendorf im Ballonstadium am 18.04.2007 (Werte pro 22 Stunden und pro Ast; bei Apfel 1 Blatt wiegt 0,16 g; 1 Blüte wiegt 0,17 g; bei Birne 1 Blatt wiegt 0,14 g; 1 Blüte wiegt 0,31 g)**

	Zahl der unbeschädigten Blätter	Zahl der beschädigten Blätter	Zahl der verbliebenen Blüten	Zahl der entfernten Blüten	Gesamtgewicht (g)	Ethylengehalt (ppm / Ast/22 h)	Ethylenrate ppm C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> pro kg FM/h
PE Beutel 1 (ohneAst)	0	0	0	0		0,57	
PE Beutel 2 (ohne Ast)	0	0	0	0		0,11	
Unbeschädigte1	14(alle)	0	5(alle)	0	3,09	0,56	8,2
Unbeschädigt 2	13(alle)	0	5(alle)	0	2,93	0,69	10,7
Unbeschädigt 3	12(alle)	0	5(alle)	0	2,77	0,52	8,5
Unbeschädigt 4	16(alle)	0	5(alle)	0	3,41	0,41	5,5
Beschädigte 1	3	6	3+1 (2 Büschel)	3+4	3,31	0,26	3,6
Beschädigte 2	3	6	3	2	1,95	0,18	4,2
Beschädigte 3	8	4	2	3	2,26	0,18	3,6
Beschädigte Blätter4	1	12	1+3 (2 Büschel)	4+3	3,95	0,53	6,1
Beschädigte 1 (Birne)	0	10	9	1	4,19	0,53	5,7
Beschädigte 2 (Birne)	6	6	2	3	2,30	0,58	11,5

Eich-Standard 8 ppm C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

#### 4 Diskussion

Mit dem neuen System zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung kann eine Ausdünnung erfolgreich bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h und einer Rotordrehzahl zwischen 280 min<sup>-1</sup> und 420 min<sup>-1</sup> durchgeführt werden.

Bei einer höheren Fahrgeschwindigkeit nimmt die Schlagwirkung der Schlegel ab, da sie durch Äste aus ihrer Ursprungslage gedrückt werden und in diese Ursprungslage nicht zurückkehren können, und dann durch die Baumkrone gezogen werden. Je dichter die Baumkrone ist, umso schneller kommt es zu diesem Effekt. Mit einer höheren Fahrgeschwindigkeit nimmt auch die ergonomische Belastung für den Fahrer zu.

Bei höheren Drehzahlen steigen die Scherkräfte am Fuß der Schlegel stark an und einzelne Schlegel brechen ab. Die Verwendung von Schlegeln mit einer etwas größeren Biegesteifigkeit (anderes Material) führte nicht zum Erfolg. Die Standzeit der Schlegel kann jedoch durch die Veränderung der Schlegelbefestigung (Gummilagerung und eine Senkung) mit nur geringem Kostenaufwand erhöht werden.

Die federbeaufschlagte Astsicherung erwies sich als sinnvoll, da somit Beschädigungen am Baum, am Stützsystem, am Hagelschutznetzsystem und am Gerät selbst vermieden werden konnten. Allerdings ergaben die Berechnungen der Bewegungsbahn des Rotors, dass bei einer Ausweichbewegung des Rotors der Kronenbereich direkt am Stamm nicht durch die Schlegel bearbeitet wird, und dass die Schlegel am anderen Ende des Rotors den äußeren Kronenbereich intensiver bearbeiten, da die Schlegel durch die Drehbewegung des Rotors in die Baumkrone hineinbewegt werden. Dies ist nicht erwünscht, da hier die Blüten bzw. späteren Früchte gut mit Assimilaten und ausreichend Licht versorgt werden. Eine einfache konstruktive Veränderung der Befestigung der Schlegel am Rotor kann diesen Effekt minimieren.

Die Möglichkeit der Anpassung an die Baumform (Eingriffshöhe, Eingriffswinkel sowie Winkel zur Fahrriichtung) erwies sich als sinnvoll und notwendig, da der Kronenaufbau je nach Sorte, Unterlage, Alter und Kronengestaltung stark variiert und somit einen Einfluss auf die Ausdünnwirkung hat. Das neue System eignet sich besser für die Bearbeitung von Bäumen mit ausladenden Ästen bzw. größerem Kronenvolumen als das System „Darwin 2000“ (Gessler, Friedrichshafen), das mit vertikalen Schlegeln in die Krone eingreift, und somit besser für Superspindeln als für schlanke Spindeln geeignet ist, da es die erwünschten Blüten bzw. spätere Früchte in der Baumperipherie entfernt und zu stärkerem Fruchtfall führt (Strimmer et al., 1997).

Im Frühjahr war kein Einfluß der mechanischen Fruchtbehangsregulierung des Vorjahres auf die Blühstärke zu beobachten; alle Varianten blühten mit einer Blühstärke zwischen den Boniturwerten 8 und 9, so dass keine statistisch signifikanten Unterschiede festzustellen konnten.

Als optimaler Einsatzzeitpunkt für die mechanische Ausdünnung wird ein frühes Blühstadium zwischen roter Knospe, Ballonstadium bis spätestens zum Aufblühen angesehen. Die vier Vorteile eines frühen Einsatzes liegen in der stärkeren Brechung der Alternanz, Erhalt vieler Blütenblätter zur Erkennung für die Bestäuber, geringe Gefahr einer Feuerbrandinfektion und Vermeiden von Fruchtschäden. Bei einem späterem Einsatz wird mit Schäden an den Früchten gerechnet und bei Nachblüte mit Feuerbrandinfektionen. Durch die geringen Blatt-, Rinden- und Holzschäden spielen Krebsinfektionen kaum eine Rolle. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung ist im Gegensatz zu den meisten chemischen Behandlungen nicht temperaturabhängig. Erfolgt die mechanische Fruchtbehangsregulierung bei nasser Witterung,

kann sie in die Fungizidfolge so integriert werden, dass die nächste Fungizidapplikation im Anschluß an die mechanische Fruchtbehangsregulierung erfolgt.

**Tabelle 3:** Wirtschaftlichkeit einer mechanischen Fruchtbehangsregulierung

Ausdünnung	Verfahren	Aufwand	Kosten
Chemische Ausdünnung	ATS	2x 11 l/ha	31 €/ha
	BA	5 l/ha	120-160 €/ha
Mechanische Ausdünnung	zweiseitig (2s)	2,4 h/ha	100 €/ha

Die Arbeitsleistung bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2,5 km/h beträgt ca. 2,4 h/ha. Bei einem Materialaufwand ca. 4.000 Euro (ohne Montagezeit), einer Kernobstfläche von 20 ha und einer Abschreibung von 10 Jahren beträgt der finanzielle Aufwand ca. 100 Euro/ha (Tab. 3). Damit liegt die mechanische Fruchtbehangsregulierung preislich zwischen einer ATS (ATS 31 €/ha) und einer Benzyladenin-Anwendung (BA bis zu 160 €/ha). Eine Kostensenkung der mechanischen Fruchtbehangsregulierung z.B. durch Einsatz in einem Maschinenring erscheint bei dem geringen Preis und Kostenersparnis sowohl bei der Handausdünnung als auch im Vergleich zu manchen chemischen Verfahren kaum nötig.

Die mechanische Fruchtbehangsregulierung verbesserte die Fruchtgröße ohne oder mit geringem Ertragsverlust aber finanziellem Vorteil gegenüber der Kontrolle (Abb. 14).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen die Vor- und Nachteile der mechanischen Fruchtbehangsregulierung, während sich die zukünftigen Arbeiten auf Detailverbesserungen und Optimierung der Einstellungen konzentriert werden.

## **5 Zusammenfassung**

Ziel der Untersuchungen war die Verbesserung der Fruchtqualität, Brechung der Alternanz und Reduzierung der Handausdünnung bei Apfel durch Ausdünnen ohne chemische Mittel. Dazu wurde eine Maschine mit 3 Rotoren zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung verwendet, deren Schlegel mit geringer Energie in verstellbaren Winkeln in die Äste greifen. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung erfolgte bei Blühbeginn (BBCH 61) bei Apfelbäumen der Sorten 'Braeburn' und 'Gala' auf der Lehr- und Forschungsstation Klein-Altendorf der Universität Bonn. Als Kontrolle bzw. Vergleich dienten eine unbehandelte, eine handausgedünnte und eine chemische Variante mit ATS zur Vollblüte. Durch die mechanische Fruchtbehangsregulierung traten keine Holzschäden auf; Blattschäden blieben unter 10%. Bei der höchsten Rotordrehzahl von  $420 \text{ min}^{-1}$  war die Ausdünnung am intensivsten. Die Fruchtsortierung mit Handelsklasseneinstufung zeigte eine Erhöhung des Anteils an Früchten über 70 mm (HKL 1) um 10-20 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Das Fruchtgewicht konnte bis zu 20 g/Frucht erhöht, und somit trotz Ertragsminderung von 5-10% ein höherer finanzieller Erlös erzielt werden. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung benötigt nun bei 5 km h<sup>-1</sup> Fahrgeschwindigkeit ca. 1 h ha<sup>-1</sup> und verringerte den zeitlichen Aufwand für eine Handausdünnung um 45 % oder um 15 h ha<sup>-1</sup>. Mit dem Gerät konnten 30-50 % der Blüten sowohl in der Peripherie als auch im Bauminneren entfernt werden - ohne verzögerten Blüten- oder Fruchtfall, Wachstumsschock oder verstärkten Austrieb aufgrund der Behandlung und somit ohne Gefahr einer Überdünnung und ohne negative Auswirkung auf die Blühstärke im Folgejahr.

## **6 Literaturverzeichnis**

Czechi, F., 2002: Die Ausdünnmaschine 'Darwin 2000' - erste praktische Erfahrungen. Obstbau 27 (5) 234-236.

Höhne, F., 2001: Mechanische Ausdünnung im Apfelanbau. Obstbau 26 (5), 242-248.  
Strimmer, M., Kelderer, M und K. Pieber, 1997: Neue Ausdünnungsmethoden im biologischen Apfelanbau. Erwerbsobstbau 39, 130-136.

Untiedt, R. und M. Blanke, 2000: Effects of fruit thinning agents on apple tree canopy photosynthesis and dark respiration. Plant Growth Regulation 35 (1), 1-9.

Weibel, F., Walther, A., 2003: Fruit thinning in organic apple production: Optimization of the rope machine. EUFRIN Workshop Bologna, 11-13. June 2003. Proceedingsband Seite 88-89.

## **7 Veröffentlichungen**

- 1) Damerow, L.; Kunz, A.; Blanke, M. (2007): Mechanische Fruchtbehangsregulierung. - Erwerbs-Obstbau (Springer Heidelberg) 49 (1), 1-9.
- 2) Blanke, M.; Damerow, L. (2007): Mechanisch ausdünnen - ein neuer Weg? - Rheinische Bauernzeitung 17,18-19.
- 3) Damerow, L.; Blanke, M. (2007): Mechanische Fruchtbehangsregulierung beim Apfel. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2006 - Obstbau, 2-3.

## **8 Vorträge**

- 1) Blanke, M.: „Mechanische Fruchtbehangsregulierung im ökologischen (Bio-) Apfelanbau" Vortrag. - Öko-Obstbautag der Steiermark, Gleisdorf, 13. Juni 2007
- 2) Damerow, L.; Blanke, M.: “Mechanical thinning as an alternative to chemical thinning”. Vortrag . - EUFRIN European Thinning Group, 16. März 2007, Jork, Altes Land.
- 3) Damerow, L.; Blanke, M.: “Vergleich zwischen mechanischer, chemischer und manueller Fruchtbehangsregulierung“. Vortrag. - 44. Jahrestagung der DGG (Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft), Erfurt, 21.-24. Februar 2007
- 4) Damerow, L.; Blanke, M.: „Neue Wege in der Ertragsregulierung - Mechanische Fruchtbehangsregulierung“. Vortrag. – 17. Ahrweiler Obstbautag, 01.02.2007, Ahrweiler
- 5) Damerow, L.; Blanke, M.: „Mechanische Fruchtbehangsregulierung als Alternative zur chemischen Ausdünnung“. Vortrag – 43. Jahrestagung der DGG (Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft), Potsdam, 22.-25. Februar 2006

## **9 Vorführungen und Demonstrationen**

Maschinenvorführung auf der Fachausstellung Obstbau 2007 der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 19.04.2007, Köln-Auweiler

## **10 Kurzfassung**

Ziel der Untersuchungen war die Verbesserung der Fruchtqualität, Brechung der Alternanz und Reduzierung der Handausdünnung bei Apfel durch Ausdünnen ohne chemische Mittel. Dazu wurde eine Maschine mit 3 Rotoren zur mechanischen Fruchtbehangsregulierung verwendet, deren Schlegel mit geringer Energie in verstellbaren Winkeln in die Äste greifen. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung erfolgte bei Blühbeginn (BBCH 61) bei Apfelbäumen der Sorten ‘Braeburn’ und ‘Gala’ auf der Lehr- und Forschungsstation Klein-

Altendorf der Universität Bonn. Als Kontrolle bzw. Vergleich dienten eine unbehandelte, eine handausgedünnte und eine chemische Variante mit ATS zur Vollblüte.

Der im Rahmen des vorliegenden USL-Projektes geförderte Umbau des Bonner Systems zur Fruchtbehangsregulierung auf Hydraulikmotoren mit höherer Drehzahl war erfolgreich. Die vorher auf 2,5 km/h beschränkte, für den rheinischen Obstbau damit unpraktikable – weil zu langsame - Fahrgeschwindigkeit, konnte dadurch mehr als verdoppelt und somit praxistauglich werden. Durch die mechanische Fruchtbehangsregulierung wird eine selektive Reduzierung der Blüten in bestimmten Partien der Bäume, z.B. in der unteren oder inneren, stärker beschatteten Baumpartie oder auf der Nord- bzw. Schattenseite, möglich. Die mechanische Fruchtbehangsregulierung benötigt bei einer nun Fahrgeschwindigkeit von 5 km h<sup>-1</sup> ca. 1 h ha<sup>-1</sup> und verringerte den zeitlichen Aufwand für eine Handausdünnung um bis zu 45 % oder um 15 h ha<sup>-1</sup>. Das Gerät kann sowohl im Integrierten Obstbau als auch im Ökologischen Obstbau eingesetzt werden. Mit dem Gerät konnten 30-50 % der Blüten sowohl in der Peripherie als auch im Bauminneren entfernt werden - ohne verzögerten Blüten- oder Fruchtfall, Wachstumsschock oder verstärkten Austrieb aufgrund der Behandlung und somit ohne Gefahr einer Überdünnung und ohne negative Auswirkung auf die Blühstärke im Folgejahr. Gleichzeitig wird die Fruchtqualität, d.h. der Anteil Handelsklasse I, um 10-20% und damit der finanzielle Erlös erhöht, die Alternanz gebrochen und der Einsatz von Chemikalien in der Landwirtschaft vermindert.