



DGG-Proceedings

Vol. 1, 2011

Short Communications - Annual Conference DGG and BHGL
23.02. - 26.02.2011, Hannover, Germany
Peer Reviewed

Editorial Board and Review

Balder, Hartmut *Berlin*
Damerow, Lutz *Bonn*
Dirksmeyer, Walter *Braunschweig*
Drüge, Uwe *Erfurt*
Michaelis, Gerlinde *Bad-Zwischenahn*
Rath, Thomas *Hannover*
Schreiner, Monika *Großbeeren*
Schuster, Mirko *Dresden*
Winkelmann, Traud *Hannover*

German Society of Horticultural Sciences (DGG)
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover
Germany

© DGG, 2011

Michael Zoth *

Untersuchung zur abgestuften Ausdünnungswirkung der 'DARWIN'-Fadenmaschine
mittels Staffelung der kinetischen Rotationsenergie

*Corresponding Author:

Michael Zoth

Stiftung Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB)
Schumacherhof 6
D-88213 Ravensburg-Bavendorf
Germany

Email: zoth@kob-bavendorf.de

Untersuchung zur abgestuften Ausdünnungswirkung der 'DARWIN'-Fadenmaschine mittels Staffelung der kinetischen Rotationsenergie

Michael Zoth

Stiftung Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB), Schuhmacherhof 6, D-88213
Ravensburg-Bavendorf

1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung

Behangregulierende Maßnahmen fördern i.d.R. die Fruchtqualität (Kalibergröße, Ausfärbung) und die Früchte können zu besseren Preisen verkauft werden. Im Kernobstanbau wird bspw. die Ausdünnmaschine, Typ DARWIN (Fruit-Tec, Markdorf) eingesetzt. Das 'DARWIN'-Gerät, bekannt als 'Bodensee-Fadenmaschine', ist mit neu konzipierten, im Spritzgussverfahren hergestellten Schnurleisten bestückt und hat eine stufenlose, automatische Drehzahlregulierung für die Fadenspindel (LAFER 2010). Die am Traktor montierte Maschine fährt zur Blütezeit mit 6 bis 14 km/h exakt an der Laubwandgrenze der Bäume entlang und die in die Baumkrone rotierenden Fadenschnüre entfernen einen Teil der Blütenbüschel, bzw. der Einzelblüten. Dadurch wird der Fruchtsatz reduziert und liegt näher am optimalen Behang mit Vorteilen für die Fruchtgrößenentwicklung und Farbausprägung (FISCHER 2010). Die Ausdünnwirkung ist von den Einstellungsparametern der Maschine abhängig, zu deren Optimierung 'Erfahrung' gehört (LAFER 2010). Diese ungenaue Definition soll in der vorliegenden Untersuchung präziser betrachtet werden. Ausschlaggebend sind die Faktoren Spindelumdrehungen, Fahrgeschwindigkeit und Fadenanzahl. Sie bedingen die Rotationsgeschwindigkeit der im Kronenbereich wirbelnden Fäden und deren Einwirkdauer im Baum. Pauschal wird Bewegungsenergie (Kinetische Energie= E_{kin}) über die beschleunigte Masse der Fäden in die Baumkrone 'eingebracht':

$$E_{kin} (T) = 1/2 M * v^2 = [kg*m^2*s^{-2}] \quad (\text{Joule}) \quad (M=\text{Masse}; v=\text{Geschwindigkeit})$$

Die Formel zeigt, dass die Geschwindigkeit (V) der rotierenden Kunststofffäden in zweiter Potenz wirksam ist (HANDSCHACK 2010). Das gesamte Fadengewicht (Masse=M) geht zur Hälfte ein. Über mehrere Jahre wurden am Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (Stiftung KOB) Untersuchungen zur maschinellen Fruchtbehangregulierung durchgeführt mit dem Ziel diese Methode für die Praxis zu verbessern. Die Versuchsergebnisse am KOB zeigten die Rangfolge der Faktoren Spindeldrehzahl > Fahrgeschwindigkeit > Fadenanzahl auf. Daraus ergaben sich die Fragen: 1. Welche Einstellungen führen zu guten Ergebnissen? 2. Welche E_{kin} -Spannen ergeben sichere Ausdünnungswirkungen? Die Tabelle 1 zeigt die berechnete Kinetische Energie (E_{kin}) für die Fahrgeschwindigkeiten von 6-10-14 km/h und die Spindelumdrehungszahlen zwischen 180-320 U/min. Je nach Anzahl der auf der Spindel befindlichen Fadenelemente können weite Spannen von Rotationsenergie (E_{kin}) in die Krone eingebracht werden.

Tabelle 1: Berechnung der kinetischen Energie (E_{kin}) für Maschineneinstellungen. *

DARWIN Fadenmaschine - Kinetische Energie (E _{kin}) T = kg*m ² *sec ⁻² = [Joule]											
Schlepper	Spindel				Fadenzahl 216 (1/2)		Fadenzahl 324 (1/4)		Fadenzahl 432 (voll)		
	km/h	m/sec	U/min	U/sec	U/Fahr-m	T (E _{kin})	Maß [%]	T (E _{kin})	Maß [%]	T (E _{kin})	Maß [%]
6	1,67	180	3,0	1,8	11,54	56	17,31	84	23,07	112	
6	1,67	200	3,3	2,0	14,90	73	22,35	109	29,80	145	
6	1,67	220	3,7	2,2	18,69	91	28,04	136	37,38	182	
6	1,67	240	4,0	2,4	22,91	112	34,37	167	45,83	223	
6	1,67	260	4,3	2,6	27,57	134	41,35	201	55,14	268	
6	1,67	280	4,7	2,8	32,65	159	48,98	238	65,31	317	
6	1,67	300	5,0	3,0	38,17	186	57,25	278	76,34	371	
10	2,78	200	3,3	1,2	11,22	55	16,82	82	22,43	109	
10	2,78	220	3,7	1,3	14,52	71	21,78	106	29,04	141	
10	2,78	240	4,0	1,4	18,26	89	27,38	133	36,51	178	
10	2,78	260	4,3	1,6	22,42	109	33,63	164	44,85	218	
10	2,78	280	4,7	1,7	27,02	132	40,53	197	54,04	263	
10	2,78	300	5,0	1,8	32,05	156	48,07	234	64,10	312	
10	2,78	320	5,3	1,9	37,51	183	56,26	274	75,01	365	
14	3,89	200	3,3	0,9	8,13	40	12,19	59	16,25	79	
14	3,89	220	3,7	0,9	10,94	53	16,42	80	21,89	106	
14	3,89	240	4,0	1,0	14,19	69	21,29	103	28,38	138	
14	3,89	260	4,3	1,1	17,87	87	26,81	130	35,74	174	
14	3,89	280	4,7	1,2	21,98	107	32,97	160	43,96	214	
14	3,89	300	5,0	1,3	26,52	129	39,78	193	53,05	258	
14	3,89	320	5,3	1,4	31,49	154	47,24	230	62,99	306	

* Ausdünnwirkung: <55%=sanft, 55-90%=schwach, 91-125%=mittel, 126-160%=stark, >160%=sehr stark

Die besten Ausdünnungsergebnisse am KOB zeigten sich mit ca. 250 U/min und bei 10 km/h Tempo mit dem 1/2 Fadensatz. Deshalb wurden diese Einstellungen als 100% Maßstab definiert (Tab.1: Umrandung links). Generell erscheinen Justierungen, die einen *SCHWACHEN* (55-90% E_{kin}), oder *MEDIUM* (91-125% E_{kin}), bzw. *STARKEN* (126-160% E_{kin}) Energie-Input ermöglichen als sinnvoll. Alle drei Stufen der Einstellungen sind mit dem 1/2 Fadensatz zu erzielen (Tab. 1 Mitte).

2. Material und Methoden

Der exakte Vergleich von drei Einstellungen (*SCHWACH*~60%E_{kin}, *MEDIUM*~100%E_{kin}, *STARK*~140%E_{kin}) der Ausdünnmaschine ‚Darwin‘ gegenüber den Vergleichsvarianten erfolgte am KOB im Jahr 2010 an den Apfelsorten ‚Cameo‘ und ‚Gala Typ Mondial‘ (siehe Tab. 2). Die Behandlungen wurden an Reihenteilstücken durchgeführt. Die Parzellen waren randomisiert in vierfacher Wiederholung verteilt. Die Fahrten der Ausdünnmaschine wurden jeweils zum Stadium offene Zentralblüte mit öffnenden Lateralblüten zu beiden Seiten einer Reihe durchgeführt. Alle chemischen Behandlungen erfolgten trotz der im Jahr 2010 wegen Kälte ausgedehnten Blütezeit zu passenden Witterungsverhältnissen. Die kältebedingt spät eintretende Fruchtfallperiode erlaubte eine Handausdünnung (Positivkontrolle) erst Anfang Juli. An jedem Versuchsbaum wurden zur Blüte die gesamten Infloreszenzen gezählt. Je zwei in die Fahrgasse ragende Äste pro Baum wurden zudem komplett mit ihrer Zahl an Infloreszenzen sowie Einzelblüten erfasst. Später wurde der Fruchtbehang dieser Äste ausgezählt und zur Ernte der gesamte Fruchtertrag betrachtet. Alle Früchte der Bäume wurden mit Hilfe der Sortiermaschine Geefa, MSE 2000 (GREEFA, Tricht,NL) erfasst und das Gewicht, die Fruchtgröße sowie die Farbausprägung gemessen.

Tabelle 2: Übersicht der Versuchsvarianten und Behandlungstermine 2010.

Versuchsdesign 2010: 6 Varianten x 4 Wiederholungen x 5 Versuchsbäume				
Nr	Versuchsbehandlungen	Kürzel	Wdh	Bemerkung
1	Unbehandelte Kontrolle (Negativkontrolle)	UTC	4 x 5B	-
2	Chemische Ausdünnung (Betriebsstandard) A: 1 x 25l/ha Agro N Fluid (~50% ATS) in 500l H ₂ O (0,5%ig) zur Vollblüte mehrjähriges Holz B: 1 x 300ml/ha Flordimex 420 (Elephon) in 500l H ₂ O (0,006%ig) zur Abblüte C: 1 x 1,5l/ha Globaryll ₁₀₀ (6-BA) in 1000l H ₂ O (0,015%ig) vor Wärmephase bei ca. 10-14mm Fruchtgröße	Standard ATS+Ete +BA	4 x 5B	A: 11.05.2010 B: 18.05.2010 C: 28.05.2010 Wärme: 28.05.-01.06.2010 Cameo: 9,7mm Frucht-Ø Gala: 11,5mm Frucht-Ø
3	E _{kin} ≈ 60%: Maschine „Darwin“, 216 Fäden (½ Satz) 180 U/min Spindel, 6 km/h Fahrtempo	Schwach (≈ 14 Joule)	4 x 5B	Termin Gala 29.04.2010
4	E _{kin} ≈ 100%: Maschine „Darwin“, 216 Fäden (½ Satz) 230 U/min Spindel, 6 km/h Fahrtempo	Medium (≈ 20 Joule)	4 x 5B	Termin Cameo 06.05.2010
5	E _{kin} ≈ 140%: Maschine „Darwin“, 216 Fäden (½ Satz) 270 U/min Spindel, 6 km/h Fahrtempo	Stark (≈ 28 Joule)	4 x 5B	
6	Handausdünnung mit praxisgerechter Zielvorgabe (Positivkontrolle)	Hand	4 x 5B	am 01. Juli 2010 Cameo: Ø 75 Früchte/Baum Gala: Ø 70 Früchte/Baum

Das Verhältnis von allen in der Kontrolle (UTC) je Baum gezählten Infloreszenzen zu den entwickelten Früchten ergibt den natürlichen Fruchtansatz eines Jahres für jede Sorte. Dem natürlichen Fruchtansatz gegenüber gestellt wird der definierte Soll-Fruchtansatz je Baum für den optimalen Ernteertrag (s. Tab.2 Handausdünnung: Cameo Ø 75Fr./B; Gala Ø 70Fr./B). Diese ‚Fixpunkte‘ - natürlicher Fruchtansatz zu Soll-Fruchtansatz - ermöglichen die Bewertung der je Variante ermittelten Fruchtbehangzahlen in Form eines am optimalen Behang orientierten Wirkungswertes. Liegt der Wirkungswert um 100%, so ist die ideale Fruchtzahl je Baum erreicht, geringere Werte bedeuten eine nicht ideal erfolgte Ausdünnung und höhere Werte weisen auf eine 'Überdünnung' hin.

3. Ergebnisse

Die Eliminierung von Infloreszenzen und Blüten durch die Fäden erfolgte in ihrer Intensität analog den Abstufungen der eingebrachten Rotationsenergie. Die zwischen 10-30 % eliminierten Infloreszenzen (EI), bzw. ca. 20-55% abgeschlagenen Einzelblüten (EB) zeigten drei zueinander signifikant verschiedene Stufen auf: *SCHWACH*: [EI=10,1%(a) / EB=21,8%(a)], *MEDIUM*: [EI=18,1%(b) / EB=36,8%(b)] und *STARK*: [EI=31,2%(c) / EB=53,2%(c)]. Die Folgen der maschinellen Blütenausdünnung waren ein signifikant geringerer Fruchtbehang (Tab.3, Nr. 1). Teils deutlich weniger Früchte wurden im Vergleich zu UTC und der praxisüblichen chemischen Ausdünnung geerntet. Die Behandlungsstufen *MEDIUM* und *STARK* bewegten sich bei der Fruchtzahl um die Handausdünnung (75 Fr./B.). Der *STARKE* E_{kin}-Eintrag senkte die Anzahl auf 63 Stück. Der Parameter Fruchtansatz (Tab.3, Nr. 2) zeigte gute Ergebnisse der Maschinenausdünnung auf, deren Justierungen weniger Früchte pro 100 Infloreszenzen aufwiesen als die chemische Variante. Die *SCHWACHE* Justierung (69 Fr./100 Infl.) war der chemischen Variante vergleichbar. Die dagegen signifikant geringeren Fruchtansätze von *MEDIUM* (53 Fr./100 Infl.) und *STARK* (35 Fr./100 Infl.) lagen im Bereich des Resultats der Handausdünnung mit 49 Fr./100 Infloreszenzen. Es wurden hohe Wirkungswerte erreicht (Tab. 3, Nr.3) und die Abstufungen der *SCHWACHEN*, *MEDIUM* und *STARKE* Einstellung konnten gegeneinander signifikant abgesichert werden.

Tabelle 3: Gesamtergebnis der maschinellen Ausdünnung.

Versuchsbäume (Cameo + Gala)			Variante	UTC	Standard ATS +Ete +BA	Schwach Ekin=60%	Medium Ekin=100%	Stark Ekin=140%	Hand
Nr.	Parameter	Einheit							
1	Früchte pro Baum	[Stk]	Wert	148	128	114	87	63	75
			Std-Abweich	38,2	45,3	48,2	37,1	34,7	16,5
			Homogenität	e	d	cd	b	a	ab
			LSD ($\alpha=0,05$)	16,6					
			Signifikanz	P-Wert: 0,000 *** sehr hoch signifikant					
2	Fruchtansatz	[Fru/ 100Infl.]	Wert	95	84	69	53	35	49
			Std-Abweich	43,3	43,3	40,2	26,1	20,3	30,9
			Homogenität	e	de	cd	b	a	ab
			LSD ($\alpha=0,05$)	14,8					
			Signifikanz	P-Wert: 0,000 *** sehr hoch signifikant					
3	Wirkungs-Wert	[%]	Wert	0,0	32,5	60,4	89,3	117,2	100,2
			Std-Abweich	47,01	60,35	55,98	36,83	37,08	21,70
			Homogenität	a	b	c	d	e	de
			LSD ($\alpha=0,05$)	20,54					
			Signifikanz	P-Wert: 0,000 *** sehr hoch signifikant					
4	Fruchtkaliber	[mm]	Wert	64,8	66,9	66,6	68,8	70,5	69,5
			Std-Abweich	3,35	3,29	2,94	4,12	3,71	3,98
			Homogenität	a	b	b	c	d	cd
			LSD ($\alpha=0,05$)	1,58					
			Signifikanz	P-Wert: 0,000 *** sehr hoch signifikant					
5	Rote Deckfarbe	[%]	Wert	76,9	81,3	83,0	84,7	85,8	85,8
			Std-Abweich	9,38	7,15	3,58	3,49	2,29	1,94
			Homogenität	a	bc	cd	de	e	e
			LSD ($\alpha=0,05$)	2,26					
			Signifikanz	P-Wert: 0,000 *** sehr hoch signifikant					

Die *SCHWACHE* Justierung war mit 60,4% Wirkung besser als der Standard (32,5%). Die Stufe *MEDIUM* lag bei 89,3 % und die *STARKE* Justierung zeigte 117,2% Wirksamkeit. Die Parameter für die Fruchtqualität, Fruchtgröße und Ausfärbung bestätigten analog dem abnehmenden Fruchtansatz, resp. Fruchtbehang sowie der ansteigenden Ausdünnwirkung die Verbesserung von Fruchtkaliber und Deckfarbenausprägung (Tab 3, Nr. 4+5). Der gestufte E_{kin} -Eintrag führte zu signifikant größeren Früchten: *SCHWACH* =66,6mm, *MEDIUM* =68,8mm, *STARK* =70,5mm und gesichert besser ausgefärbten Früchten: *SCHWACH* =83,0%, *MEDIUM* =84,7%, *STARK* =85,8%.

4. Diskussion

Je mehr E_{kin} eingesetzt wurde, desto höher war der Anteil eliminierten Blütenorgane. Die ausgewerteten Äste bildeten die unmittelbaren Einwirkungen auf die Blütenorgane realistisch ab. Direkte Folgen auf die Blattorgane wurden nicht untersucht. Es wäre wichtig auch die Folgen auf Blattorgane bewerten zu können, ggf. einen Intensitäts- oder Verletzungsgrad zu bestimmen, denn DAMEROW et al. 2007, KONG et al. 2009, LAFER 2010, SEEHUBER et al. 2010 und WEIBEL et al. 2009 führen daraus resultierende Reaktionen an, wie physiologische Schockwirkung, Assimilatmangel, veränderter Ethylenhaushalt mit Folgen wie verstärktem Triebwachstum und Nährstoffkonkurrenz, die zu veränderter Fruchtfallintensität und variierendem Fruchtbehang führen können. Die Zusammenhänge zwischen Blattverletzungen und Ethylenwirkung auf den Fruchtfall sind bislang nicht ausreichend geklärt (KONG et al. 2009).

Das Potential der maschinellen Ausdünnung auf Basis einer gezielten Abstufung der Rotationsenergie E_{kin} wurde durch differenzierte Wirkungswerte bestätigt (Tab. 3, Nr.3). Die entsprechend den Abstufungen der *SCHWACHEN*, *MEDIUM* und *STARKEN*

Justierung ansteigenden Resultate waren besser als der chemische Standard, der, wie z. B. auch SEEHUBER et al. 2010 festellten, ein unbefriedigendes Ergebnis brachte. Die Einstellungen *SCHWACH* und *MEDIUM* waren gut praktikabel. *MEDIUM* machte die Handausdünnung unnötig. Die *STARKE* Justierung ergab ‚Überdünnung‘ und sollte mit Vorsicht angewandt werden.

Die Förderung von Fruchtkaliber und Deckfarbe folgte der Wirkungsstärke der justierten Stufen. Der gestufte E_{kin} -Eintrag war erfolgreich und die damit stufenweise verbesserte Fruchtqualität durch maschinelle Behangregulierung bestätigte Resultate von DAMEROW et al. 2007; HANDSCHACK 2010; HÖHNE 2009; KONG et al. 2009, LAFER 2010 sowie SEEHUBER et al. 2010.

5. Schlussfolgerung

Der Ansatz, die Ausdünnungswirkung und den Fruchtbehang durch gezielte Einstellungen der Faden-Ausdünnungsmaschine Typ ‚DARWIN‘ zu regulieren, ist in diesem Versuch gelungen. Die Umrechnung der Maschinenjustierungen bei Spindeldrehzahl, Fahrgeschwindigkeit und Fadenanzahl in Kinetische Bewegungs-(Rotations-)energie $=E_{kin}$ scheint erfolversprechend. Die Einstellungsstufen *SCHWACH*, *MEDIUM* sowie *STARK* fanden sich in der Anzahl eliminierten Blüten, dem Fruchtbehang, dem Wirkungswert und der verbesserten Fruchtqualität bestätigt. Weitere Präzisierungen des Verfahrens könnten die Basis für eine verbesserte Beratung der Obstbaupraktiker darstellen.

6. Literatur

- DAMEROW, L., KUNZ, A., BLANKE M. (2007): Mechanische Fruchtbehangsregulierung, Erwerbs-Obstbau 49, S. 1-9
- FISCHER, N. (2010): Untersuchungen zu Ausdünnungsstrategien unter Verwendung der Ausdünnmaschine Tree Darwin; Diplomarbeit FH Erfurt: Internet (Stand 05.02.2011): www.fh-erfurt.de/lgf/en/ga/studentische-arbeiten-diplomarbeiten/daobstbau/
- HANDSCHACK M. (2010): Mechanische Ausdünnung bei Apfel - Versuchsergebnisse 2009, LULG Freisaat Sachsen
- HÖHNE, F. (2009): Ergebnisse der Ausdünnversuche bei neuen Apfelsorten 2008 aus Gülzow, Info-Blatt 18, 2, 80-86, LFA für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
- KONG, T, DAMEROW L., BLANKE M. (2009): Einfluss selektiver mechanischer Fruchtbehangregulierung auf Ethylensynthese als Stressindikator sowie Ertrag und Fruchtqualität bei Kernobst, Erwerbs-Obstbau 51, S. 39-53
- LAFER, G. (2010): Ertrags- und Wachstumsregulation bei Alternanzsorten, Besseres Obst 4
- SEEHUBER C., DAMEROW L., KUNZ A., BLANKE M. (2010): Mechanische Fruchtbehangsregulierung verringert den Junifruchtfall und verbessert die Fruchtqualität und Fruchtgröße bei ‚Conference‘- und ‚Alexander Lucas‘-Birnen, Erwerbs-Obstbau 52, S. 45-53
- WEIBEL F., MONZEGLIO U., GIORDANO I. (2009): Neue Mittel und Methoden zur Ausdünnung im biologischen Apfelanbau: Versuchsergebnisse von 2007/2008, FIBL Frick, Tagungsband Fachtagung Bioobstbau 2009