

Abschlussbericht

RLP AgroScience GmbH
Seibert Gerätebau GmbH

AZ 31514

**Entwicklung eines vollautomatischen
Stammapplikationsgerätes zur Injektion von
Pflanzenschutzmitteln in Obstbaumpflanzungen**

Laufzeit: 08.2014 - 01.2016

RLP  AgroScience

IfA – Institut für Agrarökologie

Kooperationspartner

RLP AgroScience GmbH

Institut für Agrarökologie (IfA)

Breitenweg 71

67435 Neustadt / Weinstraße

Tel.: 06321-671-285

Fax: 06321-671-424

E-Mail: roland.kubiak@agrosience.rlp.de

www.agrosience.de

Seibert Gerätebau GmbH

Mühlstraße 19

76889 Barbelroth

Tel.: 06343/2139

Fax: 06343/5094

E-Mail: info@rebenbindegraet.de

www.rebenbindegraet.de

I. Inhaltsverzeichnis

Kooperationspartner	2
1. Zusammenfassung	7
2. Anlass und Zielsetzung des Projekts.....	8
3. Darstellung der Arbeitsschritte und Methoden	12
3.1 Technische Entwicklung des Applikators	12
3.1.1 Entwurf und Bau Entwicklungsstufe 1	12
3.1.2 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 2	12
3.1.3 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 3	12
3.1.4 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 4	13
3.1.5 Entwurf des fertigen vollautomatischen Stammapplikators und Patentierung 13	
3.2 Optimierung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel (PSM).....	14
3.2.1 Auswahl der eingesetzten PSM.....	14
3.2.1.1 Apfelbäume.....	14
3.2.1.2 Tafeltrauben im Halbfreiland.....	15
3.2.2 Berechnung der Dosis und Konzentration	16
3.2.2.1 Apfelbäume im Freiland.....	16
3.2.2.1.1 Applikation	18
3.2.2.2 Tafeltrauben im Halbfreiland.....	20
3.2.3 Probenahme und Rückstandsanalytik, Pflanzenverträglichkeit	22
3.2.4 Tests an getopften Apfelbäumen im Gewächshaus	22
4. Ergebnisse.....	26
4.1 Technische Entwicklung und Tests.....	26
4.1.1 Entwicklungsstufe 1	26
4.1.2 Entwicklungsstufe 2	26
4.1.3 Entwicklungsstufe 3	27

4.1.4	Entwicklungsstufe 4	28
4.1.5	Entwurf fertiger Applikator inkl. Anbau, Patent	31
4.2	Entwicklung Pflanzenschutzmittel	35
4.2.1	Auswahl der PSM, Konzentration	35
4.2.1.1	Äpfel	35
4.2.1.2	Tafeltrauben.....	36
4.2.2	Freilandversuche.....	37
4.2.2.1	Applikationsvorgang: Volumen, Handhabung, Geschwindigkeit, Dichtigkeit	37
4.2.2.1.1	Äpfel	37
4.2.2.1.2	Tafeltrauben.....	40
4.2.2.2	Probenahme, Rückstandsanalytik, Verträglichkeit, Effekte	41
4.2.2.2.1	Äpfel	41
4.2.2.2.2	Trauben	43
4.2.3	Gewächshaus	44
5.	Diskussion	46
5.1	Technische Entwicklung	46
5.2	Entwicklung PSM	46
5.3	Kooperation.....	47
5.4	Weiterführung des Vorhabens.....	47
6.	Öffentlichkeitsarbeit.....	48
7.	Fazit.....	49
8.	Literatur	51
9.	Anhang.....	53

II. *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1 Angesetzte Applikationslösungen.	18
Abbildung 2 Applikation an den Apfelbäumen.....	19
Abbildung 3 Applikation an den Tafeltrauben.....	21
Abbildung 4 Applikation der getopften Apfelbäume im Gewächshaus	25
Abbildung 5 Erste Injektionslanze	26
Abbildung 6 In ES 2 eingesetzte Injektionslanze	27
Abbildung 7 ES 2 des Stammapplikators an einem Test-Apfelbaum	27
Abbildung 8 Nochmals verbesserte Lanzenform der ES 4.....	29
Abbildung 9 Applikationseinheit der ES 4	29
Abbildung 10 Rissbildung mit der verbesserten Injektionslanze an der ES 4	30
Abbildung 11 Verbesserte Injektionslanze in ES 4	30
Abbildung 12 Seitliche Anbringung an eine Zugmaschine aus der Seitenansicht.....	31
Abbildung 13 Seitliche Anbringung an eine Zugmaschine aus der Vorderansicht.....	32
Abbildung 14 Automatisches Stammapplikationsgerät, Detail der Baumklemme	33
Abbildung 15 Automatisches Stammapplikationsgerät, Detail der Baumklemme	34
Abbildung 16 a) Behandelter Apfelbaum nach ca. 9 Monaten	43
Abbildung 17 Saftfluss aus den Bohrlöchern.....	44
Abbildung 18 Nekrotischer Bereich um die Bohrstelle	44
Abbildung 19 Erscheinungsbild der Apfelbäume nach Applikation	45

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 In den Versuchen mit Apfelbäumen eingesetzte Pflanzenschutzmittel.....	14
Tabelle 2 Eigenschaften, Wirkstoff, Wirkstoffgruppe, Wirkungsart und Darreichungsform der eingesetzten Pflanzenschutzmittel	15
Tabelle 3 PSM für den Einsatz bei den Tafeltrauben der Sorten Katharina und Christine 15	
Tabelle 4 Eigenschaften, Wirkstoff, Wirkstoffgruppe, Wirkungsart und Darreichungsform der eingesetzten Pflanzenschutzmittel	16
Tabelle 5 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel, Mischungen, Konzentrationen für die Versuche an den Apfelbäumen im Freiland	17
Tabelle 6 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel, Mischungen, Konzentrationen für die Versuche an den Tafeltrauben im Halbfreiland	20
Tabelle 7 Applikations-, Probenahme-, und Erntezeitpunkte sowie BBCH Code zum Applikationstermin für Freilandäpfel und Tafeltrauben	22
Tabelle 8 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel und Mengen für die Versuche an den Apfelbäumen im Gewächshaus. Die Mittel wurden unverdünnt als Mischung eingesetzt.....	23
Tabelle 9 Applikationstermine und –Volumina bei den Versuchen an Apfelbäumen im Gewächshaus.....	24
Tabelle 10 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 10 mL Lösungen und die daraus gebildeten Mittelwerte (MW).....	38
Tabelle 11 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 5 mL Lösungen und die daraus gebildeten Mittelwerte (MW).....	39
Tabelle 12 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 5 mL Lösungen in Tafeltrauben	41
Tabelle 13 Untersuchte Pflanzenschutzmittel und Varianten, deren Wirkstoffe, aktuelle Grenzwerte und die vom Labor angegebene Bestimmungsgrenze (BG) für den jeweiligen Wirkstoff.....	41
Tabelle 14 Meßwerte der in den jeweiligen PSM untersuchten Wirkstoffe in Äpfeln bzw. Blättern der Probenahme 1 (28.5. bzw. 9.6. 2015) bzw. 2 (18.8.2015)	42
Tabelle 15 Untersuchte Pflanzenschutzmittel und Varianten in Tafeltrauben.....	43

1. Zusammenfassung

Bei der konventionellen Sprühapplikation von Pflanzenschutzmitteln (PSM) gehen große Mengen über Abdrift- und Abtropfverluste verloren und gelangen in die Umwelt, wo sie Pflanzen und Tiere belasten oder schädigen können. Das Verfahren der Stammapplikation, bei dem die PSM direkt in den Stamm verholzter Pflanzen (z.B. Obstbäume) appliziert wird, vermeidet dieses Problem. Es ist allerdings wesentlich arbeits- und vor allem zeitaufwändiger, weshalb im vorliegenden Projekt ein automatisches Applikationsgerät als Anbau an eine Zugmaschine entwickelt und getestet werden sollte. Um den zeitraubenden und stark invasiven Vorgang des Anbohrens der Stämme zu vermeiden, wurde als neues Konzept die Applikation mit einer schmalen Lanze entwickelt, welche in den Stamm eingestochen wird. Die sollte zu einer kleineren Wunde und einem besseren Wundheilung führen. Parallel hierzu wurden auf Basis existierender PSM die optimale Konzentration, Volumen und Mischung ermittelt. Am Ende sollte ein automatischer Stammappikator stehen, der bei langsamer Fahrt durch die Reihen der Obstbäume die Stämme selbsttätig erkennt, die Applikation durchführt und gegebenenfalls die Wunde desinfiziert und mit Wachs verschließt.

Die technische Entwicklung des Appikators wurde über mehrere Entwicklungsstufen realisiert, zwischen denen jeweils Tests vorgenommen wurden. Basierend auf den Ergebnissen wurden entsprechende Verbesserungen und Weiterentwicklungen vorgenommen. Aufgrund massiver Probleme mit der Dichtigkeit der Injektionslanze im Baumstamm, welche bis zum Projektabschluss trotz verschiedenster Änderungen nicht gelöst werden konnten, konnte die praktische technische Entwicklung nicht wie vorgesehen bis zu einem Prototypen des automatischen Appikators durchgeführt werden. Der automatische Appikator inkl. Anbau an die Zugmaschine und Fahrtausgleich liegt als technische Skizzen vor, ist jedoch noch nicht praktisch umgesetzt.

Zur Findung der optimalen Injektionslösung wurden verschiedene im Obstbau zugelassene PSM in verschiedenen Konzentrationen, Zusammensetzungen und Volumina untersucht. Es wurden Tests zu Applizierbarkeit (Volumen, Zeit), Folgeschäden, Wundheilung und Rückständen durchgeführt. Eine Mischung der PSM Calypso, Score, Topas, Vertimec pro und Systhane 20 EW mit 25 % der regulären Aufwandmenge, gelöst in 5 mL Wasser, konnten in akzeptabler Zeit (ca. 10 s) in die Bäume eingebracht werden. Die PSM konnten nach kurzer Zeit teilweise in den Blättern nachgewiesen werden, zur Ernte lagen die Rückstände unter der Nachweisgrenze. Schäden durch die PSM sind nicht erkennbar.

2. Anlass und Zielsetzung des Projekts

Die gesamte Obstanbaufläche in Deutschland beträgt ca. 73.000 ha. Große Obstbaugebiete liegen in Deutschland besonders am Bodensee und im Alten Land an der Elbe bei Hamburg. Zusätzlich werden in Deutschland ca. 100.000 ha Weinreben bewirtschaftet. Weltweit betragen die Flächen ein Vielfaches der genannten Werte. Jährlich werden hier große Mengen verschiedenster Pflanzenschutzmittel (PSM) ausgebracht, die hauptsächlich gegen pilzliche Krankheitserreger und Schadinsekten wirken. Um Krankheiten und Qualitätsverluste zu verhindern, werden alleine in der deutschen Landwirtschaft insgesamt jährlich ca. 44.000t Wirkstoffe verschiedenster Pflanzenschutzmittel (PSM), in der Regel Herbizide, Insektizide und Fungizide ausgebracht. Der Obstbau spielt dabei in Deutschland eine wichtige Rolle in der landwirtschaftlichen Produktion von Lebensmitteln und damit auch beim Verbrauch von PSM. Die Ausbringung erfolgt dabei mittels Sprühgeräten, die einen feinen Sprühnebel erzeugen, welcher über ein Gebläse auf die zu behandelnden Pflanzen übertragen wird. Dabei lagert sich jedoch nicht sämtliches PSM auf den Blättern ab, sondern es gehen auch Teile durch Abdrift verloren. Diese gelangen in die Umwelt und können dort Pflanzen und Tiere belasten und schädigen. Im Obstbau ist im Frühjahr, wenn die Belaubung noch relativ gering ist, mit einer Abdrift/einem Abtropfen von mindestens 80-90% der ausgebrachten Menge zu rechnen. Die Kontamination umliegender, aber auch weiter entfernter Flächen und Gewässer, ist dementsprechend hoch. Die Abdrift nimmt zwar mit zunehmender Blattbildung ab, nichts desto trotz gelangt auch bei voll belaubten Bäumen ein nicht unbedeutender Anteil der ausgebrachten Pflanzenschutzmittel ungewollt in die Natur. Gerade auch die modernen abdriftmindernden Düsen verringern zwar durch eine größere Tropfengröße die Abdrift, dafür erhöht sich jedoch die Abtropfmenge. Am Ende gelangen die PSM auf beiden Wegen ungewollt in die Umwelt. Diese Verluste an Wirkstoffen schaden nicht nur den betroffenen Ökosystemen, sondern bedeuten für die Obstbauern auch einen finanziellen Verlust und verringerte Wirksamkeiten.

Eine Möglichkeit, diesen ungewollten Eintrag von PSM in die Umwelt zu reduzieren bzw. ganz zu vermeiden, ist die Technik der Stammapplikation oder Stamminjektion. Klassischerweise funktioniert die Stammapplikation so, dass ein kleines Loch in den Stamm verholzter Pflanzen, z.B. Obstbäume, Weinreben gebohrt wird, in das die Kanüle eingeführt wird. Alternativ kann die Kanüle aber auch in den Stamm geschlagen/geschossen werden. Anschließend wird die Pflanzenschutzlösung unter einem gewissen Druck (abhängig von Baumart und -Größe) injiziert, bis die erforderliche Menge eingebracht ist. Danach wird die Kanüle wieder herausgezogen und das Loch gegebenenfalls mit Baumwachs verschlossen. Die injizierte Lösung hat sich im Gewebe ausgebreitet und wird innerhalb kurzer Zeit durch den natürlichen Saft/Wasserstrom in der Pflanze verteilt.

Die Hauptschadorganismen im Obstbau stellen Apfelmehltau (*Podosphaera leucotricha*), Fruchtfäule (*Monilina fructigena*), Rußfleckkrankheit (verschiedene Ascomyceten), Fliegenfleckkrankheit (*Schizothyrium pomi*) und Schorf (z.B. *Venturia inaequalis*) bei den Pilzen, Feuerbrand (*Erwinia amylovora*) und Apfetribsucht (Phytoplasmen) bei den Bakterien sowie Blattläuse und diverse saugende, beißende und bohrende Insekten dar.

Derzeit werden Obstanlagen deshalb zehn bis zu 15-mal pro Jahr mit den verschiedensten PSM gegen verschiedene Erreger behandelt, häufig auch als Mischungen. Bei einer empfohlenen Aufwandmenge von 100 mL eines PSM pro Hektar und Meter Kronenhöhe, einer angenommenen Baumdichte von 4000 Bäumen pro Hektar und einer Baumhöhe von 2 m werden pro Spritzung 0,2 L PSM in 1000 L Wasser ausgebracht. Rechnerisch wird jeder Baum mit 0,25 L Spritzbrühe benetzt, in der 0,05 mL PSM enthalten sind. Selbst bei geringen 30% Abdriftverlust erreichen jedoch nur ca. 0,175 L (bzw. ca. 0,035 mL Wirkstoff) jeden Baum, die dennoch die volle Wirksamkeit garantieren. Der Rest gelangt in die Umwelt. Bei bis zu 15 Spritzungen pro Jahr summiert sich dies zu einer erheblichen Belastung der Umwelt durch Pflanzenschutzmittel.

Da die PSM bei Stammapplikation im Baum vor schädlichen Einflüssen (z.B. UV-Strahlung, Abwaschung, bakterielle Zersetzung) besser geschützt sind, kann von einer geringeren Abbaurate und demnach einer längeren Wirksamkeit ausgegangen werden. Diese reduziert die notwendige Menge PSM als auch die Häufigkeit der Applikation. Dies bedeutet eine Reduktion der Fahrten für den Landwirt, was mit Einsparungen beim Geräteverschleiß, den Treibstoffkosten und nicht zuletzt Personalkosten einhergeht. Können verschiedene PSM gemischt und gleichzeitig ausgebracht werden, ist eine weitere deutliche Reduktion der Verluste und des Aufwands denkbar. Auch ist, bedingt durch die bessere Stabilität der PSM bei Stamminjektion, möglicherweise eine Verschiebung der Anwendung in die arbeitsärmere Winter/Vorfrühlingszeit durchführbar, was zu einer optimaleren Auslastung des Geräteparks und einer gleichmäßigeren Arbeitsbelastung für die Angestellten führt. Die genannten Verbesserungen ließen sich möglicherweise auch im Rahmen der Cross Compliance einbringen.

Für einen Einsatz im Obstbau muss das Applikationsverfahren allerdings so gestaltet werden, dass es ökonomisch betrieben werden kann. Dazu ist es vor allem notwendig, den Applikationsvorgang in der Obstanlage technisch deutlich zu beschleunigen. Die Applikationsdauer lässt sich dabei über mehrere Stellschrauben beeinflussen: Druck, Volumen und damit zusammenhängend der Konzentration der PSM-Lösung. Im Projekt sollen die optimalen Werte für diese Parameter erforscht werden.

Im Obstbau stehen mehrere tausend Bäume auf einem Hektar. Um die Nachteile des Anbohrens der Stämme zu umgehen, soll im vorliegenden Projekt die Einstechmethode zum

Einsatz kommen. Einstechen hat gegenüber Bohren den Vorteil, dass es eine schnellere Methode ist, die dem Baum auch mutmaßlich weniger Verletzungen zufügt. Das beim Einstechen „gespaltene“ Holz schließt sich beim Herausziehen der Lanze zu einem gewissen Grad wieder, wodurch kleinere Wunden entstehen, was das Verheilen fördert. Zudem ist Einstechen und Injektion der PSM-Lösung in einem Arbeitsschritt möglich, beim Bohren sind derzeit mehrere Werkzeuge nötig, die Kanüle muss das zuvor gebohrte Loch genau treffen, die entstandene Wunde ist wesentlich größer und tiefer. Allerdings ist das Bohrverfahren langjährig erprobt, wohingegen das Einstechen einer Lanze technische Herausforderungen birgt (Stabilität, Dichtigkeit, Verstopfungssicherheit, „Einschusstechnik“) und bisher nicht so ausführlich untersucht wurde.

Obwohl die prinzipielle Funktionalität und Wirksamkeit der Stammapplikation bereits erwiesen sind und auch einige Geräte am Markt vorhanden sind, erfordert die Entwicklung eines für den kommerziellen Obstbau geeigneten automatischen Verfahrens dennoch einen erheblichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand. Dabei sollten im vorliegenden Projekt die folgenden Parameter untersucht werden:

- Baumfindung, Stammfixierung
- Injektionstechnik (Lanze, Düsen/Öffnungen, Druck, Dosierung), Abdichtung und Versiegelung der Injektionsstelle
- Welche PSM sind für das Verfahren geeignet (Aufnahme, Verteilung, Wirksamkeit)
- Ist eine Mischbarkeit mehrerer PSM möglich (weniger Applikationen/Jahr, breiteres Anwendungsspektrum)?
- Möglichkeiten zum Ausgleich der Vorwärtsbewegung der Zugmaschine
- Optimale Konzentration der PSM in der Lösung (Wirksamkeitsgrenze, Schädigungen)
- Welches ist der beste Applikationszeitpunkt (Verschiebung in arbeitsärmere Winterzeit möglich)?
- Ist mit Rückständen der PSM im Obst/Laub zu rechnen

Ziel des Projekts war die erfolgreiche Entwicklung und Erprobung eines automatisch betriebenen Stammapplikationsgeräts, welches als Aufsatz/Anbau an einen Traktor angeschlossen werden kann und mit dem es möglich sein soll, in kurzer Zeit möglichst viele Bäume einer Plantage zu behandeln. Hauptaugenmerk bei der Entwicklung liegt auf den Bedürfnissen des (deutschen) Erwerbsobstanbaus. Hier kann von relativ gleichmäßigen Bedingungen und Anforderungen ausgegangen werden, was eine nutzerbedarfsorientierte Entwicklung erleichtert. Gleichzeitig sollten passende PSM gefunden werden, die für das Verfahren geeignet sind.

Bei erfolgreicher Umsetzung können im Obstanbau eine Reihe von Vorteilen erreicht werden:

- Geringere bzw. nicht vorhandene Abdrift der eingesetzten Pflanzenschutzmittel in die Umwelt.
- Insgesamt geringere Mengen PSM nötig, da bedarfsgerechter und gezielter appliziert wird.
- Geringere Kosten für PSM durch den niedrigeren Verbrauch, deutlich weniger Umweltbelastungen.
- Weniger Einfluss von bakteriellem und photolytischem Abbau der PSM, dadurch längerer Schutz und geringere Aufwandmengen, aber auch längere Wartezeiten denkbar.
- Erreichen aller Pflanzenteile (auch unterirdischer) durch die automatische Verteilung über das pflanzeneigene Gefäßsystem, dadurch umfassenderer Schutz als beim Aufsprühen
- Möglicherweise kann bereits vor oder bei Blattaustrieb appliziert werden, was den zeitlichen Mehraufwand und die eventuell längeren Wartezeiten relativiert und durch die Verlagerung von Arbeiten in die arbeitsärmere Winter/Frühlingszeit die Auslastung von Personal und Gerätepark übers Jahr optimiert.
- Im Gegensatz zur Sprühapplikation von Pflanzenschutzmitteln ist die Stammapplikation weniger wetterabhängig. Auch bei starkem Wind und Regen ist eine Applikation ohne Verluste möglich, auch Wärme und hohe Sonneneinstrahlung schaden nicht, sondern erleichtern im Gegenteil durch verstärkten Saftstrom sogar die Aufnahme und Verteilung der Lösungen

Diese Verbesserungen stellen einen Schritt hin zu einem intelligenteren, bedarfsgerechteren und umweltschonenderen Pflanzenschutz dar, als er durch die gängigen, auf dem Markt befindlichen Systeme erreicht wird.

3. Darstellung der Arbeitsschritte und Methoden

3.1 Technische Entwicklung des Applikators

3.1.1 Entwurf und Bau Entwicklungsstufe 1

Im ersten Schritt wurde das volle Augenmerk auf die Applikationseinheit und hier vor allem auf Aufbau und Form der Injektionslanze gelegt. Dieses Bauteil ist für das Eindringen in den Baum, die Abdichtung der Eindringstelle und die eigentliche Injektion von zentraler Bedeutung. Die Einbringung der Lanze erfolgte dabei über ein hydraulisches System, mit dem sie über eine Kolbenstange in den Baumstamm gedrückt wurde. Es handelte sich dabei zunächst um eine Weiterentwicklung des für die Vortests gebauten Prototypen. Der Zylinder hatte einen Kolbendurchmesser von 63 mm und wurde mit 6 bar beaufschlagt. Die Lanze besteht aus einem Injektionsteil, welcher bis zum Anschlag in den Baumstamm eingeschoben wird. Vorne ist sie zugespitzt und abgeflacht, um ein möglichst leichtes Eindringen zu gewährleisten. Hinter der Spitze befinden sich zwei Austrittöffnungen, die durch eine senkrechte Bohrung verbunden sind. Hier tritt die Injektionslösung aus. Diese senkrechte Bohrung ist durch eine mittig in der Längsachse der Lanze angebrachte Bohrung mit dem hinteren Ende und dem dort befindlichen Anschluss an die Dosierspritze verbunden.

3.1.2 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 2

Um die Problematik mit dem zu langsamen und zu flachen Eindringen der Lanze zu umgehen, wurde diese kopfseitig an einen Schlagbolzen (\varnothing 30 mm; Länge 250 mm) montiert. Die Lanze hat im Einstichbereich die Maße 2,7 mm (Dicke) und 5 mm (Höhe). Dieses System aus Bolzen und Lanze konnte dann mit einem Hammer problemlos in sehr kurzer Zeit tief in den Stamm eingeschlagen werden. Applikationstests mit diesem Verfahren verliefen zufriedenstellend, jedoch waren weiterhin Probleme mit der Dichtigkeit zu verzeichnen.

3.1.3 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 3

Da sich die schnelle „Einschusstechnik“ der ES 2 bewährte, wurde in der ES 3 ein System entwickelt, welches dieses Verfahren schnell und sicher und unter standardisierten Bedingungen umsetzt. Hierzu wurde die ES 2 auf eine „Einschusseinrichtung“ montiert. Sie besteht aus einer starken Feder, die durch ein System aus Hebeln vorgespannt wird, die Lanze wird dabei ein Stück weit zurückgezogen. Ober- und unterhalb sind im Abstand von 80 mm zwei Anschläge angebracht, die für den richtigen Abstand zum Baum zu gewährleisten. Die Lanze liegt im gespannten Zustand ca. 4 mm hinter den Anschlägen zurück, um Verletzungen zu vermeiden. In diesem gespannten Zustand wird die Einheit am Baumstamm

positioniert und die Feder durch Lösen der Halterung ausgelöst. Dadurch wird die Lanze durch den Federdruck in den Baumstamm „geschossen“, ähnlich wie bei einem Luftgewehr. Um ein Zurückweichen und Schwingungen des Baumstammes durch den Aufprall der Lanze zu verhindern wird der Stamm vor dem Einschießen der Lanze an der der Applikationseinheit abgewandten Seite fixiert. Die Lanzenfläche an der Basis, am Übergang zum Befestigungsstück, wurde jeweils 10 mm weiter nach oben und unten ausgeführt. Diese verbreiterte Basis sollte beim Eindringen der Lanze ins Holz den dabei entstehenden Riss füllen und somit abdichten. Weiterhin wurden zusätzliche Tests mit verschiedenen Materialien und Ausformungen der Gummidichtung durchgeführt. Da das Problem mit der Abdichtung jedoch so noch nicht gelöst werden konnte, wurde zu diesem Zeitpunkt auf den geplanten Anbau an eine Zugmaschine verzichtet. Die Entwicklung dieser technischen Umsetzung ergab zu diesem Zeitpunkt keinen Sinn, solange nicht geklärt war, wie die sichere Applikation ohne Verluste gewährleistet werden kann.

3.1.4 Verbesserungen und Umbau zu Entwicklungsstufe 4

Im Schritt zur Entwicklungsstufe 4 wurden weitere Verbesserungen an der Form der Lanze durchgeführt. Diese wurde komplett umgestaltet verschmälert und deutlich erhöht. Die neuen Maße betragen nun 2,2 mm (Breite) und 9 mm (Höhe). Als Verbesserung wurde zudem die Ober- und Unterkante wesentlich spitzer zulaufend gestaltet. Auf diese Weise sollte das Aufreißen der Baumstämme durch eine geringere Verdrängung von Gewebe durch die Lanze minimiert werden. An der Applikationseinheit wurden verbesserte Abstandshalter eingefügt, die eine bessere und leichtere Fixierung und damit eine optimalere Ausrichtung der Lanze an der Holzfaserrichtung ermöglichen. Die Abdichtungsgummis wurden der neuen Lanzenform angepasst und weiter optimiert. Mit diesen Verbesserungen wurden wiederum Tests im Freiland an Apfelbäumen durchgeführt.

3.1.5 Entwurf des fertigen vollautomatischen Stammapplikators und Patentierung

Da aufgrund der ungelösten Abdichtungsprobleme der Bau eines Prototypen nicht zweckmäßig erschien, wurden als abschließende Arbeiten von Seibert Gerätebau Konstruktionsskizzen angefertigt, wie der fertige Stammapplikator inkl. der Anbringung am Traktor nach dem derzeitigen Stand der Entwicklung aussehen wird. Dabei wurde von der Vorgabe ausgegangen, dass die Applikation nicht länger als 10 Sekunden dauert und der Traktor sich während dieser Zeit kontinuierlich langsam weiterbewegt. Um diese Vorwärtsbewegung auszugleichen wird die eigentliche Applikationseinheit auf einem

Schienensystem in die Gegenrichtung bewegt. Um eine Beschädigung des Systems bei zu langer Applikation zu verhindern veranlasst ein Schalter den Abbruch des Applikationsvorgangs bei Erreichen einer voreingestellten Position auf dem Schienensystem. Die Einheit wird dann vom Baum gelöst und fährt in die Ausgangsstellung zurück. Sobald das Dichtigkeitsproblem gelöst ist, kann der Prototyp bzw. der endgültige Applikator anhand dieser Skizzen relativ schnell gebaut werden, ohne dass weitere Entwicklungsarbeit notwendig ist.

3.2 Optimierung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel (PSM)

3.2.1 Auswahl der eingesetzten PSM

3.2.1.1 Apfelbäume

Zur Auswahl geeigneter PSM für den Einsatz in der Stammapplikation wurden anhand von Pflanzenschutztabellen für den Obstbau fünf Mittel ausgewählt. Diese mussten für den Einsatz im Apfelanbau zugelassen sein und sollten möglichst vollsystemische, zumindest systemische Eigenschaften aufweisen, um die Verteilung im Baum sicher zu stellen. Zudem sollten die eingesetzten Mittel möglichst viele der wichtigsten Schaderreger aus allen Kategorien (Pilze, Insekten, Bakterien, Wachstumsregulation) im Apfelanbau abdecken. Auch die vorliegende Formulierung spielte bei der Auswahl eine Rolle. Aufgrund dieser Vorgaben wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten PSM ausgewählt und für die Versuche eingesetzt. Die Eigenschaften der Mittel sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 1 In den Versuchen mit Apfelbäumen eingesetzte Pflanzenschutzmittel. Die Aufwandmenge bezieht sich auf die Menge PSM, die pro Hektar und pro Meter Kronenhöhe der Bäume benötigt wird. Die hierzu benötigte Wassermenge beträgt 500 L pro Hektar und pro Meter Kronenhöhe.

Name	Hersteller	Art	Erreger	Aufwandmenge (g bzw. ml/ha/m KH)
Calypso	Bayer	Insektizid	Apfelwickler Blattläuse,	100
Confidor WG 70	Bayer	Insektizid	Miniermotte	50
Vertimec pro	Syngenta	Insektizid	Milben, Thripsen,	75
Topas	Syngenta	Fungizid	Echter Mehltau	125
Score	Syngenta	Fungizid	Schorf	75
Sythane 20 EW	Dow Agro	Fungizid	Echter Mehltau	125
Regalis Plus	BASF	Wachstumsregulator	Wachstumsregulator	500

Tabelle 2 Eigenschaften, Wirkstoff, Wirkstoffgruppe, Wirkungsart und Darreichungsform der eingesetzten Pflanzenschutzmittel

Name	Eigenschaft	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe	Wirkung	Form
Calypso	systemisch	Thiacloprid		Kontakt/Fraß	Suspensionskonzentrat Wasserdispergierbares
Confidor WG 70	systemisch	Imidacloprid		Kontakt/Fraß	Granulat
Vertimec pro	translaminar	Abamectin	6	Kontakt/Fraß	Suspensionskonzentrat
Topas	systemisch	Penconazol	G1	Protektiv	Emulsionskonzentrat
Score	systemisch	Difenoconazol	G1	Protektiv, Kurativ	Emulsionskonzentrat
Systhane 20 EW	teilsystemisch	Myclobutanil	G1	Protektiv, Kurativ	Öl/Wasser-Emulsion
Regalis Plus	akropetal, basipetal	Prohexadion- Calcium			Wasserdispergierbares Granulat

Dabei ist zu beachten, dass Vertimec pro mit dem Wirkstoff Abamectin derzeit keine Zulassung im Apfelanbau hat. Zum Zeitpunkt der Versuche galt jedoch noch eine Aufbrauchfrist für den Einsatz Abamectin-haltiger Präparate. Regalis Plus ist ein Wachstumsregulator, der jedoch eine Nebenwirkung gegen den wichtigen Schaderreger Feuerbrand (*Erwinia amylovora*), ein Bakterium, hat. Beide Eigenschaften werden im Erwerbsobstbau benötigt. Die Versuche wurden an 7-10 jährigen Apfelbäumen der Sorte Gala Must im Freiland durchgeführt.

3.2.1.2 Tafeltrauben im Halbfreiland

Neben den eigentlichen Versuchen an Apfelbäumen wurde ein zusätzlicher Tastversuch mit Tafeltrauben im Halbfreiland durchgeführt. Da es sich bei Trauben ebenfalls um verholzende Pflanzen handelt, die sehr gleichmäßig in Reihen gepflanzt werden, stellen diese eine potentielle Einsatzmöglichkeit für den Stammappikator dar. Es handelte sich dabei um Tafeltrauben der Sorten Katharine und Christine, welche in Folientunneln mit regulierbaren Seitenwänden ausgepflanzt waren. Hier kamen nur Fungizide zum Einsatz, da Pilzkrankungen im Weinbau das größte Problem darstellen. Die Angaben zu den eingesetzten Mittel sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 3 PSM für den Einsatz bei den Tafeltrauben der Sorten Katharina und Christine

Name	Hersteller	Art	Erreger	Aufwandmenge 4x Basisaufwand (kg bzw. L/ha)
Dynali	Syngenta	Fungizid	Pilzkrankungen	0,8
Vivando	BASF	Fungizid	Echter Mehltau	0,32
Collis	BASF	Fungizid	Echter Mehltau	0,64
Flint	Bayer	Fungizid	Pilzkrankungen	1,25

Tabelle 4 Eigenschaften, Wirkstoff, Wirkstoffgruppe, Wirkungsart und Darreichungsform der eingesetzten Pflanzenschutzmittel

Name	Eigenschaft	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe	Wirkung	Form
Dynali	systemisch	Cyflufenamid, Difenoconazole	G 1	Protektiv	Wasserdispergierbares Granulat
Vivando	lokalsystemisch	Metrafenone		Protektiv	Suspensionskonzentrat
Collis	systemisch	Boscalid, Kresoxim- Methyl		Protektiv	Suspensionskonzentrat
Flint		Trifloxystrobin		Protektiv	Wasserdispergierbares Granulat

3.2.2 Berechnung der Dosis und Konzentration

3.2.2.1 Apfelbäume im Freiland

Um zu prüfen inwieweit die genannten Mittel geeignet sind, wurden ausgehend von den normalen, für die Präparate angegebenen Aufwandmengen die Menge berechnet, die auf jeden Baum bei einer Sprühapplikation entfallen. Diese Menge wurde dann als reguläre Dosis angenommen, der jeder Baum ausgesetzt sein muss, um geschützt zu sein (100 % reguläre Dosis) Um die Zeit der Applikation möglichst gering zu halten, muss das Volumen der eingespritzten Lösung jedoch möglichst klein sein. Für die Freilandversuche wurden daher als Testvolumen 10 mL bzw. 5 mL festgelegt. Es wurde auf Grundlage bisheriger Erfahrungen davon ausgegangen, dass sich 10 mL in dieser kurzen Zeit applizieren lassen, als Ziel wurden hier maximal 10 Sekunden anvisiert. In diesem Volumen befinden sich die zu testenden PSM, die Differenz zu den 5 bzw. 10 mL wird durch Lösen der PSM in Wasser ausgeglichen.

Die Mittel wurden sowohl einzeln als auch als Mischung in die Bäume eingebracht. Dadurch sollten sich die Zahl der notwendigen Applikationsvorgänge und die dafür nötige Zeit reduzieren. Um eine mögliche Reduktion der eingebrachten PSM-Menge zu untersuchen wurden alle Mittel/Mischungen mit 100 %, 50 % und 25 % der regulären Aufwandmengen eingebracht. 100 % entspricht dabei der Menge PSM, welches bei herkömmlicher Sprühapplikation rechnerisch auf jeden Baum aufgebracht wird. Für die Berechnung der pro Baum notwendigen regulären Aufwandmenge wurde von 4.000 Bäumen pro Hektar, einer Kronenhöhe von 2 m und einer regulär benötigten Wassermenge von 1000 L (500 L pro Meter Kronenhöhe) ausgegangen. Da sich in einer ersten Versuchsreihe Regalis plus als völlig ungeeignet herausstellte, wurde hier später auf den reinen Wirkstoff Prohexadion-Calcium zurückgegriffen. In späteren Versuchen wurde zusätzlich das Mittel Confidor WG 70 aufgenommen, welches in früheren Tests erfolgreich eingesetzt wurde und auch international oft bei Stammapplikationsversuchen als Insektizid genutzt wird.

Die Versuchslösungen, eingebrachten PSM-Mengen und Mischungen sind in Tabelle 5 dargestellt. Für die Gemische wurde die jeweils als Einzeldosis benötigte Menge jedes PSM

eingesetzt und mit Leitungswasser auf das jeweilige Volumen (10 bzw. 5 mL) aufgefüllt. Als Kontrolle diente reines Leitungswasser.

Tabelle 5 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel, Mischungen, Konzentrationen für die Versuche an den Apfelbäumen im Freiland

Einzelmittel	Gemische		Einzelmittel	Gemische			
	In 10 mL			In 5 mL			
	100%	μL bzw. mg		100%	μL bzw. mg		
Calypso	75,00	Calypso	75,00	Calypso	75,00	Calypso	75,00
Vertimec Pro	56,25	Vertimec Pro	56,25	Vertimec Pro	56,25	Vertimec Pro	56,25
Topas	93,75	Topas	-	Topas	93,75	Topas	-
Score	56,25	Score	-	Score	56,25	Score	-
Systhane 20 EW	93,75	Systhane 20 EW	93,75	Systhane 20 EW	93,75	Systhane 20 EW	93,75
Regalis plus	375,00	Regalis plus	375,00	Prohexadion-calcium	37,50	Prohexadion-calcium	37,50
				Confidor WG 70	37,50		
50%	μL bzw. mg	50%	μL bzw. mg	50%	μL bzw. mg	50%	μL bzw. mg
Calypso	37,50	Calypso	37,50	Calypso	37,50	Calypso	37,50
Vertimec Pro	28,13	Vertimec Pro	28,13	Vertimec Pro	28,13	Vertimec Pro	28,13
Topas	46,88	Topas	-	Topas	46,88	Topas	-
Score	28,13	Score	-	Score	28,13	Score	-
Systhane 20 EW	46,88	Systhane 20 EW	46,88	Systhane 20 EW	46,88	Systhane 20 EW	46,88
Regalis plus	187,50	Regalis plus	187,50	Prohexadion-calcium	18,75	Prohexadion-calcium	18,75
				Confidor WG 70	18,75		
25%	μL bzw. mg	25%	μL bzw. mg	25%	μL bzw. mg	25%	μL bzw. mg
Calypso	18,75	Calypso	18,75	Calypso	18,75	Calypso	18,75
Vertimec Pro	14,06	Vertimec Pro	14,06	Vertimec Pro	14,06	Vertimec Pro	14,06
Topas	23,44	Topas	-	Topas	23,44	Topas	-
Score	14,06	Score	-	Score	14,06	Score	-
Systhane 20 EW	23,44	Systhane 20 EW	23,44	Systhane 20 EW	23,44	Systhane 20 EW	23,44
Regalis plus	93,75	Regalis plus	93,75	Prohexadion-calcium	9,38	Prohexadion-calcium	9,38
				Confidor WG 70	9,38		

Zunächst wurde das Mischungsverhalten der Mittel einzeln bzw. in Mischung in Wasser untersucht. Hierzu wurde zunächst das Wasser vorgelegt und die entsprechende Menge PSM zugegeben und umgeschüttelt. Auf die gleiche Weise wurde bei den Gemischen verfahren, wobei hier zunächst als Feststoff vorliegende PSM gelöst wurden und dann erst die flüssigen PSM zugegeben wurden.

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, unterscheiden sich die Applikationslösung in der Variante 100 %, 5 mL deutlich voneinander.

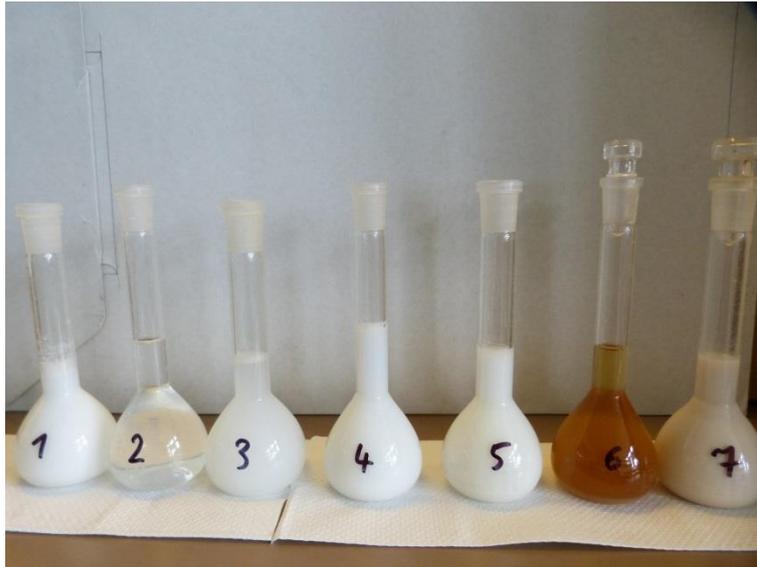


Abbildung 1 Angesetzte Applikationslösungen als Einzellösungen (1-6) und als Mischung (7) in der Variante 100 % 5 mL. 1: Calypso; 2: Vertimec pro; 3: Topas; 4: Score; 5: Systhane 20 EW; 6: Regalis plus; 7 Mischung aus allen genannten Mitteln.

Die Mittel Calypso, Topas und Systhane 20 EW bilden eine tiefweiße milchige Lösung, es handelt sich bei diesen drei auch um die Mittel mit der höchsten Viskosität. Topas ist ebenfalls weißlich, jedoch nicht so intensiv während Vertimec pro nach dem Mischen mit Wasser fast klar bleibt. Regalis plus bildet eine bräunliche Suspension mit sehr hohem Anteil ungelöster Partikel. Die Mischung aller Mittel zeigt erwartungsgemäß ein Mittel dieser Färbungen, also ein dichtes Weiß mit bräunlichem Einschlag und vielen Partikeln.

3.2.2.1.1 Applikation

Da die Applikation mit der ES 2 zum Zeitpunkt der Versuche nicht zuverlässig funktionierte (Dichtigkeit), wurden die Versuche nach der Bohrmethode durchgeführt. Hierzu wurden Löcher in die Stämme gebohrt (\varnothing 4 mm, Tiefe 15 mm). In diese wurden die Spritzendüsen eingesteckt und die Lösung mit möglichst gleichmäßigem Druck appliziert. Dabei wurde die Zeit gestoppt, die für die Applikation von 10 bzw. 5 mL Lösung notwendig war. War eine Applikation der kompletten vorgesehenen Menge nicht möglich, wurde der Vorgang abgebrochen, sobald keine weitere Lösung mehr eingebracht werden konnte und die Zeit gestoppt. Die einzelnen Arbeitsschritte der Applikation sind in Abbildung 2 gezeigt.



Abbildung 2 Applikation an den Apfelbäumen: a) Anbohren des Stammes; b) Bohrloch im Stamm; c) Applikation der Lösung (hier Confidor WG 70, 5 mL 25 %); d) Bohrloch nach der Applikation (hier Confidor WG 70, 5 mL 50 %);

3.2.2.2 Tafeltrauben im Halbfreiland

Analog zu den Versuchen mit Apfelbäumen wurde die benötigte Dosis für die Reben berechnet. Dabei wurde von 4.000 Reben pro Hektar und der höchsten zugelassenen Aufwandmenge (vierfacher Basisaufwand) ausgegangen. Aufgrund der vorangegangenen Versuche mit den Apfelbäumen wurde für die Reben nur die Konzentration mit 25 % der regulären Dosis untersucht, da höhere Konzentrationen bereits bei den Apfelbäumen schwierig bis unmöglich zu applizieren waren. Als Kontrolle diente wiederum Leitungswasser. Die Applikation erfolgte wie bei den Apfelbäumen beschrieben, in Abbildung 3 ist sie exemplarisch dargestellt. In Tabelle 6 sind die Daten zu den eingesetzten Mittel zusammengefasst.

Tabelle 6 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel, Mischungen, Konzentrationen für die Versuche an den Tafeltrauben im Halbfreiland

Einzelmittel		Gemische	
In 5 ml			
25%	µl bzw. mg	25%	µl bzw. mg
Dynali	500	Dynali	500
Vivando	200	Vivando	200
Collis	400	Collis	400
Flint	150	Flint	150



Abbildung 3 Applikation an den Tafeltrauben. A) Anbohren des Stammes; b) Bohrloch im Stamm; c) Applikation der Lösung (hier Kontrolle)

3.2.3 Probenahme und Rückstandsanalytik, Pflanzenverträglichkeit

Um eine Verteilung der PSM in den Pflanzen zu verfolgen, vor allem aber um eine mögliche Gefährdung der Konsumenten durch Rückstände ausschließen zu können, wurden Proben der Blätter und vor allem der Äpfel zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Applikation genommen. Bei den Tafeltrauben wurden zum Erntezeitpunkt Trauben beprobt. Die Applikations-, Probenahme- und Boniturzeitpunkte sowie die BBCH-Codes zum Applikationszeitpunkt für die Apfelbäume und Tafeltrauben sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Applikations-, Probenahme-, und Erntezeitpunkte sowie BBCH Code zum Applikationstermin für Freilandäpfel und Tafeltrauben

Datum	Äpfel						Tafeltrauben			
	Applikation	BBCH-Code	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Ernte	Applikation	BBCH-Code	Ernte 1 (Katharina)	Ernte 2 (Christine)
	7.5.2015	32	28.5.2015				2.6.2015	19	7.9.2015	28.9.2015
	8.5.2015	32	28.5.2015	28.6.2016	18.8.2015	9.9.2015				
	28.5.2015	39	09.6.2015							

Von den Probenahmen am 25.5.2015 (Äpfel + Blätter) und 18.08.2015 (Äpfel) sowie 07.09.2015 (Tafeltrauben Katharina) wurden jeweils ausgewählte Proben zur Eurofins Sofia GmbH zur Rückstandsanalytik eingesandt. Auf die Analytik der Blattproben wurde aus Kostengründen größtenteils verzichtet.

3.2.4 Tests an getopften Apfelbäumen im Gewächshaus mit hoher Konzentration

Während der Wintermonate 2015/2016 wurden zusätzliche Versuche im Gewächshaus an getopften Apfelbäumen der Sorten Alkmene und Gravensteiner durchgeführt. Die Bäume wurden bereits im Mai 2015 getopft und über Sommer zu optimalen Bewurzelung im Freiland aufgestellt. Nach dem Blattfall im Oktober/November 2015 wurden sie im Dezember 2015 ins geheizte Gewächshaus (ca. 20 °C, Beleuchtung mit 20 kLux, Tag/Nachtzyklus 16/8h) gestellt. Ab Anfang Januar konnten die Versuche durchgeführt werden. Ziel der Tests war die Prüfung, inwieweit die Konzentration der PSM erhöht werden kann, ohne dass die Bäume Schaden nehmen bzw. ob ein Einbringen unverdünnter Lösungen (und damit sehr kleiner Volumina) die Applikation erleichtern und verkürzen kann. Zudem sollte durch Applikation zu verschiedenen Zeitpunkten überprüft werden, inwieweit die Vegetationsphase einen Einfluss auf die Applizierbarkeit (Aufnahme) und mögliche Schädigungen hat. Die eingesetzten Mittel waren die Gleichen wie bei den im Freiland durchgeführten Untersuchungen. Im Unterschied zu den Freilandversuchen wurden die PSM hier jedoch unverdünnt eingesetzt. Auf Regalis plus bzw. dessen Wirkstoff Prohexadion-Calcium wurde verzichtet, da es sich dabei um das einzige Mittel handelt, welches als

Feststoff vorliegt. Dies hätte zu Löslichkeitsproblemen geführt, da kein Wasser eingesetzt wurde. Eine Lösung des Mittels direkt in den anderen PSM war nicht möglich. Die Daten zu den Mitteln sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt. In Tabelle 8 ist angegeben, welche Mengen jedes PSM in der Mischung vorliegen müssen, um 25 % der regulär mit Sprühapplikation ausgebrachten Menge pro Baum zu erhalten. Das Gesamtvolumen der pro Baum mindestens zu applizierenden Menge PSM betrug demnach 93,75 µl. Als Kontrolle diente Leitungswasser.

Tabelle 8 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel und Mengen für die Versuche an den Apfelbäumen im Gewächshaus. Die Mittel wurden unverdünnt als Mischung eingesetzt

Mischung, unverdünnt	
25%	µl
Calypso	18,75
Vertimec Pro	14,06
Topas	23,44
Score	14,06
Sythane 20 EW	23,44
Gesamt	93,75

Die Mittel wurden in ein Plastik-Reaktionsgefäß gegeben und durch kräftiges Schütteln vermischt. Da die resultierende Mischung sehr dickflüssig war und sich auch Ausfällungen bzw. Verklumpungen bildeten, kam eine Applikation mittels Lanze wegen der sehr kleinen Injektionslöcher nicht in Frage. Für die Applikation wurden die Bäume wieder angebohrt (Ø 4mm, Tiefe ca. 10-15 mm) und die jeweilige Menge des PSM-Gemischs in die Bohrung gefüllt. Die eingesetzten Volumina der PSM-Mischung bzw. Kontrolle sind in Tabelle 9 dargestellt. Da das Applizieren der mindestens erforderlichen ca. 100 µl problemlos funktionierte, wurden bei den späteren Terminen auch größere Mengen eingebracht, bis zu 250 % der regulären Menge. Dabei wurden bei den höheren Volumina auch mehrfach direkt nacheinander Lösung bis zur gewünschten Gesamtmenge eingebracht. Die eingebrachte Lösung wurde relativ schnell aufgenommen, so dass nach kurzer Zeit nachdosiert werden konnte. Der Applikationsvorgang ist in Abbildung 4 dargestellt.

Tabelle 9 Applikationstermine und –Volumina bei den Versuchen an Apfelbäumen im Gewächshaus

	Applikation 1	Applikation 2		Applikation 3		Applikation 4		Applikation 5	
Datum	05.01.2016	13.01.2016		21.01.2015		16.02.2016		25.02.2016	
B BCH	11	19		60		65		69	
Baum	PSM (µl)	PSM (µl)	Kontrolle						
1	100								
2	100								
3	200								
4	200								
5		400							
6		300							
7		300							
8			400						
9			300						
10			300						
11				300					
12				300					
13				350					
14					300				
15					400				
16					600				
17						500			
18						350			
19						300			
20							350		
21							800		
22							500		
23								500	
24								500	
25								450	
26									800
27									500
28									600



Abbildung 4 Applikation der getopften Apfelbäume im Gewächshaus. a) Gruppe 1, Applikationstermin 5.1.2016; b) Aufziehen der dickflüssigen PSM-Mischung in eine Spritze; c) Applikation von 100 µL PSM-Mischung in ein Bohrloch; d) fertig applizierter Baum, kleine Mengen der Flüssigkeit laufen aus dem Bohrloch heraus.

4. Ergebnisse

4.1 Technische Entwicklung und Tests

4.1.1 Entwicklungsstufe 1



Abbildung 5 Erste Injektionslanze mit hydraulischer Einbringsvorrichtung, Weiterentwicklung des Prototyps

Die Austrittsöffnungen oben und unten an der Lanze schlossen zunächst direkt mit der Ober/Unterkante der Lanze ab. Dies führte dazu, dass sich die Öffnungen beim Eindringen der Lanze in den Baum mit Holzteilchen füllten und verstopften. Dieses Problem konnte durch ein Einsenken der Öffnungen in 1 mm tiefe Vertiefungen gelöst werden.

Durch die relativ große Breite (Dicke) der Lanze wurde das Holz recht stark gespalten und es bildeten sich Risse über- und unterhalb der Eindringstelle, die die Wunde vergrößerten und an denen die Injektionslösung leicht wieder austreten konnte.

Problematisch war auch der langsame Druckaufbau des pneumatischen Systems. Dadurch konnte die Lanze nur ca. 5 mm tief in den Stamm eingedrückt werden, was ebenfalls zur Undichtigkeit beitrug.

4.1.2 Entwicklungsstufe 2

In der ES 2 konnte eine Verbesserung des Eindringverhaltens der Lanze festgestellt werden. Die Eindringtiefe erhöhte sich, wodurch nun die volle Länge der Lanze ausgenutzt wurde. Die in ES 2 verwendete Lanze ist in Abbildung 6 dargestellt. Allerdings wurden dadurch nicht das Problem der „Holzspaltung“ und die damit einhergehende Rissbildung beseitigt. So traten bei Applikationsversuchen im Freiland auch bei dieser ES weiterhin in der Mehrzahl der Versuche Applikationslösung aus.



Abbildung 6 In ES 2 eingesetzte Injektionslanze

4.1.3 Entwicklungsstufe 3

Die ES 3 des Applikators mit dem Federsystem und der Einschussvorrichtung ist in Abbildung 7 dargestellt.



Abbildung 7 ES 2 des Stammapplikators an einem Test-Apfelbaum. Mit den beiden Griffen (6) wird die Stahlfeder (3) vorgespannt und gelöst. Am Manometer (1) kann der Injektionsdruck abgelesen werden, die Spritzenhalterung (2) nimmt die Spritze mit der Applikationslösung auf. Die Injektionslanze (4) wird von der gespannten Feder in den Baumstamm gedrückt. Um ein Rückfedern des Baumstammes zu verhindern, ist dieser mit einem Holzkeil (5) am Applikator fixiert.

Die Applikation mit dieser ES erfolgt nach dem im Folgenden beschriebenen Verfahren. Der Applikator wird mit der gepolsterten Seite bündig an den Baumstamm gestellt und dieser mit einem Holzkeil fixiert. Nach dem Vorspannen der Stahlfeder und dem entriegeln wird die Stahllanze ca. 1cm tief in den Baumstamm eingeschossen. Um eine Abdichtung der entstehenden Wunde zu erreichen befindet sich eine durchbohrte Gummischeibe um die Injektionslanze, welche nach dem erfolgten Einstich plan am Baumstamm anliegen und den Austritt von Pflanzenschutzmittel verhindern soll.

Bei Tests an 3-5-jährigen Apfelbäumen konnte festgestellt werden, dass die mechanischen Komponenten des Prototypen gut funktionieren. Die eingestellte Federkraft reicht aus, um die Injektionslanze problemlos bis zum Anschlag in den Baumstamm zu schießen.

Beim Eindringen der Injektionslanze entsteht durch das Verdrängen des Holzes jedoch weiterhin ein Riss, der sich vertikal bis zu einigen Zentimetern ober- und unterhalb der Einstichstelle ausbreitet. Dies bedeutet eine relativ große Wunde, welche zum einen entsprechend lang zum Abheilen benötigt. Zum anderen verursacht sie große Probleme beim Abdichten der Injektionsstelle. Durch den Riss kann Pflanzenschutzmittellösung seitlich am Dichtungsgummi vorbei wieder aus dem Baum austreten. Dies verringert die absolute Menge bzw. auch die Kontrolle der eingebrachten Menge an PSM in den Stamm. Zudem entsteht dadurch eine Belastung der Umwelt mit der relativ hoch konzentrierten Lösung, was ja gerade durch das Verfahren vermieden werden soll. Um diese Probleme zu umgehen, wurden die Form und der Aufbau der Lanze nochmals grundlegend verändert.

4.1.4 Entwicklungsstufe 4

Die nochmals überarbeitete Lanze ist in Abbildung 8 dargestellt. Der Lanzenkörper wurde stark abgeflacht und oben und unten spitzer zulaufen gelassen. Dadurch sollte das Holz beim Eindringen nicht so stark verdrängt werden, wodurch der sich bildende Riss kleiner bleibt. Zudem sollten durch das spitze Zulaufen der Lanzen ein sich bildender Riss besser abgedichtet werden, da sich das Holz besser an die Lanzenform anpasst. Um bei einem Bruch einen schnellen Austausch zu ermöglichen, ist der Vorderteil mit der eigentlichen Lanze mit zwei Schrauben am hinteren Metallkörper befestigt. Der Metallkörper dient der Anbringung am Federsystem, mit dem die Lanze eingeschossen wird (siehe Abbildung 7).

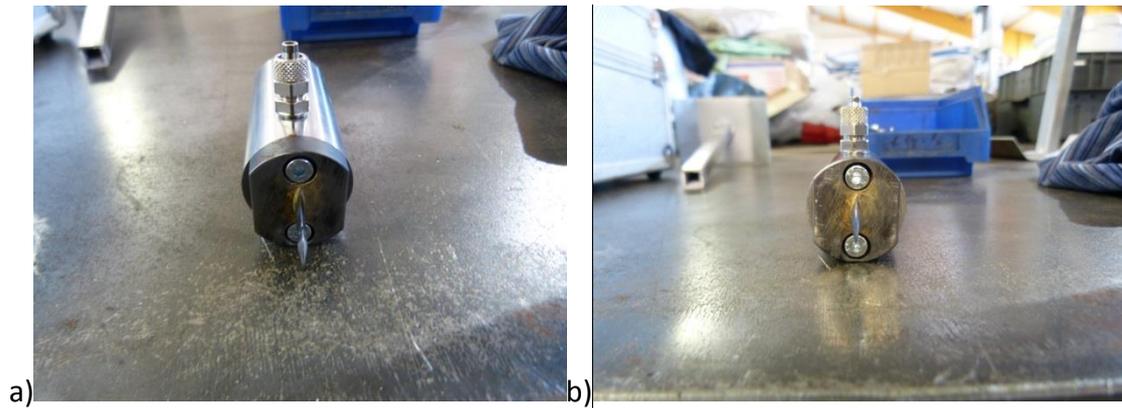


Abbildung 8 Nochmals verbesserte Lanzenform der ES 4. Deutlich ist die wesentlich schmalere Form und die scharf zulaufende Ober- und Unterseite erkennbar a) Schräge Aufsicht mit Anschluss für den Injektionsschlauch (oben) und den beiden Befestigungsschrauben.; b) Ansicht von vorne. Bei der Applikation befindet sich noch ein Dichtungsgummi um die Lanze (nicht abgebildet)

Versuche mit dieser verbesserten Lanze zeigten, dass die Dichtigkeit zwar zugenommen hatte, trotzdem aber noch immer recht häufig Injektionslösung austrat. Dies war vor allem dann der Fall, wenn die ganze Applikationseinheit nicht optimal an die Stammform angelegt wurde. Dadurch dringt die Lanze in einem ungünstigen Winkel in den Stamm ein, wodurch die Wahrscheinlichkeit, dass dieser weiter aufreißt, stark steigt. Gleichzeitig zeigte sich jedoch auch, dass bei optimaler Positionierung der Einheit und der Lanze am Stamm ein problemloses und schonendes Eindringen der Lanze in den Baumstamm möglich ist. An der Applikationseinheit wurden deshalb verbesserte Positionierungs- und Abstandshalter befestigt, die für eine genauere Ausrichtung des kompletten Systems und der Lanze möglichst parallel zum Baumstamm sorgen. Auf diese Weise konnte nochmals eine Verbesserung der Dichtigkeit erreicht werden. Allerdings schlugen weiterhin ca. zwei von drei Versuchen fehl, was für eine professionelle Anwendung weiterhin deutlich zu niedrig ist. In Abbildung 9 ist nochmals die Applikationseinheit der ES 4 im Detail dargestellt.



Abbildung 9 Applikationseinheit der ES 4. Neben der neuen Injektionslanze wurden bessere Abstandshalter und Positionierhilfen ober und unterhalb der Lanze angebracht.

In Abbildung 10 ist das Ausmaß der Rissbildung zu sehen. Ober- und unterhalb der eigentlichen Einstichwunde, die direkt von der Lanze verursacht wird, befinden sich Risse, die die Wundgröße ca. verdreifachen und die Abdichtung extrem erschweren.

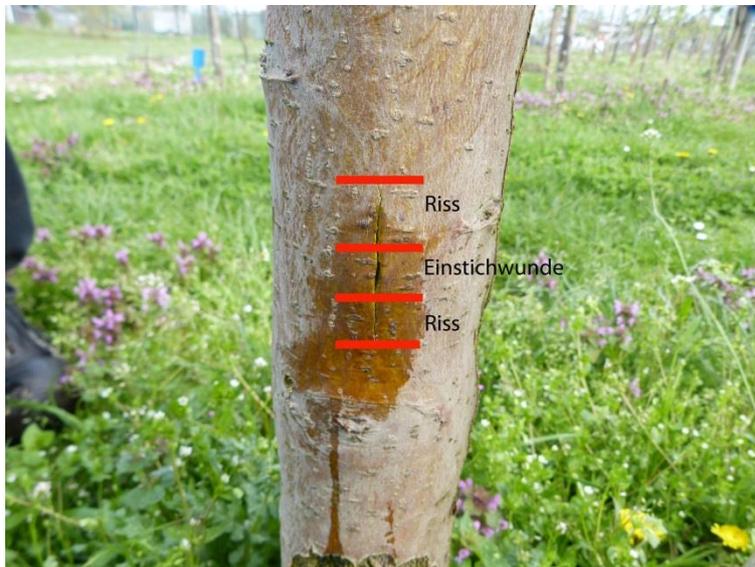


Abbildung 10 Rissbildung mit der verbesserten Injektionslanze an der ES 4. Deutlich ist zu sehen, dass über den eigentlichen Eindringbereich der Lanze der Baumstamm ober- und unterhalb jeweils weitere 4-5 mm weit aufgerissen ist. Aus diesen Öffnungen kann die Applikationslösung entweichen

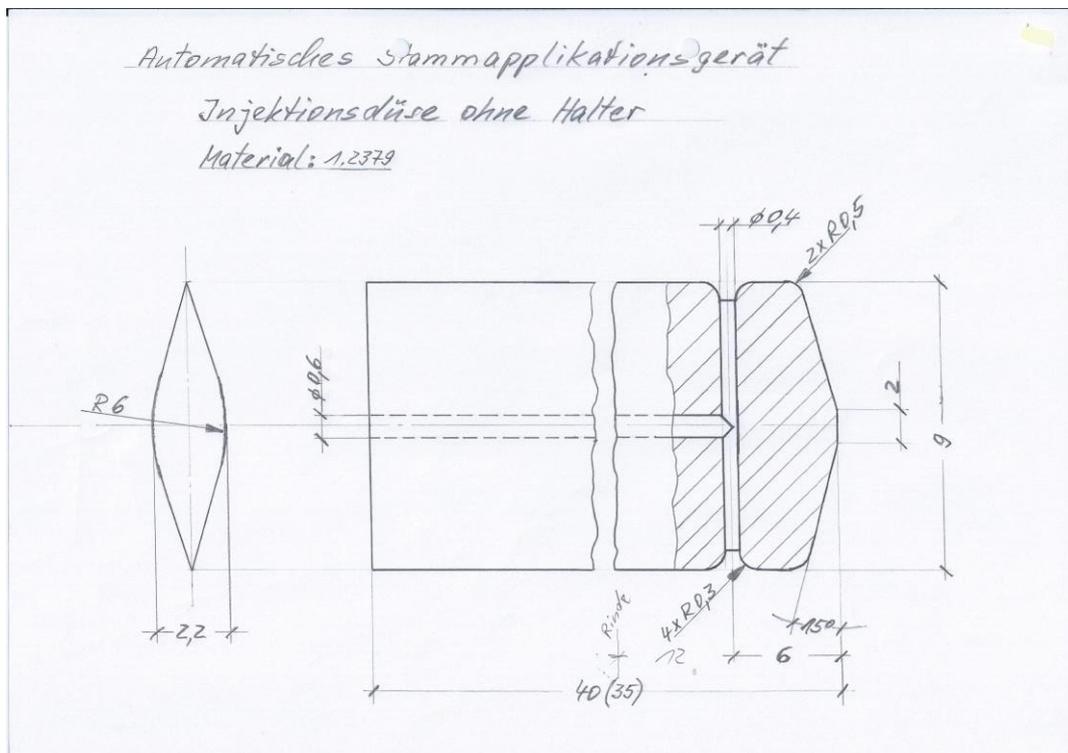


Abbildung 11 Verbesserte Injektionslanze in ES 4

4.1.5 Entwurf fertiger Applikator inkl. Anbau, Patent

Auf Basis der in den Versuchen erzielten Ergebnisse wurden technische Skizzen für den Aufbau des fertigen Stammapplikators angefertigt. Somit ist ein schneller Zusammenbau des Applikators möglich, wenn das Problem der Abdichtung der Lanze gelöst ist. Die Skizzen sind in den Abbildung 13 bis Abbildung 15 dargestellt und gehen vom seitlichen Anbau des Gesamtsystems an eine Zugmaschine aus. Um möglichst zeiteffizient zu arbeiten ist auch die Anbringung von zwei Einheiten beidseitig am Traktor möglich, so dass in diesem Fall zwei Zeilen mit einer Durchfahrt behandelt werden können. In Zukunft ist auch ein Anbau an einen selbsttätig fahrenden Roboterwagen möglich, wodurch eine zusätzliche Zeit- und damit Kostenersparnis möglich ist. Der Grundrahmen und die Anbringung sind in Abbildung 12 skizziert.

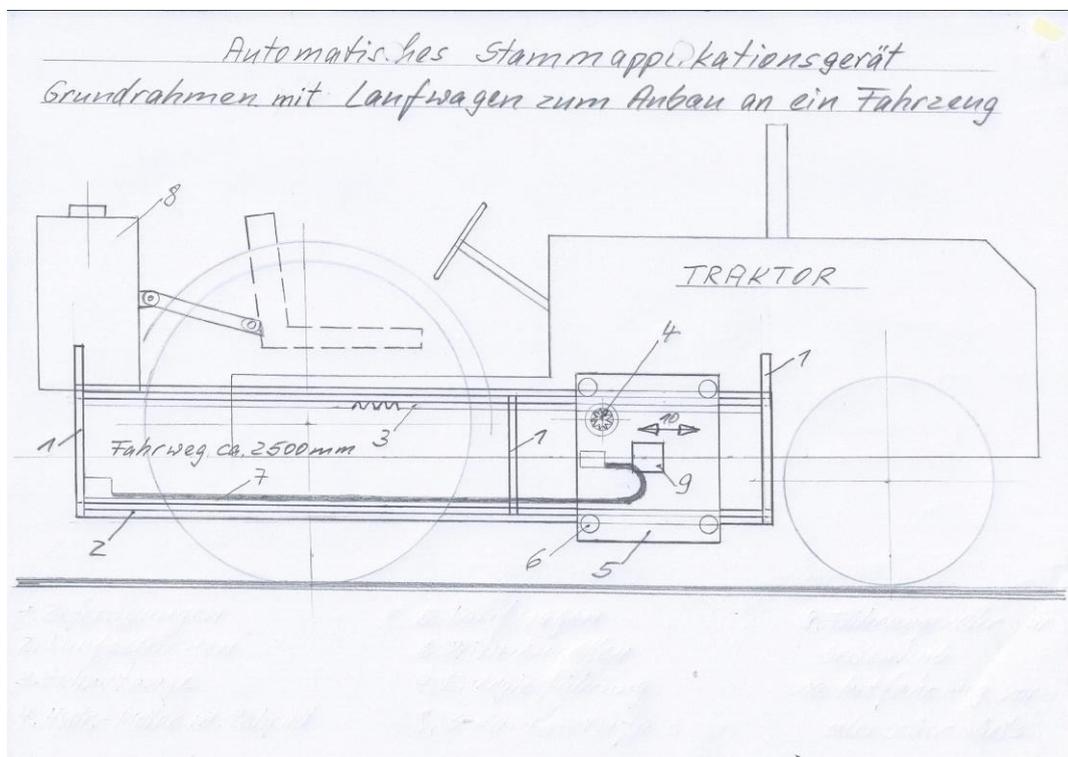


Abbildung 12 Seitliche Anbringung des automatischen Applikationsgerätes an eine Zugmaschine aus der Seitenansicht. 1: Befestigungshalter; 2: Laufschiene; 3: Zahnstange; 4: Hydraulischer Motor mit Zahnrad; 5: Laufwagen; 6: Prismenrollen; 7: Energieführung; 8: Behälter mit drei Kammern für Injektionslösung, Desinfektionsmittel und Baumwachs; 9: Führungsrohr für Seitenhub; 10: Mitfahrweg (Vor- oder rückwärts)

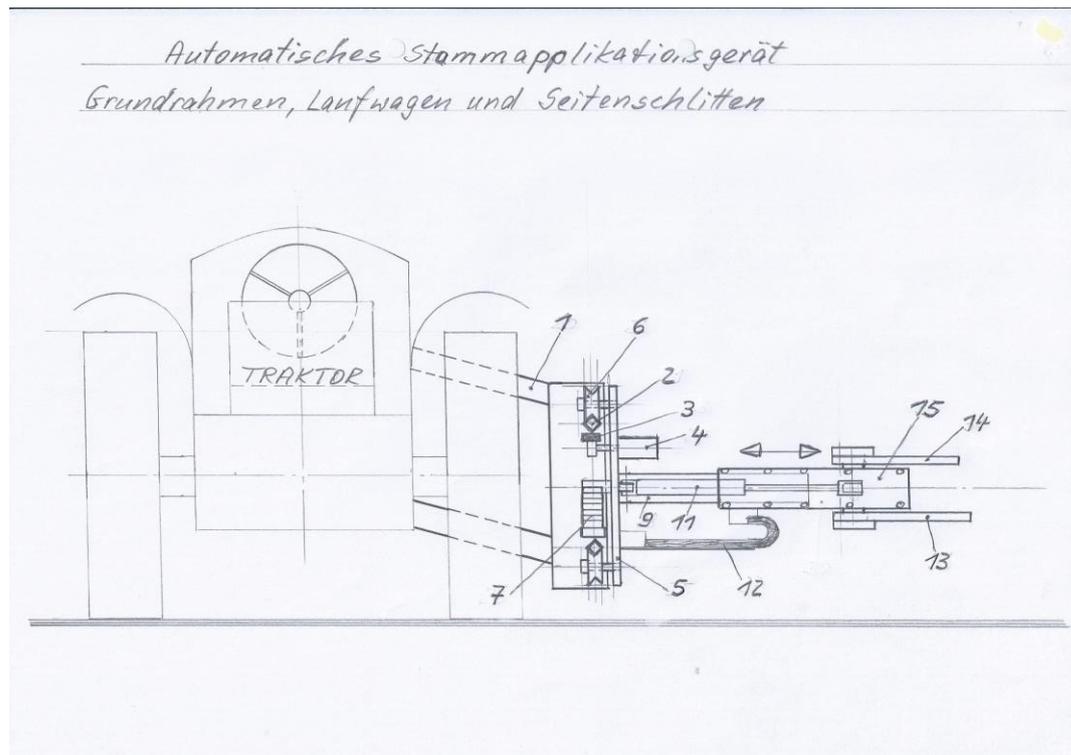


Abbildung 13 Seitliche Anbringung des automatischen Applikationsgerätes an eine Zugmaschine aus der Vorderansicht. 1: Befestigungshalter; 2: Laufschienen; 3: Zahnstange; 4: Hydraulischer Motor mit Zahnrad; 5: Laufwagen; 6: Prismenrollen; 7: Energieführung; 8: Behälter mit drei Kammern für Injektionslösung, Desinfektionsmittel und Baumwachs; 9: Führungsrohr für Seitenhub; 10: Mitfahrweg (Vor- oder rückwärts); 11: Hydraulik-Zylinder; 12: Energieführung; 13: Baumklemme (Details siehe Abbildung 14); 14: Eindrückarme für Injektionsdüsen; 15: fahrbares Seitenteil (zum Baum und zurück)

Die Applikationseinheit sitzt dabei an einem Laufwagen, der horizontal auf Laufschienen beweglich ist (siehe Abbildung 12 bzw. Abbildung 13). Der Traktor fährt mit kontinuierlicher Geschwindigkeit durch die Obstanlage. Wird ein Baum erreicht und vom System erkannt, fährt der Seitenschlitten die Applikationseinheit an den Baumstamm, wo sie von der Baumklemme fixiert wird. Während der Applikation bewegt sich der Laufwagen entsprechend der Vorwärtsbewegung des Traktors kontinuierlich auf den Laufschienen nach hinten. Eventuelle Vertikalbewegungen des Traktors durch Bodensenken/Erhebungen werden durch eine flexible Aufhängung der Applikationseinheit ausgeglichen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass es zu keiner Beschädigung des Systems und der Baumes kommt. Bei regulärer Beendigung des Applikationsvorgangs löst sich die Baumklemme und die Lanze wird aus dem Baumstamm gezogen. Anschließend fährt das gesamte System in die Ausgangsposition zurück und ist bereit für eine neue Applikation. Sollte die Applikation noch nicht beendet sein, wenn der Laufschlitten das Ende der Führungsschienen erreicht, wird die Applikation abgebrochen und das System fährt in die Ausgangsposition. Auf diese Weise wird verhindert, dass sowohl die Applikationsmechanik als auch die Bäume Schaden nehmen.

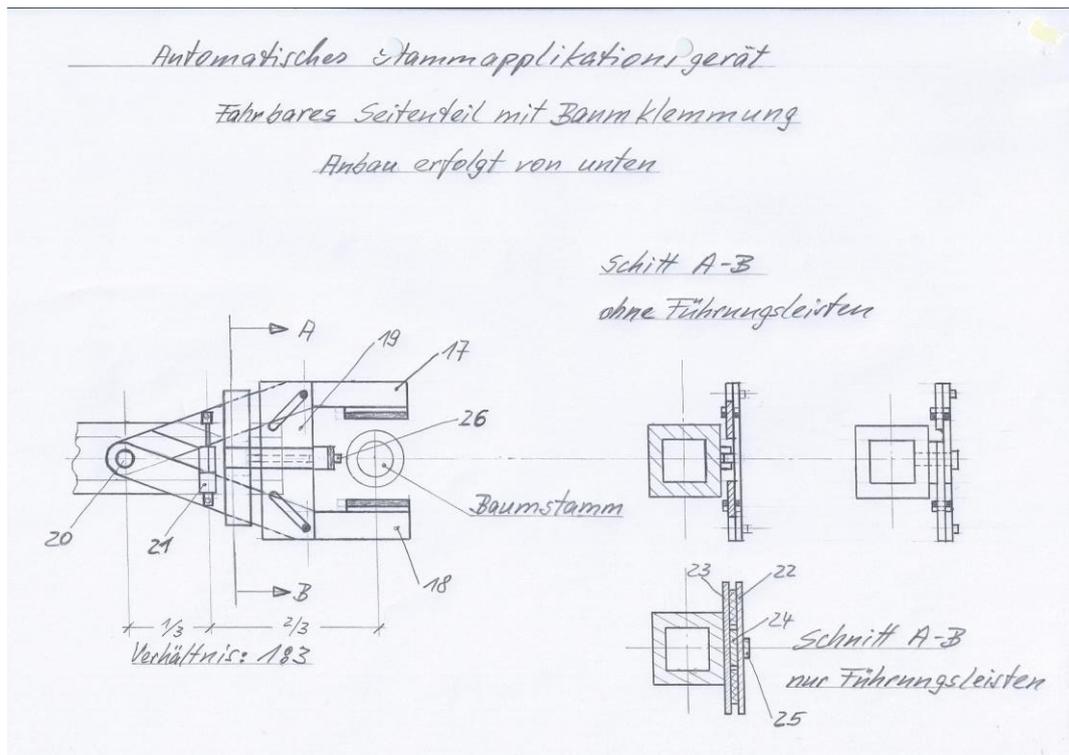


Abbildung 14 Automatisches Stammapplikationsgerät, Detail der Baumklemme. 17: Zentrierarm; 18: Zentrierarm; 19: Zentrierleiste; 20: Lagerbolzen; 21: Hydraulik-Zylinder; 22: Führungsleiste; 23: Führungsleiste; 24: Distanzstück; 25: Führungs- und Deckleiste; 26: Taster für Hydraulik-Ventil

Zur Fixierung der Injektionseinheit am Baumstamm wird dieser durch zwei bewegliche Arme erfasst und festgehalten. An diesen beiden Armen sitzen auch die Injektionslanzen. Schließt sich die Klemme, werden diese beidseitig in den Baum eingestochen und ermöglichen so die Injektion der PSM-Lösung. Dadurch, dass sich die Arme gegenüber liegen und diese sich gleichzeitig schließen, ist es dem Baumstamm nicht möglich nach hinten auszuweichen. Die Verwendung mehrerer Injektionslanzen bzw. mehrere Löcher verbessert die räumliche Verteilung der PSM-Lösung im Stamm und der ganzen Pflanze (Aćimović et al., 2014; Tanis et al., 2012), während gleichzeitig das pro Lanze einzubringende Volumen halbiert wird. Dadurch ist eine weitere Zeitersparnis möglich. Dies geht allerdings mit zwei Wunden am Stamm einher. Eine sichere Abdichtung ist demzufolge wichtigste Voraussetzung für die Einsatzfähigkeit dieses Systems.

4.2 Entwicklung Pflanzenschutzmittel

4.2.1 Auswahl der PSM, Konzentration

4.2.1.1 Äpfel

Die für die Versuche ausgewählten Pflanzenschutzmittel sind alle für den Einsatz im Apfelanbau zugelassen bzw. waren zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung in der Aufbrauchfrist (Vertimec-pro). Die Auswahl der Pflanzenschutzmittel deckte die meisten wichtigen Schädlinge ab, die im Apfelanbau relevant sind: Pilze (z.B. Schorf), Bakterien (Feuerbrand), Insekten (z.B. Apfelwickler, Thripse), Milben. Die eingesetzten Mittel werden von den Pflanzen aufgenommen und verteilt. Dies stellt die grundlegend wichtige Basis für die Möglichkeit der Verwendung in der Stammapplikation dar.

Allerdings sind die PSM vom Hersteller zur Verwendung mit Sprühapplikation konzipiert, sie enthalten also meist Netzmittel, Hilfsstoffe, Lösungsvermittler oder Öle bzw. sind mikroverkapselt oder anderweitig aufbereitet. PSM sind als komplexe organische Moleküle meist nicht oder kaum wasserlöslich, weshalb die Hersteller diesen Aufwand betreiben müssen. Für das Verfahren der Stammapplikation ist dies jedoch ein enormer Nachteil. Entweder lösen sich die reinen Wirkstoffe nur in geringen Mengen in der Applikationslösung bzw. im Saftstrom des Baumes, oder es werden die oben genannten Hilfsmittel zugegeben, welche jedoch zu Problemen wie Verstopfung der Leitbahnen usw. führen können. Zudem sollten die Mittel möglichst mischbar sein, ohne dass es zu Ausfällungen usw. kommt, die die Applizierbarkeit beeinträchtigen.

Die im Projekt eingesetzten PSM Calypso, Vertimec pro, Topas, Score, Systhane 20 EW, Confidor WG 70 und Regalis plus erfüllen diese Voraussetzungen weitgehend. Eine Ausnahme bildete das Mittel Regalis plus, welches eine große Menge unlöslichen Niederschlags bildete, so dass eine Applikation unmöglich war. Hier wurde für weitere Versuche auf den in Regalis plus enthaltenen Wirkstoff Prohexadion-Calcium als Reinsubstanz zurückgegriffen (Näheres siehe Kapitel 4.2.2.1.1).

Die Mittelmenge wurde wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben auf Basis der Menge berechnet, die ein Baum bei Einsatz der regulären Spritzmethode abbekommen würde. Da diese Menge PSM aber in dem viel kleineren Volumen von 10 bzw. 5 mL Wasser gelöst wurde, erhöhte sich die Konzentration um ein Vielfaches. Selbst die geringste Konzentration, in der nur 25 % der regulären Mittelmenge in 10 mL verwendet wurden, war noch gut dreimal so konzentriert, wie eine reguläre Spritzbrühe. Trotzdem waren die Einzellösungen in allen Fällen gleichmäßig weißlich trüb, es konnten keine konzentrationsbedingten Ausfällungen oder (zusätzliche) Unlöslichkeiten festgestellt werden.

Die einzeln angesetzten Lösungen bilden aufgrund ihrer Hilfsmittel meist weißliche Suspensionen/Emulsionen (Regalis plus: bräunlich), aus welchen sich nach längerer Standzeit ein staubartiger Niederschlag absetzt. Aufgrund der extremen Feinheit des Niederschlags wurden zunächst von einer prinzipiellen Einsetzbarkeit der Lösungen ausgegangen.

Auch die gemeinsame Mischungen aus den Einzelsubstanzen in Wasser zeigten keine Konzentrations- oder Mischungsbedingten Ausfällungen. Die Trübung war jedoch in diesen Lösungen, bedingt durch die insgesamt höheren Mengen erwartungsgemäß stärker (Additionseffekt der Einzeltrübungen).

Anders verhielt es sich bei den Mischungen aus den Einzelsubstanzen, die für die Gewächshausversuche nicht mit Wasser angesetzt wurden, sondern bei denen die einzelnen Mittel direkt miteinander vermischt wurden. Dabei bildeten sich, unabhängig von der Zugabereihenfolge, weißliche Klumpen bzw. Fäden. Es ist davon auszugehen, dass es sich hierbei eher um Reaktionen zwischen den Zusatzstoffen bzw. den Lösungsmitteln handelt, die sich in den Mitteln unterscheiden. Diese konzentrierten Lösungen sind also zumindest nicht für den Einsatz mit der Injektionslanze geeignet. Selbst wenn die Klumpen durch die feinen Bohrungen der Lanze passen, ist mit einem sofortigen Verschluss der Leitbahnen zu rechnen, was eine Applikation von mehr als wenigen μL unmöglich macht. Zudem erfordert der Umgang mit derart konzentrierten Substanzen entsprechende Sicherheitsmaßnahmen und bei einem Austritt, auch kleinster Mengen, ist die Kontamination der Umwelt ungleich größer. Trotzdem wurde dieses Gemisch für die Versuche mit den getopferten Apfelbäumen eingesetzt um die prinzipielle Machbarkeit zu überprüfen und zu testen, wie die Bäume auf die Applikation zu verschiedenen Vegetationsphasen reagieren. Möglicherweise sind diese Ergebnisse für spätere oder andere Verfahren nutzbar.

Bedingt durch die extrem hohe Konzentration war die insgesamt zu applizierende Menge des Gemischs mit unter 100 μL pro Baum sehr klein.

4.2.1.2 Tafeltrauben

Analog zu den Tests mit den im Apfelanbau eingesetzten Mittel wurden auch PSM für die Vitikultur untersucht. Die Ergebnisse entsprechen jenen bei den Apfelmitteln. Die Einzelmittel bildeten mit Wasser weißlich trübe Lösungen. Da hier nur die 25 %-Variante angesetzt wurde, kann über die höheren Konzentrationen keine Aussage getroffen werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei steigender Konzentration auch der Trübungsgrad zunimmt. Dies ist auch bei der Mischung aus den vier Mitteln sichtbar, hier ist die Trübung, wie bei den Äpfeln, höher als bei den Einzelmitteln.

4.2.2 Freilandversuche

4.2.2.1 Applikationsvorgang: Volumen, Handhabung, Geschwindigkeit, Dichtigkeit

4.2.2.1.1 Äpfel

Die Ergebnisse der Applikationsversuche sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 aufgelistet. Zunächst wurden die Einzellösungen mit 100 % PSM in 10 mL eingesetzt. Da bei der Applikation von Vertimec pro (100 %, 10 mL) bereits Schwierigkeiten auftraten, die gewünschte Menge in einer möglichst kurzen Zeit zu applizieren und die anderen PSM dieser Konzentrationsstufe ebenfalls kaum zu applizieren waren, wurden die Tests mit dieser Konzentrationsstufe abgebrochen und mit der niedrigsten Stufe (10 mL, 25 %) fortgeföhren.

Auch hier war es jedoch kaum möglich, die kompletten 10 mL zu applizieren und/oder es war eine zu lange Zeit nötig. Deshalb wurden die Versuche mit den 10 mL-Varianten abgebrochen. Offensichtlich ist es nicht oder nur schwer möglich, ein so großes Flüssigkeitsvolumen bei einem ungenügend gelöst vorliegenden PSM zu applizieren. Vermutlich werden von den ersten mL die feinen Leitbahnen und Kanäle verstopft, die für die schnelle Verteilung der Flüssigkeit im Stamm verantwortlich sind. Auch ein höherer Druck hilft hier nur begrenzt, da dadurch auch der Stamm geschädigt werden kann.

Die Applikation von 10 mL Lösung dauert zu lange und es ist in den meisten Fällen nicht möglich, das komplette Volumen in den Baum einzubringen, meist wurden nur 5-7 ml erreicht. Dies kann jedoch bei älteren Bäumen mit größerem Stammdurchmesser möglich sein, für die Versuche standen jedoch nur Bäume mit einem Stammdurchmesser bis maximal 5-6 cm zur Verfügung. Auch der Einsatz anderer, besser löslicher PSM kann die Aufnahme verbessern. Möglicherweise sind hier auch Mittel denkbar, die derzeit keine Zulassung im Obstbau haben, diese jedoch auf Basis der geänderten Ausbringvariante (Injizieren statt sprühen) erhalten können.

Da die Applikation von 10 mL nicht möglich war, wurden Versuche mit einem geringeren Volumen durchgeführt (5 mL), die jedoch die gleichen PSM-Mengen enthalten. Eine Lösung mit 100 % PSM in 5 mL ist demnach doppelt so konzentriert, wie die Lösung mit 100 % in 10 mL. Es ist jedoch möglich, dass trotz der höheren Konzentration die Applikation des kleineren Volumens in akzeptabler Zeit möglich ist, da das komplette Volumen eingebracht ist, bevor alle Poren/Kanäle verstopft sind. Ist das Mittel erst im Stamm, kann es auch kontinuierlich durch die Saftströme nachgelöst und verteilt werden. Aus diesem Grund wurde darauf geachtet, dass es sich bei den eingesetzten Mitteln um solche handelt, die systemische Eigenschaften haben, von der Pflanze also aufgenommen und verlagert werden können.

Tabelle 10 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 10 mL Lösungen und die daraus gebildeten Mittelwerte (MW)

PSM	10 mL							
	100%				25%			
	Dauer(s)	Vol (mL)	MW Dauer (s)	MW Vol (mL)	Dauer(s)	Vol (mL)	MW Dauer (s)	MW Vol (mL)
Calypso 1					20	7		
Calypso 2							20,0	7,0
Calypso 3								
Vertimec pro 1	17	4						
Vertimec pro 2	10	10	13,5	7,0				
Vertimec pro 3								
Topas 1					22	4		
Topas 2					16	6	16,3	5,0
Topas 3					11	5		
Regalis plus 1					33	10		
Regalis plus 2					25	4	27,7	7,0
Regalis plus 3					25	7		

Die Applikation der kleineren Volumen war deutlich erfolgreicher, zumindest was die niedrigeren Konzentrationen anging. In der 100 %-Varianten ließ sich weder Systhane 20 EW noch die Mischung aus allen PSM applizieren, mehr als 1 mL war nicht möglich. Vertimec pro, Topas, Score und Prohexadion-Calcium konnten dagegen sogar in dieser höchsten Konzentration einigermaßen ausreichend und in akzeptabler Zeit eingebracht werden. Bei der niedrigsten Konzentration (25 % der regulären Menge) waren bei Topas, Systhane 20 EW und Prohexadion-Calcium sogar sehr gute Ergebnisse (Volle Menge, Zeit unter 10 s) möglich, Score und auch die Mischung aus allen PSM zeigten befriedigende Ergebnisse. Regalis plus, aber auch das Insektizid Calypso waren nur sehr schwer oder zu langsam applizierbar. Frühere Versuche in einem anderen Projekt mit einem auf dem Wirkstoff Imidacloprid basierenden PSM (Confidor WG 70) an Eichen und Platanen erbrachten deutlich bessere Ergebnisse. Aus diesem Grund wurde dieses Mittel nachträglich in die Versuche aufgenommen und an den Apfelbäumen getestet, es existiert eine Zulassung gegen Blattläuse und Apfelwickler bis 31.12.2016. Die Variante 5 mL, 100 % war nahezu nicht applizierbar, bei 5 mL, 25 % konnten jedoch die vollen 5 mL in kurzer Zeit (9-10 s) appliziert werden. Bei Einsatz dieses Mittels auch in der Mischung sollte sich diese ebenfalls gut applizieren lassen. Aufgrund der vielen weiteren vorliegenden Studien zur Wirksamkeit von Imidacloprid, aber auch anderen Mitteln (z.B. Acimović et al., 2014, 2015; Byrne et al., 2012; Eisenback et al., 2014; Ferracini & Alma, 2008; Grimalt et al., 2011; Noack et al., 2009; Rolando et al., 2011; vanWoerkom et al., 2014) sollten diese Mittel, die Zulassung vorausgesetzt, in Zukunft erprobt und eingesetzt werden.

Tabelle 11 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 5 mL Lösungen und die daraus gebildeten Mittelwerte (MW)

PSM	5 mL														
	100%				50%				25%						
	Dauer (s)	Vol (mL)	MW (s)	Dauer (s)	MW (mL)	Dauer (s)	Vol (mL)	MW (s)	Dauer (s)	MW (mL)	Dauer (s)	Vol (mL)	MW (s)	Dauer (s)	MW (mL)
Calypso 1						9	0,5					15	3		
Calypso 2						9	0,5	8,7	1,0			10	5	11,3	4,3
Calypso 3						8	2					9	5		
Vertimec pro 1	21	5													
Vertimec pro 2	5	5	13,0	5,0											
Vertimec pro 3															
Topas 1	8	2										6	5		
Topas 2	8	4	8,0	3,0								5	5	6,0	5,0
Topas 3												7	5		
Score 1	10	4				9	3					12	4		
Score 2	4	0,5	9,0	3,2		8	5	9,3	3,3			8	4	10,0	4,3
Score 3	13	5				11	2					10	5		
Systhane EW 20 1	7	1				7	1					9	5		
Systhane EW 20 2	9	1	8,0	1,0		13	4	10,3	3,0			12	5	9,3	5,0
Systhane EW 20 3						11	2					7	5		
Systhane EW 20 4						10	5								
Regalis plus 1						3	0,5					13	2		
Regalis plus 2						6	1,5	4,3	0,8			11	5	13,0	3,3
Regalis plus 3						4	0,5					15	3		
Mischung 1	6	1				9	2					9	3		
Mischung 2	6	1				7	4					7	4		
Mischung 3						10	2	8,7	2,7			7	2	6,8	2,8
Mischung 4			6,0	1,0								7	3		
Mischung 5												5	3		
Mischung 6												6	2		
Prohexadion-Calcium 1	10	5										7	5		
Prohexadion-Calcium 2	10	4	10,0	4,5								6	5	9,3	5,0
Prohexadion-Calcium 3												15	5		

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Applikationsgeschwindigkeit bei 5 mL Volumen zumindest bei der Variante mit 25 % ausreichend hoch ist, auch wenn alle PSM zusammen in einer Mischung sind. Die Handhabung der Lösungen war unkompliziert und unterscheidet sich nicht wesentlich von der üblichen Handhabung von Spritzmitteln. Wie auch schon bei früheren Versuchen zur Stammapplikation festgestellt wurde und wie in Tabelle 10 und Tabelle 11 ebenfalls zu sehen ist, unterscheiden sich die Volumina an Lösung, die in die einzelnen Bäume eingebracht werden können, deutlich. Bei manchen Bäumen war es völlig problemlos 5 mL in kurzer Zeit einzubringen, andere Bäume nahmen nur ca. die Hälfte der

vorgesehenen Menge auf, oder die Applikation dauerte länger als veranschlagt. Dies ist vermutlich auf den Vegetationsstand der Bäume, das aktuelle Wetter und weitere, unbekannte Faktoren zurückzuführen. Auch Zamora et al. (2000) berichten von sehr unterschiedlichen Aufnahmemengen und führen dies auf die Wetterbedingungen und den Vegetationsstand, aber auch auf die Art des zu applizierenden Baums zurück. Es ist deshalb notwendig, für die Stammapplikation ein Volumen und eine Konzentration festzulegen, welches für die meisten Situationen passend erscheint und durch einen gewissen Spielraum den unterschiedlichen Aufnahmeraten der Bäume Rechnung trägt. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse sollte dieses Volumen maximal 5 mL betragen, kleinere Volumina (z.B. 3-4 mL) sind vorzuziehen. Als Aufwandmenge sollte 25 % der regulären Aufwandmenge anvisiert werden. Diese Dosis kann aufgrund der nicht vorhandenen Abdrift und von Abbaueffekten bereits zu einer genau so hohen Beladung des Baumes führen, wie sie durch eine Sprühapplikation erreicht wird. Damit ist sie ausreichend hoch, um einen sicheren Schutz der Pflanzen zu erreichen. In verschiedenen Studien ist die sichere Wirkung der eingebrachten PSM über einen längeren Zeitraum (teilweise bis zu zwei bis drei Vegetationsperioden) nach nur einmaliger Applikation beschrieben (z.B. vanWoerkom et al., 2014). Da im Vergleich zu „normalen“ Spritzbrühen mit deutlich konzentrierteren Lösungen umgegangen wird, sind die Arbeitssicherheitsmaßnahmen besonders sorgfältig einzuhalten. Dies ist auch und vor allem bei der Reinigung der Tanks zu beachten.

4.2.2.1.2 Tafeltrauben

Aufgrund der bei den Apfelbäumen gewonnenen Erfahrungen wurden bei den Tafeltrauben die Versuche nur mit dem kleineren Volumen von 5 mL und der geringsten Konzentration (25 %) durchgeführt. Es handelte sich dabei auch nur um Tastversuche, die die prinzipielle Möglichkeit der Applikation auch bei Tafel/Weintrauben untersuchen sollte. Wie in Tabelle 12 zu sehen ist, wurden an zwei Sorten und jeweils nur an einer Rebe Versuche durchgeführt, da eine größere Anzahl Reben nicht zur Verfügung stand.

Flint und Vivando waren bei beiden Sorten kaum zu applizieren, bereits nach wenigen mL konnten die Reben keine weitere Lösung mehr aufnehmen. Auch Collis ließ sich nur sehr langsam applizieren, wobei hier zumindest etwas größere Mengen eingebracht werden konnten. Dynali war zumindest bei einer Rebe mit 5 mL in 8 Sekunden gut applizierbar, schnitt jedoch bei der anderen wieder schlecht ab. Die Kontrolle mit Leitungswasser ließ sich befriedigend applizieren, hier konnte das komplette Volumen in akzeptabler Zeit eingebracht werden. Bei der Sorte Christine wurde der Rebstamm durchbohrt, so dass eine Applikation nicht mehr möglich war.

Tabelle 12 Applizierte PSM, Volumen (Vol) und Dauer der einzelnen Applikation bei den 5 mL Lösungen in Tafeltrauben

PSM	Katharina		Christine	
	Dauer(s)	Vol (mL)	Dauer(s)	Vol (mL)
Kontrolle 1	10	5	-	-
Dynali	17	2	8	5
Collis	20	3	16	3
Flint	20	1	12	0,5
Vivando	18	1	14	1,5
Mischung	-	-	16	0,5

4.2.2.2 Probenahme, Rückstandsanalytik, Verträglichkeit, Effekte

4.2.2.2.1 Äpfel

Von den Apfelbäumen im Freiland wurden an drei Terminen Proben sowohl der Äpfel als auch der Blätter genommen, um die Aufnahme der Substanzen zu überprüfen. Zudem musste sichergestellt werden, dass in den erntereifen Äpfeln die Grenzwerte nicht überschritten werden. Von diesen Proben wurden vom Probenzeitpunkt 1 (28.5. bzw. 9.6. 2015) Äpfel und Blätter zur Analyse an die Eurofins Sofia GmbH eingeschickt. Vom Probezeitpunkt 2 (18.8.2015), ca. 4 Wochen vor der Ernte, wurden nochmals Äpfel eingeschickt. In Tabelle 13 und Tabelle 14 sind die eingeschickten Varianten, die in diesen analysierten PSM bzw. Wirkstoffe, deren aktuelle Grenzwerte und Bestimmungsgrenzen, sowie die Messwerte dargestellt.

Tabelle 13 Untersuchte Pflanzenschutzmittel und Varianten, deren Wirkstoffe, aktuelle Grenzwerte und die vom Labor angegebene Bestimmungsgrenze (BG) für den jeweiligen Wirkstoff

PSM	Variante	Wirkstoff	Grenzwert BG	
			(mg/kg)	(mg/kg)
Calypso	5 mL, 25 %	Thiacloprid	0,3	0,005
Vertimec pro	5 mL, 100 %	Abamectin	0,01	0,01
Topas	5 mL, 100 %	Penconazol	0,2	0,005
Score	5 mL, 100 %	Difenoconazol	0,8	0,005
Systhane 20 EW	5 mL, 50 %	Myclobutanil	0,5	0,005
Prohexadion-Calcium	5 mL, 100 %	Prohexadion-Calcium	0,05	0,1

Tabelle 14 Meßwerte der in den jeweiligen PSM untersuchten Wirkstoffe in Äpfeln bzw. Blättern der Probenahme 1 (28.5. bzw. 9.6. 2015) bzw. 2 (18.8.2015)

PSM	Probenahme 1								Probenahme 3			
	Äpfel				Blätter				Äpfel			
	Einzelsubstanz		Mischung		Einzelsubstanz		Mischung (5ml, 50 %)		Einzelsubstanz		Mischung (5ml, 50 %)	
	(mg/kg)	Stabw.	(mg/kg)	Stabw.	(mg/kg)	Stabw.	(mg/kg)	Stabw.	(mg/kg)	Stabw.	(mg/kg)	Stabw.
Calypso	0,021	0,011	u.B.		0,39	0,2	0,087	0,044	u.B.		u.B.	
Vertimec pro	u.B.		u.B.		-		0,036	0,018	u.B.		u.B.	
Topas	u.B.		u.B.				u.B.		u.B.		u.B.	
Score	0,043	0,022	0,011	0,0006	-		0,27	0,14	u.B.		u.B.	
Systhane 20 EW	u.B.		u.B.		-		u.B.		u.B.		u.B.	
Prohexadion-Calcium	u.B.		u.B.		-		u.B.		u.B.		u.B.	

Wie den Tabellen zu entnehmen ist, sind an Probezeitpunkt 1 vor allem die Wirkstoffe Thiacloprid und Difenoconazol (Calypso bzw. Score) bei den Einzelsubstanzen und Sore bei der Mischung in den Äpfeln und den Blättern nachweisbar. Bei den Blättern kommt zusätzlich noch Abamectin (Vertimec pro) bei der Mischung hinzu. Dabei werden in den Äpfeln die geltenden Grenzwerte nicht überschritten, in den Blättern im Falle von Thiacloprid sowohl bei den Einzelsubstanzen als auch bei der Mischapplikation und bei Abamectin bei der Mischapplikation jedoch durchaus. Allerdings sind sowohl bei den Blättern als auch bei den Äpfeln keine der Substanzen am dritten Probenahmezeitpunkt nachweisbar.

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass die Mittel trotz der teilweise schlechten Applizierbarkeit von den Bäumen aufgenommen und in der Pflanze verteilt werden. Allerdings stellen die gemessenen Werte keine Bedrohung dar, insbesondere da bereits zum Zeitpunkt drei Wochen vor der Ernte keines der Mittel in den Äpfeln mehr nachweisbar war.

Die Bäume wurden während des Versuchs nicht künstlich infiziert bzw. Schädlingen ausgesetzt. Zum Zeitpunkt der Ernte konnte kein Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Bäumen bezüglich der Erntemenge und des Aussehens der Äpfel, aber auch der Bäumen selbst (Wuchs, Blätter, Befall mit Krankheiten) festgestellt werden. Auch wenn sich so keine Aussage über die Wirkung der Substanzen treffen lässt, kann zumindest eine Schädigung ausgeschlossen werden. Selbst die Bäume, die mit den höchsten Konzentrationen behandelt wurden und deren Leitbahnen durch die Mittel sehr schnell verschlossen waren zeigten keinerlei Auffälligkeiten. Wie in Abbildung 16a) zu erkennen ist, sind die Bohrlöcher im Folgejahr noch deutlich zu sehen, das Gewebe um die Applikationsstelle ist jedoch nicht nekrotisch und es steht zu erwarten, dass sich die Bohrung in der kommenden Vegetationszeit schließen wird. Dies wird weiter beobachtet. Entgegen den Erwartungen ist die bei der Applikation mit der Lanze entstehende Wunde ähnlich groß, wie bei einer Bohrung (Abbildung 16b). Auch Doccola et al. (2011) berichten von schnellem

Wundverschluß und keinerlei Infektionen nach Applikation von Imidaclopid, Emamectinbenzoat und Acephat in Apfelbäumen. Ebenso Dembilio et al., 2015 nach Applikation von Imidaclopid und Abamectin in Palmen. Hier wird zudem von einer besseren und gleichmäßigeren Verteilung der Wirkstoffe im Baum als bei einer Kronen-Sprühapplikation berichtet.



Abbildung 16 a) Behandelter Apfelbaum, Bohrstelle nach ca. 9 Monaten (1 Vegetationsperiode) b) Mit der ES 2 behandelter Apfelbaum, ebenfalls nach ca. 9 Monaten (1 Vegetationsperiode)

4.2.2.2.2 Trauben

In Tabelle 15 sind nochmals die eingesetzten PSM, deren Wirkstoffe, die untersuchte Variante, die aktuellen Grenzwerte der Wirkstoffe, die Bestimmungsgrenze des Labors und die Messwerte in den Tafeltrauben Katharina zum Zeitpunkt der Ernte am 7.9.2015 dargestellt.

Tabelle 15 Untersuchte Pflanzenschutzmittel und Varianten, deren Wirkstoffe, aktuelle Grenzwerte und die vom Labor angegebene Bestimmungsgrenze (BG) für den jeweiligen Wirkstoff, Messwerte der in den jeweiligen PSM untersuchten Wirkstoffe in Tafeltrauben der Sorte Katharina zum Erntezeitpunkt (7.9.2015)

PSM	Variante	Wirkstoff	Grenzwert (mg/kg)	BG (mg/kg)	Trauben Katharina			
					Einzelsubstanz		Mischung	
					Stabw.	(mg/kg)	Stabw.	
Dynali	5 mL, 25 %	Difenoconazol	3	0,015	u.B.		u.B.	
Dynali		Cyflufenamid	0,15	0,01	u.B.		u.B.	
Collis	5 mL, 25 %	Boscalid	5	0,03	0,059	0,03	0,028	0,014
Collis		Kresoxy-methyl	1	0,005	0,005	0,003	u.B.	
Flint	5 mL, 25 %	Trifloxystrobin	5	0,01	u.B.		u.B.	
Vivando	5 mL, 25 %	Metrafenon	5	0,005	u.B.		u.B.	

Bei den Einzelsubstanzen konnte nur die Bestandteile von Collis, Boscalid und Kresoxymethyl, nachgewiesen werden, letzteres nur gerade an der Bestimmungsgrenze. Bei der mit Mischung behandelten Rebe konnte sogar nur Boscalid nachgewiesen werden. Beide Male lagen die festgestellten Werte aber weit unterhalb des geltenden Grenzwertes, so dass auch hier von keiner Gefährdung für den Verbraucher ausgegangen werden kann. Die anderen Mittel sind vermutlich wegen der nur geringen applizierten Menge nicht nachweisbar.

4.2.3 Gewächshaus

Alle behandelten Bäume (PSM und Kontrolle) im Gewächshaus weisen „Blutungen“ aus den Bohrlöchern auf (siehe Abbildung 17). Dies hängt vermutlich mit der Applikation direkt bei Beginn des Austriebs zusammen, wodurch ein hoher Saftdruck vorhanden ist. Ein solcher Saftfluss konnte bei den Bäumen im Freiland jedoch nie beobachtet werden, vor allem nicht noch mehrere Wochen nach der Applikation.



Abbildung 17 Saftfluss aus den Bohrlöchern ca. 2 Monate nach Applikation. a) Applikation 1, mit nekrotischem Gewebe um die Bohrstelle; b) Kontrolle Applikation 4, kein nekrotisches Gewebe

Auffällig ist bei den Bäumen, die mit PSM behandelt wurden, dass sich um die Bohrstelle ein ca. 2-5 mm breiter nekrotischer Bereich aus abgestorbenem Gewebe gebildet hat (Abbildung 17 a); Abbildung 18).



Abbildung 18 Besonders stark ausgeprägter nekrotischer Bereich um die Bohrstelle bei Applikation 4 (16.2.2015) an Baum 17 (500µl PSM-Gemisch)

Dies ist bei den Kontrollen nur ganz geringfügig oder überhaupt nicht der Fall (Abbildung 17 b) und konnte auch bei den Freiland-Bäumen nicht festgestellt werden. Dies ist demnach auf die Applikation der konzentrierten Mittel zurückzuführen. Entweder die Wirkstoffe selbst, oder die enthaltenen Hilfsmittel haben demnach toxische Wirkung in dieser Konzentration auf die Pflanzenzellen. Trotzdem stirbt nicht der komplette Baum ab, sondern die Reaktion bleibt lokal begrenzt, während die Wirkstoffe offensichtlich weiter transportiert werden. Eine solche Wunde schließt sich natürlich wesentlich schlechter als eine, die direkt von gesundem Gewebe umschlossen ist, welches für eine schnelle Kallusbildung sorgt. Trotzdem sind alle Bäume sonst unauffällig, es gibt keine Wuchs- oder Blattschäden, die auf die Behandlung mit PSM zurück zu führen ist. Auch der Wuchs der jungen Äpfel ist normal. Alle Kontrollgruppen wurden teilweise stark von Blattläusen und auch Spinnmilben befallen, während bei den mit PSM behandelten Bäumen nur vereinzelte Läuse zu sehen waren. Dementsprechend sehen die Kontrollbäume insgesamt weniger gesund aus, als die Behandelten (Abbildung 19)



Abbildung 19 Erscheinungsbild der Apfelbäume (Applikation 4) ca. 2 Monate nach Behandlung. A) Mit PSM behandelte Bäume, b) Kontrollen, stark mit Blattläusen und Spinnmilben befallen.

Grundsätzlich ist also auch die Applikation von unverdünnten PSM in eine Bohrung bei Apfelbäumen möglich und die Mittel scheinen auch von den Bäumen aufgenommen und weiter transportiert zu werden und eine Wirkung zu entfalten. Trotzdem ist aufgrund der Nekrosebildung und der massiven Blutung eine Verdünnung der Applikationslösung sinnvoll, um die Bäume nicht unnötig zu schädigen. Selbst bei einer nur alle zwei bis drei Jahre stattfindenden Applikation im Erwerbsobstbau sind solche Schäden nicht akzeptabel .

5. Diskussion

5.1 Technische Entwicklung

Die anvisierten Ziele im Bereich der technischen Entwicklung wurden nicht vollständig erreicht. Eigentliches Ziel war es, bei Projektabschluss einen funktionsfähigen automatischen Stammapplikator als Prototypen zur Verfügung zu haben. Allerdings wurden die Versuche durch die massiven Probleme mit der Dichtigkeit der Applikationsnadel so weit verzögert, dass der fertige Apparat nur als technische Skizze vorliegt. Da nicht mit abschließender Sicherheit davon ausgegangen werden konnte, dass das Dichtigkeitsproblem sich ohne massiven Aufwand lösen lässt, wurden zunächst alle Anstrengungen darauf verwandt. Zudem ist eine funktionierende Applikationseinheit nutzlos, so lange dieses grundlegende Problem nicht gelöst ist. Eine Entwicklung der Komponenten zur Stammerkennung, Platzierung usw. ohne eine sicher funktionierende Applikation ist insofern nicht sinnvoll. Um aber dennoch schnell weiterarbeiten zu können, sobald das Problem gelöst ist, wurden die technischen Skizzen angefertigt, anhand derer ein schneller Bau des restlichen Systems möglich ist.

Da beide Projektpartner von dem Konzept der Stammapplikation und von der Machbarkeit der technischen Umsetzung weiterhin fest überzeugt sind, wurde ein gemeinsames Patent eingereicht (Amtliches Aktenzeichen: 10 2016 105 954.4, Titel: Vorrichtung und Verfahren zum Injizieren flüssiger Wirkstoffe in die Gefäßbahnen verholzter Pflanzen, Anmelder: Heinz Seibert/RLP AgroScience GmbH) mit dem das Verfahren geschützt ist. Zudem wurden bereits erste Vorgespräche mit der Firma Clemens GmbH & Co. KG in Wittlich, einem international agierenden Hersteller und Vertrieb für landwirtschaftliche Maschinen, geführt. Ihr wurde das Konzept und der derzeitige Entwicklungsstand vorgestellt mit der Option, bei Interesse und nach Lösung des Abdichtungsproblems als weltweiter Alleinvertrieb zu agieren.

5.2 Entwicklung PSM

Projektziel im Bereich der Entwicklung eines passenden Pflanzenschutzmittels war es, ein oder mehrere Pflanzenschutzmittel aus bestehenden Produkten auf die Einsatzmöglichkeit mit dem Stammapplikator zu prüfen. Dieses Mittel sollte ohne Schäden für den Baum so eingesetzt werden können, dass die notwendige Menge durch das neue Verfahren problemlos eingebracht werden kann, die Verteilung im Baum sichergestellt ist und natürlich der Schutz der Bäume gewährleistet ist. Diese Ziele wurden größtenteils erreicht. Die getesteten Mittel lassen sich so applizieren, dass eine ausreichende Menge in kurzer Zeit in den Baum eingebracht werden kann. Ermöglicht wird dies durch eine

Reduktion der absoluten PSM-Menge auf ca. 25 %, welche jedoch nach Einbeziehung der Abdrift immer noch ungefähr der Menge entspricht, die bei einer Sprühapplikation auf den Baum gelangt. Gleichzeitig wurde die zu applizierende Menge auf maximal 5 mL reduziert, wodurch ebenfalls die Applikationsdauer verkürzt wird. Einige Mittel sind jedoch für die Stammapplikation nicht einsetzbar, z.B. alle Mittel, die einen Niederschlag bilden oder zu dickflüssig sind. Im Projekt war dies bei Regalis plus der Fall. Tests mit dem reinen Wirkstoff ergaben allerdings eine gute Applizierbarkeit, weshalb dieser nicht grundsätzlich aus der Mittelliste wegfällt. Hier ist jedoch eine Neuformulierung seitens des Herstellers notwendig oder es muss der reine Wirkstoff eingesetzt werden.

Versuche mit den reinen PSM ohne Verdünnung zeigten, dass diese Variante theoretisch ebenfalls möglich ist, allerdings mit der Einschränkung der schlechten Applizierbarkeit über die Stamminjektion, da das Mittelgemisch ausflockte und sehr zähflüssig wurde. Zudem bildeten sich Nekrosen um die Bohrstelle, welche eine Wundheilung extrem erschwert. Für den Einsatz im kommerziellen Obstbau ist diese Variante nicht geeignet. Damit stehen zumindest einige grundsätzliche PSM für das Verfahren zur Verfügung. Allerdings sind weitere Untersuchungen, besonders zur Formulierung und weiterer Wirkstoffe sinnvoll bzw. notwendig.

5.3 Kooperation

Die Kooperation zwischen den Projektpartnern lief reibungslos ab. Durch die räumliche Nähe der beiden Firmensitze waren sehr kurzfristige Treffen möglich, wenn es zur Problemanalyse einer Entwicklungsstufe kam. Ebenso waren Praxistests in sehr kurzen Zeitabständen und zeitnah zu Änderungen möglich. Jede Verbesserung/Änderung am Applikationssystem konnte schnell im Gewächshaus oder Freiland getestet werden, was die Beurteilung erleichterte und die Weiterentwicklung aber auch das Verwerfen von Ideen förderte. Auf diese Weise konnte eine deutlich höhere Frequenz an Ideen und technischen Verbesserungen erreicht werden, als dies bei größerer räumlicher Entfernung möglich gewesen wäre. Auch war es für die Firma Seibert leicht, durch entsprechend schnelles Feedback die Nützlichkeit einer Änderung sofort beurteilen zu können bzw. durch Anwesenheit bei den Tests direkt das Problem mit eigenen Augen zu sehen und Lösungsvorschläge, in Absprache mit RLP AgroScience, zu erarbeiten.

5.4 Weiterführung des Vorhabens

Beide Projektpartner haben weiterhin großes Interesse an der Fortführung des Projekts. Dies zeigt sich an der Einreichung eines Patents zum Verfahren, mit dem die technischen Details geschützt werden. Zudem wurden bereits Gespräche mit dem

Landmaschinenhersteller Clemens GmbH & Co. KG geführt, der für die technische Umsetzung des Anbaus an die Zugmaschine und später für den Bau und Verkauf des Gesamtgeräts verantwortlich sein soll. Clemens verfügt über ein breites Netz an Beratungs- und Verkaufsstellen weltweit, die für den späteren Vertrieb, aber auch für Öffentlichkeitsarbeit bzw. Werbung genutzt werden sollen. Zudem gibt es eine eigene Entwicklungsabteilung mit großer Erfahrung und entsprechenden Möglichkeiten, was die Umsetzung und das Austesten verschiedener Ansätze angeht. Bei den Gesprächen zeigte sich der Geschäftsführer sehr interessiert am Thema. Deshalb beabsichtigen die Partner in Kooperation mit der Firma Clemens GmbH & Co. KG, die Lösung der bestehenden Probleme und die Weiterentwicklung des Systems zu betreiben. Andernfalls wären alle gefundenen Ergebnisse und das eingereichte Patent hinfällig.

In einem weiterführenden Projekt soll deshalb die Entwicklung des Applikators abgeschlossen werden, so dass dieser schließlich einsatzfähig ist. Es gibt bereits einige weitere Ideen, um das Problem der Dichtigkeit zu lösen. Ist dieses Problem gelöst, können die bereits bestehenden Skizzen zum Gesamtgerät umgesetzt werden. Parallel hierzu sind weitere Tests zu den Applikationslösungen geplant, da auch hier, trotz der bereits grundsätzlich bestehenden Einsatzfähigkeit, noch nicht die optimale Zusammensetzung besteht. Es sollen wesentlich mehr Mittel bzw. deren Wirkstoffe und Formulierungen untersucht werden. Um Resistenzen zu vermeiden ist auch ein Wechsel der Wirkstoffgruppen, in die die PSM eingeteilt werden, notwendig. Es ist deshalb nicht nur ein Kombinationspräparat notwendig, sondern nach Möglichkeit mindestens ein zweites, besser sind jedoch mehrere, aus denen die Landwirte auswählen können. Idealerweise steht am Ende eine Liste verschiedener Mittel, welche miteinander mischbar sind und aus denen der Landwirt seinen Bedürfnissen entsprechende Mittel auswählen kann.

6. Öffentlichkeitsarbeit

Die Ergebnisse des Projektes werden auf verschiedenen Fachtagungen als Poster oder Vortrag präsentiert. Dies können z.B. die SETC GLB oder die Pflanzenschutztagung sein. Dies betrifft hauptsächlich das grundsätzliche Verfahren der Stammapplikation und die im Projekt gefundenen Ergebnisse zu den PSM. Da das Applikationsgerät noch nicht fertiggestellt ist, wird es hierzu zunächst keine Veröffentlichungen geben, auch um die Patentierung nicht zu gefährden. In den oben genannten Präsentationen werden jedoch verschiedene Entwicklungsstufen gezeigt werden. Zudem wird auf die Entwicklung des automatischen Systems hingewiesen.

Eine Öffentlichkeitsarbeit, um die Ergebnisse bei Landwirten bekannt zu machen, ist im Moment nicht zielführend, da das Gerät noch nicht einsatzreif ist. Dies wird jedoch nachgeholt, sobald das fertige Gerät vorliegt. Dann sind Veranstaltungen geplant, bei denen das Verfahren interessierten Kreisen vorgeführt wird. Zudem wird es Veröffentlichungen in einschlägigen Fachzeitschriften geben, es werden Informationsveranstaltungen, auch in Zusammenarbeit mit dem Bauern- und Winzerverband, durchgeführt. Bei einem Einstieg der Firma Clemens wird deren Vertriebs- und Informationsnetz genutzt, welches eine internationale Öffentlichkeitsarbeit und direkte Werbung beim Endnutzer weltweit ermöglicht.

7. Fazit

Grundsätzlich hat sich die Vorgehensweise, mit der an das Projekt herangegangen wurde, bewährt. Besonders die Zweiteilung der Arbeiten in „Technische Entwicklung“ und „Entwicklung des PSM“ war von Vorteil, da auf diese Weise bei Problemen bei einem Teil der andere Teil davon unbeeinträchtigt fortgesetzt werden konnte. Dies kam im Projekt vor allem wegen der unerwartet großen Probleme mit der Abdichtung der Injektionslanze zum Tragen. Mit diesem Problem hatte in diesem Ausmaß keiner der Partner zu Beginn gerechnet, da es bei der Stammapplikation mit Vorbohren niemals zu solch schwerwiegenden Problemen kam. Hier war die in das Loch eingebrachte Kanüle immer dicht, auch bei höheren Drücken. Vor allem mit den wiederholten Fehlschlägen bei allen Abdichtungsversuchen hat keiner der Partner gerechnet. Zum Zeitpunkt des Zwischenberichtes (5/2015) waren beide Partner noch von einer schnellen Lösung dieses Problems überzeugt, weshalb auch keine Änderungen am Zeitplan bzw. Ziel angesprochen wurden.

Eine Änderung der Zielsetzung war trotz der Schwierigkeiten nicht notwendig, höchstens insofern, dass die Lösung des Dichtigkeitsproblems oberste Priorität erhielt.

Nach Abschluss des Projektes sind noch einige Lösungsansätze bzw. neue Ideen zur Lösung des Problems aufgekommen. So soll doch nochmals auf das Verfahren des Bohrens zurückgekommen werden. Ursprünglich sollte dieses Verfahren ja gerade wegen der umständlichen Handhabung verworfen werden, wobei erst das Loch gebohrt und dann einen Kanüle eingeführt werden muss. Dies ist in der Umsetzung als automatisches System sehr schwer durchzuführen. Zudem wurde davon ausgegangen, dass beim Bohren eine größere Verletzung des Baumes entsteht, als beim Einstechen einer schmalen Nadel. Dies scheint jedoch nach den vorliegenden Ergebnissen nicht der Fall zu sein. Die neue Idee sieht jedoch die Verwendung eines Bohrers vor, wie er beim innengekühlten Bohren verwendet wird.

Durch den Kühlkanal wird nach erfolgter Bohrung durch den im Bohrloch verbliebenen Bohrer die Applikationslösung in die Bohrung eingebracht. Diese Methode ist relativ einfach automatisierbar und sollte auch zeitlich unproblematisch sein. Fraglich ist jedoch auch hier die Dichtigkeit des Systems.

Eine weitere Idee ist die Vergrößerung des Dichtgummis und der Wechsel des Dichtmaterials zu einem flexibleren Gummi, welches sich der Maserung der Borke besser anpasst. Durch ein den Konturen des Baumes angepasstes Blech (Halbkreis), durch welches die Dichtung auf einer größeren Fläche an den Baumangepresst wird, kann auch eine Verbesserung erreicht werden. Diese Idee wurde bisher nicht umgesetzt, da dann für verschiedene Baumdurchmesser jeweils verschiedene Bleche angebracht werden müssen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass eine zu behandelnde Obstfläche aus ungefähr gleichaltrigen Bäumen besteht. Ein Wechsel ist also nur beim Wechsel in eine neue Plantage notwendig wird, was den Arbeitsaufwand rechtfertigt, sofern dadurch das Dichtigkeitsproblem gelöst wird.

Ein Hauptproblem der Stammapplikation in jeder Form ist der hohe zeitliche Aufwand, der auch mit entsprechenden Personalstunden einhergeht. Auch beim vorliegenden Verfahren ist ein menschlicher Arbeiter notwendig, der die Zugmaschine steuert. Dadurch ist die tägliche Arbeitszeit beschränkt und es werden Ressourcen gebunden. Wird das System jedoch auf einen selbsttätig fahrenden Roboter montiert, fallen diese Beschränkungen weg und es ist im Prinzip eine kontinuierliche Arbeit, auch nachts, möglich. Lediglich das Programmieren der Route und das Auffüllen der PSM-Tanks fallen als Personenarbeitszeiten an. Zudem wird bei einem solchen System die Notwendigkeit einer extrem schnellen Applikation entschärft, da das System autonom und kontinuierlich arbeitet. Bei einer dann möglichen Applikationszeit von z.B. 30 Sekunden oder sogar mehr ergeben sich wieder ganz neue Möglichkeiten, da die Anforderungen geringer sind. Hier sind dann auch niedrigere PSM-Konzentrationen und damit höhere Volumina möglich, die sich leichter Applizieren lassen und geringere Schäden verursachen. Auch der Umstieg auf ein etwas zeitaufwändigeres Bohrverfahren erscheint dann möglich. Aus diesem Grund ist dieser Schritt als Weiterentwicklung des Systems geplant. Hier kann die Firma Clemens eigene Erfahrungen und Know-How einbringen. Trotzdem bleibt natürlich weiterhin das Ziel einer möglichst kurzen Verweilzeit pro Baum bestehen, da dies einen wichtigen ökonomischen Faktor darstellt. Allerdings erhöht sich der Handlungsspielraum durch die Vollautomatisierung erheblich und ehemals unrentabel erscheinende Ideen rücken in den Bereich des machbaren.

8. Literatur

Ćimović, Srđan G.; VanWoerkom, Anthony H.; Reeb, Pablo D.; Vandervoort, Christine; Garavaglia, Thomas; Cregg, Bert M.; Wise, John C. (2014): Spatial and temporal distribution of trunk-injected imidacloprid in apple tree canopies. In: *Pest. Manag. Sci.* 70 (11), S. 1751–1760. DOI: 10.1002/ps.3747.

Ćimović, Srđan G.; Zeng, Quan; McGhee, Gayle C.; Sundin, George W.; Wise, John C. (2015): Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. In: *Frontiers in Plant Science* 6, S. 16. DOI: 10.3389/fpls.2015.00016.

Byrne, Frank J.; Urena, Anthony A.; Robinson, Lindsay J.; Krieger, Robert I.; Docola, Joe; Morse, Joseph G. (2012): Evaluation of neonicotinoid, organophosphate and avermectin trunk injections for the management of avocado thrips in California avocado groves. In: *Pest. Manag. Sci.* 68 (5), S. 811–817. DOI: 10.1002/ps.2337.

Dembilio, Óscar; Riba, Josep M.; Gamón, Miguel; Jacas, Josep A. (2015): Mobility and efficacy of abamectin and imidacloprid against *Rhynchophorus ferrugineus* in *Phoenix canariensis* by different application methods. In: *Pest. Manag. Sci.* 71 (8), S. 1091–1098. DOI: 10.1002/ps.3889.

Docola, Joseph J; Smitley, David R; Davis, Terrance W; Aiken, John J; Wild, Peter M (2011): Tree Wound Responses Following Systemic Insecticide Trunk Injection Treatments in Green Ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) as Determined by Destructive Autopsy. In: *Arboriculture & Urban Forestry* 37 (1), S. 6–12.

Eisenback, Brian M.; Salom, Scott M.; Kok, Loke T.; Lagalante, Anthony F. (2014): Impacts of Trunk and Soil Injections of Low Rates of Imidacloprid on Hemlock Woolly Adelgid (Hemiptera: Adelgidae) and Eastern Hemlock (Pinales: Pinaceae) Health. In: *Journal of Economic Entomology* 107 (1), S. 250–258. DOI: 10.1603/EC13343.

Ferracini, Chiara; Alma, Alberto (2008): How to preserve horse chestnut trees from *Cameraria ohridella* in the urban environment. In: *Crop Protection* 27 (9), S. 1251–1255. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.03.009.

Grimalt, Susana; Thompson, Dean; Chartrand, Derek; McFarlane, John; Helson, Blair; Lyons, Barry et al. (2011): Foliar residue dynamics of azadirachtins following direct stem injection into white and green ash trees for control of emerald ash borer. In: *Pest. Manag. Sci.* 67 (10), S. 1277–1284. DOI: 10.1002/ps.2183.

Noack, Ann E; Kaapro, Jyri; Bartimote-Aufflick, Kathryn; Mansfield, Sarah; Rose, Harley A (2009): Efficacy of Imidacloprid in the Control of *Thaumastocoris peregrinus* on *Eucalyptus scoparia* in Sydney, Australia. In: *Arboriculture & Urban Forestry* 35 (4), S. 192–196.

Rolando, Carol A.; Gous, Stefan F.; Berndt, Lisa A.; Bulman, Lindsay S.; Carlson, Colleen A. (2011): Stem injection of a systemic insecticide to control *Uraba lugens* on urban *Lophostemon confertus* trees. In: *Pest. Manag. Sci.* 67 (9), S. 1062–1068. DOI: 10.1002/ps.2146.

Tanis, Sara R.; Cregg, Bert M.; Mota-Sanchez, David; McCullough, Deborah G.; Poland, Therese M. (2012): Spatial and temporal distribution of trunk-injected 14C-imidacloprid in *Fraxinus* trees. In: *Pest. Manag. Sci.* 68 (4), S. 529–536. DOI: 10.1002/ps.2281.

VanWoerkom, A. H.; Aćimović, S. G.; Sundin, G. W.; Cregg, B. M.; Mota-Sanchez, D.; Vandervoort, C.; Wise, J. C. (2014): Trunk injection: An alternative technique for pesticide delivery in apples. In: *Crop Protection* 65, S. 173–185. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.05.017.

Zamora, M. A. Sánchez; Escobar, R. Fernández (2000): Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solutions. In: *Scientia Horticulturae* 84 (1–2), S. 163–177. DOI: 10.1016/S0304-4238(99)00095-3.

9. Anhang

Eingereichte Patentschrift: Nr. 10 2016 105 954.4; Vorrichtung und Verfahren zum Injizieren flüssiger Wirkstoffe in die Gefäßbahnen verholzter Pflanzen

ENTWURF

29.02.2016

Seibert, Heinz / RLP Agro Science GmbH
In Aussicht genommene deutsche Patentanmeldung
Kennwort "Automatisierte Stammapplikation"

5

Vorrichtung zum Injizieren flüssiger Wirkstoffe in die Gefäßbahnen verholzter Pflanzen

10 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Injizieren von flüssigen Wirkstoffen in die Gefäßbahnen verholzter Pflanzen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Vorrichtungen dienen in erster Linie dem Schutz von Pflanzen vor Schädlings- und Pilzbefall oder sonstigen Krankheiten, können jedoch auch zur

15 Applikation von Pflanzenstärkungsmitteln eingesetzt werden. Vor allem im Bereich der Kulturpflanzen, wie zum Beispiel Obstbäume und Weinreben, kommt dem Pflanzenschutz eine große Bedeutung zu, da Qualität und Ertrag ohne geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen nicht gewährleistet werden können.

20 In diesem Zusammenhang ist eine Applikation der Wirkstoffe durch Sprühen auf die zu behandelnden Pflanzen bekannt, womit jedoch nur eine äußerliche Behandlung der Pflanzen möglich ist. Krankheitskeime im Inneren der Pflanzen sind auf diese Weise nicht erreichbar. Hinzu kommt, dass mit dem Aufsprühen der Pflanzenschutzmittel eine toxikologische Belastung der Umwelt einhergeht, was schließlich dazu geführt hat,
25 dass nach alternativen Möglichkeiten des Pflanzenschutzes geforscht worden ist. Hierzu zählt unter anderem das Applizieren von Wirkstoffen durch Injizieren in die Gefäßbahnen der Pflanzen selbst. Der Vorteil liegt in einer gezielten auf das Pflanzeninnere beschränkten Behandlung mit einer exakt dosierbaren Menge an Pflanzenschutzmittel, so dass toxikologische Stoffe nicht mehr in die Umwelt gelangen.

30

Zu diesem Zweck bekannte Vorrichtungen weisen ein mit Wirkstoff befülltes Reservoir und eine in den verholzten Bereich einer Pflanze eingebrachte Kanüle auf. Unter Ausnutzung des hydrostatischen Drucks oder mechanischer Druckerzeugungseinrichtungen wird die Kanüle mit dem Wirkstoff beschickt und der Wirkstoff im

35 Weiteren in das Pflanzeninnere injiziert.

Da eine Verwendung solcher Vorrichtungen in der Regel fernab jeglicher Infrastruktur stattfindet, beispielsweise in landwirtschaftlich genutzten Gebieten wie Obstplantagen oder Weinbergen, ist es für den praktischen Einsatz vor Ort von Bedeutung, dass die Vorrichtungen mobil und robust sind und sich im Betrieb als zuverlässig und autark erweisen.

Aus der EP 0 111 254 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der zur Injektion eine Kanüle mit Außengewinde in den Pflanzenstamm eingeschraubt wird. Auf dem äußeren Ende der Kanüle sitzt eine Zylinderkolbeneinheit, deren Kolben über eine Kolbenstange und damit verbundenen seitlichen Federn zur Erzeugung einer Vorschubkraft vorgespannt ist. Dadurch entsteht ein hydrostatischer Druck in der Zylinderkolbeneinheit, der das Injizierende Wirkstoffes bewirkt.

Die US 3 992 813 offenbart eine Injektionsvorrichtung mit einem Druckbehälter, der teilweise mit dem zu injizierenden Wirkstoff und teilweise mit einem komprimierten Gas befüllt ist. Durch die damit erzeugte Vorspannung des Druckbehälters wird der notwendige Injektionsdruck erzeugt. Somit arbeitet diese Vorrichtungen zwar autark, birgt jedoch die Gefahr, dass bei nicht rechtzeitiger Beendigung der Injektion der Vorrat an Wirkstoff aufgebraucht ist und komprimierte Luft in die Gefäßbahnen der Pflanze gelangt mit der Folge einer Gefäßembolie.

In der DE 10 2006 018 993 A1 ist eine Vorrichtung mit einem Druckbehälter beschrieben, dessen Behälterinneres durch einen Kolben in eine erste Kammer zur Aufnahme des Wirkstoffs und eine zweite Kammer zur Aufnahme eines unter Druck stehenden Gases unterteilt ist. Der Gasdruck erzeugt dabei eine Vorschubkraft auf den Kolben, der den Wirkstoff in die Pflanze injiziert. Durch die bauliche Trennung von Wirkstoff und vorgespanntem Gas wird die Gefahr verringert, dass Luft in die Gefäßbahnen der Pflanze vordringen kann.

Den genannten Vorrichtungen ist gemein, dass sie bei ihrem Einsatz jeweils händisch von Pflanze zu Pflanze umgesetzt werden müssen. Vor allem wenn eine Vielzahl von Pflanzen zu behandeln ist, beeinträchtigt der damit verbundene Arbeitsaufwand den wirtschaftlichen Erfolg der Vorrichtungen.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Vorrichtung zum

Injizieren von Wirkstoffen in die Gefäßbahnen von verholzten Pflanzen anzugeben, die speziell für eine gewerbliche Anwendung in großem Maßstab geeignet ist, also auch zur sukzessiven Behandlung einer großen Anzahl von Pflanzen.

- 5 Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteile Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 10 (Einschub Vorteile)

- Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung offenbar werden. Gleiche oder funktionsgleiche Merkmale der in den Fig. 1 bis 8 gezeigten Ausführungsformen tragen dabei gleichlautende Bezugszeichen.

Es zeigt

- 20 Fig. 1 eine Seitenansicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

Fig. 2 eine Schnitt durch die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung entlang der dortigen Linie II – II,

- 25 Fig. 3 eine Unteransicht auf eine erfindungsgemäße Klemmvorrichtung in dem in Fig. 1 mit D gekennzeichneten Bereich,

Fig. 4 einen Schnitt durch die in Fig. 3 dargestellte Klemmvorrichtung entlang der dortigen Linie IV – IV,

- 30 Fig. 5 einen Schnitt durch die in Fig. 3 dargestellte Klemmvorrichtung entlang der dortigen Linie V – V,

Fig. 6 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Injektionsvorrichtung in dem in Fig. 1 mit D gekennzeichneten Bereich,

- 35

Fig. 7 einen Schnitt durch die in Fig. 6 dargestellte Klemmvorrichtung entlang der dortigen Linie VII – VII,

5 Fig. 8 einen Schnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Injektionsvorrichtung in dem in Fig. 1 mit D gekennzeichneten Bereich.

Die Fig. 1 und 2 geben einen Überblick über eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1, die im vorliegenden Fall an einem Traktor als fahrbare Einheit 2 montiert ist, deren Fahrtrichtung in Fig. 2 mit 3 angegeben ist. Zum Zwecke der Montage sind an einer
10 Seite der fahrbaren Einheit 2 Streben 4 befestigt, deren Enden einen Tragrahmen 5 im lichten Abstand zur fahrbaren Einheit 2 halten. Der Tragrahmen 5 besitzt zwei in Fahrtrichtung 3 beabstandete, vertikal verlaufende Wangen 6, die über eine obere Laufschiene 7 und eine dazu parallel verlaufende untere Laufschiene 8 verbunden und gegebenenfalls mittels mehrere Zwischenstützen in achsparalleler Lage gehalten sind.
15 Der Tragrahmen 5 mit den Laufschiene 7, 8 bildet dabei den stationären Teil einer in Fahrtrichtung 3 wirksamen Linearführung.

Der bewegliche Teil der Linearführung umfasst einen Laufwagen 9, mit einer zur Ebene des Tragrahmens 5 planparallelen Grundplatte 10, an deren dem Tragrahmen 5
20 zugewandten Rückseite ein oberes Paar Prismenrollen 11 und ein unteres Paar Prismenrollen 12 derart gelagert sind, dass die Prismenrollen 11 auf der Oberseite der Laufschiene 7 abrollen und die Prismenrollen 12 auf der Unterseite der Laufschiene 8. Durch komplementär geformte Laufflächen an Prismenrollen 11, 12 und Laufschiene 7, 8 wird dabei eine Zwangsführung des Laufwagens 9 erreicht.

25 Für den Antrieb des Laufwagens 9 ist an der Vorderseite der Grundplatte 10 ein Motor 13 befestigt, dessen Antriebswelle sich durch die Grundplatte hindurch erstreckt und mit dem Überstand an der Rückseite ein Antriebsritzels 14 trägt. Die Zähne des Ritzels 14 greifen in die Zähne einer Zahnstange 15, die parallel zu den Laufschiene 7, 8 am
30 Tragrahmen 5 befestigt ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Zahnstange 15 über ihre Länge starr an der Unterseite der oberen Laufschiene 7 befestigt. Durch entsprechende Ansteuerung des Motors 13 kann der Laufwagen 9 in oder entgegen der Fahrtrichtung 3 bewegt werden oder der Antrieb wird kraftlos geschaltet werden, um eine freie Bewegung des Laufwagens 9 entlang der Linearführung zu erzielen.

35

Am Laufwagens 9 ist quer zur Ebene des Tragrahmens 5 ein frei auskragender Injektionsarm 16 angeschlossen. Der Injektionsarm 16 umfasst im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein hohlzylindrisches Fußteil 17, das biegesteif mit der Vorderseite der Grundplatte 10 verbunden ist, und ein hohlzylindrisches Kopfteil 18, an dessen freiem Ende sowohl eine Injektionseinheit 19 als auch Klemmeinheit 20 angeordnet sind. Mittels Gleit- oder Wälzlager 21 ist das Fußteil 17 teleskopartig in das Kopfteil 18 einschiebbar, wodurch die Länge des Injektionsarms 16 einstellbar ist. Auf diese Weise können Injektionseinheit 19 und Klemmeinheit 20 quer zur Fahrtrichtung 3 vor und zurück bewegt werden. Den Linearantrieb zum Teleskopieren besorgt eine Zylinderkolbeneinheit 22, die innerhalb der hohlzylindrischen Teile 17, 18 angeordnet ist und deren ortsfester Zylinder an der Vorderseite der Grundplatte 10 angelenkt ist und deren beweglicher Kolben an einen mit dem Kopfteil 18 verbundenen Lagerbock anschließt. Durch Aktivieren der Zylinderkolbeneinheit 22 ist das Kopfteil 18 auf dem Fußteil 17 linear verstellbar, was durch den Doppelpfeil 23 verdeutlicht ist.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besitzen sowohl Fußteil 17 als auch Kopfteil 18 einen rechteckförmigen Querschnitt, wobei die plane Unterseite des Kopfteils 18 eine Montagefläche zur Befestigung der Klemmeinheit 20 gemäß der Fig. 3 bis 5 bereitstellt und die plane Oberseite des Kopfteils 18 eine Montagefläche zur Befestigung der Injektionseinheit 19 gemäß der Fig. 6 bis 8.

Die in den Fig. 1, 3, 4 und 5 dargestellte Klemmeinheit 20 dient der exakten Positionierung und Fixierung von Injektionseinheit 19 und zu behandelnder Pflanze 24 in einer vorbestimmten relativen Lage zueinander, um ein Injizieren in die Gefäßbahnen präzise und zuverlässig vornehmen zu können.

Zur Befestigung der Klemmeinheit 20 weist das Kopfteil 18 des Injektionsarms 16 ein Schwenklager 25 mit einem aufrecht stehenden Lagerbolzen auf, auf welchen zwei Zentrierarme 26 mit ihrem einen Ende aufgesteckt und schwenkbar gelagert sind. Die anderen Enden der Zentrierarme 26 sind dazu bestimmt, in Kontakt mit der Pflanze 24 gebracht zu werden und weisen zu diesem Zweck Klemmklotze 27 mit einer rutschhemmend ausgerüsteten Klemmfläche 28 auf. Ausgehend vom Schwenklager 25 divergieren die beiden Zentrierarme 26 über einen ersten Längsabschnitt V-förmig und symmetrisch zur Längsachse 29 des Injektionsarms 19, bevor sie in etwa parallel zur Längsachse 29 verlaufende Endabschnitte übergehen, an denen die Klemmklotze 27

angeordnet sind.

Mittels eines Aktors 30 in Form einer Zylinderkolbeneinheit, der mit seinen Enden gelenkig mit den ersten Längsabschnitten der beiden Zentrierarme 26 verbunden ist, lassen sich die Zentrierarme 26 um die Lagerachse schwenken, wobei die Endabschnitte mit den Klemmklotzen 27 öffnen bzw. schließen. Dabei sind die beiden Zentrierarme 26 während der Schwenkbewegung in einer quer zur Längsachse 29 ausgerichteten Führung 31 nach oben und unten gehalten. Zur Führung 31 gehört eine obere Führungsleiste 32, die mit der Unterseite des Kopfteils 17 verbunden ist, und eine dazu von einem mittig angeordneten Distanzstück 33 im lichten Abstand deckungsgleich gehaltene untere Führungsleiste 34, die zu beiden Seiten der Längsachse 29 jeweils einen nach außen offenen Führungsschlitz formen, in dem jeweils ein Zentrierarm 26 aufgenommen ist (Fig. 3 und 4).

Wie insbesondere aus den Fig. 3 und 5 ersichtlich verfügt die Klemmeinheit 20 zusätzlich über Zentriermittel, die beim Schließen der Klemmeinheit 20 dafür sorgen, dass die Pflanze 24 symmetrisch von den beiden Zentrierarmen 26 erfasst wird. Die Zentriermittel umfassen zwei Führungszapfen 35, von denen jeweils einer im Übergangsbereich zwischen erstem Längsabschnitt und Endabschnitt eines Zentrierarms 26 aus dessen Unterseite hervorsteht.

Ferner umfassen die Zentriermittel eine Zentrierplatte 36, die sich unterhalb der Zentrierarme 26 quer zur Längsachse 29 erstreckt und mit ihren Enden jeweils mit einem Zentrierarm 26 überlappt. Im Überlappungsbereich weist die Zentrierplatte 36 jeweils ein Langloch 37 auf, das von der vorderen äußeren Ecke ausgehend im Winkel von 45 Grad nach innen verläuft. In das Langloch 37 greift jeweils ein Führungszapfen 35, was bewirkt, dass sich die Zentrierplatte 36 bei Schließen der Zentrierarme 26 nach vorne in Richtung der Pflanze 24 bewegt bzw. beim Öffnen der Zentrierarme 26 nach hinten in Richtung des Schwenklagers 25.

Um eine zur Längsachse 29 symmetrische Bewegung der Zentrierplatte 36 zu gewährleisten, weist die Zentrierplatte 36 an ihrer dem Kopfteil 18 zugewandten Oberseite einen zur Längsachse 29 parallel verlaufenden Steg 38 auf. Der Steg 38 greift in eine an der Unterseite des Kopfteils 18 ebenfalls achsparallel verlaufende von Nutleisten 39 gebildete Führungsnut, die eine in Richtung der Längsachse 29 lineare

Bewegung vorgibt. Nach unten ist die Zentrierplatte 36 von einer Deckleiste 40 gehalten, die starr an der unteren Führungsleiste 34 befestigt ist und sich parallel zur Längsachse 29 über die Breite der Zentrierplatte 36 erstreckt.

- 5 An ihrem den Klemmflächen 28 zugewandten Rand weist die Zentrierplatte 36 mittig einen parallel zur Längsachse 29 ausgerichteten dritten Zentrierarm 41 mit Klemmfläche 42 auf (Fig. 3). Der dritte Zentrierarm 41 bewegt sich also mit der Zentrierplatte 36, wobei durch die vorbeschriebenen Zentriermittel gewährleistet ist, dass alle Klemmflächen 28, 42 in jeder Schwenkposition einen identischen Abstand
10 zum Zentrum der Aufnahme für die Pflanze 24 aufweisen.

- An der Oberseite des Kopfteils 18 der Klemmeinheit 20 vertikal gegenüberliegend sieht man die zangenartig ausgebildete Injektionseinheit 19, deren näherer Aufbau sich vor allem aus den Fig. 6 und 7 erschließt. Die Injektionseinheit 19 besitzt zwei sich
15 symmetrisch zur Längsachse 29 gegenüberliegende Injektionsarme 43, deren abgewinkelte Enden jeweils in einem Schwenklager 44 an der Oberseite des Kopfteils 18 drehbar gelagert sind und an deren gegenüberliegenden Enden einander zugewandte Injektionsnadeln 45 angeordnet sind.

- 20 Die beiden Schwenklager 44 sind zur Führung der Injektionsarme 43 während ihrer Schwenkbewegung über eine obere Führungsplatte 46 und untere Führungsplatte 47 verbunden, wobei die untere Führungsplatte 47 starr mit dem Kopfteil 18 verbunden ist. Ein zwischen den Führungsplatten 46, 47 mittig angeordnetes Distanzstück 48 stellt dabei einen lichten Abstand zwischen den Führungsplatten 46, 47 her, der der Dicke
25 der Injektionsarme 43 entspricht. Den auf diese Weise geschaffenen Führungsschlitz quert ein Lagerbolzen, an dem ein Eindrückarm 43 angelenkt ist.

- Eine zweite Führung 49 für die Injektionsarme 43 ist etwa in der Mitte zwischen den Schwenklagern 44 und den Injektionsnadeln 45 positioniert. Insbesondere aus Fig. 7
30 geht hervor, dass die zweite Führung 49 eine zweite obere Führungsplatte 50 und zweite untere Führungsplatte 51 aufweist, wobei letztere starr am Kopfteil 18 befestigt ist. Die beiden zweiten Führungsplatten 50 und 51 liegen im lichten Abstand deckungsgleich übereinander und bilden auf diese Weise einen Führungsschlitz. Die Enden der zweiten Führungsplatten 50, 51 sind mittels Anschlagelamenten 52
35 miteinander verbunden, die einerseits den lichten Abstand der zweiten Führungsplatten

50, 51 vorgeben und andererseits die Schwenkbewegung der Injektionsarme 43 nach außen begrenzen.

Zur Betätigung der Injektionsarme 43 ist in dem Bereich zwischen den Schwenklagern
5 25 und der zweiten Führung 49 ein Aktor 53 angeordnet. Der Aktor 53 besteht im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus einer hydraulisch angetriebenen Zylinderkolbeneinheit, deren Enden an die beiden Injektionsarme 43 angelenkt sind. Durch Betätigen des Aktors 53 können die mit den Injektionsnadeln 45 ausgestatteten Enden der Injektionsarme 43 aufeinander zugeschwenkt werden, wobei die
10 Injektionsnadeln 45 in die Gefäßbahnen der Pflanze 24 eindringen oder zum Öffnen der Injektionseinheit 19 aufgeschwenkt werden.

Während bei der Injektionseinheit 19 gemäß der Fig. 6 und 7 die Injektionsnadeln 45 durch Aufbringung einer anhaltenden Kraft in die Pflanze 24 eingedrückt werden, sieht
15 eine dazu alternative Ausführungsform vor, eine Injektionsnadel in die Pflanze einzuschließen. Eine solche Injektionseinheit 55 ist Gegenstand von Fig. 8, wobei die linke Hälfte der Darstellung die Injektionseinheit 55 während der Injektion zeigt, die rechte Hälfte hingegen den Zustand vor der Injektion.

20 Die Injektionseinheit 55 besitzt ein sich entlang einer Achse 56 erstreckendes hohlzylindrisches Gehäuse 57, das an dem hinteren Ende mit einer Deckplatte 58 verschlossen ist und an dem vorderen Ende mit einer Stirnplatte 59. Sowohl Deckplatte 58 als auch Stirnplatte 59 weisen jeweils eine zur Achse 56 konzentrische Öffnung 60 auf, die zur Aufnahme und Führung eines das Gehäuse 57 coaxial durchdringenden
25 Schlagbolzen 61 dienen. Die Deckplatte 58 erstreckt sich in radialer Richtung bezogen auf die Achse 56 über das Gehäuse 57 hinaus, wobei im Bereich des Überstands zwei Führungsstifte 62 in diametraler Position zueinander achsparallel nach hinten abstehen. Auf den Führungsstiften 62 ist eine Spann- und Auslöseplatte 63 axial verschieblich gelagert, die eine mit den Öffnungen 60 axial fluchtende Öffnung 64
30 besitzt, welche ebenfalls vom Schlagbolzen 61 durchsetzt ist. Im Umfangsbereich weist die Spann- und Auslöseplatte 63 zwei sich diametral gegenüberliegende Radialschlitze 65 auf, die von einem Zylinderstift 66 gequert sind, der wie nachfolgend noch erläutert wird, mit einem Riegelmechanismus 67 zusammenwirkt.

35 Angrenzend an die Stirnplatte 59 weist das Gehäuse 57 zwei sich diametral

gegenüberliegende Öffnungen 68 auf, in die radial verlaufende hohlzylindrische Führungsböcke 69 eingesetzt sind.

- Der Riegelmechanismus 67 umfasst zwei stabförmige Riegel 70, die in den Führungsböcken 69 radial verschieblich gelagert sind und dabei von einer Verriegelungsposition (Fig. 8, rechte Hälfte), in der der Riegel 70 über die Innenwandung des Gehäuses 57 übersteht, in eine Entriegelungsposition (Fig. 8, linke Hälfte) bringbar sind, in der der Riegel 70 hinter die Innenwandung zurücktritt.
- Die Betätigung der Riegel 70 erfolgt über axial ausgerichtete Steuerhebel 71, die schwenkbar in Lagerböcken 72 am Außenumfang des Gehäuses 57 gehalten sind. Das auf der vorderen Seite eines Lagerbocks 72 liegende Ende der Steuerhebel 71 ist als Kugelkopf ausgebildet und erstreckt sich jeweils durch einen Schlitz 73 am Führungsblock 69 in eine sacklochartige Vertiefung 74 im Riegel 70. Das gegenüberliegende Ende der Steuerhebel 71 endet im Bereich der Spann- und Auslöseplatte 63, wo es eine Schräge 74 aufweist, die mit dem Zylinderstift 66 zusammenwirkt. Zwischen Gehäuse 57 und Steuerhebel 71 wirkende Druckfedern 75 spannen dabei die Steuerhebel 71 gegen die Zylinderstifte 66. Durch axiales Verschieben der Spann- und Auslöseplatte 63 entlang der Führungsstifte 62 gleiten die Zylinderstifte 66 entlang der Schrägen 74, wodurch eine Drehbewegung der Steuerhebel 71 um die Lagerböcke 72 erreicht wird. Über die Kugelköpfe der Steuerhebel 71 wird diese Drehbewegung in eine radial gerichtete Linearbewegung der Riegel 70 umgewandelt.
- Der Schlagbolzen 61 weist im Wesentlichen zylindrische Gestalt auf und ist in Richtung der Achse 56 verschieblich im Gehäuse 57 gelagert. Das rückwärtige Ende des Schlagbolzens 61 durchdringt die Spann- und Auslöseplatte 63 und weist dort eine die Öffnung 64 der Spann- und Auslöseplatte 63 hintergreifende Spannscheibe 76 auf. An diesem Ende ist zudem ein Anschlussbügel 77 angeordnet, der zum Spannen der Injektionseinheit 55 mit einer nicht weiter dargestellten Spanneinrichtung, beispielsweise einer hydraulisch arbeitenden Zylinderkolbeneinheit, gekoppelt werden kann.
- Auf dem gegenüberliegenden vorderen Ende des Schlagbolzens 61 sitzt ein zylindrischer Nadelhalter 78, in den die Injektionsnadel 79 koaxial eingesetzt ist. Um ein Verdrehen des Nadelhalters 78 beim Spannen der Injektionseinheit 55 zu

verhindern, ist auf die Stirnplatte 59 eine Führungsleiste 80 aufgesetzt, auf der wiederum eine Anschlagplatte 81 zum Anlegen der Injektionseinheit 55 an eine Pflanze 24 angeordnet ist.

- 5 Der im Gehäuseinneren verlaufende Abschnitt des Schlagbolzens 61 weist im Bereich der Riegel 70 einen umlaufenden Bund 82 auf, deren in Richtung der Injektionsnadel 79 zeigende Vorderseite 83 eine mit den Riegeln 70 in Verriegelungsposition zusammenwirkende Riegelfläche bildet und die in Entriegelungsposition als Anschlagfläche dient, mit der die Bewegung des Schlagbolzens 61 an einem
- 10 Dämpfungselement 85 an der Innenseite der Stirnplatte 59 gestoppt wird.

- In dem Bereich zwischen Bund 82 und Deckplatte 58 ist der Schlagbolzen 61 von zwei Druckfedern 86 umgeben, die gegen die Deckplatte 58 und den Bund 82 vorgespannt sind. Durch deren Federkraft wird der Schlagbolzen 61 in jeder Position nach vorne in
- 15 Richtung der Injektionsnadel 79 gespannt.

- Die für den Betrieb einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 erforderlichen Steuerungskomponenten umfassen vor allem eine elektronische Steuerungseinheit SE und mit dieser über Funk oder Datenleitungen verbundene Sensoreinheiten S1 und S2.
- 20 Die Steuerungseinheit SE empfängt dabei die von den Sensoreinheiten S1 und S2 erzeugten Signale, verarbeitet diese und gibt dann Steuerungssignale an die betreffenden Steuerungsorgane aus, wie zum Beispiel den Antrieb 13 für den Laufwagen 9, die Vorschubeinrichtung für den Injektionsarm 16, die Aktoren 30 und 53 für die Klemmeinheit 20 und Injektionseinheit 19. Die Steuerungseinheit SE und/oder
- 25 die Sensoreinheiten S1 können an der fahrbaren Einheit 2 oder dem Tragrahmen 5 montiert sein (Fig. 1 und 2), die Sensoreinheit S2 am Injektionsarm 16 (Fig. 3).

- Die Sensoreinheit S1 dient der Erkennung der relativen Lage der Pflanze 24 zur Klemmeinheit 20 bzw. Injektionseinheit 19 in Fahrtrichtung 3. Als Sensoreinheit S1 ist
- 30 beispielsweise eine optische Bilderfassungseinrichtung geeignet wie zum Beispiel eine Kamera, aber auch Licht- und Schallsensoren. Die Sensoreinheit S2 erfasst die relative Lage der Pflanze 24 zur Klemmeinheit 20 bzw. Injektionseinheit 19 quer zur Fahrtrichtung 3 in Richtung des Injektionsarms 16. Hierfür geeignet sind beispielsweise Kontaktschalter, Licht- oder Schallsensoren.
- 35

Darüber hinaus besitzt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 Komponenten zur Versorgung des Antriebs 13 mit elektrischer Energie, zur Versorgung der Vorschubeinrichtung und der Aktoren 30 und 53 mit einem Druckmedium sowie zur Beaufschlagung der Injektionsnadeln 45 und 79 mit einem Wirkstoff aus einem Vorratsbehälter 87. Die dafür erforderlichen Leitungen sind innerhalb von Energieketten 88 geführt.

Im Betrieb arbeitet eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zyklisch, wobei ein Arbeitszyklus das Nachstellen der Vorrichtung von einer Pflanze 24 zur nächsten und die Injektion des Wirkstoffes in die Gefäßbahnen der Pflanze 24 umfasst. Zu Beginn eines Zyklus bewegt sich die fahrbare Einheit 2 mit konstanter Geschwindigkeit entlang einer Reihe von Kulturpflanzen 24, die behandelt werden sollen. Dabei befindet sich der Laufwagen 9 und somit der Injektionsarm 16 in einer in Fahrtrichtung 3 vorderen Position am Tragrahmen 5. Der Injektionsarm 16 ist mittels der Zylinderkolbeneinheit 22 eingefahren, das heißt das Kopfteil 18 ist über das Fußteil 17 geschoben. Sowohl die Klemmeinheit 20 als auch die Injektionseinheit 19 sind geöffnet, befinden sich also in dem in den Fig. 3 bis 7 dargestellten Zustand.

Im Zuge der anhaltenden Bewegung der fahrbaren Einheit 2 gelangt eine Pflanze 24 in den Wirkungsbereich des Injektionsarms 16. Dies wird von der Sensoreinheit S1 registriert und ein entsprechendes Signal an die elektronische Steuerungseinheit SE übermittelt. Die Steuerungseinheit SE bewirkt dann, dass der Laufwagen 9 von dem Antrieb 13 entgegen der Fahrtrichtung 3 mit einer dem Betrag der Fahrgeschwindigkeit entsprechenden Geschwindigkeit entlang der Linearführung bewegt wird. Gleichzeitig veranlasst die Steuerungseinheit SE das Ausfahren des Injektionsarms 16 durch Aktivieren der Vorschubeinrichtung (Zylinderkolbeneinheit 22) bis der Zentrierarm 41 mit der darauf angeordneten Sensoreinheit S2 am Stamm der Pflanze 24 anschlägt. Die Sensoreinheit S2 generiert daraufhin ein Signal, das wiederum der Steuerungseinheit SE übermittelt wird.

Sodann gibt die Steuerungseinheit SE Steuerungssignale aus, um die Vorschubeinrichtung durch Öffnen der Hydraulikventile drucklos zu schalten und die Klemmeinrichtung 20 zu schließen. Letzteres geschieht durch Aktivieren des Aktors 30, worauf die beiden Zentrierarme 26 um das Schwenklager 25 in Richtung der Pflanze 24 bewegt werden bis die Klemmflächen 28 den Stamm der Pflanze 24 klemmen.

Dabei wird infolge der Zwangsführung der Zentrierplatte 36 mit Langlöchern 37 an den Führungszapfen 35 der Zentrierarmen 26 und der Längsführung des Stegs 38 zwischen den Nutleisten 39 erreicht, so dass die Pflanze 24 unabhängig vom Durchmesser ihres Stammes exakt mittig zwischen den Klemmklotzen 27 geklemmt wird.

Nach Herstellen der Klemmverbindung wird der Antrieb 13 für den Laufwagen 9 von der Steuerungseinheit SE kraftlos geschaltet. Die Kraft zur weiteren Bewegung des Laufwagens 9 entlang der Linearführung kommt nun vom Widerstand der im Boden verwurzelten Pflanze 24, die über den Injektionsarm 16 auf den Laufwagen 9 übertragen wird, während die fahrbare Einheit 2 mit vorbestimmter Geschwindigkeit weiter fährt.

Gleichzeitig startet die Steuerungseinheit SE den Injektionsvorgang, indem die Eindrückarme 43 durch Ansteuerung des Aktors 53 um die Schwenklager 44 bewegt werden, wobei die Injektionsnadeln 45 in die Gefäßbahnen der Pflanze 24 eindringen. Durch anschließende Druckbeaufschlagung der Injektionsnadeln 45, beispielsweise durch Aktivierung einer Dosierpumpe, wird der Wirkstoff in vorbestimmter Menge in die Gefäßbahnen injiziert. Dabei fährt der Laufwagen 9 aufgrund der anhaltenden Bewegung der fahrbaren Einheit 2 weiter in Richtung des hinteren Endes des Tragrahmens 5. Nach abgeschlossener Injektion öffnet die Steuerungseinheit SE die beiden Eindrückarme 43, bis diese an den Anschlagelern 52 anschlagen.

Anschließend veranlasst die Steuerungseinheit SE das Lösen der Klemmeinheit 20 und Einfahren des Injektionsarmes 16. Sodann wird von der Steuerungseinheit SE der Antrieb 13 aktiviert, um den Laufwagen 9 mit Injektionsarm 16 in die vordere Ausgangsstellung für den nächsten Arbeitszyklus zu bringen. Während des gesamten Zyklus bewegt sich die fahrbare Einheit 2 ohne anzuhalten.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Injizieren flüssiger Wirkstoffe in die Gefäßbahnen verholzter Pflanzen (24), mit einer Injektionseinheit (19; 55) mit mindestens einer Injektionsnadel (45; 79), die in eine Gefäßbahn einbringbar ist und durch welche die Wirkstoffe der Pflanze (24) zuführbar sind,
5
gekennzeichnet durch
 - eine fahrbare Einheit (2) zum Umsetzen der Injektionseinheit (19; 55) von Pflanze (24) zu Pflanze (24), und
 - 10 - einen Injektionsarm (16), der mit seinem ersten Ende an der fahrbaren Einheit (2) befestigt ist und an dessen zweitem Ende die Injektionseinheit (19; 55) angeordnet ist,
 - wobei der Injektionsarm (16) eine linear wirkende Vorschubeinrichtung aufweist, mit der ein Wechsel der Injektionseinheit (19; 55) zwischen einer
15 ersten Position zum Umsetzen der Injektionseinheit (19; 55) und einer zweiten Position zum Injizieren der Wirkstoffe durchführbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Injektionsarm (16) mindestens zweiteilig ausgebildet ist mit einem Fußteil (17), das das erste Ende bildet, und einem Kopfteil (18), das das zweite Ende bildet, wobei Fußteil (17) und Kopfteil (18) zum Wechsel zwischen der ersten Position und zweiten Position gegeneinander verschiebbar und/oder verschwenkbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Fußteil (17) und/oder das Kopfteil (18) jeweils hohlzylindrische Gestalt besitzen und teleskopierbar ausgebildet sind, wobei vorzugsweise das Fußteil (17) in das Kopfteil (18) einschiebbar ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorschubeinrichtung einen Linearantrieb umfasst, vorzugsweise eine Zylinderkolbeneinheit (22), einen Spindeltrieb oder einen Zahnriemenantrieb.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) zur Lagerung des Injektionsarms (16) an der fahrbaren Einheit (2) eine Linearführung besitzt, mit Führungsschienen (7, 8), die ortsfest

an der fahrbaren Einheit (2) befestigt sind, und mit einem Laufwagen (9), der entlang der Führungsschienen (7, 8) linear verschieblich gelagert und mittels eines Antriebs (13) verstellbar ist, wobei der Injektionsarm (16) mit seinem ersten Ende an dem Laufwagen (9) befestigt ist.

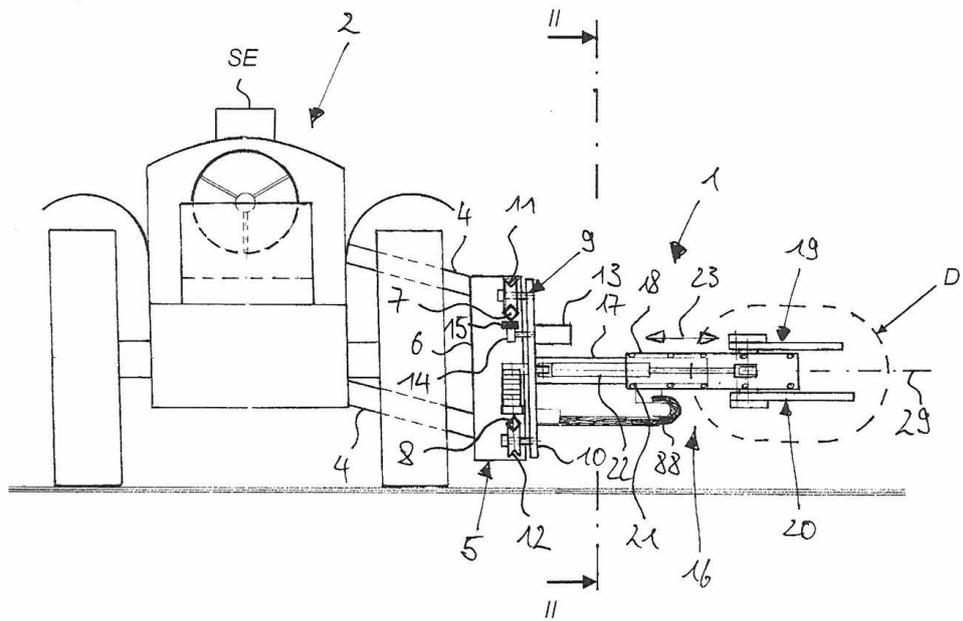
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionseinheit (19; 55) mindestens einen Eindrückarm (43) oder Injektionsbolzen (61) besitzt, an dessen Ende eine Injektionsnadel (45; 79) angeordnet ist, und der mindestens einen Eindrückarm (43) oder Injektionsbolzen (61) zur Penetration der Injektionsnadel (45; 79) in die Pflanze (24) mittels einer Antriebseinrichtung bewegbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Eindrückarm (43) schwenkbar am Injektionsarm (16) gelagert ist und die Antriebseinrichtung einen Aktor umfasst, mit dem der mindestens eine Eindrückarm (43) gegen die Pflanze (24) bewegbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Injektionsbolzen (61) linear verschieblich gelagert ist und die Antriebseinrichtung ein vorgespanntes Federelement (86) umfasst, mit dem der Injektionsbolzen (61) gegen die Pflanze (24) beschleunigbar ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Eindrückarm (43) oder Injektionsbolzen (61) innerhalb einer Führung gehalten ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass am zweiten Ende des Injektionsarms (16) eine Klemmvorrichtung (20) zur Fixierung der Pflanze (24) während des Injizierens angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Klemmvorrichtung (20) mindestens einen Zentrierarm (26) mit Klemmfläche (28) besitzt, der unter Klemmung der Pflanze (24) gegen eine zweite Klemmfläche (28, 42) bewegbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Klemmfläche (28) Teil eines zweiten Zentrierarms (26) ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Zentrierarm (26) und/oder zweite Zentrierarm (26) mittels eines Schwenklagers (25) am zweiten Ende des Injektionsarms (16) gelagert sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch einen dritten Zentrierarm (41) mit Klemmfläche (42), der linear in Richtung der Längsachse des Zentrierarme (16) verschieblich ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dass alle Zentrierarme (26, 41) mit Synchronisationsmittel zusammenwirken, so dass in der zweiten Position der Abstand aller Klemmflächen (28, 42) zur Pflanze (24) identisch ist.

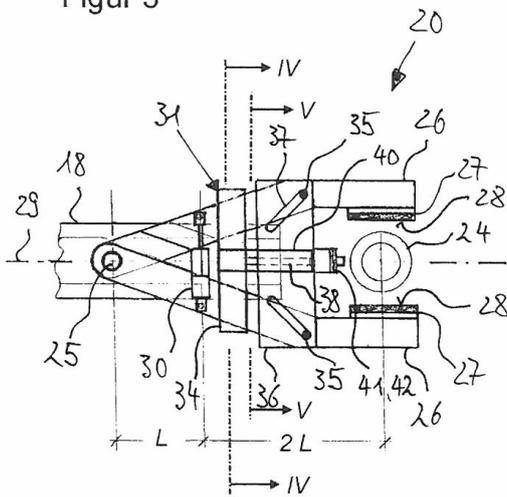
Bezugszeichenliste:

1	Vorrichtung	51	Zweite untere Führungsplatte
2	Fahrbare Einheit	52	Anschlagelement
3	Fahrtrichtung	53	Aktor
4	Streben	54	- unbesetzt -
5	Tragrahmen	55	Injektionseinheit
6	Seitliche Wangen	56	Achse
7	Obere Laufschiene	57	Gehäuse
8	Untere Laufschiene	58	Deckplatte
9	Laufwagen	59	Stirnplatte
10	Grundplatte	60	Öffnung
11	Obere Prismenrollen	61	Schlagbolzen
12	Untere Prismenrollen	62	Führungsstifte
13	Motor	63	Spann- und Auslöseplatte
14	Ritzel	64	Öffnung
15	Zahnstange	65	Radialschlitz
16	Injektionsarm	66	Zylinderstift
17	Fußteil	67	Riegelmechanismus
18	Kopfteil	68	Öffnung
19	Injektionseinheit	69	Führungsbock
20	Klemmeinheit	70	Riegel
21	Wälzlager	71	Steuerhebel
22	Zylinderkolbeneinheit	72	Lagerbock
23	Doppelpfeil	73	Schlitz
24	Pflanze	74	Schräge
25	Schwenklager	75	Druckfeder
26	Zentrierarm	76	Spannscheibe
27	Klemmklotz	77	Anschlussbügel
28	Klemmfläche	78	Nadelhalter
29	Längsachse	79	Injektionsnadel
30	Aktor	80	Führungsleiste
31	Führung	81	Anschlagplatte
32	Obere Führungsleiste	82	Bund
33	Distanzstück	83	Vorderseite
34	Untere Führungsleiste	84	Rückseite
35	Führungszapfen	85	Dämpfungselement
36	Zentrierplatte	86	Druckfeder
37	Langloch	87	Vorratsbehälter
38	Steg	88	Energiekette
39	Nutleiste	89	
40	Deckleiste	90	
41	Dritter Zentrierarm	91	
42	Klemmfläche	92	
43	Injektionsarm	93	
44	Schwenklager	94	
45	Injektionsnadel	95	
46	Obere Führungsplatte	96	
47	Untere Führungsplatte	97	
48	Distanzstück	98	
49	Zweite Führung	99	
50	Zweite obere Führungsplatte		

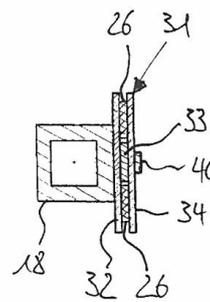
Figur 1



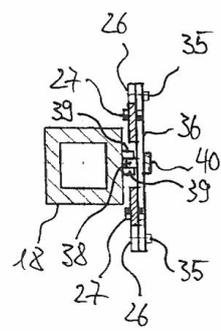
Figur 3



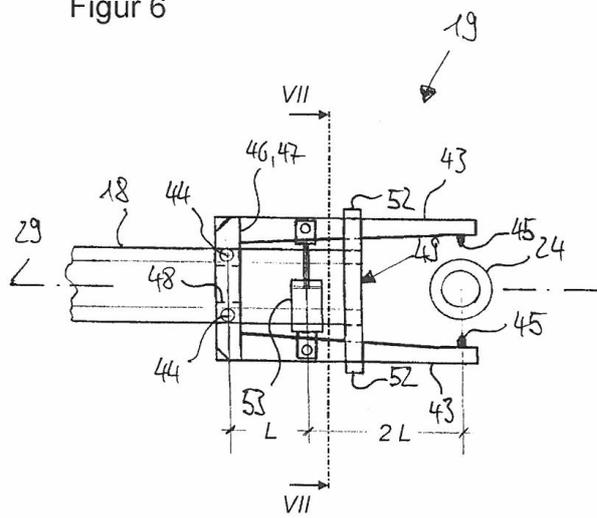
Figur 4



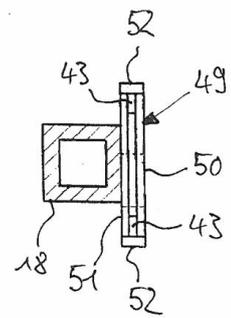
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8

