

Cordula Heidecke

Optimierung der Stammapplikation  
systemischer Pflanzenschutzmittel  
auf der Grundlage baumbiologischer  
und holzanatomischer Aspekte

Heft **26**  
Juli 2006

Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt /  
Contributions to Forest Sciences

Dieser Band entspricht der gleichnamigen Dissertation der Autorin.  
Tag des Rigorosums: 15.3.2006

Herausgeber: Prof. Dr. Andreas Roloff c/o Fachrichtung Forstwissenschaften, Tharandt  
Redaktion: Dr. Stephan Bonn  
Wiss. Beirat: Prof. Dr. Andreas W. Bitter  
Prof. Dr. Franz Makeschin  
Dr. Michael Vogel

Bezug über:

Institut für Dendrochronologie, Baumpflege und Gehölzmanagement Tharandt  
an der Technischen Universität Dresden  
Piener Str. 8  
01737 Tharandt  
Tel.: 035203-383 1262  
Fax: 035203-383 1272  
e-mail: dendro@forst.tu-dresden.de

und:

Verlag Eugen Ulmer  
Wollgrasweg 41  
70599 Stuttgart  
Tel.: 0711-4507-0  
Fax: 0711-4507-120  
e-mail: info@ulmer.de

Gefördert durch das Dendro-Institut Tharandt e.V. (DIT)

Manuskript-Eingang: 15.3.2006  
Manuskript-Annahme: 10.7.2006

### **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 3-8001-5428-5  
ISSN 1434-8233

© 2006 Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart  
Druck: saxoprint GmbH, Dresden

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Problemstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>6</b>
3.1	Geräte und Verfahren für Stamminjektion und -infusion.....	6
3.1.1	Stamminjektion (Druckverfahren).....	7
3.1.2	Stamminfusion (Maugetverfahren) .....	9
3.2	Präparate für Stamminjektion und -infusion .....	10
3.2.1	Safranin O.....	10
3.2.2	Systemische Insektizide.....	11
3.3	Farbstoffversuche mit Safranin O.....	13
3.3.1	Stamminjektion von Safranin O (Druckverfahren) .....	14
3.3.2	Stamminfusion von Safranin O (Maugetverfahren) .....	15
3.3.3	Bonitur der Ausbreitung von Safranin O im Stamm.....	15
3.3.4	Vergleich der verwendeten Injektionsschrauben.....	16
3.4	Einflussfaktoren auf das Aufnahmeverhalten bei Stamminjektion mit..... systemischen Insektiziden .....	16
3.4.1	Injektionsverfahren.....	18
3.4.2	Präparat und Wirkstoffkonzentration .....	18
3.4.3	Witterung.....	19
3.4.4	Xylemflussgeschwindigkeit .....	20
3.4.5	Injektionsstelle.....	23
3.4.6	Tageszeit und phänologischer Behandlungstermin .....	23
3.4.7	Eigenschaften der Wirkstofflösung .....	23
3.5	Wirksamkeit von Stamminjektion.....	24
3.5.1	Blattprobennahme.....	24
3.5.2	Bestimmung des Anteils geschädigter Blattfläche .....	25
3.5.3	Berechnung der Wirksamkeit der Behandlung.....	26
3.6	Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der Behandlung.....	27
3.6.1	Präparat und Wirkstoffdosierung .....	27
3.6.2	Baumvitalität und BHD.....	27
3.6.3	Behandlungstermin und Standort .....	28
3.7	Schäden und Wundreaktion infolge Stamminjektion.....	28
3.8	Leitfähigkeitsmessung .....	29
3.8.1	Konduktometrische Leitfähigkeitsmessung .....	29
3.8.2	Gravimetrische Leitfähigkeitsmessung .....	30
3.9	Holzanatomie entlang eines Gradienten Wurzel - Wurzelanlauf - Stamm .....	31
3.9.1	Anfertigen von mikroskopischen Holzquerschnitten .....	31
3.9.2	Vermessung der Holzquerschnitte und Datenaufbereitung.....	33
3.10	Statistische Auswertung .....	35
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>37</b>
4.1	Farbstoffversuche mit Safranin O.....	37
4.1.1	Stamminjektion von Safranin O (Druckverfahren) .....	37
4.1.2	Stamminfusion von Safranin O (Maugetverfahren) .....	38
4.1.3	Vergleich beider Verfahren .....	39
4.1.4	Ausbreitung von Safranin O im Stamm .....	40
4.1.5	Optimaler Injektionslochabstand.....	41

4.2	Einflussfaktoren auf das Aufnahmeverhalten der Bäume bei der Stamminjektion	43
4.2.1	Injektionsverfahren	43
4.2.2	Präparat und Wirkstoffkonzentration	45
4.2.3	Witterung	46
4.2.4	Xylemflussgeschwindigkeit	47
4.2.5	Injektionsstelle	48
4.2.6	Baumvitalität und BHD	49
4.2.7	Tageszeit und phänologischer Behandlungstermin	50
4.2.8	Eigenschaften der Wirkstofflösung	52
4.3	Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Stamminjektionen	52
4.3.1	Präparat und Wirkstoffdosierung	52
4.3.2	Injektionsstelle	53
4.3.3	Baumvitalität und BHD	54
4.3.4	Kronenexposition	57
4.3.5	Befallstärke zum Behandlungstermin	58
4.3.6	Phänologischer Behandlungstermin	59
4.4	Dauer der Wirksamkeit von Stamminjektionen	60
4.4.1	Wirksamkeit im Jahr der Behandlung	61
4.4.2	Wirksamkeit im ersten Jahr nach Behandlung	62
4.4.3	Wirksamkeit im zweiten Jahr nach Behandlung	64
4.5	Schäden und Wundreaktion infolge Stamminjektion	65
4.5.1	Baumschäden durch Stamminjektion	65
4.5.2	Wundreaktion an den Injektionslöchern	66
4.6	Leitfähigkeitsmessungen	68
4.6.1	Einfluss der Baumart	68
4.6.2	Einfluss des Präparates	69
4.6.3	Einfluss von Formulierung, Kationen-Gehalt und pH-Wert	70
4.7	Holzanatomie entlang eines Gradienten Wurzel - Wurzelanlauf -Stamm	71
4.7.1	<i>Fraxinus excelsior</i> (Ringporer)	71
4.7.2	<i>Aesculus hippocastanum</i> (Zerstreutporer)	74
4.7.3	Vergleich <i>Fraxinus</i> – <i>Aesculus</i>	76
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>78</b>
5.1	Diskussion der verwendeten Stammbehandlungsverfahren	78
5.1.1	Verfahren zur Stamminjektion	78
5.1.2	Verfahren zur Stamminfusion	78
5.1.3	Farbstoffausbreitung im Stamm	79
5.1.4	Vor- und Nachteile von Stamminjektion und -infusion	81
5.2	Einflussfaktoren auf das Aufnahmeverhalten der Bäume bei der Stamminjektion	83
5.2.1	Injektionsverfahren	83
5.2.2	Baumart	85
5.2.3	Witterung	87
5.2.4	Xylemflussgeschwindigkeit	89
5.2.5	Injektionsstelle	89
5.2.6	Baumvitalität und BHD	90
5.2.7	Tageszeit und phänologischer Behandlungstermin	91
5.2.8	Eigenschaften der Wirkstofflösung	92
5.3	Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Stamminjektionen	93
5.3.1	Präparat und Wirkstoffdosierung	93
5.3.2	Baumvitalität und BHD	94
5.3.3	Behandlungstermin und Standort	95

## Inhaltsverzeichnis

---

5.4	Dauer der Wirksamkeit von Stamminjektionen .....	96
5.5	Schäden und Wundreaktion infolge Stamminjektion .....	97
5.6	Leitfähigkeitsmessungen .....	100
5.6.1	Einfluss der Baumart .....	100
5.6.2	Einfluss des Präparates .....	101
5.6.3	Einfluss von Formulierung, Kationen-Gehalt und pH-Wert .....	101
5.7	Holzanatomie entlang eines Gradienten Wurzel - Wurzelanlauf - Stamm .....	102
5.7.1	Allgemeines .....	102
5.7.2	Methodendiskussion .....	103
5.7.3	<i>Fraxinus excelsior</i> (Ringporer) .....	105
5.7.4	<i>Aesculus hippocastanum</i> (Zerstreuporer) .....	106
5.8	Schlussfolgerungen .....	107
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>Abstract .....</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>113</b>

## 6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit waren Aussagen zu Faktoren, die das Aufnahmeverhalten von Bäumen bei der Stamminjektion beeinflussen.

Neben einem Verfahren zur Stamminjektion wurde ein Verfahren zur Stamminfusion (Maugetverfahren) getestet. Für beide Verfahren wurde eine Wirkstofflösung über Bohrlöcher von 6 mm Durchmesser und 4 cm Tiefe eingebracht. Bei der Stamminjektion wurde zusätzlich ein Druck von 3 bar aufgewendet. Das vorgegebene Stamminjektionsverfahren wurde durch Modifikationen von Bohrer und Injektionsschraube verbessert.

Um die Ausbreitung der eingebrachten Lösungen im Holz sichtbar zu machen, wurde Farbstofflösung (1% ige Lösung von Safranin O) mittels beider Verfahren in Bäume verschiedener Arten eingebracht. Dabei zeigte sich neben starken baumartenspezifischen Unterschieden in der Aufnahmefähigkeit, dass ringporige Arten wegen zu geringer tangentialer Farbstoffausbreitung und zu geringer Injektionsraten nicht für diese Verfahren geeignet sind.

Fortgeführt wurden nur die Stamminjektionsversuche mit 3 bar Druck ausschließlich an der Baumart Gemeine Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum* L.). Injiziert wurden die beiden systemischen Insektizide Imidacloprid und Thiacloprid zur Bekämpfung der Rosskastanien-Miniermotte (*Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIĆ). Der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Aufnahmefähigkeit der Rosskastanien wurde untersucht. Imidaclopridlösung ließ sich besser als Thiaclopridlösung injizieren, die geringer konzentrierte Lösung besser als die höher konzentrierte. Die Aufnahmefähigkeit am Wurzelanlauf war signifikant geringer als in Brusthöhe (1,3 m). Zum Zeitpunkt vor und während der Rosskastanienblüte waren die Injektionsraten nur gering. Außerdem beeinflusste die Tageszeit das Aufnahmeverhalten der Bäume. Für Witterung und Xylemflussgeschwindigkeit konnte kein signifikanter Einfluss auf die Injektionsraten nachgewiesen werden. Es zeigte sich eine Abhängigkeit der Injektionsraten von Baumvitalität und BHD. Mit zunehmendem BHD und abnehmender Vitalität stieg die Aufnahmefähigkeit der Rosskastanien bei der Stamminjektion.

Die Wirksamkeit von Stamminjektionen wurde über drei Vegetationsperioden bonitiert. Es stellte sich heraus, dass ein Behandlungserfolg in Abhängigkeit von Baumvitalität, BHD,

Vorschädigung und Wirkstoffdosierung über zwei Vegetationsperioden anhält. Im dritten Jahr ist der Effekt nur noch gering, so dass dann die Behandlung wiederholt werden sollte.

Die Wundreaktion an den Injektionslöchern wurde untersucht. Nach Abschluss der Vegetationsperiode waren in Abhängigkeit von der Baumvitalität bis zu 80%, im Folgejahr nahezu alle Injektionslöcher vollständig überwältigt. Exsudataustritt wurde nur vereinzelt an weniger vitalen Bäumen in der auf die Behandlung folgenden Vegetationsruhe beobachtet.

Die Leitfähigkeit der Thiaclopridlösung sollte durch Ansäuerung (pH 5) und Zusatz von Kaliumionen erhöht werden. Ein Erfolg konnte weder bei Leitfähigkeitsmessungen noch bei Stamminjektionsversuchen festgestellt werden.

Die Holzanatomie von Esche (*Fraxinus excelsior* L.) als Vertreter ringporiger Gehölze und Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum* L.) als Zerstreutporer wurde entlang eines Gradienten Wurzel – Wurzelanlauf – Stamm untersucht. Dabei ergab sich für Esche ein kontinuierlicher Übergang zwischen Wurzel- und Stammholz, an Rosskastanie wurde am Wurzelanlauf eine verringerte Leitfähigkeit festgestellt („Flaschenhalseffekt“).

## 7 Abstract

The aim of the present thesis was to provide evidence about factors which influence the absorption behaviour of trees during stem injection.

Both a stem injection procedure and a stem infusion procedure (Mauget method) were tested. An active substance solution was introduced into the stems via boreholes of 6 mm in diameter and 4 cm in depth for both procedures. A pressure of 3 bars was additionally applied during stem injection. The default stem injection procedure was improved by modifying the drill bit and injection screw.

A dye solution (1% safranin O solution) was introduced into trees of different species by both procedures to visualize the spread of the solutions in the wood. Apart from significant differences in absorbency related to specific species of tree, it also became clear that ring-porous species are not suitable for these procedures due to a too low tangential dye spread and too low injection rates.

The stem injection tests at a pressure of 3 bars were only continued in the tree species horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). The two systemic insecticides imidacloprid and thiacloprid were injected to fight the horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*

DESCHKA & DIMIĆ). The influence of various factors on the absorbency of the horse chestnut trees was examined. The imidacloprid solution was easier to inject than the thiacloprid solution, the lower concentration solution better than the higher concentration. The absorbency at the root flare was significantly lower than at breast height (1.3 m). The injection rates were low before and during the horse chestnut blossoming period. The absorption behaviour of the trees was also influenced by the time of day. No significant influence on the injection rates could be proven for the weather and xylem flow rate. A dependence of the injection rate on the tree vitality and DBH could be demonstrated. The absorbency of the horse chestnut trees rose with increasing DBH and decreasing vitality during stem injection.

The efficacy of stem injections was evaluated over three vegetative periods. It was discovered that the success of a treatment persists depending on the tree vitality, DBH, previous damage and active substance dosing over two vegetative periods. There is only a slight effect in the third year so that the treatment should be repeated.

The wound reaction was examined at the injection holes. Up to 80 % of the injection holes were completely calloused depending on the tree vitality at the end of the vegetative period and almost all in the following year. Escaping exudate was only found occasionally in less vital trees during the vegetative rest following the treatment.

We had hoped to increase the conductivity of the thiacloprid solution by acidification (pH 5) and the addition of potassium ions. A success could not be determined in either conductivity measurements or in stem injection tests.

The wood anatomy of ash (*Fraxinus excelsior* L.) as a representative of ring-porous woody plants and horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) as a diffuse-porous species was examined along a root – root flare – stem gradient. There was a continuous transition between the root and the stem wood in ash whereas a reduced conductivity was discovered at the root flare of horse chestnut ("bottle neck effect").



Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt /  
Contributions to Forest Sciences

- |           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>1</b>  | (1997) A. Roloff/ K. Klugmann<br>Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen<br>97 S.   | 5,00 €     |
| <b>2</b>  | (1998) D. Krabel<br>Mikroanalytische Untersuchungen zur Physiologie des Baumkambiums<br>von <i>Thuja occidentalis</i> L. und <i>Fagus sylvatica</i> L.<br>96 S.                             | 5,00 €     |
| <b>3</b>  | (1998) S. Bonn<br>Dendroökologische Untersuchung der Konkurrenzdynamik in<br>Buchen/Eichen-Mischbeständen und zu erwartende Modifikationen<br>durch Klimaänderungen<br>226 S.               | 12,50 €    |
| <b>4</b>  | (1998) W. Nebe/ A. Roloff/ M. Vogel (Hrsg.)<br>Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage<br>für einen ökologisch begründeten Waldumbau<br>255 S.                         | 15,00 €    |
| <b>5</b>  | (1999) R. Kießner<br>Ein auf Strahlungsmessungen basierendes Verfahren zur Bestimmung<br>des Blattflächenindex und zur Charakterisierung der Überschirmung<br>in Fichtenbeständen<br>192 S. | 11,40 €    |
| <b>6</b>  | (1999) D. Bartelt<br>Oberirdische Phyto- und Nährelementmassen auf meliorierten,<br>immissionsbelasteten Standorten des Erzgebirges<br>178 S.   | 11,40 €    |
| <b>7</b>  | (1999) A. Bolte<br>Abschätzung von Trockensubstanz-, Kohlenstoff und Nährelement-<br>vorräten der Waldbodenflora – Verfahren, Anwendung und Schätztafeln<br>285 S.                          | vergriffen |
| <b>8</b>  | (1999) E. D. Mungatana<br>The Welfare Economics of Protected Areas: The Case of<br>Kakamega Forest National Reserve, Kenya<br>265 S.  | 16,40 €    |
| <b>9</b>  | (2000) G. Mackenthun<br>Die Gattung <i>Ulmus</i> in Sachsen<br>294 S.   | 16,40 €    |
| <b>10</b> | (2000) H. Wolf/ J. Albrecht (eds.)<br>The Procurement of Forestry Seeds in Tropical and Subtropical<br>Countries – the Example Kenya –<br>233 S.  | 13,90 €    |

- 11** (2001) U. Neumann  
Zusammenhang von Witterungsgeschehen und Zuwachsverläufen in Fichtenbeständen des Osterzgebirges  
193 S. 11,40 €
- 12** (2001) H. Lemme  
Populationsdynamik der Frostspanner *Operophtera fagata* (SCH.) und *Operophtera brumata* (LINNÉ) während einer Retrogradation in Ebereschen-Bestockungen des Erzgebirges  
238 S. 13,90 €
- 13** (2001) T. Schreiter  
Auswirkungen von Landnutzungssystemen auf die Zusammensetzung von Coleopterenzönosen (Insecta – Coleoptera)  
186 S. 11,40 €
- 14** (2001) H. Weiß  
Informationsverwaltung in Botanischen Gärten am Beispiel des Forstbotanischen Gartens in Tharandt  
194 S. + CD-ROM 11,40 €
- 15** (2001) G. Slotosch  
Waldschulen. Beitrag zum Bewerten und Verstehen waldbezogener Bildungsprozesse  
394 S. + 65 S. Anhangsband 27,40 €
- 16** (2002) J. Schumacher  
Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft – Erhebung und Ursachenanalyse biotischer Schadfaktoren  
183 S. 11,40 €
- 17** (2002) A. Roloff / S. Bonn (Hrsg.)  
Ergebnisse ökologischer Forschung zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Auenwäldern an der Mittleren Elbe  
227 S. 13,90 €
- 18** (2004) K. H. Müller  
Lückendynamik in Fichtenreinbeständen des Erzgebirges – Bestandesreaktion, Ressourcenverfügbarkeit und Empfehlungen zum Waldumbau  
230 S. 13,90 €
- 19** (2004) J. Schröder  
Zur Modellierung von Wachstum und Konkurrenz in Kiefern/Buchen-Waldumbaubeständen Nordwestsachsens  
271 S. 16,40 €
- 20** (2004) C. Fürst / A. W. Bitter / D.-R. Eisenhauer / F. Makeschin / H. Röhle / A. Roloff / S. Wagner (eds.)  
Sustainable Methods and Ecological Processes of a Conversion of Pure Norway Spruce and Scots Pine Stands into Ecologically Adapted Mixed Stands  
244 S. 13,90 €

- 21** (2004) H.-P. Reike  
 Untersuchungen zum Raum-Zeit-Muster epigäischer Carabidae  
 an der Wald-Offenland-Grenze  
 373 S. 21,40 €
- 22** (2005) W. Nebe, K.-H. Feger (Hrsg.)  
 Atmosphärische Deposition, ökosystemare Stoffbilanzen und  
 Ernährung der Fichte bei differenzierter Immissionsbelastung  
 129 S. 8,90 €
- 23** (2005) M. Rothe  
 Reaktionen des Wasserhaushaltes der Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.)  
 auf extremen Trockenstress  
 175 S. 11,40 €
- 24** (2005) A. Muchin  
 Analytische Untersuchungen zum Einfluss des Standorts auf das  
 Wachstum von Stiel- und Traubeneiche im nordostdeutschen Tiefland  
 264 S. 16,40 €
- 25** (2005) U. Pietzarka  
 Zur ökologischen Strategie der Eibe (*Taxus baccata* L.) –  
 Wachstums- und Verjüngungsdynamik  
 195 S. 11,40 €
- 26** (2006) C. Heidecke  
 Optimierung der Stammapplikation systemischer Pflanzenschutzmittel  
 auf der Grundlage baumbiologischer und holzanatomischer Aspekte  
 143 S. 11,40 €

**Beihefte** (ohne Begutachtungsverfahren, teilweise mit finanzieller Förderung gedruckt)

– nur über Dendro-Institut Tharandt e.V. zu beziehen; [www.dendro-institut.de](http://www.dendro-institut.de) –

- |                 |   |                   |
|-----------------|---|-------------------|
| <b>1</b> (2000) | S. Wagner (Hrsg.)<br>Perspektiven in der Waldbau Wissenschaft<br>186 S.   | <i>vergriffen</i> |
| <b>2</b> (2002) | E. Schuster (2. erweiterte Auflage)<br>Chronik der Tharandter forstlichen Lehr- und Forschungsstätte 1811-2000<br>284 S.    | 10,00 €           |
| <b>3</b> (2002) | S. Rajanov<br>Geschichte der Tharandter Immissionsforschung 1850 - 2002<br>172 S.   | <i>vergriffen</i> |
| <b>4</b> (2003) | H. Landmesser (Hrsg.)<br>Chemie und Forstwirtschaft – Gegensatz oder Symbiose<br>142 S.                                     | 8,00 €            |
| <b>5</b> (2004) | S. Kätzel, H. Landmesser, S. Löffler, O. Wienhaus (Hrsg.)<br>Einsatz von Biomarkern für das forstliche Monitoring<br>176 S. | 9,00 €            |