

Jörg Schumacher

Auftreten und Ausbreitung neuartiger
Baumkrankheiten in Mitteleuropa unter
Berücksichtigung klimatischer Aspekte

Heft **33**
März 2012

Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt /
Contributions to Forest Sciences

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.: 035203-38 31205
Fax: 035203-38 31218
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: 12.01.2012

Manuskript-Annahme: 12.03.2012

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN 978-3-8001-7850-6

ISSN 1434-8233

© 2012 Eugen Ulmer KG, Stuttgart

Druck: addprint AG Possendorf

1	Einleitung	1
1.1	Arbeitshypothese I	4
1.1.1	Exempel: Die <i>Phytophthora</i> -Erkrankung der Erlen	4
1.2	Arbeitshypothese II	8
1.2.1	Exempel: Der Parasitismus von <i>Annulohypoxyton cohaerens</i> an Rot-Buche	8
1.2.2	Exempel: Das Triebsterben der Eschen durch <i>Chalara fraxinea</i>	9
1.3	Arbeitshypothese III	12
1.3.1	Exempel: Die Pathogenität von <i>Diplodia pinea</i> an Kiefern	12
2	Materialien und Methoden	16
2.1	Untersuchungen zur <i>Phytophthora</i> -Erkrankung der Erlen	16
2.1.1	Versuchsflächenanlage	16
2.1.2	Erhebung von Infektionsgrad, Symptomatik und Vitalität	17
2.1.3	Nachweisverfahren und Präparationstechniken	18
2.1.4	Determination der Isolate	20
2.1.5	Erhebungen in Baumschulen	20
2.1.6	Pathogenitätstest	21
2.1.6.1	Bonitur und Stoffwechsel-Messungen	22
2.1.7	Versuche zur Frostsensibilität	23
2.1.8	Versuche zur Sporangien-Produktivität bei unterschiedlichem pH-Wert	26
2.1.9	Versuche zum Einfluss von Chemotaxis	27
2.1.10	Versuche zur Empfänglichkeit und Vektorfunktion des Saatgutes	27
2.1.11	Versuche zur Keimfähigkeit des Saatgutes	28

2.2	Untersuchungen zum Parasitismus von <i>Annulohypoxyylon cohaerens</i> an Rot-Buche	29
2.2.1	Erhebungen und Probengewinnung am Diagnose-Standort	29
2.2.2	Probenaufbereitung und Determination	30
2.2.3	Differentialdiagnose	30
2.2.4	Ermittlung der Wachstumsgeschwindigkeit	31
2.2.5	Versuche zur Ektoenzymaktivität	31
2.2.6	Versuche zum Holzzersetzungspotential <i>in vitro</i>	32
2.2.7	Inokulationsversuche	32
2.2.8	Versuchsbaum-Kontrolle und Reisolation	35
2.2.9	Schalltomographische Diagnose	36
2.2.10	Histopathologische Studien	37
2.3	Untersuchungen zum Triebsterben der Eschen durch <i>Chalara fraxinea</i>	38
2.3.1	Erhebungen zur Verbreitung des Erregers	38
2.3.2	Laborstudien an natürlich infizierten Baumschulpflanzen	40
2.3.2.1	Isolation des Erregers aus Rinde, Holz und Wurzel	40
2.3.2.2	Versuche zur Ektoenzymaktivität	41
2.3.2.3	Erhebungen zur Symptomausprägung	41
2.3.2.4	Histopathologische Studien	41
2.3.2.5	Versuche zur Köderung bodenbürtiger <i>Oomycota</i>	42
2.3.2.6	Versuche zum serologischen Nachweis bodenbürtiger <i>Oomycota</i>	43
2.4	Untersuchungen zur Pathogenität von <i>Diplodia pinea</i> an Kiefern	45
2.4.1	Erhebungen und Probenentnahme in Waldbeständen	45
2.4.2	Identifikation und Isolatgewinnung	46
2.4.3	Ermittlung von Wachstumsparametern	46
2.4.4	Infektionsversuche zur Provenienz-Anfälligkeit bei <i>Pinus sylvestris</i>	47

2.4.4.1	Auswahl der Teststämme	48
2.4.4.2	Präparation der Inokula	48
2.4.4.3	Infektionstechniken	49
2.4.4.4	Klimakammereinstellungen	50
2.4.4.5	Versuchsdauer und Kenngrößen der Bonitur	50
2.4.4.6	Versuche zur Reisolation des Erregers	51
3	Ergebnisse und Bewertung	52
3.1	Die <i>Phytophthora</i> -Erkrankung der Erlen	52
3.1.1	Infektionsgrade und Krankheitsausbreitung	52
3.1.2	Vitalität und Symptomatik	54
3.1.3	Primäre und sekundäre Krankheitsfaktoren	56
3.1.4	Baumschuldiagnose	58
3.1.5	Pathogenitätstest	61
3.1.5.1	Virulenz	61
3.1.5.2	Wirtsspezifische Abwehrreaktionen	65
3.1.5.3	Gasstoffwechselfparameter	66
3.1.6	Infektionsdynamik	67
3.1.7	Frostsensibilität	67
3.1.8	pH-Wert-Adaption von <i>P. alni</i>	69
3.1.9	Einfluss von Chemotaxis	69
3.1.10	Empfänglichkeit und Vektorfunktion des Saatgutes	70
3.1.11	Keimfähigkeit des stratifizierten Saatgutes	71

3.2	Der Parasitismus von <i>Annulohypoxylon cohaerens</i> an Rot-Buche	73
3.2.1	Vitalität und Schadfortschritt am Diagnose-Standort	73
3.2.2	Schadverursacher und Differentialdiagnose	75
3.2.3	Kulturmerkmale und Wachstumsgeschwindigkeit	78
3.2.4	Ektoenzymaktivität	80
3.2.5	Holzzersetzungspotential <i>in vitro</i>	80
3.2.6	Pathogenität und Holzzersetzung <i>in vivo</i>	81
3.2.7	Wachstum und Zersetzung durch <i>A. cohaerens</i> auf Gewebe- bzw. Zellebene	86
3.3	Das Triebsterben der Eschen durch <i>Chalara fraxinea</i>	88
3.3.1	Erstnachweis und Verbreitung des Erregers	88
3.3.2	Laborstudien an natürlich infizierten Baumschulpflanzen	89
3.3.2.1	Nachweis von <i>C. fraxinea</i> in Rinde, Holz und Wurzel	89
3.3.2.2	Ektoenzymaktivität von <i>C. fraxinea</i>	90
3.3.2.3	Symptomausprägung	91
3.3.2.4	Wachstum und Ausbreitung von <i>C. fraxinea</i> im verholzten Spross	92
3.3.2.5	Nachweis bodenbürtiger <i>Oomycota</i>	94
3.3.2.6	Modell-Erstellung	94
3.4	Die Pathogenität von <i>Diplodia pinea</i> an Kiefern	97
3.4.1	Verzweigungsstruktur, Nadelverlust und Nadelverfärbung	97
3.4.2	Nachweis des Erregers im Probematerial	99
3.4.3	Wachstumsverhalten von <i>D. pinea</i>	99
3.4.4	Provenienz-Anfälligkeit bei <i>P. sylvestris</i> gegenüber <i>D. pinea</i>	100
3.4.5	Reisolation des Erregers	110

4	Diskussion	112
4.1	Die <i>Phytophthora</i> -Erkrankung der Erlen	112
4.2	Der Parasitismus von <i>Annulohyphoxylon cohaerens</i> an Rot-Buche	119
4.3	Das Triebsterben der Eschen durch <i>Chalara fraxinea</i>	122
4.4	Die Pathogenität von <i>Diplodia pinea</i> an Kiefern	127
4.5	Abschließende Synthese	130
5	Zusammenfassung	133
6	Summary	137
7	Literaturverzeichnis	140
8	Curriculum vitae	153

5 Zusammenfassung

Anhand ausgewählter Projektstudien rezenter Forschungstätigkeit wurden Indizien für Auswirkungen des gegenwärtigen Klimawandels auf die Entstehung, Modifikation und Ausbreitung von Baumkrankheiten im klimatisch gemäßigten Mitteleuropa aufgezeigt. Den dazu erstellten Arbeitshypothesen sind Beispiele mit aktueller Bedeutung zugeordnet worden (cf. Tab. 21).

Tab. 21: Übersicht der verschiedenen Arbeitshypothesen und zugeordneten Beispiele.

Tab. 21: Overview of the different working hypotheses and the allocated examples.

	Arbeitshypothese	Kernaussage	Beispiel
I	Die milder werdenden Winter begünstigen psychrosensible Pathogene	Die Verringerung der Frost- und Eistage erhöht das Überlebens- bzw. Überdauerungspotenzial frostempfindlicher Pathogene	Die <i>Phytophthora</i> -Erkrankung der Erlen
II	Die häufiger auftretenden Witterungsextreme erhöhen die Prädisposition des Wirtes	Die Zunahme von Witterungsextremen (Hochwasser, Dürren, Spät- bzw. Frühfröste) führt zu physiologischem Stress (hohe Prädisposition)	Der Parasitismus von <i>Annulohypoxyylon cohaerens</i> an Rot-Buche Das Triebsterben der Eschen durch <i>Chalara fraxinea</i>
III	Das wärmere und saisonal trockenere Klima fördert die Zuwanderung und Etablierung thermophiler Pathogene	Der Temperaturanstieg ermöglicht zunehmend die Einwanderung, Entwicklung bzw. Fortpflanzung sowie Ausbreitung thermophiler Pathogene	Die Pathogenität von <i>Diplodia pinea</i> an Kiefern

Die Untersuchungen zur *Phytophthora*-Erkrankung der Erlen fanden in den Jahren 2001 bis 2004 im Rahmen eines Drittmittel-Projektes und seit 2006 auf der Grundlage eines Kooperationsvertrages im Spreewald bzw. in Brandenburg sowie z. T. darüber hinaus in Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen statt. Dabei wurden Erhebungen zu den Infektionsgraden, zur Symptomatik und Vitalität sowie zum Nachweis der primären und sekundären Krankheitsfaktoren im Wald und in Baumschulen durchgeführt. Im Labor bzw. unter kontrollierten Bedingungen erfolgten Versuche zur Virulenz, Frostsensibilität und Sporangien-Produktivität der Erreger, zum Einfluss von Chemotaxis sowie zur Empfänglichkeit bzw. Keimfähigkeit des Saatgutes (Vektorfunktion).

P. alni konnte als Haupterreger der Epidemie im Spreewald und in Baumschulen bestätigt werden. Zu Beginn der Untersuchungen wurden bedrohlich hohe Schädigungs-

gungsgrade und eine rasante Krankheitsausbreitung konstatiert. Als Gründe für die seit dem Jahr 2006 eingetretene Stagnation werden neben strukturellen Änderungen v. a. auch meteorologische Einflüsse und die erfolgreiche Umsetzung der Projektergebnisse (Maßnahmen-Katalog) angenommen. Durch Klimakammer-Versuche konnte die empirische Feststellung untermauert werden, dass der Erreger gegenüber strengem bzw. permanentem Frost sensibel reagiert. Im Zusammenhang mit der Arbeitshypothese I resultiert daraus ein zunehmendes Risiko für Klimaregionen, in denen sich die Krankheitsausbreitung bisher ökologisch limitiert darstellte.

Die in den Jahren 2005 bis 2008 erfolgten Untersuchungen zum Parasitismus von *A. cohaerens* an Rot-Buche beinhalteten sowohl Bonituren in einem urbanen Landschaftspark in Dresden und in verschiedenen Versuchsanlagen in Braunschweig als auch eine Reihe von Laborexperimenten. Im Einzelnen fanden Erhebungen zur Identifizierung des Verursachers und zum Grad bzw. Fortschritt der Schädigung sowie Studien mit dem Erreger zu den Differenzierungsmöglichkeiten, zum Wachstums- und Zersetzungspotential *in vitro*, zur Ektoenzymaktivität und Pathogenität *in situ* statt.

Die Untersuchungen ergaben, dass *A. cohaerens* als biotischer Verursacher der Erkrankung nach vorangegangener Prädisposition (Witterungsextreme) des Wirtes anzusehen ist. Anhand der Labor- und Freiland-Versuche lässt sich der Pilz als relevanter Holzfäuleerreger mit fakultativ parasitischem Potential an *Fagus sylvatica* charakterisieren. Da *A. cohaerens* mit einer Reihe anderer *Xylariaceae* verwechselt werden kann, ergibt sich außerdem ein größerer Aufwand für die zukünftige Diagnostik.

Das Triebsterben der Eschen durch *C. fraxinea* wurde seit dem Jahr 2005 von unterschiedlichen Standorten aus (JKI Braunschweig, HAWK Göttingen, LWF Freising) durch Erhebungen, Laborstudien und Recherchen repräsentativ für Deutschland untersucht. Neben den Studien zur Verbreitung und zum Schadausmaß der Erkrankung in mehreren Bundesländern erfolgten auch Untersuchungen zur Ektoenzym-

ausstattung, Präsenz und Besiedlung des Erregers in den Organen bzw. Geweben des verholzten Sprosses sowie zu den möglichen Begleitfaktoren der Krankheit.

Die Ergebnisse bestätigten *C. fraxinea* als primären Verursacher des Eschentriebsterbens und offenbarten, dass die Krankheit in Deutschland mit unterschiedlichem Schweregrad flächendeckend verbreitet ist. Für die rasante Ausbreitung sind möglicherweise auch klimatische Extreme verantwortlich. Die histologischen Studien zeigten, dass der Pilz weder vorrangig endophytisch lebt noch als Wurzelparasit oder typischer Rindenkolonist einzuordnen ist. Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurde ein Modell zur Interpretation der Invasions- und Ausbreitungsstrategien des Erregers im Holz erstellt.

Die Pathogenität von *D. pinea* an Kiefern ist in den Jahren 2005 bis 2009 zum einen in verschiedenen Waldstandorten in Sachsen-Anhalt und zum anderen durch gezielte Pathogenitätstests in Braunschweig untersucht worden. Sowohl die Bäume in den natürlich geschädigten Beständen als auch im Klimakammer-Versuch wurden anhand standardisierter Vitalitätsparameter und typischer Krankheitssymptome bonitiert. Begleitend fanden Studien zum Erregernachweis *in situ* und zum Wachstumsverhalten *in vitro* statt.

Die Ergebnisse verweisen auf eine enge Abhängigkeit zwischen der Entwicklung des Pilzes und den Umweltfaktoren (Witterung). Unter kontrollierten Bedingungen zeigte sich das enorme Potential des Krankheitserregers. Bei Annahme der Arbeitshypothese III gewinnt der thermophile Pilz an den in Mitteleuropa heimischen Kiefern (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*) somit weiterhin an Bedeutung. Da zwischen den eingesetzten Teststämmen des Erregers und den geprüften Kiefernherkünften jedoch z. T. deutliche Unterschiede bestanden, könnte sich die Auswahl geeigneter Provenienzen als ein Steuerungselement zur Schadensvermeidung erweisen.

Insgesamt verdeutlichen die vorgestellten Projektstudien, dass der präsen- und prognostizierte Klimawandel die Risiken für Bäume und Wälder durch neuartige bzw. sich ausbreitende Krankheiten in verschiedener Weise erhöht.

Für die Zukunft wird daher eine Intensivierung der Anstrengungen zum Schutz und Erhalt v. a. besonders sensibler und dadurch zunehmend gefährdeter Ökosysteme erforderlich sein.

6 Summary

With the help of selected research activities of recent years, signs of climatic change effects in regard to occurrence and spread of novel tree diseases in Central Europe have been demonstrated. Examples of present significance were allocated to related working hypotheses (cf. tab. 21).

Tab. 21: Overview of the different working hypotheses and the allocated examples.

	Working hypothesis	Key message	Example
I	Milder winters favour pathogens of low hibernal survivability	The decrease of days with $T_{\min} < 0^{\circ} \text{C}$ and $T_{\max} \leq 0^{\circ} \text{C}$ enhances survivability and persistence of pathogens with high sensibility to low temperatures	<i>Phytophthora</i> disease of alder
II	Frequent climatic extremes increase predisposition of hosts	The increase of climatic extremes (e.g. flood, drought, early and late frost) leads to physiological stress (high predisposition)	Parasitism of <i>Annulohypoxyton cohaerens</i> on beech Ash dieback by <i>Chalara fraxinea</i>
III	Global warming advances spread and establishment of thermophilic species	The temperature rise allows invasion, evolution, reproduction and spread of thermophilic pathogens	Pathogenicity of <i>Diplodia pinea</i> on pines

The investigations concerning *Phytophthora* disease of alder took place during the years 2001-2004 in the course of a funded research project and since 2006 based on a cooperation treaty in the German states of Brandenburg (mainly in Spreewald biosphere reserve), Mecklenburg-Western Pomerania and Lower Saxony. Surveys were carried out regarding infection rate, symptomatology, vigor, primary and secondary disease factors in forest stands and nurseries. Laboratory and greenhouse tests aimed to characterize aggressiveness, sensitivity to frost and sporangia production of the pathogens, chemical-tactical effects as well as susceptibility and germination capacity of alder seeds.

P. alni was confirmed to be the main causal agent of the epidemic in both forests and nurseries. At the beginning of the surveys very high infection rates and a rapid spread were ascertained. Apart from structural changes, especially meteorological effects and the implementation of measures (project results) are considered possible causes for disease stagnation since the year 2006.

Climate chamber experiments verified the empiric field observation that *P. alni* suffers from deep and permanent frost events. In connection with the related hypothesis an increasing risk is especially assumed for regions whose rough climate usually restricts further spread of the pathogen.

The parasitism of *A. cohaerens* on beech was investigated between the years 2005 and 2008. Studies contained surveys in an urban park (Dresden, Saxony) and different experimental areas (Braunschweig, Lower Saxony) as well as laboratory efforts. The aim was to clarify the role of the associated fungus and its impact in the disease process. Apart from macroscopic features, growth rate, decay potential, enzymatic activity and pathogenicity were distinguished comparing different similar *Ascomycetes*. Obtained results show that *A. cohaerens* is able to act as a biotic pathogen after previous abiotic predisposition. The fungus can be characterized as a serious wood-decay fungus of facultative parasitic potential on beech. Since *A. cohaerens* can be mistaken for some other *Xylariaceae*, future diagnoses may become more difficult and especially in case of *K. deusta* clear differentiation is necessary.

Ash dieback in Germany caused by *C. fraxinea* has been studied since the year 2005 at various research institutions (JKI Braunschweig, HAWK Goettingen, LWF Freising) by means of laboratory studies, representative surveys and data-recall facility. Investigations included distribution and impact, enzymatic potential, invasion strategies in woody tissues as well as secondary disease factors.

Results confirm that *C. fraxinea* is the primary agent of ash dieback and that the disease is already widespread in Germany, even though with varying impact. Rapid spread might be partially precipitated also by climatic extremes. According to histological studies the fungus is neither a prevalent endophyte nor a root parasite or typical bark coloniser. Based on this knowledge, a model of the agent's invasion and spread strategies in wood was simulated.

The pathogenicity of *D. pinea* on pines was investigated in the years 2005-2009 both in selected forest stands (Saxony-Anhalt) and in climate chamber experiments (Braunschweig, Lower Saxony). All either naturally or artificially infected trees were assessed with the help of standardized vitality parameters and typical disease symptoms. In addition samples were continuously taken *in situ* for screening, and growth behavior was studied *in vitro*.

Results show a strong correlation between the development of *D. pinea* and environmental factors (weather conditions). Under controlled conditions the noteworthy potential of the fungus was demonstrated. By acceptance of the related hypothesis, significance of the thermophilic fungus on pines (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*) in Central Europe is still increasing. Since distinct differences can be revealed among tested strains and provenances, the selection of suitable host provenances could be a perspective to reduce or even to avoid severe damage.

The presented examples of recent research point out the increased risks of trees and forest ecosystems due to new and spreading diseases especially in the context of climate change prognoses. An intensification of adequate efforts is therefore needed in order to protect and conserve very sensitive and threatened forest ecosystems.

Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt / Contributions to Forest Sciences

- | | | |
|-----------|--|------------|
| 1 | (1997) A. Roloff/ K. Klugmann
Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen
97 S. | 5,00 € |
| 2 | (1998) D. Krabel
Mikroanalytische Untersuchungen zur Physiologie des Baumkambiums
von <i>Thuja occidentalis</i> L. und <i>Fagus sylvatica</i> L.
96 S. | 5,00 € |
| 3 | (1998) S. Bonn
Dendroökologische Untersuchung der Konkurrenzdynamik in
Buchen/Eichen-Mischbeständen und zu erwartende Modifikationen
durch Klimaänderungen
226 S. | 12,50 € |
| 4 | (1998) W. Nebe/ A. Roloff/ M. Vogel (Hrsg.)
Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage
für einen ökologisch begründeten Waldumbau
255 S. | 15,00 € |
| 5 | (1999) R. Kűßner
Ein auf Strahlungsmessungen basierendes Verfahren zur Bestimmung
des Blattflächenindex und zur Charakterisierung der Überschirmung
in Fichtenbeständen
192 S. | 11,40 € |
| 6 | (1999) D. Bartelt
Oberirdische Phyto- und Nährelementmassen auf meliorierten,
immissionsbelasteten Standorten des Erzgebirges
178 S. | 11,40 € |
| 7 | (1999) A. Bolte
Abschätzung von Trockensubstanz-, Kohlenstoff und Nährelement-
vorräten der Waldbodenflora – Verfahren, Anwendung und Schätztafeln
285 S. | vergriffen |
| 8 | (1999) E. D. Mungatana
The Welfare Economics of Protected Areas: The Case of
Kakamega Forest National Reserve, Kenya
265 S. | 16,40 € |
| 9 | (2000) G. Mackenthun
Die Gattung <i>Ulmus</i> in Sachsen
294 S. | 16,40 € |
| 10 | (2000) H. Wolf/ J. Albrecht (eds.)
The Procurement of Forestry Seeds in Tropical and Subtropical
Countries – the Example Kenya –
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 waldbbezogener 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 €
- 27** (2006) D. Ißleib
Genetische Strukturen in Buchen-Altbeständen und Naturverjüngung
(*Fagus sylvatica* L.) des Mittleren Erzgebirges
140 S. 11,40 €
- 28** (2006) C. Fürst, V. Janecek, C. Lorz, F. Makeschin, V. Podrazky, H. Vacik (eds.)
Future-oriented concepts, tools and methods for forest management
and forest research crossing European borders
250 S. 16,40 €
- 29** (2007) M. Denner
Auswirkungen des ökologischen Waldumbaus in der Dübener Heide
und im Erzgebirge auf die Bodenvegetation
402 S. + CD-ROM 26,40 €
- 30** (2009) F. Hornschuch
Ausbreitungsstrategien der Feinwurzelsysteme von Wald-Kiefer
(*Pinus sylvestris* L.) und Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Rein- und
Umbaubeständen
340 S. 21,40 €
- 31** (2010) M. Meyer
Trockenheitsreaktionen und holzanatomische Eigenschaften der Zitter-Pappel
(*Populus tremula* L.) – Physiologie und QTL-Mapping
174 S. + 16 S. Anhang 13,90 €
- 32** (2011) H. H. Rump
Bruno Huber (1899 - 1969) – Botaniker und Dendrochronologe
231 S. 16,40 €
- 33** (2012) J. Schumacher
Auftreten und Ausbreitung neuartiger Baumkrankheiten in Mitteleuropa unter
Berücksichtigung klimatischer Aspekte
153 S. 17,00 €

Beihefte (ohne Begutachtungsverfahren, teilweise mit finanzieller Förderung gedruckt)

– nur über Dendro-Institut Tharandt e.V. zu beziehen; www.dendro-institut.de –

- | | | |
|------------------|---|-------------------|
| 1 (2000) | S. Wagner (Hrsg.)
Perspektiven in der Waldbau Wissenschaft
186 S. | <i>vergriffen</i> |
| 2 (2002) | E. Schuster (2. erweiterte Auflage)
Chronik der Tharandter forstlichen Lehr- und Forschungsstätte 1811-2000
284 S. | 10,00 € |
| 3 (2002) | S. Rajanov
Geschichte der Tharandter Immissionsforschung 1850 - 2002
172 S. | <i>vergriffen</i> |
| 4 (2003) | H. Landmesser (Hrsg.)
Chemie und Forstwirtschaft – Gegensatz oder Symbiose
142 S. | 8,00 € |
| 5 (2004) | S. Kätzel, H. Landmesser, S. Löffler, O. Wienhaus (Hrsg.)
Einsatz von Biomarkern für das forstliche Monitoring
176 S. | 9,00 € |
| 6 (2007) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen
der Baumpflege
132 S. | <i>vergriffen</i> |
| 7 (2008) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Aktuelle Fragen der Baumpflege und Stadtböden als Substrat
für ein Baumleben
162 S. | 12,00 € |
| 8 (2009) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Konzepte und Gestaltung mit Stadtbäumen und aktuelle Fragen
der Baumpflege
132 S. | 12,00 € |
| 9 (2010) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Aktuelle Fragen der Baumpflege und Bedeutung, Schutz und
Risiken von Stadtbäumen
151 S. | 12,00 € |
| 10 (2011) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Aktuelle Fragen der Baumpflege, Baumverwendung und Jungbaumpflege
174 S. (Dresdner StadtBaumtage 2011) | 17,50 € |
| 11 (2011) | K. Lochmann, E. Lochmann
Das Ausländerstudium an der Tharandter Lehr- und Forschungsstätte
von 1811 bis 1945
308 S. | 12,00 € |
| 12 (2011) | S. Bonn, J. Erler, S. Herzog (Hrsg.)
Tharandt 2011 – 200 Jahre Ideen für die Zukunft
224 S. | 29,00 € |
| 13 (2012) | A. Roloff, D. Thiel, H. Weiß (Hrsg.)
Aktuelle Fragen der Baumpflege, Planung, Wertschätzung und Wirkung von
Stadtbäumen
198 S. (Dresdner StadtBaumtage 2012) | 17,50 € |