

RheinlandPfalz



Ökologie und Waldbau der Weißtanne (Abies alba MILL.)

Mitteilungen aus der
Forschungsanstalt für Waldökologie
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Nr. 50/03

WERNER D. MAURER (HRSG.):

Tagungsbericht zum
10. Internationalen *IUFRO*-Tannen-
symposium am 16. – 20. Sept. 2002
an der FAWF in Trippstadt



Ministerium für Umwelt und Forsten



Foto: W.D. Maurer (FA Schönau, August 2002)

Ehrfurcht und Staunen vor der Schöpfung – hohe Tannen, die einmal ganz klein anfangen ...

WERNER D. MAURER (HERAUSGEBER):

Ökologie und Waldbau der Weißtanne (Abies alba MILL.)

**Tagungsbericht zum
10. Internationalen IUFRO-Tannensymposium
am 16. – 20. September 2002
an der FAWF in Trippstadt**

ISSN 1610 – 7705 Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der
Übersetzung vorbehalten

Herausgeber: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd,
 Forschungsanstalt für Waldökologie und
 Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Verantwortlich: Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und
 Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation: Mitteilung FAWF, Trippstadt
 Nr. 50/03, 249 Seiten
 + 22 Seiten Vorspann und 11 Seiten Anhang

zu beziehen über die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-
Pfalz, Schloss, D-67705 Trippstadt, fon: 0049-6306-911-0, fax: 0049-6306-911-200,
e-mail: ZDF.FAWF@wald-rlp.de

Inhaltsverzeichnis / Contents

	Seite / Page
Inhaltsverzeichnis / Table of Contents	i
HEINO WOLF: Vorwort / Preface	vi
HEINRICH SCHMUTZENHOFER Grußwort / Address	viii
KLAUS WEICHEL Begrüßungsrede / Welcome Address	x
HENDRIK HERING Einführungsvortrag / Introductory lecture	xiii
ERWIN HUSSENDÖRFER: Nachhaltigkeit genetischer Variation durch naturnahe Waldbauverfahren? – Beispiel Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) <i>Sustainability of genetic variation by close-to-nature silviculture?</i> – Example European silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.)	1
MONIKA KONNERT & WOLFHARD F. RUETZ: Untersuchungen zur genetischen Variation von Prüfliegern im Süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch <i>Investigations on the genetic variation of provenances included in the Bavarian Abies alba provenance trial</i>	8
LEON MEJNARTOWICZ: Genetic analysis of silver fir populations in the Beskids <i>Genetische Untersuchungen von Weißtannen-Populationen in den Beskiden</i>	17
FRITZ BERGMANN & CHRISTIAN WEHENKEL: Zusammenhänge zwischen Artendiversität und genetischer Diversität in einem Weißtannen-Buchen-Bergahorn-Mischbestand <i>Interrelations between species diversity and genetic diversity in a mixed stand of silver fir, beech and Sycamore maple</i>	25
VELITCHKO GAGOV, WALTER EDER, WERNER MAURER & UWE TABEL: Result of survival and growth development of silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) provenances in the IUFRO test in Osburg (Germany) <i>Ergebnisse zur Anwuchs- und Wuchsentwicklung der Herkünfte von Weißtanne (Abies alba MILL.) im IUFRO-Provenienzversuch in Osburg (Deutschland)</i>	31
RAPHAEL TH. KLUMPP: Der Tannenprovenienzversuch „Knödelhütte Wien 1967“: Ergebnisse im Alter 24 <i>The silver fir provenance trial “Knödelhütte Vienna 1967”: results at age 24</i>	44

WOLFHARD F. RUETZ: Ergebnisse des IUFRO-Weißtannen (<i>Abies alba</i>)–Provenienzversuchs im Alter von 20 Jahren auf 5 Prüfflächen in Bayern <i>Results of the IUFRO silver fir (Abies alba) provenance trial at age 20 on five test sites in Bavaria</i>	50
MIHAILO RATKNIĆ, MILIVOJ VUCKOVIĆ, VOJISLAV STAMENKOVIĆ & BRANISLAV STAJIĆ: Silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) provenance test in southwestern Serbia <i>Provenienzversuch der Weisstanne (Abies alba MILL.) im südwestlichen Serbien</i>	59
JAROSLAV KOBLIHA & VLADIMÍR JANEČEK: Growth and development of fir hybrid clonal material <i>Wachstum und Entwicklung von klonalem Tannenhybridmaterial</i>	68
EVA CREMER, SASCHA LIEPELT, BIRGIT ZIEGENHAGEN & ERWIN HUSSENDÖRFER: Einsatz von DNA- und Isoenzym-Genmarkern zur Unterscheidung von Einzelbäumen bei der Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.). <i>Use of DNA- and isozyme gene markers for differentiating single trees of silver fir (Abies alba MILL.)</i>	77
MEGLENA PLUGTSCHIEVA, VELITCHKO GAGOV, ILJA SIMEONOV, STOICHO BJALKOV & DIMITAR BARDAROV: Strategie zur Erhaltung der genetischen Ressourcen der Tannen <i>Abies alba</i> MILL. und <i>Abies Borisii-regis</i> MATTF. in Bulgarien <i>Strategy on the conservation of the genetic resources of the fir species Abies alba MILL. and Abies Borisii-regis MATTF. in Bulgaria</i>	85
WOLFGANG ARENHÖVEL: Die Erhaltung und Wiedereinbringung der Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) In Thüringen <i>Conserving and re-establishing European silver fir (Abies alba MILL.) in Thuringia</i>	97
HEINO WOLF: The status of silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) gene resources in Germany <i>Status der Genressourcen der Weißtanne (Abies alba MILL.) in Deutschland</i>	108
VALERIU ENESCU, ANDRA-NICOLETA CENUȘIU & ADRIAN TIMOFTE: The conservation of silver fir genetic resources in Romania – their management and monitoring <i>Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Weißtanne in Rumänien – Bearbeitung und Monitoring</i>	121
PATRICK HEINTZEN, WERNER D. MAURER & UWE TABEL: European silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.): measures for conserving and promoting a valuable and amiable tree species in Rhineland-Palatinate [Poster Abstract] <i>Die Weißtanne (Abies alba MILL.): Erhaltungs- und Fördermaßnahmen in Rheinland-Pfalz für eine wertvolle und liebenswürdige Baumart</i>	128

ROMAN LONGAUER: The effects of stand origin on the genetic structure of European silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) [Poster Abstract] <i>Die Auswirkungen des Bestandesursprungs auf die genetische Struktur der Weißtanne (Abies alba MILL.)</i>	131
BIRGIT ZIEGENHAGEN & SASCHA LIEPELT: Historical and contemporary gene flow in fir: new markers –new results – new perspectives[Poster Abstract] <i>Historischer und rezenter Genfluss bei Tanne: Neue Marker – neue Ergebnisse – neue Einsichten</i>	133
IVAN EVTIMOV, VELITCHKO GAGOV & PETAR ZHELEV: Results of progeny experiments with silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) in Bulgaria <i>Ergebnisse von Nachkommenschaftsprüfungen für Weißtanne (Abies alba MILL.) In Bulgarien</i>	136
LADISLAV GREGUSS & ROMAN LONGAUER: Verification and growth of interspecific fir hybrids at the age of 15 years [Abstract] <i>Überprüfung und Wuchsverhalten interspezifischer Tannenhybride im Alter 15</i>	142
JERZY ZAWADA: The increment appearance in the revitalization of silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) in the Polish forests and its silvicultural consequences <i>Das Zuwachsverhalten bei der Revitalisierung der Weißtanne (Abies alba MILL.) in den Wäldern Polens und waldbauliche Konsequenzen</i>	144
MILIVOJ VUCKOVIĆ, VOJSLAV STAMENKOVIĆ, BRANKO STAJIĆ & MIHAILO RATKNIĆ: Wuchsscharakteristika und Vitalität der Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) in einem ungleichaltrigen Bestand im Zlatar-Gebirge <i>Characteristics of silver fir (Abies alba MILL.) growth and vitality in an uneven-aged stand in the Zlatar Mountains</i>	152
ION BARBU: Dendroökologische Untersuchungen an Beständen der Weißtanne (<i>Abies alba</i>) mit Mistelschäden (<i>Viscum album</i>) <i>Dendroecological research on silver fir (Abies alba) stands damaged by mistletoe (Viscum album)</i>	161
MACIEJ PACH: The effect of bark-stripping by red deer on growth features of European silver fir (<i>Abies alba</i> MILL.) <i>Der Einfluss der Rotwildschälsschäden auf die Zuwachsmerkmale der Weißtanne (Abies alba MILL.)</i>	171
BRIGITTE COMMARMOT: Unterschiedliche Disposition von Weißtannen-Provenienzen (<i>Abies alba</i> MILL.) für die Gefährliche Weißtannentrieblaus (<i>Dreyfusia nordmanniana</i> ECKST.). <i>Susceptibility of different provenances of silver fir (Abies alba MILL.) to silver fir woolly aphid (Dreyfusia nordmanniana ECKST.)</i>	179

DIRK-ROGER EISENHAEUER, SVEN IRRGANG & SABINE HERING: Zur Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen (1992-2002) <i>Reintroduction of silver fir in Saxony (1992-2002)</i>	189
STANIŠA BANKOVIĆ, MILAN MEDAREVIĆ, DAMJAN PANTIĆ & NENAD PETROVIĆ: Distribution, conditions and management policy in mixed fir forests in Serbia <i>Verbreitung, Bedingungen und Bewirtschaftungspraktiken in Tannen-Mischwäldern in Serbien</i>	201
NIKOLA NIKOLOV, JANE ACEVSKI & VLATKO ANDONOVSKI: Natural regeneration of Macedonian fir (<i>Abies Borisii-regis</i> MATTF.) and factors which influence this process [Poster Abstract] <i>Die natürliche Verjüngung der Macedonischen Tanne (Abies Borisii-regis MATTF.) und Einflussfaktoren auf diesen Prozess</i>	209
WOLFGANG HENKEL & ANKA NICKE: Zum Wachstum der Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) in Thüringen (Deutschland) <i>On the growth of silver fir (Abies alba MILL.) in Thuringia (Germany)</i>	213
STANIŠA BANKOVIĆ, MILAN MEDAREVIĆ, DAMJAN PANTIĆ & NENAD PETROVIĆ: Development-productive characteristics of even-aged fir stands in the most represented forest types on Mt. Goč <i>Entwicklungsproduktive Eigenschaften von gleichaltrigen Tannenbeständen in den auf Mt. Goč am meistvertretenen Waldtypen</i>	231
DALIBOR BALLIAN & TODOR MIKIĆ: Changes in the structure of the virgin forest preserve Trstionica [Poster]. <i>Strukturveränderungen im Urwaldreservat Trstionica</i>	238
RADU CENUSĂ: Structural variability in the primeval forest Slatioara (Oriental Carpathians): mixed stand of spruce-fir-beech [Poster Abstract] <i>Strukturvielfalt im Urwald von Slatioara (Ostkarpaten): Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand</i>	248
Appendix / Anhang : <i>Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer / List of participants</i>	250
<i>Bisherige Veröffentlichungen „Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz“ (bis 2001: Nr. 1/1987-47/01); seit 2002 „Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz“ (ab Nr. 48/02)</i>	257

Die Symposiumsteilnehmer vor dem Trippstadter Schloss
The participants of the symposium in front of the Trippstadt Castle



International Union of Forestry Research Organizations
Internationaler Verband Forstlicher Forschungsanstalten
IUFRO-WP 1.05-16 Ecology and Silviculture of
European Silver Fir
Ökologie und Waldbau der Weißtanne



10th International IUFRO European Silver Fir Symposium
10. Internationales IUFRO Tannensymposium
16.-20. September 2002

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz
Schloss, D-67705 Trippstadt
fon: +49-6306-911-0, fax: +49-6306-911-200, e-mail:
zdf.fawf@wald-rlp.de



Vorwort

Das 10. Internationale Symposium der *IUFRO*-Arbeitsgruppe WP 1.05-16 „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ fand vom 16.-19. September 2002 in Trippstadt an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz statt. An der Veranstaltung nahmen 65 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 13 Nationen teil. Mehr als die Hälfte der vertretenen Nationen stammten aus Ost- und Südosteuropa.

In fünf Vortragsblöcken berichteten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über Untersuchungen zur genetischen und phänotypischen Variation von Herkünften der Weißtanne, die Beziehungen zwischen Artendiversität und genetischer Diversität, ertragskundliche Untersuchungen, die Bemühungen zur Wiedereinführung der Weißtanne in Sachsen und Thüringen sowie die Auswirkungen biotischer Schäden auf Wachstum und Vitalität von Weißtannen-Populationen. Zudem wurden einige Poster zur Thematik des Symposiums präsentiert.

Zwei Ganztages- und eine Halbtagesexkursion ergänzten die vielfältigen Vortragsveranstaltungen. Neben der Besichtigung einer Fläche des *IUFRO*-Weißtannen-Provenienzversuchs, einer Erhaltungs- sowie einer Elite-Samenplantage für Weißtanne standen vor allem verschiedene Weißtannenbestände, ihre waldbauliche Behandlung sowie Fragen des Anbaus und der natürlichen Verjüngung von Weißtanne im Mittelpunkt des Interesses. Besondere Beachtung verdiente die Besichtigung der höchsten Douglasien im Pfälzerwald.

Verschiedene Abendveranstaltungen brachten den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Kultur und die Lebensart der Menschen in der Pfalz näher.

Das 10. Internationale *IUFRO*-Tannensymposium wurde wie bereits die drei vorausgegangenen Symposien in den Jahren 1994 in Altensteig (Deutschland), 1996 in Jundola (Bulgarien) und 2000 in Skopje (Mazedonien) unter der Leitung von DR. WALTER EDER von den örtlichen Organisatoren hervorragend vorbereitet. DR. EDER übernahm 1991 die *IUFRO*-Arbeitsgruppe 1.05-16 „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ von seinem Vorgänger, Herrn Forstdirektor WILLI KRAMER. DR. EDER verstand es in hervorragender Weise, die unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen Genetik, Waldbau, Ertragskunde und Waldschutz mit den Fragen des praktischen Waldbaus zu verbinden. Seine berufliche Leidenschaft galt und gilt dem praktischen Waldbau.

DR. EDER integrierte während seiner Amtszeit erfolgreich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Nationen in der Arbeitsgruppe, die als Folge der politischen Entwicklungen in Südosteuropa im letzten Jahrzehnt entstanden. Neben der Förderung des internationalen wissenschaftlichen Austausches gelang es DR. EDER während der Symposien ein Arbeitsklima zu schaffen, das sowohl dem wissenschaftlichen als auch dem persönlichen Austausch förderlich war. Über die beruflichen und persönlichen Kontakte hinaus konnte DR. EDER in vorbildlicher Weise die Kultur und die Lebensart der Menschen in den Gastgeberländern den Besuchern verständlich und erfahrbar machen.

DR. EDER hat sich um die internationale Gemeinschaft der Forstwissenschaftlerinnen und Forstwissenschaftler verdient gemacht. Die *IUFRO* würdigte seine Verdienste im Mai 2000 aus Anlass des 9. Internationalen Tannensymposiums in Skopje (Mazedonien) mit der Verleihung des *IUFRO* Distinguished Service Award.

Nach 12 Jahren als Vorsitzender der *IUFRO*-Arbeitsgruppe 1.05-16 „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ übergab DR. EDER am Ende des 10. Internationalen Tannensymposiums die Verantwortung für die Arbeitsgruppe an den Verfasser dieses Vorworts. Ich bedanke mich im Namen der Arbeitsgruppe bei DR. WALTER EDER sehr herzlich für die geleistete Arbeit und hoffe, dass er sehr oft die Gelegenheit nützt, die Fortschritte „seiner“ Arbeitsgruppe persönlich als Teilnehmer an den zukünftigen Veranstaltungen zu verfolgen.

Pirna, den 30. März 2003

DR. HEINO WOLF

Vorsitzender der IUFRO-Arbeitsgruppe 1.05-16 „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“

Preface

The 10th International symposium of the *IUFRO* Working Party WP1.05-16 “*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*” was held at the Research Institute of Forest Ecology and Forestry for Rhineland-Palatinate in Trippstadt on September 16–19, 2002. 65 scientists from 13 different nations attended the meeting. More than half of the nationalities present came from East and South-east Europe.

In five lecture sessions the participants reported on their studies on the genetic and phenotypic variation of silver fir provenances, the interrelation between species diversity and genetic diversity, studies on yield and growth, the efforts made for re-introducing silver fir in Saxon and Thuringia as well as the impacts of biotic damages on growth and vitality of silver fir populations. In addition some posters were presented on the symposium subjects.

Two all-day and one half-day excursions completed the various lecture sessions. Besides viewing a *IUFRO* silver fir provenance plot, a silver fir conservation and elite seed orchard, in particular a variety of silver fir stands, their silvicultural management as well as questions on the cultivation and the natural regeneration were of main interest. Additionally special attention was given to the tallest Douglas-fir trees growing in the Palatinate Forest.

Several social evening events brought the culture and the *savoir-vivre* of the people living in the Palatinate closer to the participants.

The 10th International *IUFRO* Symposium on European Silver Fir – like the three preceding symposia in 1994 in Altensteig (Germany), 1996 in Jundola (Bulgaria) and 2000 in Skopje (Macedonia) – was prepared excellently by the local organizers as conducted by DR. WALTER EDER. In 1991 he was given the *IUFRO* Working Party WP1.05-16 “*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*” by his predecessor, forest district officer WILLI KRAMER. In an outstanding manner DR. EDER was able to link the different scientific fields of genetics, silviculture, yield and growth as well as forest protection. His professional passion counted and counts for the practical silviculture.

During his period of office, DR. EDER was successful in integrating in the working party scientists from those nations that came into existence in Southeast Europe as a result of the political changes in the past decade. Besides promoting the international scientific exchange, Dr. Eder understood well to create an atmosphere during the symposia that efficiently contributed to the scientific and the personal exchange. Beyond the professional and personal contacts, DR. EDER was able to make the visitors understand and comprehend the culture and the way of life of the people in the host countries in an exemplary way.

DR. EDER rendered outstanding services to the international community of forest scientists. *IUFRO* paid tribute to his merits by awarding to him the *IUFRO* Distinguished Service Award in May 2000 on the occasion of the 9th International Silver European Fir Symposium in Skopje (Macedonia).

After having been the chairman of the *IUFRO* Working Party 1.05-06 “*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*” for 12 years, DR. EDER handed over the responsibility for this working party to the author of this foreword at the end of the 10th International *IUFRO* Symposium on European Silver Fir. On behalf of this working group I wish to express our thanks to DR. WALTER EDER for the impressive work done by him, and I hope that he will take the opportunity very often to follow the progress of “his” working party by being a personal participant to the future meetings.

Pirna, March 30, 2003

DR. HEINO WOLF

Chairman of the *IUFRO* Working Party 1.05-16 “*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*”

Grußwort

Der Internationale Verband Forstlicher Forschungsanstalten, IUFRO, und seine Forschungsgruppen

IUFRO's Arbeitsgruppe 1.05.16 „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ ist eine von derzeit 206 Gruppen in 68 Forschungsgruppen der Struktur des Verbandes. DR. WALTER EDER, der Organisator des durch sein ausgewogenes Programm sehr bedeutenden 10. Internationalen Tannensymposiums, leitete diese Gruppe sehr erfolgreich seit dem Jahre 1991, also 12 Jahre. *IUFRO* hat bereits an anderer Stelle DR. EDER Dank und Anerkennung für seine Leistungen ausgesprochen, nämlich mit der Überreichung des *IUFRO*-Distinguished Service Award, der Auszeichnung für Hervorragende Dienste. Der Preis wurde anlässlich des 9. Internationalen Tannensymposiums in Mazedonien im Mai 2000 verliehen.

Die Bedeutung der *IUFRO* und ihrer Gruppen für die forstliche Forschung und Praxis sei an dieser Stelle wieder in Erinnerung gerufen.

IUFRO's Mandat ist die Förderung von Koordination und internationaler Zusammenarbeit in wissenschaftlichen Belangen unter Einschluss des gesamten Bereiches der Forschung über Wälder und Baumpflanzen. Die Blickrichtung ist natürlich auf die Nachhaltigkeit des Managements der Waldressourcen zur Wohlfahrt im ökonomischen, ökologischen und sozialen Bereich gerichtet. *IUFRO* arbeitet auf freiwilliger Basis, ist unpolitisch und für jeden offen, der fachbezogen wissenschaftlich arbeitet.

Zwei wesentliche Beiträge zur Erreichung der Ziele *IUFRO's* sind die Abhaltung von Tagungen, Symposien, Workshops und die Veröffentlichung von Tagungsberichten. Die Arbeitsgruppe „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ hat in diesen Bereichen sehr viel beigetragen. DR. EDER's Gruppe hat während seiner Amtsperiode vier Symposien abgehalten und die Beiträge jeweils auch veröffentlicht. In letzter Zeit zählte der Verband jeweils über 70 Tagungen und Symposien pro Jahr, und etwa 50 Bände von Tagungsberichten wurden jährlich publiziert. Diese wertvolle Literatur wird in einer *IUFRO*-Datenbank, LIBERO, am Internet dargestellt und beinhaltet alle bibliographischen Daten einschließlich der Zusammenfassungen. LIBERO ist mehrsprachig, (englisch, deutsch, und spanisch kann eingegeben werden). Kurzberichte über Tagungen werden in der vierteljährigen Verbandszeitschrift, *IUFRO* News, veröffentlicht.

IUFRO dankt DR. WALTER EDER für seine wichtigen Beiträge zum Wohle der Weltforstwirtschaft.

HEINRICH SCHMUTZENHOFER
Generalsekretär von *IUFRO*

Address

The International Union of Forest Research Organizations, *IUFRO*, and its Research Units

IUFRO Working Party 1.05.16 "*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*" is one of currently 206 Working Parties in 68 Research Groups within the Structure of the Union. DR. WALTER EDER, the organizer of the important 10th International Silver Fir Symposium with its well-balanced programme, has been co-ordinating this unit with great success since 1991, that is for 12 years. *IUFRO* had already seized an earlier opportunity to thank DR. EDER and recognize his services by presenting him the *IUFRO* Distinguished Service Award at the 9th International Silver Fir Symposium in the FYR of Macedonia in May 2000.

The importance of *IUFRO* and its units for forest research and practice should again be recollected at this point.

It is the mandate of *IUFRO* to support the coordination and international cooperation in scientific issues including the whole field of research on forests and trees. In doing so, emphasis is naturally placed on sustainable management of forest resources for economic, ecological and social benefits. *IUFRO* functions on a voluntary basis; it is non-political and open to all who do scientific work in the corresponding research fields.

Two main factors in reaching the goals of *IUFRO* are the organization of meetings, symposia and workshops and the publication of proceedings. The Working Party "*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*" has made major contributions in this respect. With DR. EDER as the co-ordinator, the Working Party held 4 symposia and published the resulting proceedings. For some years now, the annual number of meetings and symposia held by *IUFRO* units has exceeded 70, with some 50 publications of proceedings per year. This valuable literature is shown on the Web in *IUFRO*'s LIBERO database, which contains all bibliographic data including abstracts. LIBERO is a multilingual database (English, German and also Spanish entries are possible). Short reports from meetings are published in the quarterly newsletter of the Union, the *IUFRO* News.

IUFRO would like to extend its thanks to DR. WALTER EDER for his eminent contributions to the benefit of world forestry.

HEINRICH SCHMUTZENHOFER
Executive Secretary of IUFRO

Begrüßungsrede

des Herrn Präsidenten der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd in Neustadt/Weinstrasse, Dr. Klaus Weichel,

anlässlich der Eröffnung des 10. Internationalen *IUFRO*-Tannensymposiums der Arbeitsgruppe „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ am 16. September 2002 an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz in Trippstadt

**Sehr geehrter Herr Staatssekretär Hering,
sehr geehrte Gäste aus dem Ausland,
meine sehr geehrten Damen und Herren,**

es ist für mich eine große Freude, Sie in dieser - ja noch recht jungen - „Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd“, mit der „Zentralstelle der Forstverwaltung“ und des hier im Trippstadter Schloss angesiedelten Fachbereichs 55, der „Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz“ begrüßen zu dürfen.

Besonders bemerkenswert ist es, dass mit Ihnen zu diesem anspruchsvollen wissenschaftlichen Jubiläums-Symposium Wissenschaftler aus 15 Nationen angereist sind. Davon gehören allein 10 Länder dem ost- bzw. südosteuropäischen Bereich an, was allerdings angesichts ihres zentralen Themas „Weißtanne“ wieder leicht erklärbar ist, denn einer der nacheiszeitlichen Rückwanderungswege dieser Baumart führt schließlich um die Ostalpenregion in unser mitteleuropäisches Gebiet

Stellvertretend für alle aus dem östlichen Europa angereisten Wissenschaftler möchte ich besonders herzlich Frau **Forstministerin Dr. Meglena Plugschieva** aus Sofia/Bulgarien begrüßen. Als Forstwissenschaftlerin und zugleich politische Aufgaben wahrnehmend, heiße ich Sie, verehrte Frau Ministerin, als aktive Teilnehmerin – u.a. werden Sie hier über die Erhaltung der Weißtanne in Bulgarien referieren – sowie als Botschafterin für eine enge Zusammenarbeit und als Gast besonders herzlich willkommen.

Aus den Vereinigten Staaten von Amerika ist **Prof. Dr. Richard Herrmann** von der dortigen Westküste zu uns nach Rheinland-Pfalz angereist. Herr Professor Herrmann, Sie sind insbesondere als Douglasienexperte weltweit bekannt und bereichern die *IUFRO*-Tannensymposien – wo immer sie bislang stattfanden – schon seit langer Zeit. Ich darf Sie sehr herzlich begrüßen.

Als besonderen Gast begrüße ich Herrn **Dr. Chuo Ma** aus China. Herr Dr. Ma, wir freuen uns sehr über Ihre Teilnahme. China verbindet mit Deutschland bekanntlich schon eine relativ lange Zusammenarbeit über forstliche und forstwissenschaftliche Projekte und nicht zuletzt auch über zunehmende wirtschaftliche Zusammenarbeit.

Als **Sekretär** des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, der „**International Union of Forestry Research Organizations**“ begrüße ich herzlich Herrn **Heinrich Schmutzenhofer** aus Österreich. Es ehrt uns besonders, dass Sie, Herr Schmutzenhofer, angesichts der Vielzahl von *IUFRO*-Veranstaltungen dieser Arbeitsgruppe „*Ökologie und Waldbau der Weißtanne*“ durch Ihre Teilnahme Ihre besondere Aufmerksamkeit schenken.

Ein besonderer Gruß gilt Ihnen, Herr **Staatssekretär Hering**, der Sie unsere Ministerin für Umwelt und Forsten, Frau Dr. Margit Conrad, vertreten. Gleichzeitig danke ich Ihnen herzlich, dass Sie den Eröffnungsvortrag für dieses Symposium übernommen haben.

Herzlich begrüßen möchte ich auch den langjährigen Leiter dieser Arbeitsgruppe und Organisator des Tannensymposiums, Herrn Ministerialrat **Dr. Walter Eder**. Mit großem persönlichen Einsatz widmen Sie sich, Herr Dr. Eder, den Anliegen und Zielen dieser *IUFRO*-Arbeitsgruppe, Herr Dr. Eder. So verbinde ich mit meinem herzlichen Gruß den Wunsch, dass Ihnen mit diesem Symposium auch ein ganz persönlicher Erfolg beschieden sein möge.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, in diesem Trippstadter Schloss befinden wir uns – zunächst aus der pfälzischen, dann aus der rheinland-pfälzischen Sicht – in einer forstlich traditionsreichen Stätte. Seit nahezu anderthalb Jahrhunderten dient das Schloss mit wechselnden Schwerpunkten der forstlichen Verwaltung wie auch der Lehre und schließlich eben seit 1986 der forstlichen Forschung, welche seit 1987 hier von Herrn **Prof. Dr. Axel Roeder** erfolgreich geleitet wird. Mögen Sie sich innerhalb dieser alten Mauern wohlfühlen!

Im übrigen gehe ich davon aus, dass Ihre wissenschaftliche Tagung von Herrn Dr. Eder und Mitarbeitern dieses Hauses sowie der von Ihren Fachexkursionen betroffenen Forstämter sorgfältig vorbereitet ist. Ihr Programm ist inhaltsreich und vielseitig und gewiss eine gute Voraussetzung für eine erfolgreiche Tagung.

Zugleich aber mögen Sie hinreichend Muße haben, auch andere positive Eindrücke von unserer Landschaft, den Menschen und ihrer Lebensweise, ihrer Geschichte und Kultur in Ihre Heimat mitnehmen. So wünsche ich Ihnen für die vor uns liegende Woche einen angenehmen Aufenthalt sowie viel Erfolg bei Ihrer gemeinsamen Arbeit.

Welcome address

by Dr. Klaus Weichel, President of the Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd in Neustadt/Weinstrasse

on the occasion of the opening of the 10th International *IUFRO* Silver Symposium of the Working Party „*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*“ on September 16, 2002 at the Research Institute for Forest Ecology and Forestry of Rhineland-Palatinate in Trippstadt

Mr. State Secretary Hering

Honored foreign guests

Ladies and gentlemen

It is my great pleasure to be able to welcome you here in the Trippstadt castle where Department 55, the „Research Institute for Forest Ecology and Forestry“ (Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, FAWF) and the Central Forestry Agency (Zentralstelle für Forstwirtschaft, ZdF) for Rhineland-Palatinate is located. This institute and the central forest administration are part of the larger very recently formed “Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd” (SGD Süd).

It is especially noteworthy that scientists from 15 nations have come to join you and take part in this pretentious scientific anniversary symposium. 10 of these 15 countries are from the eastern or southeastern regions of Europe. This is easily explained considering the central theme “Silver Fir”, because one of the postglacial remigration routes taken by this tree species led through the Eastern Alpine region in our Central European area.

As a representative for all the scientists attending from the East European countries, I would like to greet **Dr. Meglena Plugtschieva**, the Minister of Forestry from Sofia, Bulgaria. Being not only a forest scientist at heart but also at the same time carrying out political duties, I welcome you, Honorable Madam Minister, most heartily as an active participant – as you will, among other things, give a lecture on the conservation of the silver fir in Bulgaria – and as an ambassador for a close working collaboration between the Forestry Administrations of Bulgaria and Rhineland-Palatinate, and last but not least as our guest.

Professor Dr. Richard Hermann has travelled to us here in Rhineland-Palatinate all the way from the west coast of the United States. Professor Hermann, you are recognized throughout the world as the leading expert on the Douglas-fir, and the *IUFRO* Silver-Fir-Symposia have profited from your expertise for years. I would like to extend a hearty welcome to you.

As a special guest I would like to greet **Dr. Chuo Ma** from China. Dr. Ma, we are pleased that you are taking part in this symposium. It is well known that China and Germany have been connected over the years through the collaboration in forestry and forest science projects, and last but not least through increasing economic co-operation. The existing partnership between Rhineland-Palatinate and your Province Fujiang has been enriched by the contact with you as a scientist of the “Chinese Academy of Forestry”.

I would like to extend a hearty welcome to the Secretary of the „International Union of Forestry Research Organisations”, the “*IUFRO*”, **Mr. Heinrich Schmutzenhofer** from Austria. We are especially honored, Mr. Schmutzenhofer, that you have shown your special interest in our working party “Ecology and Silviculture of Silver Fir” by attending this symposium when considering the great number of other *IUFRO* meetings.

A special greeting goes out to you, **Mr. State Secretary Hering**, as you are representing our Minister for Environment and Forestry, Dr. Margit Conrad, and as you are opening the symposium with your lecture.

At this point I would like to greet the person who has headed the working party „Ecology and Silviculture of Silver Fir“ for years, **Dr. Walter Eder**. I have heard that this symposium is the fourth and last symposium that you have co-ordinated during your term as *IUFRO* co-ordinator. You have always devoted yourself with great passion to the goals of this working party, Mr. Eder, and I hope that this symposium will be a personal success for you.

The Trippstadt Castle in which we are meeting is a building rich in the tradition of forestry. For almost one and a half centuries the castle has been connected with forestry, first as forest administration offices, then as a forester’s school, and finally since 1986 the castle has housed the Forest Research Institute of Rhineland-Palatinate which has been very successfully managed by **Professor Dr. Axel Roeder** since 1987.

Ladies and gentlemen, may you enjoy your visit within these old walls, which are enlivened nowadays by a fresh scientific spirit.

I am sure that your scientific meeting has been carefully prepared by Dr. Eder, the colleagues from this research institute and the participating forest districts where the excursions will take place. Your program appears to be full of interesting and diverse subjects, which will certainly provide the basis for a successful meeting.

I hope you will also find the time to gather many positive impressions of our landscape, of the people and their lifestyle, history and culture to take back home with you.

I wish you much success for your work during this coming week, and I hope you will have an enjoyable time.

Einführungsvortrag

von Herrn Hendrik Hering, Staatssekretär im Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz in Mainz

anlässlich der Eröffnung des 10. Internationalen *IUFRO*-Tannensymposiums der Arbeitsgruppe „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“ am 16. September 2002 an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz in Trippstadt

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

ich freue mich, bei Ihnen sein und den einleitenden Vortrag zu diesem internationalen Symposium halten zu können. Immerhin gilt es, einen besonderen Anlass hervorzuheben: Ihre Arbeitsgruppe feiert im 33. Jahr ihres Bestehens mit dem 10. Symposium ein Jubiläum, zu dem auch ich gerne gratulieren will.

Ihr zahlreiches Erscheinen zeigt, dass Sie diesem Anlass die gleiche Bedeutung zumessen. Ich habe mir sagen lassen, dass mehr als die Hälfte der nominellen Mitglieder und, was besonders erfreulich ist, die meisten osteuropäischen Mitglieder der Arbeitsgruppe an diesem Symposium teilnehmen.

Als Angehöriger der Landesregierung Rheinland-Pfalz freue ich mich auch, dass Sie bei Ihrem letzten Symposium in Mazedonien beschlossen haben, das 10. Symposium in unserem Land zu veranstalten.

Damit steht Trippstadt als Veranstaltungsort der Arbeitsgruppe in einer Reihe mit bekannten Tagungs- Städten, wie z. B. Wien, Kopenhagen, Zagreb oder Skopje.

Meine Damen und Herren,

Sie haben sich die Erforschung der Ökologie der Weißtanne und anderer Tannenarten zum Ziel gesetzt. Aus den Erkenntnissen dieser Arbeit heraus erarbeiten Sie Hinweise zur Erhaltung und Förderung dieser phylogenetisch sehr alten und für die Stabilität der Wälder und den naturnahen Waldbau so wichtigen Baumart.

Was liegt also näher, als dass ich Ihnen aus der Sicht des Landes etwas sage zur

„Bedeutung der Weißtanne für eine ökologisch orientierte, naturnahe Waldwirtschaft“

Da Sie heute noch einiges vorhaben und wichtige wissenschaftliche Vorträge auf dem Programm stehen, will ich dieses Thema schlagwortartig behandeln.

Lassen Sie mich einige Aussagen zur ökologisch orientierten naturnahen Waldwirtschaft voranstellen.

In unserem Land bestimmt das Landeswaldgesetz die naturnahe Waldbewirtschaftung zum Leitbild für die Waldbesitzer. Diese Festlegung, die es in ganz ähnlicher Form in allen deutschen Bundesländern gibt, und die zum Teil auch dort durch Landtags- oder Regierungsbeschlüsse eingeführt wurde, kann als Antwort der Forstpolitik auf ein wachsendes Umweltbewusstsein der Gesellschaft verstanden werden.

Naturnahe Waldwirtschaft geht in diesem Sinne über das Ziel waldbaulichen Handelns hinaus. Der Begriff ist zu einer Art Firmenphilosophie geworden und insofern ein wichtiges, kundenorientiertes und gesellschaftlich bedeutendes Marketingelement der Landesforstverwaltungen oder, wenn Sie wollen, Landesforstunternehmungen.

Naturnahe Waldwirtschaft ist aber auch der Ausdruck einer grundsätzlichen Neuorientierung derjenigen, denen unsere Wälder anvertraut sind, indem eine Rückbesinnung auf die Baumartenzusammensetzung und die Strukturen der natürlichen Waldgesellschaften und, was die Handlungsmaxime angeht, die Nutzbarmachung natürlicher Abläufe und Prozesse erfolgt ist.

Im Klartext heißt dies:

„Hinweg mit monostrukturierten, oft standortsfremden Nadelbaumbeständen, hin zu vielfältig gemischten strukturreichen Mischbeständen mit hohem Anteil standortsheimischer Baumarten“.

Damit ist naturnahe Waldwirtschaft gleichzeitig auch das Ergebnis über einhundertjähriger Bemühungen um mehr Naturverjüngung, Mischung und Stufigkeit, also um naturnähere Wälder. Selbstverständlich hat im Angesicht von Sturmkatastrophen und sich häufender Witterungsextreme naturnahe Waldwirtschaft auch das Ziel, die Wälder stabiler und gegen äußere Einflüsse elastischer zu machen und gleichzeitig durch die Nutzung natürlicher Wachstumsabläufe und gezieltes waldbauliches Handeln am Einzelbaum ökonomische Vorteile zu erzielen.

So ermöglicht die naturnahe Waldwirtschaft eine im Vergleich zu bisherigen Waldbaukonzepten wesentlich kostengünstigere Produktion wertvollen Holzes.

Wie passt nun die Weißtanne, das hauptsächliche Forschungsobjekt Ihrer Arbeitsgruppe, in dieses Konzept der naturnahen Waldwirtschaft?

Hierzu erst einmal einige grundsätzliche Überlegungen.

Sicherlich war das heutige Rheinland-Pfalz nie ein Weißtannenland. Aber, die Wälder in unserem Land gehören, von Sonderstandorten abgesehen, von Natur aus zu den verschiedenen Ausprägungen der Buchenwaldgesellschaften, in denen die Weißtanne häufig, wenn auch in unterschiedlichen Anteilen, Begleitbaumart war und ist, wie man in weniger vom Menschen veränderten Waldökosystemen beobachten kann.

Für eine frühere natürliche Beteiligung der Weißtanne in unseren Wäldern gibt es Hinweise, die man nicht einfach unbeachtet lassen kann.

So ist z.B. in einer wissenschaftlichen Arbeit aus dem Rheinischen Landesmuseum Trier die
„Erste römerzeitliche Tannenchronologie für die Nordwestprovinzen“
entstanden.

Für diese dendrochronologische Arbeit wurden alle bekannten Funde an historisch verwendetem Tannenholz in unserem Land herangezogen. Sicherlich muss man davon ausgehen, dass die Tannenhölzer, die in römerzeitlichen Fassbrunnen gefunden wurden, aus wiederverwendeten, von weither transportierten Weinfässern gebaut worden waren, weil die Römer bekanntlich nicht auf ihren täglichen „Schoppen“ verzichten wollten und damals wohl auch der Weinbau an Mosel und Rhein noch nicht so weit fortgeschritten war.

Auch können die Konstruktionshölzer der Römerbrücke oder des „Römersprudels“, einem Quellheiligtum und auch des Kellers der Arena in Trier, aus „Importen“ stammen.

Dass aber wertvolles Tannenbauholz, welches man ja von weit her hätte heranschaffen müssen, in Latrinen und Abwassergräben verbaut worden sein soll, wo man es gefunden hat, ist doch sehr unwahrscheinlich.

Diese Funde sprechen dafür, dass man Tannenholz auch in den nahen Eifelwäldern finden und ernten konnte. Weitere Funde, z.B. der Dachbalken einer als zeitlich älter zu datierenden keltischen Brunnstube und die Auswertungen paläobotanischer Untersuchungen in der Vulkaneifel sowie pollenanalytischer Untersuchungen in vermoorten Maaren der Eifel sind Anlass genug, das Vorkommen der Weißtanne auch in wissenschaftlichen Abhandlungen zu diskutieren.

Es gibt deutliche Hinweise dafür, warum die Weißtanne in unseren Waldgesellschaften sehr selten geworden ist, so dass man nicht auf Spekulationen angewiesen ist.

Die Weißtanne mit ihren langen, gerade gewachsenen Stämmen war vor den großflächigen Anbauten von Fichte und Kiefer ein hochwertiger und begehrter Baustoff. Dennoch hätte diese Eigenschaft der Tanne wohl allein nicht zu ihrem Verschwinden geführt, wie man am Beispiel der noch aus anderen Gründen sorgsam gehüteten Eiche sieht.

Die Schattbaumart Weißtanne aber konnte sich im Gegensatz zu der Lichtbaumart Eiche bei den durch die Art der Nutzung der Wälder seit dem Mittelalter entstandenen standortsökologischen Verhältnissen, nicht mehr in den Waldökosystemen behaupten. Aber selbst dort, wo das ökologische Umfeld noch in Ordnung war, hatte sie durch Waldweide und die hohen Wilddichten, vor allem in den herrschaftlichen Jagdrevieren, keine Überlebenschance.

Als beredtes Beispiel dafür kann der alte „Dannenwald“ am Erbeskopf genannt werden, ein weithin bewundener Tannenbestand, der bis in die 30er Jahre des vergangenen Jahrhunderts viele Exkursionen mit Teilnehmern aus ganz Deutschland anzog.

Über seine Entstehung ist bekannt, dass er durch „tiefe Gräben gegen Wild und Vieh“ geschützt war und deshalb zu einem herausragenden Bestand heranwuchs, der als einer der besten und schönsten in ganz Deutschland galt.

Wie sehr die Wälder und in ihnen vor allem die besonders gefährdeten Baumarten Eiche und Weißtanne gerade auch durch den Wildverbiss geschädigt wurden, belegt ein Zitat aus dem 18. Jahrhundert:

„Da durch die starke Wildfuhr nicht nur erwachsene Bäume, sondern vorzüglich der schönste Nachwuchs verdorben und so die jungen Haue in öde Plätze verwandelt werden, so sollte die allzu starke Wildfuhr eingeschränkt werden, dass die Wildschäden weniger nachtheilig würden.“

Dieses Zitat mutet erstaunlich zeitlos an, modernisiert man einige Ausdrücke und passt sie den neuen Schreibregeln an, so zeigt sich auf fast beklemmende Weise, wie wenig sich inzwischen geändert hat.

Ein Auszug aus einem weiteren Zitat aus dem 20. Jahrhundert soll die Wildproblematik weiter verdeutlichen:

„Viele Jäger gleichen einem Bauern, der nur für fünf Kühe Futterfläche hat, aber zehn Kühe hält. Jetzt überlegt er hin und her, wie er es anstellen kann, dass die zehn Kühe mit dem bisschen Weide satt werden können. Alles ist er bereit zu tun, nur den einen Rat, wenn er nur Futterwiesen für fünf Kühe hat, auch nur fünf Kühe zu halten, den weist er weit von sich“.

Diese unselige Verbindung zwischen verständnislosen Jägern und Schalenwild ist für unsere Weißtanne tödlich und einer der Gründe, warum es den Forstleuten so große Mühe macht, diese ökologisch und ökonomisch so bedeutende Baumart wieder vermehrt in unsere Wälder zurück zu bringen.

Die ökologische Bedeutung der Tanne liegt insbesondere in ihrem Schattenertragnis, das es erlaubt, sie in stufigen Mischbeständen zu erziehen. Vor allem aber auch in ihrer überragenden Wurzelenergie, die sie in die Lage versetzt, selbst dichte und nasse Böden zu durchwurzeln, was sie zu einem der wichtigsten Stabilitätsfaktoren unserer Wälder werden lässt.

Die ökonomische Bedeutung liegt in ihrer hohen Volumenleistung, ihrem geraden Wuchs, in der Tatsache, dass sie nicht durch Rotfäule geschädigt wird, keine Harzgallen ausbildet und im Gegensatz zur Fichte weit weniger von bestandsbedrohenden Borkenkäfern befallen wird. Dadurch kann sie nicht nur als Bauholz, wie dies in der Vergangenheit die Regel war, verwendet werden, sondern geastet auch als wertvolles Sichtholz für den Innenausbau, für Vollholz- Möbel oder als Furnier, Verwendung finden.

Für den Waldbauer eröffnet die Arbeit mit der Weißtanne die Möglichkeit, in stufig aufgebauten, strukturierten, stabilen Wäldern, zielstarke Einzelbäume in dauerwaldähnlichen Strukturen heranzuziehen und diese, wenn der Bedarf besteht, auch ernten zu können, ohne damit eine Labilisierung der so aufgebauten Wälder befürchten zu müssen.

Es muss also das erklärte Ziel der naturnahen, ökologisch orientierten Waldwirtschaft sein, die Weißtanne wieder in unsere Wälder zu integrieren. Hierzu bedarf es, neben der Herstellung einer angepassten Schalenwildliche, waldbaulichen Könnens und, da die Tanne in den meisten Fällen ja nicht natürlich verjüngt werden kann, wertvollen Vermehrungsgutes mit genetisch fixierter hoher Anpassungsfähigkeit aus standortangepasstem Ausgangsmaterial.

Zur Bereitstellung solchen, qualitativ besonders wertvollen Vermehrungsgutes haben für die Landesforsten Rheinland-Pfalz Samenplantagen eine hohe Priorität.

Weil die Weißtanne häufig nur vereinzelt oder in kleinen Gruppen vorkommt, die relativ weit von möglichen Fortpflanzungspartnern entfernt sind, muss eine genetische Einengung befürchtet werden. Deshalb wurden Generhaltungssamenplantagen der rheinland-pfälzischen Weißtannen-vorkommen angelegt.

Diese Erhaltungssamenplantagen haben den Vorteil, dass sie

- der Erhaltung und Sicherung der Genressourcen dienen und gleichzeitig
- die kostengünstige Gewinnung von Saatgut ermöglichen, das sich durch eine größere genetische Vielfalt auszeichnet, weil durch die Neukombination der aus dem ganzen Land eingebrachten genetischen Strukturen neue Genotypen entstehen.

Vor der Anlage der Samenplantagen wurde eine genetische Inventur der geeigneten Weißtannenherkünfte getrennt nach Höhenlagen unter 400 m und über 400 m durchgeführt. Diese Inventur hat keine genetischen Unterschiede der ausgewählten Bäume ergeben.

Deshalb konnten landesweit 266 so genannte Plusbäume nach besonderen Qualitätsmerkmalen ausgewählt werden, die in einer 3 Hektar großen Klonsammlung zusammengeführt wurden.

110 besonders herausragende Plusbäume aus diesem Kollektiv wurden zusätzlich selektiert und in einer Elite-Samenplantage zusammengefasst. Auch diese Samenplantage hat eine Fläche von 3 Hektar.

Beim Aufbau dieser Samenplantagen standen

als unverzichtbare fachliche Hilfe für die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

- die Universität Göttingen,
- die Fachleute der Firma ISOGEN und vor allem
- PROFESSOR DR. VELITCHKO GAGOV, Forstgenetiker der Forstuniversität in Sofia, Bulgarien,

zur Seite.

Ich will gerne die Gelegenheit nutzen, für die mit großem Erfolg geleistete Arbeit zu danken. Vom Gelingen dieser Samenplantagen werden Sie sich selbst bei der Exkursion am Mittwoch überzeugen können.

Die beiden Samenplantagen werden im Verbund mit 22 zugelassenen Weißtannenbeständen in Zukunft dazu beitragen, dass in Rheinland-Pfalz nur hochwertiges Vermehrungsgut der Weißtanne eingesetzt wird.

Meine Damen und Herren, ich komme zum Schluss.

Die Arbeitsgruppe „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“ setzt sich, wie ich bereits zu Beginn sagte, jetzt seit 33 Jahren für diese wertvolle Baumart ein, erforscht ihre genetischen Strukturen, versucht, ihre Rückwanderwege aus den eiszeitlichen Refugien zu ergründen, beobachtet sorgsam ihre Schädigungen, die vor allem in den siebziger Jahren unter dem Namen „Tannensterben“ bekannt geworden und glücklicherweise zumindest in Mitteleuropa abgenommen haben und erarbeitet nicht zuletzt Konzepte für den Waldbaupraktiker.

Seit ihrem Bestehen sind von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe mehr als 2.000 Seiten Fachbeiträge geleistet worden, welche die Weißtanne aus den verschiedensten Blickwinkeln beleuchten. Dazu hat sicherlich beigetragen, dass sich die Arbeitsgruppe aus Wissenschaftlern des Fachbereiches Genetik, aus dem universitären Bereich der Waldbauwissenschaft und der Forstpflanzenzüchtung, aus solchen der Forschungs- und Versuchsanstalten und aus Waldbaupraktikern zusammensetzt.

Ich kann nur wünschen – und ich gehe davon aus, dass dies so sein wird –, dass die Arbeitsgruppe ihre erfolgreiche, über viele nationale Grenzen hin verbindende Arbeit fortsetzen wird.

Ihnen persönlich wünsche ich, dass Sie aus diesem Symposium in Rheinland-Pfalz viele Anregungen mitnehmen und unser schönes Land, das mit 42% Waldanteil das walddreichste in der Bundesrepublik Deutschland ist und in dem das größte zusammenhängende Waldgebiet Deutschlands, der Pfälzerwald, in dem wir uns hier befinden, liegt, in bester Erinnerung behalten werden.

Introductory lecture

by Hendrik Hering, State Secretary of the Ministry for Environment and Forestry of the Federal State of Rhineland-Palatinate in Mainz

on the occasion of the opening of the 10th International *IUFRO* Silver Symposium of the *IUFRO*-Working Party „*Ecology and Silviculture of European Silver Fir*“ on September 16, 2002 at the Research Institute for Forest Ecology and Forestry of Rhineland-Palatinate in Trippstadt

Ladies and gentlemen:

I am pleased to be here with you to present the opening lecture for this international symposium. This is after all a very special occasion: your Working Group is celebrating the 33rd year of its existence with this 10th symposium, an anniversary for which I would like to congratulate you. The fact that so many people have come to the symposium shows how important you find it. I was told that more than half of the nominal members are attending this symposium, and it is especially gratifying that most east European members of the working party are at this meeting.

As a member of the State Government of Rhineland-Palatinate, I am also very happy about the decision you made at the last symposium in Macedonia to hold the 10th Symposium in our country. This puts Trippstadt as a venue for the working party in the list along with such well-known cities as Vienna, Copenhagen, Zagreb or Skopje.

Ladies and gentlemen:

The subject of your scientific work is the research on the ecology of European silver fir and other fir species. Based on the results of this fine work, you gather important information on how to conserve and promote this phylogenetically ancient tree species, which is so important for the stability of the forests as well as for close-to-nature silviculture.

What would be more appropriate than to talk to you – from the view of our country – about the

“Importance of European silver fir for an ecologically oriented, close-to-nature forestry”.

Since there is a full program today for you including important scientific lectures, I shall present this subject using short captions.

Let me begin with a few statements on ecologically oriented close-to nature forestry.

In our state the Landeswaldgesetz (State Forest Act) has determined close-to-nature forestry as a guide for the forest owners. The fact that these guidelines have been set in similar form in all German Federal States, sometimes introduced by resolutions passed by State Parliaments or by State Governments, may be understood as a response of forest policy to an ever-increasing consciousness for the environment in our society.

Close-to-nature forestry thus goes beyond the objective of silviculture. The term has become a kind of company philosophy and thus an important customer-oriented and socially significant marketing element of the State Forest Administrations, or you could say, of the State Forest enterprises. Close-to-nature forestry, however, is also the expression of a basic new orientation of those persons that are in charge of our forests after re-considering the make-up of tree species and the structures of the natural forest communities, and regarding the action principle, the utilization of natural processes.

This clearly means:

“Do away with mono-structured conifer stands, that are frequently non-indigenous and not site-adapted, replace them with diverse mixed stands rich in their structure and comprising a high portion of indigenous tree species”.

Thus for over a century close-to-nature forestry has also been the result of working towards more natural regeneration, mixture and uneven-aged, diverse structure, that is, forests that are closer to nature.

In the face of storm disasters and changing climatic extremes, close-to-nature forestry also aims to stabilize the forests and make them more elastic towards outside influences and to gain economic advantages by using natural growth processes and specific silvicultural measures for the individual tree.

In this way close-to-nature forestry makes an essentially cheaper production of valuable wood possible as compared to previous silvicultural concepts.

How does silver fir which is the main research object of your working party, fit into this concept of close-to-nature forestry?

First let me mention some basic considerations:

Rhineland-Palatinate as we know it today, has certainly never been silver fir country.

However, the woodlands of our State, with the exception of certain sites, belong naturally to the different types of beech forest communities in which silver fir often was and still is, in variable proportions, an associate tree species, as can be observed in forest ecosystems less influenced by man.

There are indications of an earlier natural presence of silver fir in our forests that simply cannot be ignored.

Thus for example a scientifically based paper entitled

„Erste römerzeitliche Tannenchronologie für die Nordwestprovinzen“
(„*First Roman Fir Chronology for the Northwest Provinces*“)

was published by the *Rheinisches Landesmuseum Trier*.

For this dendrochronological study all known findings of historically used fir wood in our State were taken into account.

Certainly one has to assume that the fir wood found in “*Fassbrunnen*” (cask wells) from Roman times came originally from re-used wine casks brought from far away, since it is well known that the Romans did not want to give up their daily drink of wine and at that time viticulture along the Mosel and Rhine Rivers was not so advanced.

Also the construction logs used for the Roman bridge or for a spring sanctuary, nowadays called “*Römersprudel*”, as well as for the cellar of the arena in Trier could have been imported.

It is very unlikely, however, that valuable fir construction wood which had to be brought from far away, would have been used for toilets (“*Latrinen*”) and sewage ducts where it was found.

These findings support the view that fir wood could also be found and harvested in the near-by Eifel forests.

Further findings, such as the roof rafter of the Celtic “*Brumstube*” which dates back to even earlier times and the evaluation of paleobotanical studies in the Vulkaneifel as well as pollenanalytical studies in boggy maars (*Maare*) of the Eifel are reason enough to also discuss the occurrence of silver fir in scientific papers.

There is clear evidence why silver fir has become very rare in our forest communities, so one need not rely on speculation.

Silver fir with its long straight trunk was a high quality and much demanded construction material prior to the large-scale cultivation of Norway spruce and Scots pine. This characteristic of silver fir alone, however, would not have led to its disappearance, as one can see from the example of the oak, which was also well protected for other reasons.

The shade-bearing tree species silver fir, as opposed to the light-demanding tree species oak, could not assert itself in the forest ecosystem, due to the ecological site conditions caused by the way the forests have been exploited since the Middle Ages.

But even where the ecological environment was still in balance, silver fir did not have a chance to survive because of forest grazing and the great number of game especially in the hunting grounds of the noblemen.

A good example of this is the old „Dannenwald“ at the Erbeskopf Mountain, a widely admired silver fir stand which attracted many excursions with participants from all over Germany until the 1930s.

We know that this forest came into existence as a result of making deep ditches to protect it from game and cattle, and for that reason it developed into an excellent stand that was considered the best and most beautiful in all of Germany.

A quotation from the 18th century proves how greatly the forests, and especially the endangered tree species oak and silver fir, were damaged from browsing by game:

„Da durch die starke Wildfuhr nicht nur erwachsene Bäume, sondern vorzüglich der schönste Nachwuchs verdorben und so die jungen Haue in öde Plätze verwandelt werden, so sollte die allzu starke Wildfuhr eingeschränkt werden, dass die Wildschäden weniger nachtheilig würden.“

„Because the large number of game spoil not only the mature trees, but prefer especially the best seedlings, and the young cuttings are turned into barren places, the number of game should be limited so that damage will be less permanent.“

This quotation seems surprisingly timeless. If you change a few expressions and spellings to update the language, it shows how alarmingly little has changed through the years.

An excerpt of another quotation from the 20th century gives a clear picture of the problem of having too much game:

„Viele Jäger gleichen einem Bauern, der nur für fünf Kühe Futterfläche hat, aber zehn Kühe hält. Jetzt überlegt er hin und her, wie er es anstellen kann, dass die zehn Kühe mit dem bisschen Weide satt werden können. Alles ist er bereit zu tun, nur den einen Rat, wenn er nur Futterwiesen für fünf Kühe hat, auch nur fünf Kühe zu halten, den weist er weit von sich.“

“Many hunters are like the farmer who only has enough fields to feed five cows but keeps ten. Now he tries to decide how he can feed ten cows with the little pasture he has. He is prepared to do anything, but the advice that he should only have five cows if he only has enough to feed five cows, he rejects completely.“

This unfortunate connection between uncomprehending hunters and cloven-hoofed game is deadly for our silver fir and one of the reasons why the foresters have such a difficult time reintroducing this tree species and increasing the number of these trees which is so important ecologically and economically in our forests.

Silver fir is of ecological importance because of its shade tolerance that allows it to grow in uneven-aged, diversely structured mixed stands. It is primarily the extreme root energy, which allows the silver fir to send its roots through even dense and wet soils, which makes it one of the most important stability factors in our forests.

The economic importance of the fir lies in its high volume performance, its straight growth, in the fact that it is not damaged by red rot, does not form resin galls, and in contrast to Norway spruce, is not as likely to be attacked by bark-beetles. For this reason it can not only be used for construction wood, but when pruned also as valuable finishing wood for interiors, for furniture or for veneer.

When working with silver fir, the silviculturist is able to grow single trees in uneven-aged, diversely structured, stable forests similar to permanent forest structures, and harvest when needed without fearing that these forests could be destabilized.

Consequently, it must be the clear goal of close-to-nature ecologically oriented forestry to reintegrate the silver fir in our forests. In addition to adapting the density of the clove-hoofed game, silvicultural skill is required, as well as valuable reproductive material with genetically fixed high

adaptability from site-adapted parental material, since silver fir cannot be rejuvenated naturally in most cases.

In order to provide such valuable reproductive material of especially high quality, seed orchards are of high priority for the Landesforsten (forestry administration) Rheinland-Pfalz.

Since silver fir often occurs as individual trees or in small groups, which are relatively far away from potential reproductive partners, a genetic reduction must be feared. Consequently gene conservation seed orchards from Rhineland-Palatinate silver fir occurrences were established.

These conservation seed orchards are advantageous as they serve

- to preserve and secure the gene resources, and at the same time
- to make possible the inexpensive harvest of seed crop, which is characterized by a larger genetic diversity, since new genotypes are produced due to the recombination of the genetic structures, gathered from the whole country.

Prior to the establishment of the seed orchards, a genetic inventory of suitable silver fir sources classified according to the altitudinal zones below 400 m and above 400 m a.s.l. was carried out. No significant differences between the selected trees became evident by this inventory. For this reason 266 so-called 'plus-trees' (elite trees) from all over the country could be selected according to specific quality traits that were brought together in a clone archive the size of 3 ha.

In addition 110 especially excellent plus-trees from this collective were selected and included in an elite seed orchard. This seed orchard also has the size of 3 ha.

For the establishment of these seed orchards the Research Institute for Forest Ecology and Forestry was given absolutely essential support by

- the University of Göttingen;
- the experts of the ISOGEN Company, and in particular
- PROFESSOR DR. VELITCHKO GAGOV, the forest geneticist of the University of Forestry in Sofia, Bulgaria.

I would like to take this opportunity to say thank you for the work so successfully carried out. You will be able to see for yourselves how successful the seed orchards are when we go on the excursion Wednesday.

In the future both the seed orchards together with 22 approved silver fir stands will assure that exclusively silver fir reproductive material of high quality will be used.

Ladies and gentlemen, I am coming g to a close.

The working party „*Ecology and Silviculture of Silver Fir*“ has been promoting this valuable tree species for 33 years, as I mentioned at the beginning. It studies the genetic structures and tries to find out the remigration routes from the glacial refugia, observes carefully damages which became known particularly in the 1970s under the name of “Tannensterben” (fir decline) but have fortunately decreased at least in Central Europe. And last but not least the working party elaborates concepts for the silviculturist in practice.

Since the founding of the working party, more than 2.000 pages of scientific contributions elucidating the silver fir from very different angles have been published by the members. This certainly came about because so many scientists come from the field of genetics, as well as from the sections of silviculture and forest plant breeding sciences at the universities, from research institutes and from the silvicultural practice.

It is my sincere wish that the working party will continue its successful work extending and uniting across national borders. May you take many ideas from this symposium in Rhineland-Palatinate home with you. And may you keep our beautiful state in fond memory – covered by 42% of woodland thus being the richest in forests in Germany, with the largest contiguous forest area, the Palatinate Forest (Pfälzerwald), where we are right now.

Nachhaltigkeit genetischer Variation durch naturnahe Waldbauverfahren? — Beispiel Weißtanne (*Abies alba* MILL.)

ERWIN HUSSENDÖRFER

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, genetic variation, sustainability, silviculture

Abstract

Title of the paper: Sustainability of genetic variation by close-to-nature silviculture? – Example European silver fir (*Abies alba* MILL.).

This report provides survey of the actual investigations of sustainability of genetic variation by nature oriented forest management. The main focus is put on the natural regeneration and utilization of silver fir forests (*Abies alba* Mill.).

The results indicate that genetic structures can be influenced by the system of regeneration. By means of isozyme gene markers, for regeneration under shelterwood a significant lower genetic variation was found as compared to regeneration under femel coupe. It is assumed that a long regeneration period which is typical for femel coupes is advantageous for the sustainability of genetic variation.

The modeling of a final diameter oriented management system using the growth model SILVA 2.2. (designed by Prof. PRETZSCH) revealed no impact on genetic variation for a period of fifty years.

In order to preserve genetic variation, long utilization periods, regeneration periods as well as small structured utilization should be favoured.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, genetische Variation, Nachhaltigkeit, Waldbau

Zusammenfassung

Im vorgestellten Beitrag wird am Beispiel der Baumart Weißtanne die Frage erörtert, inwiefern naturnahe Waldbewirtschaftungsverfahren zur Nachhaltigkeit genetischer Variation beitragen können. Die Darstellungen konzentrieren sich auf die Thematik der natürlichen Verjüngung und Nutzung von Weißtannenwäldern.

Am Beispiel verschiedener Versuchsbestände werden genetische Strukturen von Alttannen mit genetischen Strukturen von Tannenjungwuchs verglichen, die aus Schirmschlag- oder Femelschlagverjüngung hervorgegangen sind. Die genetischen Strukturen wurden mit Isoenzymgenmarkern an 14 polymorphen Genorten erfasst.

An einem weiteren Beispiel wird die Möglichkeit zum Einsatz von waldwachstumskundlichen Simulationsprogrammen zur Einschätzung der Wirkungen verschiedener Nutzungsstrategien auf die genetische Struktur von Weißtannenbeständen vorgestellt.

Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit genetischer Variation werden Empfehlungen für die naturnahe Waldbewirtschaftung abgeleitet.

1 Einleitung

Genetische Aspekte zu Fragen naturnaher Waldwirtschaft wurden bislang in mehreren Untersuchungen für verschiedene Baumarten bearbeitet (z.B. ROTACH 1994; SCHOLZ & DEGEN 1999). Im vorliegenden Beitrag wird am Beispiel der Baumart Weißtanne der

Kenntnisstand hinsichtlich möglicher Beeinflussung genetischer Variation durch Verjüngungs- und Nutzungskonzepte dargestellt und Empfehlungen zur "Nachhaltigkeit genetischer Variation durch naturnahe Waldwirtschaft" abgeleitet.

2 Material und Methoden

Die genetischen Untersuchungen sowie die Modellierungen erfolgen am Beispiel einer Versuchsfläche der Abteilung Waldwachstum der FVA Baden-Württemberg (TA-222). Der Bestand im Forstbezirk Todtmoos ist ein montaner Buchen-Tannenwald auf 1.020 m ü. NN. (leicht geneigter Süd-Ost-Hang, 1.850 mm Niederschlag, durchschnittliche Jahrestemperatur 6,5 °C). Das Alter des Bestandes wird mit 110–115 Jahren angegeben; er ist aus Naturverjüngung hervorgegangen. Der Bestand weist eine ausgeprägte horizontale und vertikale Struktur auf und besteht zu 40% aus Tanne, 40% Buche, 15% Fichte und 5% Bergahorn. Der Vorrat liegt bei etwa 550 Vfm, der dGZ₁₀₀ für die Tanne bei 10 Vfm pro Jahr und Hektar.

In diesem Bestand wurden alle Weißtannen über BHD 8 cm genetisch untersucht, insgesamt 959 Stück. Zusätzlich untersucht wurden je 200 Weißtannen aus Naturverjüngung auf mehreren Versuchspartellen der Abteilung Waldwachstum der FVA Freiburg, wovon die Ergebnisse zweier Partellen hier berücksichtigt werden. Diesen Versuchspartellen liegen bekannte und ertragskundlich dokumentierte Verjüngungsverfahren zu Grunde (Details zur Versuchsanlage finden sich bei WEISE 1995). Die untersuchten Verjüngungsverfahren unterscheiden sich insbesondere im zeitlichen Verjüngungsfortschritt, d.h. den Zeiträumen von der Einleitung der Verjüngung bis zur vollständigen Freistellung der Verjüngung. Die beiden berücksichtigten Versuchspartellen werden in 35 Jahren (Schirmschlag) bzw. 50 Jahren (Femelschlag) verjüngt.

Die Simulation einer Zieldurchmesserernte erfolgte mit Hilfe des Waldwachstumssimulators SILVA 2.2. Dieser wurde von Professor Dr. H. PRETZSCH und seinen Mitarbeitern am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München entwickelt (PRETZSCH 1992).

Zur Bestimmung der genetischen Strukturen wurden Isoenzyme mittels Stärkegelelektrophorese untersucht. Durch Analyse der Enzymsysteme Aminopeptidase (AP, EC 3.4.11.1), Aspartat-Aminotransferase (AAT, EC 2.6.1.1), Isocitratdehydrogenase (IDH, EC 1.1.1.42), Malatdehydrogenase (MDH, EC 1.1.1.37), Menadionreduktase (MNR, EC 1.6.99.3), NADH-Dehydrogenase (NDH, EC 1.6.99.3), 6-Phosphogluconatdehydrogenase (6-PGDH, EC 1.1.1.44), Phosphoglucomutase (PGM, EC 2.7.5.1) und Shikimatdehydrogenase (SKDH, EC 1.1.1.25) wurden die genetischen Strukturen der Versuchsbäume an 14 Genorten bestimmt und verglichen. Es sind dies AP-A, AP-C, AP-D, AAT-A, AAT-B, AAT-C, IDH-A, IDH-B, MDH-A, MNR-A, NDH-A, 6PGDH-A, 6PGDH-B sowie PGM-A. Details zur Analysenmethodik finden sich bei HUSSENDÖRFER *et al.* (1995).

Die Quantifizierung genetischer Variation innerhalb einzelner Kollektive erfolgte unter Verwendung folgender genetischer Variationsparameter: genetische Vielfalt (A_L), genetische Diversität (v), gametische Multilocus-Diversität (v_{gam}) und aktuelle

Heterozygotie (H_A). Zusammenfassende Darstellungen und Diskussionen zur Konzeption und Verwendung der genetischen Parameter finden sich bei HATTEMER *et al.* (1993).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beispiel Waldverjüngung

Auf der Versuchsfläche TA-222 (Todtmoos) der Abteilung Waldwachstumskunde der FVA Baden-Württemberg zur Verjüngung der Weißtanne (WEISE 1995) wurde die genetische Variation von 959 Alttannen erfasst und mit jeweils 200 Jungtannen aus zwei Naturverjüngungen verglichen, die im Jahre 1981 eingeleitet wurden, sich aber im Verjüngungsfortschritt deutlich unterscheiden: schnelle Verjüngung im Schirmschlag und langsame Verjüngung im Femelschlag.

In mittleren genetischen Variationsparametern (Tab. 1), d.h. genetische Vielfalt, Diversität, Heterozygotie, unterscheiden sich die Naturverjüngung bei schneller Verjüngung am deutlichsten vom Altbestand. Die genetische Variation der Naturverjüngung bei langsamer Verjüngung entspricht hingegen derjenigen der Alttannen.

Tab. 1: Genetische Variationsparameter der untersuchten Weißtannen.
Levels of genetic variation of the investigated silver firs.

Kollektiv	Stichproben- umfang	Genetische Vielfalt A_L	Genetische Diversität v	Hypothetische Multilocus- Diversität v_{gam}	Heterozygotie H_A
Alttannen	959	2,29	1,22	20,85	16,84
Schirmschlag	200	2,00	1,18	12,31	13,29
Femelschlag	200	2,14	1,21	20,01	15,79

Worin können die Ursachen dieser unterschiedlichen Befunde gesehen werden? Auf den Versuchspartellen mit schneller Verjüngung wurden vorrangig zwischenständige Bäume entnommen, um das Zuwachspotenzial der herrschenden Bäume noch ausnutzen zu können (WEISE 1995). Diese Vorgehensweise bedeutet gleichzeitig, dass zur gewollten Vorratsabsenkung relativ viele Stämme entnommen werden müssen. Die Entnahme vieler Stämme bedeutet zwangsläufig eine Reduktion der reproduktionseffektiven Populationsgröße und damit eine höhere Wahrscheinlichkeit für genetische Driftprozesse und Inzuchtbelastungen (FARRIS & MITTON 1984; BERGMANN 1993; STARKE 1996).

Genetische Driftprozesse wurden anhand der geringeren genetischen Vielfalt in der Verjüngung im Bestand TA-222 beobachtet. Inzuchtbelastung konnte in den Verjüngungen ebenso wie beispielsweise bei den Untersuchungen von LLAMAS GOMEZ (1998) nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise wurden inzuchtbelastete Genotypen bis zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits selektioniert. Hierbei muss auch berücksichtigt

werden, dass die im Bestand TA-222 an den meisten Genorten vorliegenden Minorpolymorphismen keine zuverlässige Schätzung der Inzuchtrate ermöglichte.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass auf den Versuchsflächen mit schnellen Verjüngungsfortschritten die Naturverjüngung meist flächendeckend vorhanden ist und die Höhenentwicklung der Naturverjüngung relativ rasch abläuft. Es ist daher davon auszugehen, dass die etablierte Naturverjüngung nur aus einer oder wenigen Reproduktionsperioden hervorgegangen ist. Nennenswerte "Nachverjüngungen" sind daher nicht mehr zu erwarten (WEISE 1995). Bekanntermaßen können genetische Unterschiede zwischen Elterpopulation und Nachkommenschaften auch durch die von Samenjahr zu Samenjahr wechselnden Unterschiede im Blüh- und Fruktifikationsverhalten verursacht sein (KONNERT & BEHM 2000). Werden solche Besonderheiten im Paarungsgeschehen nicht durch Reproduktion in mehreren Fruktifikationsperioden ausgeglichen, so könnten sich solche im vorliegenden Beispiel beobachteten Unterschiede in den genetischen Strukturen ergeben.

Nicht auszuschließen ist weiterhin, dass konkurrenzbedingte Selektionsprozesse bereits die genetischen Strukturen der Naturverjüngung beeinflusst haben. Bei schnellen Verjüngungsvorgängen sind die ökologischen Bedingungen für die Etablierung und das Höhenwachstum der Fichte besser als für die Weißtanne (WEISE 1995). Der Weißtannenanteil nimmt daher infolge Konkurrenzdrucks ab, so dass genetische Driftprozesse und/oder selektionsbedingte Veränderungen der genetischen Strukturen möglich werden.

Auf der Versuchsfläche mit langsamem Verjüngungsgang (50 Jahre) im Femelschlag zeigte sich die beste Übereinstimmung in der genetischen Variation zwischen Altbestand und Naturverjüngung. Durch die gewählte waldbauliche Behandlung stellten sich auf der Versuchsfläche femelartige Waldstrukturen ein (vgl. WEISE 1995). Das heißt, partiell ist das Kronendach unterbrochen, während andere Bestandesteile noch geschlossen sind. Naturverjüngung etabliert sich daher meist nicht auf der gesamten Bestandesfläche, sondern gruppen- oder horstweise. Über einen längeren Zeitraum hinweg besteht daher die Möglichkeit, dass mehrere Samenjahrgänge an der genetischen Zusammensetzung der Naturverjüngung beteiligt sind. Nach den Untersuchungen von KONNERT & BEHM (2000) können damit auch Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung des Saatgutes aus verschiedenen Fruktifikationsjahren ausgeglichen werden.

Bei dem femelartigen Verjüngungsverfahren werden heterogene ökologische Bedingungen für die Verjüngung geschaffen. Diese kleinräumigen Unterschiede werden meist durch die unterschiedlichen autökologischen Ansprüche der Baumarten ausgenutzt. Im Femelzentrum etablieren sich daher mehr Fichten, während sich in den Randbereichen unter Halbschatten eher die Buche und Tanne einfindet. Denkbar ist aber auch, dass auch innerhalb einer Baumart solche Unterschiede durch unterschiedlich adaptive Genotypen genutzt werden können.

Nicht zuletzt ist zu berücksichtigen, dass im Vergleich zur schnellen Verjüngungsvariante beim Femelschlag vergleichsweise mehr Bäume je Flächeneinheit verbleiben, so dass auch die Anzahl der reproduktionseffektiven Bäume größer ist und mehr Bäume ihre genetische Information weiter geben konnten.

3.2 Simulation einer Zieldurchmesserernte

Die Beurteilung der Nachhaltigkeit genetischer Variation verschiedener waldbaulicher Behandlungs- und Nutzungskonzepte in Mischbeständen ist aus verschiedenen Gründen problematisch. Insbesondere ist es nur in wenigen Ausnahmefällen möglich, aufbauend auf vergleichbaren Ausgangszuständen ein Variantenstudium verschiedener waldbaulicher Behandlungen durchzuführen.

Mit Hilfe von waldwachstumskundlichen Simulationsmodellen ist es möglich, verschiedene Eingriffsvarianten ausgehend von einem Zustand zu simulieren. Auf diese Weise erhält man für jedes simulierte Verfahren Information darüber, welche Bäume zu welchem Zeitpunkt ausscheiden und welche im Bestand verbleiben. Die Anwendung solcher waldwachstumskundlichen Simulationsmodelle zur Untersuchung der Dynamik genetischer Variation unter dem Einfluss verschiedener waldbaulicher Maßnahmen könnte daher zur Untersuchung der Nachhaltigkeit genetischer Variation genutzt werden.

Im folgenden Abschnitt werden am Beispiel eines Tannen-Buchen-Mischbestandes erste Ergebnisse zur Untersuchung der Nachhaltigkeit genetischer Variation nach Zieldurchmesserernte unter Einsatz des waldwachstumskundlichen Simulationsmodells SILVA2.2 vorgestellt.

Innerhalb des Bestandes TA 222 wurde eine Teilfläche mit ca. 2 Hektar für die Simulationsstudie ausgewählt (TA-222-SIM). Die Begrenzung der Teilfläche orientierte sich an den Versuchspartellen der Abteilung Waldwachstumskunde. Dadurch konnten bereits vorhandene ertragskundliche Kenngrößen (Zuwachs, Bestandeshöhenkurve) verwendet werden. Zusätzlich konnten die vorhandenen Kronenradien der Bäume auf den Versuchspartellen für die Einsteuerung im Simulationsmodell genutzt werden. Insgesamt stehen auf der untersuchten Teilfläche 9 Bergahorn, 116 Fichten, 455 Buchen und 456 Tannen.

Für das Simulationsbeispiel wurden folgende Zieldurchmesser angenommen: Weisstanne, Fichte: $BHD \geq 60$ cm, Buche, Bergahorn: $BHD \geq 50$ cm. Das bedeutet, in 5-Jahresperioden wurden alle Bäume "entnommen", die den Zieldurchmesser erreicht haben. Insgesamt wurden 10 Perioden, also 50 Jahre mit mehreren Wiederholungsläufen simuliert. Für die genetische Auswertung wurden nur die Bäume berücksichtigt, die in allen Wiederholungsläufen entweder entnommen oder durch natürliche Mortalität abgestorben waren. Nach den Ergebnissen der Simulationen werden in 50 Jahren 288 der ursprünglich 456 Weißtannen entnommen; 11 Weißtannen scheidet durch natürliche Mortalität aus. In Tab 2 sind die Mittelwerte genetischer Variationsparameter des Ausgangskollektivs und des verbleibenden Kollektivs zusammengefasst.

Anhand der genetischen Befunde wird ersichtlich, dass die simulierte waldbauliche Behandlung in 50 Jahren zu keiner Veränderung der genetischen Variation der Weißtannen auf der Versuchsfläche führt. Im Hinblick auf die genetische Nachhaltigkeit könnte demnach die Zielstärkennutzung empfohlen werden. Diese Empfehlung berücksichtigt allerdings noch nicht, ob die Nachhaltigkeit genetischer Variation auch in der Verjüngung realisiert werden kann. Da die Zielstärkennutzung hinsichtlich ihrer Wirkungen für die Verjüngungsökologie dem Badischen oder Schweizer Femelschlagbetrieb sehr nahe steht, ist dies jedoch sehr wahrscheinlich anzunehmen (vgl. WEISE 1995). Zumindest treffen die

Forderungen nach stammzahlschonenden Eingriffen, langfristigen Verjüngungsverfahren und kleinflächigen Verjüngungen auch für die Zielstärkennutzung

Tab 2: Genetische Variationsparameter des Ausgangskollektivs und des verbleibenden Kollektivs nach simulierter Zielstärkennutzung auf der Versuchsfläche TA-222-SIM.
Levels of genetic variation of Silver firs before and after modeling a final diameter utilization system on the experimental plot TA-222-SIM.

Kollektiv	Genetische Vielfalt A_L	Genetische Diversität v	Hypothetische Multilocus-Diversität V_{gam}	Heterozygotie H_A
Ausgangskollektiv	2,29	1,23	24,22	17,33
verbleibendes	2,29	1,23	23,70	17,38

4 Folgerungen

Für den praktischen Waldbau lässt sich folgern, dass die natürliche Waldverjüngung in den meisten bislang untersuchten Fällen mit den Forderungen einer genetisch nachhaltigen Waldbewirtschaftung einhergeht. Risikosituationen, d.h. der Verlust oder die Reduktion an genetischer Variation, sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die Populationsdichte sehr gering ist, große Ausfälle in der Verjüngung stattfinden oder der Verjüngungsfortschritt zu schnell ist.

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse aus genetischen Untersuchungen lassen sich für die Weißtanne folgende Empfehlungen geben (HUSSENDÖRFER 2001):

- Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit genetischer Variation sind für die natürliche Walderneuerung langfristige, kleinflächige Verjüngungsverfahren anzustreben.
- Langfristige Verjüngungsverfahren erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Reproduktionsphasen die Nachkommenschaft bilden und somit Unterschiede in der Blüh- und Fruktifikationsbeteiligung ausgeglichen werden können.
- Durch kleinflächige Verjüngungsverfahren wird vermieden, dass sich flächendeckende Naturverjüngungen etablieren, die mit großer Wahrscheinlichkeit aus einem oder lediglich wenigen Reproduktionsjahrgängen hervorgegangen sind.
- Kleinflächige Verjüngungsverfahren nutzen unterschiedliche ökologische Bedingungen für die Entwicklung der Naturverjüngung, so dass einheitlich wirksamer Selektionsdruck vermieden wird.
- Nutzungsverfahren sollen stammzahlerhaltend ausgerichtet sein. Hohe Stammzahlen gewährleisten eine hohe reproduktionseffektive Populationsgröße und wirken damit genetischen Driftprozessen und Inzucht entgegen.

Simulationsstudien mit waldwachstumskundlichen Modellen bieten zukünftig die Möglichkeit, verschiedene Szenarien waldbaulicher Maßnahmen bewerten zu können.

5 Literaturverzeichnis

- BEHM, A. & KONNERT, M. (1999):** Erhaltung forstlicher Genressourcen durch naturnahe Forstwirtschaft - eine reelle Chance? Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 194, pp.215-239.
- BERGMANN, F. (1993):** Die genetische Struktur in Weißtannen-Populationen Mittel- und Südeuropas. *In: H. Wolf (ed.): Weißtannenherkünfte.* Ecomed-Verlagsgesellschaft, Landsberg am Lech, pp.97-105.
- BERGMANN, F. (1996):** Die genetische Struktur der Naturverjüngung bei der Weißtanne in Abhängigkeit vom Altbestand. *AFZ/Der Wald*, 51, pp.1046-1047.
- FARRIS, M.A., MITTON, J.B. (1984):** Population density, outcrossing rate and heterozygote superiority in ponderosa pine. *Evolution*, 38, pp.1151-1154.
- HATTEMER, H.H.; BERGMANN, F. & ZIEHE, M. (1993):** Einführung in die Genetik (2. Auflage). J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 492 Seiten.
- HUSSENDÖRFER, E. (2001):** Beiträge zum Thema "Nachhaltigkeit genetischer Variation durch naturnahe Waldbauverfahren" - dargestellt am Beispiel der Weißtanne (*Abies alba* MILL.). Habilitationsschrift an der ETH Zürich, unveröffentlicht.
- HUSSENDÖRFER, E., KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** Inheritance and linkage of isozyme variants of silver fir (*Abies alba* MILL.). *Forestry Genetics*, 2(1): pp.29-40.
- KONNERT, M. & BEHM, A. (2000):** Genetische Strukturen einer Saatgutpartie – Einflussfaktoren und Einflussmöglichkeiten. *Beiträge zur Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 33(4), pp.152-156.
- LLAMAS GÓMEZ, L. (1998):** Populationsgenetische Untersuchungen bei der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Sachsen. Dissertation, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der TU Dresden, 136 Seiten.
- PRETZSCH, H. (1992):** Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 115, 358 Seiten.
- ROTACH, P. (1994):** Genetische Vielfalt und praktische forstliche Tätigkeit: Probleme und Handlungsbedarf. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen*, 145, pp.999-1020.
- SCHOLZ, F. & DEGEN, B. (1999):** Wichtige Einflussfaktoren auf die Biodiversität von Wäldern. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 195, 450 Seiten.
- WEISE, U. (1995):** Zuwachs- und Jungwuchsentwicklung in Versuchen zur natürlichen Verjüngung von Fichten-Tannen(-Buchen)-Beständen in Baden-Württemberg. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 192, 75 Seiten.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Erwin Hussendörfer
Fachhochschule Weihenstephan
Fachbereich Wald und Forstwirtschaft
Am Hochanger 5
D-85350 Freising
e-mail: Erwin.Hussendoerfer@fh-weihenstephan.de

Untersuchungen zur genetischen Variation von Prüfgliedern im Süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch

MONIKA KONNERT & WOLFHARD RUETZ

Keywords: *Abies alba*, isozyme analysis, provenance trial

Abstract

Title of the paper: Investigations on the genetic variation of provenances included in the Bavarian *Abies alba* provenance trial.

Genetic investigations were carried out on 16 provenances included in the South-German European silver-fir provenance trial to investigate if there are genetic differences between the same provenances but growing on different test sites, and if the provenances are representative for the region of origin. The genetic structures of 2.533 individual tree samples were investigated at 15 enzyme gene loci. The sampled provenances were from the field test sites Bad Reichenhall, Traunstein, Deggendorf, and Griesbach.

According to our present knowledge most of the investigated 16 provenances have patterns of genetic variation typical of the region of origin. The genetic distance between the same provenances but on different sites lies between 3–4%. In some cases the differences are significant at specific gene-loci but not in their genepool. Drift effects are assumed to be responsible. The results are discussed in relation to their importance for planning, establishing and interpreting the observed phenotypic characteristics in provenance trials in general.

Schlagwörter: *Abies alba*, Isoenzymanalysen, Herkunftsversuch

Zusammenfassung

Es wurden genetische Untersuchungen an 25 Prüfgliedern (16 Provenienzen) aus dem Süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch durchgeführt, um zu sehen ob es genetische Unterschiede zwischen denselben Prüfgliedern auf verschiedenen Flächen gibt und ob die Prüfglieder für die Ursprungsregion repräsentativ sind. Dazu wurden die genetischen Strukturen von 2.533 Individuen an 15 polymorphen Enzym-Genorten bestimmt. Das Probenmaterial stammte von den Versuchsflächen Bad Reichenhall, Traunstein, Deggendorf und Griesbach.

Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse über eine geographisch-genetische Differenzierung bei der Weißtanne haben die meisten der 16 Provenienzen Variationsmuster, die der Region entsprechen, aus der sie stammen. Die genetischen Abstände zwischen den Kollektiven derselben Prüfglieder auf verschiedenen Flächen liegen bei 3% bis 4%. Fallweise sind sie an einigen Genorten signifikant, nicht aber im Genpool. Als ursächlich werden Drifteffekte vermutet. Die Ergebnisse werden hinsichtlich ihrer praktischen Anwendbarkeit diskutiert.

1 Einführung

Nach ROHMEDER & SCHÖNBACH (1959) werden in Provenienzversuchen „zahlreiche Herkünfte einer Baumart mit unterschiedlichem Erbwert an mehreren Anbauorten unter möglichst gleichmäßigen Bodenbedingungen und nach einheitlichem Plan erprobt“. Die einzelnen Prüfglieder eines Provenienzversuches müssen somit auf den verschiedenen Prüfstandorten denselben Erbwert, d.h. dieselbe genetische Zusammensetzung haben.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.8-16.

Außerdem weisen die Autoren darauf hin, dass die in Provenienzversuchen vorgenommene „Prüfung geographischer und ökologischer Rassen“ nur dann erfolgreich sein kann, wenn die geprüfte Stichprobe in ihren Erbanlagen möglichst repräsentativ ist für die Region, aus der sie stammt. Ob diese Forderungen in Provenienzversuchen tatsächlich erfüllt sind, kann heute durch genetische Untersuchungen im Labor schnell geprüft werden. So kann festgestellt werden, ob es genetische Unterschiede zwischen denselben Prüfgliedern auf verschiedenen Probenflächen gibt, ob die genetischen Strukturen der Prüfglieder dem erwarteten regionalen Variationsmuster entsprechen, ob sich die Prüfglieder in dem Ausmaß ihrer intrapopulationalen Variation unterscheiden etc..

Durch genetische Untersuchungen an dem Süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch, angelegt in den Jahren 1986 und 1989 (RUETZ & STIMM 1994; RUETZ *et al.* 1998) wurde einigen dieser Fragen nachgegangen.

2 Material und Methodik

In die Untersuchungen einbezogen wurden 16 Herkünfte bzw. 26 Kollektive, die auf den Versuchsflächen Bad Reichenhall, Traunstein, Deggendorf und Bad Griesbach stehen (vgl. Tab. 1). In dem Süddeutschen Weißtannenprovenienzversuch sind einzelne Regionen durch Prüfglieder repräsentiert, die aus Beerntungen desselben Bestandes in zwei verschiedenen Jahren stammen. Diese werden als unterschiedliche Herkünfte betrachtet. Es sind dies in der folgenden Tab. 1 die Herkünfte Siegsdorf 1 und Siegsdorf 2 sowie Kempten 1 und Kempten 2. Für jedes Kollektiv (Herkunft auf einer bestimmten Fläche) erfolgte eine Komplettbeprobung durch Entnahme von Knospen in Winterruhe. Tab. 1 enthält auch eine Übersicht des Probenumfangs.

Durch Isoenzymanalyse mittels Stärkegelelektrophorese wurden die genetischen Strukturen der angeführten Provenienzen an folgenden Enzym-Genorten bestimmt: AP-A, -C; AAT-A, -B, -C; IDH-A, -B; MDH-A; MNR-A, -B; NDH-A; 6PGDH-A, -B; PGM-A, -B.

Ausgehend von den Genotypen- und Allelhäufigkeiten wurden die genotypischen und allelischen Abstände nach GREGORIUS (1974) berechnet. Die Hypothesen hinsichtlich der Homogenität der beobachteten Häufigkeitsverteilungen genetischer Typen wurden mit Hilfe des χ^2 - und G-Tests anhand von Kontingenztafeln geprüft. Die Signifikanzbereiche der Anpassungstests liegen bei $P = 0,05$ (*), $P = 0,01$ (**) und $P = 0,001$ (***). Die Berechnungen wurden mit dem Programm „MacGen“ (STAUBER & HERTEL 1997) durchgeführt.

Tab. 1: Zusammenstellung des Probematerials.
Survey of sampled material.

Herkunft	HK-Gebiet		Untersuchtes Kollektiv (Herkunft-Fläche)	Probenumfang
	alt	neu		
Bad Tölz 1	82709	82711	Bad Tölz 1 - Griesbach	103
Bad Tölz 2	82710	82712	Bad Tölz 2 - Griesbach	126
Gariglione	Kalabrien		Gariglione - Bad Reichenhall	63
Donon	Vogesen		Donon - Bad Reichenhall	74
			Donon - Traunstein	110
Gschwend	82705	82709	Gschwend - Bad Reichenhall	72
			Gschwend - Traunstein	98
La Joux	Jura		La Joux - Bad Reichenhall	71
Kempton 1	82706	82711	Kempton 1 - Bad Reichenhall	47
			Kempton 1-Traunstein	115
Kempton 2	82706	82711	Kempton 2 - Griesbach	85
			Kempton 2 -Deggendorf	117
Lapus	Rum. Ostkarpaten		Lapus - Bad Reichenhall	47
			Lapus - Traunstein	121
Lavarone	Trento		Lavarone - Bad Reichenhall	44
Les Fanges	Pyrenäen		Les Fanges - Bad Reichenhall	60
			Les Fanges - Traunstein	98
Pelister	Mazedonien		Pelister - Bad Reichenhall	47
Siegsdorf 1	82709	82711	Siegsdorf 1 - Bad Reichenhall	68
			Siegsdorf 1 - Griesbach	102
			Siegsdorf 1 - Traunstein	128
Siegsdorf 2	82709	82711	Siegsdorf 2 - Griesbach	114
			Siegsdorf 2 - Deggendorf	271
Tiengen 2	82704	82708	Tiengen2 - Griesbach	117
Zwiesel 2	82708	82707	Zwiesel 2 - Griesbach	115
			Zwiesel 2 - Deggendorf	118

3 Ergebnisse

3.1 Gibt es genetische Unterschiede zwischen denselben Prüfgliedern auf verschiedenen Probeflächen?

Für 8 Provenienzen wurden die Prüfglieder auf jeweils 2 Probeflächen untersucht, für eine weitere Provenienz (Siegsdorf 1) Prüfglieder auf drei Probeflächen. Die mittleren genetischen Abstände aus diesen Vergleichen sind in Tab. 2 eingetragen. Sie liegen für die Genotypen zwischen 4,8% bei der Provenienz Zwiesel – Versuchsflächen Griesbach und Deggendorf und 8,6% bei der Provenienz Lapus – Versuchsflächen Bad Reichenhall und Traunstein. Der Genpool-Abstand ist mit 1,9% am geringsten bei der Herkunft Gschwend – Versuchsflächen Bad Reichenhall und Traunstein und mit 4,7% am höchsten bei der Herkunft Siegsdorf 1 – Versuchsflächen Traunstein und Griesbach.

Tab. 2: Genetische Abstände zwischen Prüfgliedern derselben Provenienz auf unterschiedlichen Versuchsflächen sowie Loci mit signifikantem Abstand ($P \leq 0,5$).
Genetic distances between population test plots from the same provenance on different test sites and loci with significant distances ($P \leq 0,5$).

Herkunft	Verglichene Flächen	Genetischer Abstand		Loci mit signifikantem Abstand	
		Genotypen	Allele	Genotypen	Allele
Donon	Bad Reichenhall - Traunstein	8,4	4,1	IDH-A	IDH-A, LAP-B, 6P-A
Gschwend	Bad Reichenhall - Traunstein	6,0	1,9	IDH-A	IDH-A
Kempton 1	Bad Reichenhall - Traunstein	6,0	3,0	6PGDH-A, PGM-A	6PGDH-A, PGM-A
Kempton 2	Griesbach - Deggendorf	5,4	2,6	—	—
Lapus	Bad Reichenhall - Traunstein	8,6	3,9	AAT-C, MDH-A IDH-A	MDH-A, IDH-A
Les Fanges	Bad Reichenhall - Traunstein	6,0	3,5	NDH-A	NDH-A, 6P-A
Siegsdorf 1	Bad Reichenhall - Traunstein	6,8	3,3	MDH-A	IDH-A
	Bad Reichenhall - Griesbach	6,6	3,3	MDH-A	—
	Traunstein - Griesbach	7,8	4,7	IDH-A, LAP-B MDH-A, 6P-A	IDH-A, LAP-B MDH-A
Siegsdorf 2	Griesbach - Deggendorf	5,9	3,1	LAP-A, IDH-A	LAP-A, IDH-A
Zwiesel 2	Griesbach - Deggendorf	4,8	2,1	MDH-A	IDH-A, MDH-A

Alle Werte sind im Genpool nicht signifikant. An einzelnen Genorten (vgl. Tab. 2) werden aber fallweise signifikante Unterschiede in den Genotypen und/oder Allelhäufigkeiten gefunden. Interessant ist ein Vergleich der Anwesenheit der seltenen Allele auf den verschiedenen Versuchsflächen. In Tab. 3 ist dieser Vergleich für die Herkünfte Lapus und Donon mit den höchsten Abstandswerten und der Provenienz Zwiesel mit einem vergleichsweise kleinen Abstandswert eingetragen. „Ja“ bedeutet, dass das Allel vorhanden ist, „nein“ dass es fehlt. Bei Lapus sind sechs seltene Allele jeweils nur auf einer der beiden Versuchsflächen zu finden, bei Donon ist das bei fünf Allelen der Fall, und selbst bei Zwiesel sind nicht alle seltenen Allele auf beiden Flächen zu finden.

Tab. 3: An- und Abwesenheit seltener Allele in derselben Provenienz auf unterschiedlichen Versuchsflächen.

Presence/absence of rare alleles in the same provenance on different test sites.

Allel	Versuchsfläche	
	<i>Provenienz Lapus</i>	
	Bad Reichenhall	Traunstein
AP-A4	ja	nein
AAT-A3	nein	ja
AAT-B1	ja	nein
AAT-B3	ja	nein
6PGDH-A4	nein	ja
6PGDH-B1	ja	nein
	<i>Provenienz Donon</i>	
	Bad Reichenhall	Traunstein
AP-A1	ja	nein
AAT-B1	nein	ja
PGM-A4	ja	nein
6PGDH-B3	ja	nein
NDH-A1	ja	nein
	<i>Provenienz Zwiesel</i>	
	Deggendorf	Griesbach
PGM-A3	ja	nein
PGM-B1	ja	nein

3.2 Entsprechen die genetischen Strukturen der Prüfglieder dem erwarteten regionalen Variationsmuster?

Bei Tanne wurden an mehreren Genorten klinale Häufigkeitsverschiebungen häufiger Allele (z.B. BERGMANN & KOWNATZKI 1987; SCHROEDER 1989a, 1989b; BREITENBACH-DORFER *et al.* 1992; KONNERT 1992) sowie regionales Auftreten seltener Allele (z.B. KONNERT & BERGMANN 1995) beobachtet. Sollte dies bei autochthonen Populationen immer wieder beobachtete Variationsmuster auch bei den untersuchten Provenienzen zu finden sein, so wäre dies ein wichtiger Hinweis auf deren regionale Repräsentativität. Unter diesem Aspekt ist vor allem der Genort IDH-B (klinale Variation) sowie die Genorte AP-A, AAT-B und 6-PGDH (regionales Auftreten seltener Allele) interessant. So ist bekannt, dass die Häufigkeiten des Allels IDH-B3 von West nach Ost und von Nord nach Süd zunehmen (z.B. BERGMANN 1993). Ein ähnliches Muster liegt auch bei den untersuchten Prüfgliedern aus dem Weißtannenprovenienzversuch vor (vgl. Abb. 1). Mit 12% hat die am westlichsten gelegene Provenienz Les Fanges – Pyrenäen die geringste Häufigkeit von IDH-B3. Bei den drei süd- bzw. südöstlichsten Provenienzen Gariglione, Pelister und Lapus ist IDH-B3 mit über 60% am häufigsten. Ebenfalls nur 19% hat die unter den mitteleuropäischen Herkünften am nordöstlichsten gelegene Herkunft Zwiesel aus dem Bayerischen Wald.

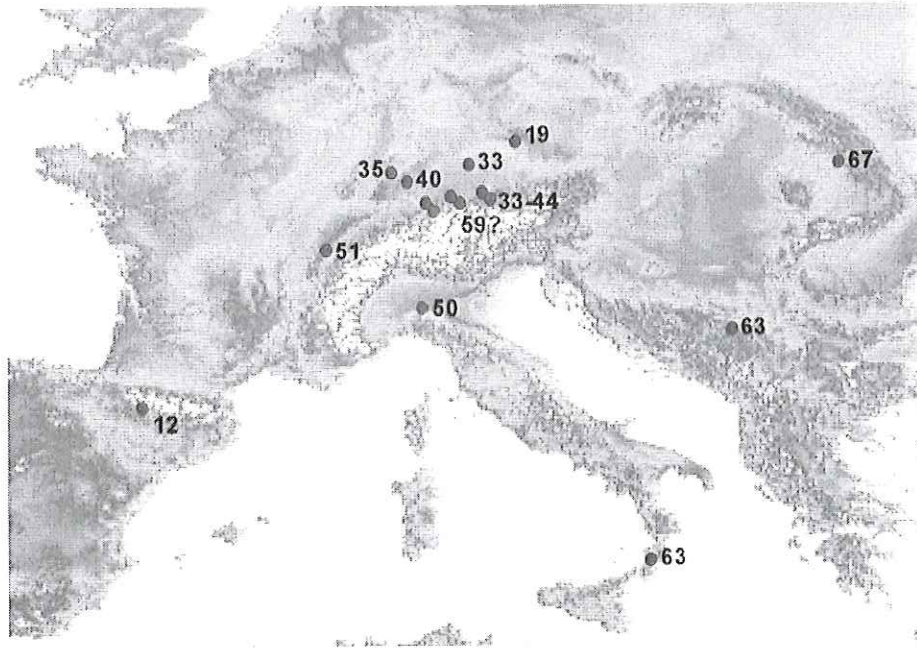


Abb. 1: Häufigkeiten des Allels IDH-B3 in den untersuchten Tannenprovenienzen.
Fig. 1: *Frequencies of the allele IDH-B3 in the investigated fir provenances.*

Von den seltenen Allelen findet sich AP-A1 in nennenswerten Häufigkeiten (über 10%) nur in den Provenienzen Pelister und Lapus. 4% erreicht es noch in der Provenienz Gariglione, bei den anderen Provenienzen fehlt es oder es ist sehr selten. Bei Zwiesel, einer Provenienz aus dem Bayerischen Wald, ist es mit 1,5% etwas häufiger als bei den anderen Provenienzen. Einflüsse aus dem östlichen eiszeitlichen Tannenrefugium sind in diesem Bereich durchaus denkbar. Dies deckt sich mit anderen Erkenntnissen (z.B. KONNERT & BERGMANN 1995), die dieses Allel vorrangig dem östlichen Teil des Tannenverbreitungsgebietes zuordnen. Ähnliches gilt für die Allele AAT-B1 und 6-PGDH-B3 (vgl. Tab. 4). Das Allel MR-B1 ist viel häufiger in den Provenienzen aus dem Schwarzwald und den Vogesen sowie aus Mazedonien. Auch dies entspricht voll den Erkenntnissen aus anderen Untersuchungen (z.B. KONNERT 1992; HUSSENDÖRFER 1997; KONNERT unveröffentlichte Untersuchungen an bulgarischen und mazedonischen Tannenherkünften).

4 Diskussion

Wie eingangs gezeigt, sollen Provenienzversuche so angelegt sein, dass die einzelnen Prüfglieder auf den verschiedenen Versuchsflächen eine weitestgehend ähnliche genetische Konstitution aufweisen. Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen zeigen, dass dies im Süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch größtenteils der Fall ist, dass aber in einigen Fällen auch signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern derselben Provenienz auf unterschiedlichen Versuchsflächen auftreten können. Vor allem seltene Allele sind bei derselben Provenienz nicht auf allen Flächen gleichermaßen vertreten.

Erklärt werden kann dies durch Drifteffekte, die durch den im Vergleich zur Ausgangspopulation sehr geringen Populationsumfang auf den einzelnen Flächen verursacht sind. So stehen von der Provenienz Lapus auf der Fläche Bad Reichenhall nur 47 Individuen, auf der Fläche Traunstein aber 121 Individuen. Nicht nur die vergleichsweise geringe, sondern auch diese sehr unterschiedliche Anzahl von Pflanzen pro Fläche kann die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen mitbeeinflusst haben. Nicht auszuschließen ist, dass sie sich auch auf die Ergebnisse der phänotypischen Auswertungen auswirkt.

Tab. 4: Häufigkeiten einiger seltener Allele in den untersuchten Tannenprovenienzen.
Frequencies of rare alleles in the investigated fir provenances.

Provenienz	AP-A1	AAT-B1	6-PGDH-B3	MR-B1
	%	%	%	%
Bad Tölz 1	0,4	-----	-----	-----
Bad Tölz 2	0,5	-----	-----	0,4
Cariglione	4,0	-----	4,8	-----
Donon	0,5	0,3	0,7	12,2
Gschwend	0,3	-----	-----	8,8
La Joux	-----	-----	-----	1,4
Kempten 1	-----	-----	-----	2,2
Kempten 2	-----	-----	-----	0,3
Lapus	10,2	3,0	3,9	0,9
Lavarone	1,1	-----	-----	1,1
Les Fanges	-----	-----	-----	-----
Pelister	10,7	8,5	6,4	13,8
Siegsdorf 1	0,6	-----	0,6	-----
Siegsdorf 2	0,4	-----	-----	0,1
Tiengen 2	-----	-----	-----	13,7
Zwiesel 2	1,5	-----	0,4	-----

Bei vielen Prüfgliedern hat sich die Pflanzenanzahl über Ausfälle seit der Versuchsanlage verringert. Diese Ausfälle führten aber nicht zu einer selektiven Veränderung genetischer Strukturen. Dies zeigt der Vergleich mit den genetischen Strukturen der Provenienzen in der Baumschule, die von SCHROEDER (1989) vor Anlage des Versuchs bestimmt worden waren.

Als Folgerung aus den vorliegenden Untersuchungen erscheint es uns für die Anlage von Provenienzversuchen wichtig, dass die Anzahl der Individuen pro Prüfglied und Fläche nicht zu gering gehalten wird und dass sie auf den Vergleichsflächen möglichst gleich ist. Diese Forderung sollte erfüllt werden, auch wenn dadurch auf einer Fläche vielleicht weniger Provenienzen geprüft werden könnten. Nur so kann aber das Risiko der Veränderung genetischer Strukturen durch Drifteffekte minimiert und vermieden werden, dass auf den verschiedenen Versuchsflächen dem Namen nach zwar dieselbe Herkunft, in

der Realität aber Kollektive mit unterschiedlicher genetischer Zusammensetzung geprüft werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Süddeutschen Weißtannenprovenienzversuch die Forderung der Repräsentativität für die Ursprungsregion in weiten Teilen erfüllt ist. Das dies nicht selbstverständlich ist, zeigen z.B. Untersuchungen an einem Buchenprovenienzversuch (KONNERT & RUETZ 2001). Wie man die Repräsentativität auch für genetisch kleinräumig heterogene Regionen noch besser gewährleisten könnte, wurde am Beispiel zweier Prüfglieder aus dem Weißtannenprovenienzversuch bereits von HUSSENDÖRFER & KONNERT (1997) gezeigt.

Es besteht kein Zweifel, dass Feldversuche das wichtigste Instrument sind, um die phänotypische Reaktion von Provenienzen auf unterschiedliche Umweltbedingungen zu untersuchen. Da aber die genetische Variation die Basis für die Anpassungsfähigkeit einer Population ist, sollte auch diese bekannt sein, bevor Schlussfolgerungen aus den Feldversuchen gezogen werden. Begleitende genetische Untersuchungen zu Provenienzversuchen ab Materialgewinnung und Versuchsanlage sind mit Sicherheit eine Chance für eine wissenschaftlich fundiertere Versuchsdurchführung und -auswertung.

5 Literaturverzeichnis

- BERGMANN, F. (1993):** Ecogeographical distribution and thermostability of isocitrate dehydrogenase (IDH) alloenzymes in European silver fir (*Abies alba*). *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(5), pp.597-605.
- BERGMANN, F. & KOWNATZKI, D. (1987):** The genetic variation pattern of silver fir (*Abies alba*) in Europe monitored from enzyme gene loci. Proceedings 5. IUFRO-Tannensymposium, Zvolen 3.-5.09.1987, pp.21-26.
- BREITENBACH-DORFER, G.; PINSKER, W.; HACKER, R. & MÜLLER, F. (1992):** Clone identification and clinal allozyme variation in populations of *Abies alba* (MILL.) from the Eastern Alps (Austria). *Plant Systematics and Evolution*, 181, pp.109-120.
- GREGORIUS, H.R (1974):** Genetischer Abstand zwischen Populationen. I. Zur Konzeption der genetischen Abstandsmessung. *Silvae Genetica*, 23, pp.22-27.
- HUSSENDÖRFER, E. (1997):** Untersuchungen über die genetische Variation der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) unter dem Aspekt der *in situ* Erhaltung genetischer Ressourcen in der Schweiz. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen, 83, 151 Seiten.
- HUSSENDÖRFER, E. & KONNERT, M. (1997):** Untersuchungen zur genetischen Repräsentativität von Prüfgliedern in Provenienzversuchen am Beispiel der Weißtanne. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169, pp.61-70.
- KONNERT, M. (1992):** Genetische Untersuchungen in geschädigten Weißtannenbeständen (*Abies alba* MILL.) Südwestdeutschlands. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 167; 119 Seiten.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196, pp.19-30.
- KONNERT, M. & RUETZ, W. (2001):** Genetic variation of beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances in an international beech provenance trial. *Forest Genetics*, 8(3), pp.173-184.

- ROHMEDER, E. & SCHÖNBACH, H. (1959):** Genetik und Züchtung der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 338 Seiten.
- RUETZ, W.F. & STIMM, B. (1994):** Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch. IV. Entwicklung der Herkünfte der Aussaat 1982 auf den Versuchsflächen in Bayern bis zum Alter von 12 Jahren. *In:* W. Eder (Hrsg.): Ergebnisse des 7. IUFRO-Weißtannensymposiums der WP S. 1.01.-08 „Ökologie und Waldbau der Weißtanne, pp.17-29.
- RUETZ, W.F.; FRANKE, A. & STIMM, B. (1998):** Der Süddeutsche Weißtannen (*Abies alba* MILL.)-Provenienzversuch. Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169, pp.116–126.
- SCHROEDER, S. (1989a):** Die Isoenzym-Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) 16 europäischer Provenienzen. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 34, pp.77-81.
- SCHROEDER, S. (1989b):** Die Weißtanne in Süddeutschland: Genetische Variation, Kline, Korrelationen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 160, pp.100-104.
- STAUBER, TH. & HERTEL, H. (1997):** MacGenTM. Populationsgenetik mit SAS. <http://www.mol.shuttle.de/wspc/genetik1.htm>.

Anschrift der Autorin und des Autors:

Dr. Monika Konnert

Dr. Wolfhard Ruetz

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht

Forstamtsplatz 1

D-83317 Teisendorf

e-mail: monika.konnert@foasp-bgl.bayern.de

e-mail: wolf.ruetz@foasp-bgl.bayern.de

Genetic analysis of silver fir populations in the Beskids

LEON MEJNARTOWICZ

Keywords: *Abies alba*, Beskid Mts., isozyme gene markers, genetic diversity

Abstract

Four populations of European silver fir (*Abies alba*) were studied in the Beskid Mts: one in Beskid Makowski (BM) and three in Beskid Sądecki (BS). Their genetic variation and diversity were analyzed, and Nei's genetic distances between the populations were calculated. The results show that the geographical distance between the BM population and the three BS populations is reflected in genetic distances. The BM population is clearly distinct from the others. It has the lowest genetic diversity ($I = 0.42$), percentage of polymorphic loci ($\%PoL = 64.29$) and number of rare alleles ($NoRa = 5$). Besides, the BM population has the highest observed heterozygosity ($H_o = 0.291$), which exceeds the expected heterozygosity ($H_e = 0.254$) estimated on the basis of the Hardy-Weinberg Principle. By contrast, BS populations are in the state of H-W equilibrium, which is manifested, in similar values of $H_e = 0.262$ and $H_o = 0.264$. Genetic parameters of the populations are presented below in the table.

Schlagwörter: *Abies alba*, Weißtanne, Beskidengebirge, Isoenzym-Genmarker, genetische Diversität

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Genetische Untersuchungen von Weißtannen-Populationen in den Beskiden.

Es wurden vier Populationen der Weißtanne (*Abies alba*) aus dem Beskidengebirge untersucht, davon eine aus den Makowski-Beskiden (BM) und drei aus den Sądecki-Beskiden (BS). Dabei wurden ihre genetische Variation und Diversität analysiert sowie die genetischen Abstände zwischen den Populationen nach Nei berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die geografische Entfernung zwischen der BM-Population und den drei BS-Populationen in den genetischen Abständen widerspiegelt. Die BM-Population unterscheidet sich deutlich von den anderen. In ihr ist die genetische Diversität ($I = 0.42$), der prozentuale Anteil an polymorphen Loci ($\%PoL = 64.29$) und die Anzahl seltener Allele ($NoRa = 5$) am geringsten. Außerdem zeigt die BM-Population die höchste beobachtete Heterozygotie ($H_o = 0.291$), die die erwartete Heterozygotie nach Hardy-Weinberg ($H_e = 0.254$) übertrifft. Im Gegensatz dazu befinden sich die BS-Populationen in einem H-W-Gleichgewicht, das sich in den ähnlichen Werten von $H_e = 0.262$ und $H_o = 0.264$ ausdrückt. Die genetischen Parameter der Populationen sind nachfolgend in Tabellenform dargestellt.

Table: Results of the genetic analysis of four *Abies alba* populations in the Beskides.
Ergebnisse der genetischen Analyse von vier Populationen von Abies alba aus den Beskiden.

POPULATION	N_a^*	N_e	I	H_o	H_e	F_{is}	$\%PoL$	NoRa
1-Ukleina (BM)	2.25	1.51	0.42	0.291	0.254	-0.061	64.29	5
2-Kamieniec(BS)	2.21	1.55	0.43	0.250	0.259	0.038	67.96	6
3-Przysietnica(BS)	2.25	1.54	0.44	0.277	0.269	-0.020	71.43	10
4-Lomnica (BS)	2.46	1.51	0.44	0.266	0.259	-0.023	67.86	14
Average for BS	2.31	1.53	0.44	0.264	0.262	-0.002	-	10
Ave. Western Beskides	2.29	1.53	0.43	0.271	0.260	-0.017	-	4.56
Ave. Eastern Beskides*	2.26	1.60	0.45	0.300	0.277	-0.064	-	-

N_a - Number of alleles; N_e - Number of effective alleles, I - Shannon's index of genetic diversity;
 H_o - observed heterozygosity; F_{is} - Wright's fixation index, $\%PoL$ - percentage of polymorphic loci;
 $NoRa$ - Number of rare alleles. * Coefficients for Eastern Beskides are taken from MEJNARTOWICZ (2001).

1 Introduction

The 600 km chain of the Beskidy Mountains forms the northern part of the Carpathians, stretching from the Czech territory across Poland and the Ukraine. The western arm of the Carpathian arc is formed from the group of mountain chains called Western Beskides. They are separate, unconnected ranges, built from soft rocks of the Carpathian Flish, with gentle slopes and summits. Deep valleys formed during the last glaciation separate particular chains. This type of orographic formation of the Beskides causes differentiation in plant populations. The entire Beskides are an area of natural appearance of the silver fir, which reaches out far to the north of the Beskides, entering the area of the Carpathian Uplands, Świętokrzyskie Mountains and southern Poland's uplands up to the Białowieża Primeval Forest (MEJNARTOWICZ 1996). In the west, the silver fir appears on the entire area of the Sudeten Mts., entering into the area of the Saxony mountains. There is, however, an anthropogenic disjunction in the silver fir population range resulting from the negligent forestry in the 19th and 20th centuries.

In the analysis of isozymic genes, significant genetic differences were found between the silver fir populations from the Sudeten Mts. and the Carpathians. On the dendrogram presenting genetic distances between populations, the Sudeten Mts. and the Carpathian populations form two separate groups (MEJNARTOWICZ 2000). The first study on the silver fir, in which the analysis of isozymes as genetic markers was used, found significantly greater differences between populations than those observed in the then conducted provenance tests (MEJNARTOWICZ 1979). Later provenance tests showed great differences between silver fir populations in their survival rate and quantitative traits. These differences may be conditioned both environmentally and genetically (SABOR *et al.* 1996; SKRZYSZEWSKA 1999). Presented below are the results of an isozymic genetic analysis of the silver fir population from the Makowski and Sądecki Beskids.

2 Material and methods

Seed samples for the analysis came from four silver fir populations from the Western Beskid. One population – Ukleina - came from the Makowski Beskid (BM), and the other three - Kamieniec, Przysietnica, Łomnica – from the Sądecki Beskid (BS). In each population singletree samples were collected from 20 trees. Trees in all populations were 80-140 years old. Geographic coordinates of the investigated silver fir populations are shown in Tab 1. Isozyme analysis was carried out on megagametophyte (endosperm) seed tissue on 20 trees per population. For each tree isozyme analysis was carried out on 7 megagametophytes. Enzyme was separated by starch gel (11.5%) electrophoresis in a discontinuous buffers system of POULIK (1957) and SICILIANO & SHAW (1976).

Tab. 1: Geographic coordinates of the investigated silver fir populations.
Geografische Koordinaten der untersuchten Weißtannen-Populationen.

Population name		Latitude	Longitude	I	Altitu	Tree age
Ukleina (1)	Beskid Makowski	49° 49'	19° 58'		260-540	120
Kamieniec (2)	Beskid Sądecki	49° 34'	20° 36'		400-440	80
Przysietnica (3)	Beskid Sądecki	49° 30'	20° 36'		540-660	140
Lomnica (4)	Beskid Sądecki	49° 27'	20° 37'		50-730	140

Isozyme analysis was performed following the procedures as given by BERGMANN *et al.* (1990); KONNERT (1992); MEJNARTOWICZ (1979); MEJNARTOWICZ & BERGMANN (1985); PITEL & CHELIAK (1984), and SCHRÖDER (1989). Visualization of isozymes was mostly realized according to WENDEL & WEEDEN (1989).

Enzyme systems as presented in Tab 2 were the same as in the studies of silver fir populations from the Eastern Beskids and the Sudeten Mts. (MEJNARTOWICZ 2000), but allele numbering is different – it corresponds to enzyme *Rf* and not to the enzyme order of appearance in the analysis (MEJNARTOWICZ 2000): the fastest migrating allele is no. 1, the slower one no. 2, etc.. The statistical analysis was performed by using the YEH & YANG (1999) POPGENE program.

3 Results and discussion

3.1 Beskid Makowski – Population 1-Ukleina

In 28 investigated isozymic loci of 4 silver fir populations from the Western Beskid, 4 loci were monomorphic: MEN-A, MEN-B, PGI-A, and SOD-A. These loci had two or more alleles in the Eastern Beskid silver fir populations (MEJNARTOWICZ 2000). The smallest percentage of polymorphic loci (64.29%) and the smallest number of rare alleles (5) were found in the Ukleina population from the Makowski Beskid. In this population the silver fir is also characterized by the lowest rate of genetic variability ($I = 0.42$), yet it shows high values in its observed ($H_o = 0.291$) and expected ($H_e = 0.254$) heterozygosities. Ukleina is the most heterozygotic silver fir population in the West Beskid populations examined so far. In this population, value $H_o = 0.260$ far exceeds the average heterozygosity of the Carpathian silver fir trees in Poland (MEJNARTOWICZ 2000). The negative value $F_{is} = -6.1\%$ (Tab. 3) indicates the outcrossing of trees within the Ukleina population. On the dendrogram drawn on the basis of interpopulational genetic distances (Tab. 4) according to NEI (1978), the Ukleina population from the Makowski Beskid is separated from the Sądecki populations (Fig. 1).

Tab. 2: Enzyme systems assayed in macrogametophytes from individual silver fir trees.
Enzymsysteme, geprüft in Makrogametophyten einzelner Weißtannenbäume.

Enzyme system	Abbrev.	E.C. number	Loci studied	Allele number	No. of frequent alleles
Alcohol dehydrogenase	ADH	E.C. 1.1.1.1	ADH-A	A-4	3
			ADH-B	B-3	2
Esterase	EST	E.C. 3.1.1.1	EST-B	B-5	3
			EST-C	C-6	5
Fluorescence esterase	FLE	E.C. 3.1.1.2	FLE-A	A-3	2
			FLE-B	B-4	2
Glutamate dehydrogenase	GDH	E.C. 1.4.1.2	GDH-A	A-2	2
Glutamate-oxaloacetate transaminase	GOT (AAT)	E.C. 2.6.1.1	GOT-A	A-2	2
			GOT-B	B-2	1
			GOT-C	C-5	3
			GOT-D	D-4	4
Isocitrate dehydrogenase	IDH	E.C. 1.1.1.42	IDH-A	A-4	3
			IDH-B	B-2	3
Leucine aminopeptidase	LAP	E.C. 3.4.11.1	LAP-A	A-3	2
			LAP-B	B-5	4, 5
Malate dehydrogenase	MDH	E.C. 1.1.1.37	MDH-A	A-5	2
			MDH-B	B-4	1, 3
			MDH-C	C-2	1
Menadione reductase	MEN (DIA)	E.C. 1.6.4.3	MEN-A	A-1	2
			MEN-B	B-1	1
Phosphoglucomutase	PGM	E.C. 5.4.2.2	PGM-A	A-1	1
			PGM-B	B-2	2
Phosphoglucoseisomerase	PGI	E.C. 5.3.1.9	PGI-A	A-1	1
			PGI-B	B-4	2, 5
6-Phosphogluconic dehydrogenase	6-PGDH	E.C. 1.1.1.44	6PGD-A	A-3	1, 2, 3
			6PGD-B	B-5	1, 4
Shikimate dehydrogenase	SHDH	E.C. 1.1.1.25	SHDH-A	A-3	1
Superoxide dismutase	SOD	E.C.1.15.1.1	SOD-A	A-1	1

3.2 Beskid Sądecki (BS) – Populations: 2-Kamieniec, 3-Przysietnica, 4- Łomnica

The set of silver fir populations in the Sądecki Beskid is separated by the Wyspowy Beskid range from the Ukleina population in the Makowski Beskid, and there is a great genetic distance between them (Tab. 4). The Sądecki Beskid populations form one consistent subgroup, separated from the Ukleina population (Fig. 1). Two silver fir populations –

Kamieniec and Przysietnica from the area of Stary Sącz - have similar values in the number of alleles ($N_a = 2.21$ and 2.25) and in the number of effective alleles ($N_e = 1.55$ and 1.54). The two populations, however, differ significantly in the percentage of polymorphic loci (67.96% and 71.43% in Kamieniec and Przysietnica, respectively).

Similarly great interpopulational differences occur in the number of rare alleles (6 in Kamieniec and 10 in Przysietnica). The Kamieniec population is the only one possessing a positive value of the coefficient $F_{is} = 3.8\%$, which indicates that about 4% of the seeds originate from consanguine mating (Tab. 3).

Tab. 3: Results of the genetic analysis of four *Abies alba* populations in the Beskids.
Ergebnisse der genetischen Analyse von vier Populationen von Abies alba aus den Beskiden.

POPULATION	N_a^*	N_e	I	H_o	H_c	F_{is}	%PoL	NoRa
1-Ukleina (BM)	2.25	1.51	0.42	0.291	0.254	-0.061	64.29	5
2-Kamieniec(BS)	2.21	1.55	0.43	0.250	0.259	0.038	67.96	6
3-Przysietnica(BS)	2.25	1.54	0.44	0.277	0.269	-0.020	71.43	10
4-Lomnica (BS)	2.46	1.51	0.44	0.266	0.259	-0.023	67.86	14
Average for BS	2.31	1.53	0.44	0.264	0.262	-0.002	-	10
Average Western Beskides	2.29	1.53	0.43	0.271	0.260	-0.017	-	4.56
Average Eastern Beskides*	2.26	1.60	0.45	0.300	0.277	-0.064	-	-

N_a - Number of alleles; N_e - Number of effective alleles, I - Shannon's index of genetic diversity; H_o - observed heterozygosity; F_{is} - Wright's fixation index, %PoL - percentage of polymorphic loci; NoRa - Number of rare alleles.

* Coefficients for the Eastern Beskides are taken from MEJNARTOWICZ (2001).

This mating system is also one of the causes of lower observed heterozygosity ($H_o = 0.250$) than it was expected from the Hardy-Weinberg principle ($H_e = 0.259$).

It must be noted though that the Kamieniec population is much younger - 80 years old - than the other populations - about 140 years old (Tab. 1); quite frequently, in the gymnospermous trees heterozygosity increases with the populations' age.

Tab. 4: Unbiased measures of Nei's (1978) genetic identity (above diagonal) and genetic distance (below diagonal) between investigated populations.
Nichterwartungsgetreues Maß der genetischen Identität (oberhalb der Diagonalen) und des genetischen Abstandes (unterhalb der Diagonalen) nach Nei (1978) zwischen den untersuchten Populationen.

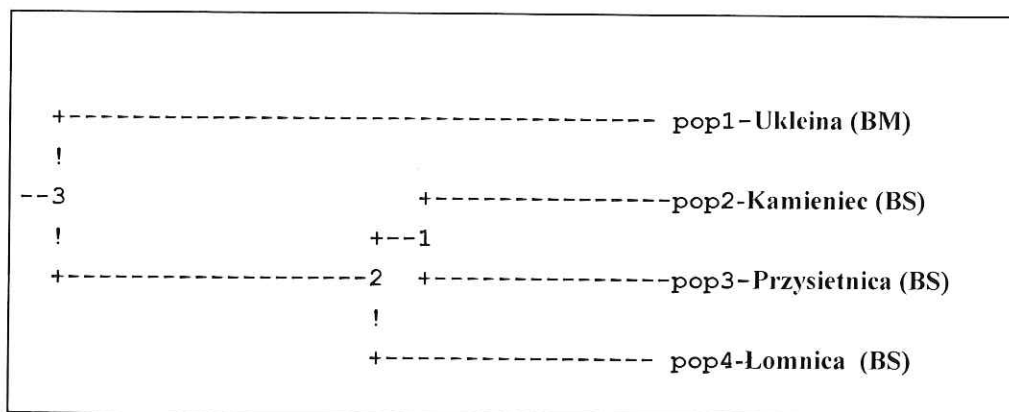
Population	1	2	3	4
1-Ukleina (BM)	****	0.9760	0.9631	0.9707
2-Kamieniec (BS)	0.0243	****	0.9902	0.9897
3-Przysietnica (BS)	0.0376	0.0099	****	0.9870
4-Lomnica (BS)	0.0298	0.0103	0.0131	****

The Łomnica (3) population has the largest mean number of alleles per locus $N_a = 2.46$ and, at the same time, smaller than the average number of effective alleles $N_e = 1.51$. It is due to the fact that as many as 14 rare alleles occur in this population, which is almost three times more than in the Ukleina population from the Makowski Beskid. The great number of alleles can have some influence, when assuming random selection, on the observed heterozygosity $H_o = 0.266$, bigger than the expected heterozygosity $H_e = 0.259$. As has been said, the surplus of heterozygotes is quite frequent in old populations of gymnospermous trees, particularly in the mountain populations, where selection against homozygotes can occur.

In the provenance experiment on the silver fir, carried out in the testing area in Stary Sącz, where the examined populations originate from, the Sądecki Beskid populations ranked low in their survival rate at the age of 15: Przysietnica ranked 48, Kamieniec – 69, and Łomnica – 74 in the total of 99 populations tested in the experiment.

Fig. 1: Dendrogram based on NEI's (1972) genetic distance. Method: UPGMA according to the NEIGHBOR procedure as modified by PHYLIP, Version 3.5.

Abb. 1: Dendrogramm, basierend auf dem Genetischen Abstand nach NEI (1972). Methode: UPGMA-Verfahren nach NEIGHBOR, modifiziert PHYLIP, Version 3.5.



The Ukleina population from the Makowski Beskid ranked in the 14th, much higher position. Interestingly, the same populations exhibited a survival rate significantly above the average, on the experimental area established in the lowlands, beyond the range of the silver fir, in the Masuria region and in the Białowieża Primeval Forest (SKRZYSZEWSKA 2000). These were populations with both a small number, like Ukleina, and a great number, like Łomnica, of rare alleles. Also in these studies, the Beskid Sądecki populations were included in the class of high breeding value (SKRZYSZEWSKA 1999). The considerable participation of rare alleles can have a significantly positive influence on the population's adaptation to vegetative conditions, or at least they do not exert a harmful influence on the adaptive processes.

The comparison of genetic parameters of the Western Beskid silver fir population with those of the Eastern Beskid silver fir populations shows that the latter has a slightly greater heterozygosity (H_o and H_e), a greater number of effective alleles (N_e), and a greater value of the I -index of genetic diversity. It can be assumed that the decrease in genetic variability and diversity occurred during the silver fir migration from the Balkan refuges into the postglacial habitats.

Here it should be mentioned that the heterozygosity calculated from silver fir buds is much lower - H_o and H_e amounted to about 0.131 - than received in this studies of megagametophytes: $H_o = 0.270$ and $H_e = 0.260$ (LONGAUER 1994; MEJNARTOWICZ 1996). So it is very important to know on what analytical material the data for genetic interpretation were received. Relatively great spatial isolation between the populations, particularly in the mountainous terrain, can influence significantly the genetic variability and diversity of silver fir populations. The calculated gene flow $N_m = 4.565$ also indicates the populations' isolation. It means 4.6 immigrants per generation into the studied populations. Considering the large size of the forest tree populations, these values are of course very small, but it should be noted that the silver fir tree stands on the studied area are separated by large Norway spruce and European beech populations, which undoubtedly greatly hinders the gene flow between populations.

4 Conclusions

- There is significant genetic diversity between the Sądecki and Makowski Beskides populations, expressed by the formation of two separate groups on the dendrogram. The result is similar to the dendrogram formed on the basis of the mean value of breeding index.
- The Sądecki Beskid populations have slightly smaller genetic variability and diversity in comparison to the Eastern Beskid populations.
- There is a limited gene flow of $N_m = 4.565$ immigrants per one generation into the population.
- Genetic distances between populations correspond to geographical distances.

5 References

- BERGMANN, F.; GREGORIUS, H.R. & LARSEN J.B. (1990):** Levels and genetic variation in European silver fir (*Abies alba*). *Genetica*, 82, pp.1-10.
- KONNERT, M. (1992):** Genetische Untersuchungen in geschädigten Weisstannen-Beständen (*Abies alba* Mill.) Südwestdeutschlands. PhD. thesis. Forstliche Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen, 132 Seiten.
- LONGAUER, R. (1994):** Genetic differentiation and diversity of European silver fir in the Eastern part of its natural range. In: W. Eder (ed.): 7. IUFRO-Tannensymposium am 31.10-4.11.1994. WP 1.01-08. Mainz, pp.155-164.
- MEJNARTOWICZ, L. (1979):** Polymorphism at the LAP and GOT loci in *Abies alba* Mill. populations. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des sciences Biologiques*, Cl. V. Vol. 27(12), pp.1063-1070.
- MEJNARTOWICZ, L., (1983):** Genetic. In: S. Białobok (ed): "Monograph: European silver fir (*Abies alba* Mill.) - Our Forest Trees"., PWN Warszawa-Poznań t.4, pp.285-316 [in Polish].
- MEJNARTOWICZ, L. (1996):** Cisovka - the relic population of *Abies alba* and its relationship to man-made silver fir stands in Białowieża Primeval Forest. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 65(3-4), pp.319-328.

- MEJNARTOWICZ, L. (2000):** Polish Sudeten and Carpathian Mountains silver fir (*Abies alba*) population genetic investigation. *In: IUFRO WP 1.05-16 'Ecology and Silviculture of European Silver Fir'*. Proceedings of the 9th International European Silver Fir Symposium. May 21-26, 2000 Skopje, Republic of Macedonia, pp.49–54.
- MEJNARTOWICZ, L. (2001):** Genetic analysis of inter- and intrapopulation variation of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the light of breeding and conservation of forest tree species gene resources. *Ann. Rep. Grant 7/2000*. Kraków 2001, pp.1-35 [in Polish].
- MEJNARTOWICZ, L. & BERGMANN, F. (1985):** Genetic differentiation among Scots pine populations from lowlands and the mountains in Poland. *In: H.R. Gregorius (ed.): Lecture Notes in Biomathematics*, 60, pp.242-252.
- NEI, M. (1972):** Genetic distances between populations. *Am. Naturalist*, 105, pp.385-398.
- NEI, M. (1978):** Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small numbers of individuals. *Genetics*, 89, pp.583-590.
- PITEL, J.A. & CHELIAK, W.M. (1984):** Effect of extraction buffers on the characterization of isoenzymes of five conifer species: A user's manual. PI-X-34, Petawawa National Forestry Institute (Canada), 60 pages.
- POULIK, M.D. (1957):** Starch gel electrophoresis in a discontinuous system of buffers. *Nature*, 180, pp.1477-1478.
- SCHRÖDER, S. (1989):** Isozyme polymorphisms in silver fir (*Abies alba* Mill.). *Silvae Genetica*, 38(3-4), pp.130-133.
- SICILIANO, M.J. & SHAW, C.R. (1976):** Separation and visualisation of enzymes on gels. Chromatographic and electrophoretic techniques. Heinemann. London, pp.185-209.
- SABOR, J.; BALUT, S.; SKRZYSZEWSKA, K.; KULEJ, M.; BARAN, S. & BANACH, J. (1996):** Assessment of breeding value of silver fir Polish provenances in the frame of All-Poland provenance test Jd PL 86/90. *Zeszyty Naukowe AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*. Ser. Leśnictwo No. 24 [in Polish].
- SKRZYSZEWSKA, K. (1999):** Genetic and breeding value of silver fir (*Abies alba* Mill.) represented in All-Poland provenance test Jd PL 86/89. *Zeszyty Naukowe AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 339, pp.43-67 [in Polish].
- SKRZYSZEWSKA, K., (2001):** Evaluation of silver fir surviving at age 15 on the test plantations Jd PL 86/90. Grant No 7/00 Annual Report 2001, pp.4-33. [in Polish].
- WENDEL, J.F. & WEEDEN, N.F. (1989):** Visualization and interpretation of plant isozymes: *In: D.E. Soltis & P.S. Soltis (eds.): Isozymes in Plant Biology*, Chapman & Hall, London, pp.5-45.
- YEH, F.C. & YANG, R. (1999):** POPGENE version 1.31. Freeware for Population Genetic Analysis.

Acknowledgement

This work was financially supported by the Directorate-General of the State Forests, Warsaw and the Institute of Dendrology PAS, Kórnik (Poland).

Address of the author:

Prof. Dr. Leon Mejnartowicz

Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology

PL-62-035 Kórnik (Poland)

e-mail: lmejnart@man.poznan.pl

Zusammenhänge zwischen Artendiversität und genetischer Diversität in einem Weißtannen-Buchen-Bergahorn-Mischbestand

FRITZ BERGMANN & CHRISTIAN WEHENKEL

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, beech, *Fagus sylvatica*, Sycamore maple, *Acer pseudoplatanus*, species diversity, genetic diversity, isozyme gene markers

Abstract

Title of the paper: Interrelations between species diversity and genetic diversity in a mixed stand of silver fir, beech and Sycamore maple.

Species diversity and genetic diversity are not believed to be equally increasing in a limited space; rather they are negatively correlated in species-rich ecosystems. This problem was investigated by the study of natural regeneration occurring in a mixed tree stand, which is composed of silver fir, beech and Sycamore maple. Based on multilocus genotypes controlling the GOT system in the three tree species, no significant relationship between the species diversity and the genotypic diversity could be established. Also the species-spanning genotype diversity, based on a recently developed new trait concept, indicated no correlation with the species diversity. These results were discussed with regard to the stability of species-rich forest tree communities.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Rotbuche, *Fagus sylvatica*, Bergahorn, *Acer pseudoplatanus*, Artendiversität, genetische Diversität, Isoenzym-Genmarker

Zusammenfassung

Artendiversität und genetische Diversität sollen bei begrenztem Raum nicht beliebig steigerbar sein, sondern in artenreichen Ökosystemen eher negativ miteinander korreliert sein. Diese Frage wurde in einem Mischbestand, welcher aus Weißtanne, Rotbuche und Bergahorn besteht, anhand der dort existierenden Naturverjüngung näher untersucht. Basierend auf den das GOT-System kontrollierenden Genotypen der drei Baumarten konnte keine signifikante Beziehung zwischen der Artendiversität und der genotypischen Diversität festgestellt werden. Auch eine artübergreifende genotypische Diversität, welche auf der Basis einer neuen Merkmalskonzeption geschätzt werden konnte, zeigte keine kausalanalytische Beziehung zu der Artendiversität. Diese Ergebnisse wurden im Hinblick auf die Stabilität artenreicher Waldökosysteme diskutiert.

1 Einleitung

Biodiversität oder biologische Vielfalt wird zumeist zur quantitativen Beschreibung von Tier- und Pflanzengesellschaften, Ökosystemen und Landschaftstypen verwendet, doch darf nicht übersehen werden, dass auch die Diversität innerhalb von Arten, die genetische Diversität, ein wichtiger Bestandteil der Biodiversität darstellt. Sowohl die Artendiversität als auch die genetische Diversität innerhalb der Arten sind von großer Bedeutung für die Stabilität von Ökosystemen. Daher ist die Frage von Interesse, inwieweit die beiden

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.25-30.

Formen von Diversität bei begrenztem Raum beliebig steigerbar sind oder ob eine negative Korrelation zwischen Artendiversität und genetischer Diversität, wie sie bei einigen Tierarten festgestellt wurde (JOHNSON 1973; KARLIN *et al.* 1984), eine allgemeingültige Gesetzmäßigkeit in der Natur darstellt.

Ein Beitrag zur Klärung dieser Problematik sollte im Rahmen einer Untersuchung an einem Mischbestand erfolgen, welcher aus unterschiedlichen Anteilen an Weißtanne (*Abies alba*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) besteht. In einer vorhergehenden Studie an Buchen-/Fichten-Naturverjüngung im Naturwaldreservat NWR Himbeerberg (Rheinland-Pfalz) konnte kein merklicher Zusammenhang zwischen Arten- und genetischer Diversität festgestellt werden (HOSIUS *et al.* 2001). Es war daher unser Ziel, diese ersten Erhebungen durch Untersuchungen in einer artenreicheren Waldgesellschaft zu erweitern und zu ergänzen.

2 Material

Der Laubbaum-Weißtannen-Mischbestand liegt im Thüringer Forstamt Ershausen und zählt zum Wuchsgebiet „Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland“. Das ausgewählte Areal ist gegattert, so dass Wildverbiss die Naturverjüngung (NV) nicht beeinträchtigte. In dieses Areal wurden 11 Probekreise (Durchmesser 7,42 m) in einem Abstand von etwa 20 m so gelegt, dass möglichst verschiedene Artenmischungen und Dichten erfasst wurden. Die Verteilung der hier untersuchten NV der drei Baumarten ist in Tab. 1 aufgeführt. Von diesen NV-Pflänzchen wurden meist große Stichproben für die nachfolgenden Isoenzymanalysen gezogen. Als Untersuchungsmaterial dienten ruhende Knospen, die mit einem speziellen Extraktionspuffer homogenisiert wurden.

3 Methoden

Zur Bestimmung der genetischen Diversität der drei Baumarten wurde nur das Enzymsystem Glutamatoxalacetat-Transaminasen (GOT bzw. AAT, EC 2.6.1.1) ausgewählt. Der Grund hierfür war die identische Funktion dieses Systems über die Baumarten hinweg, seine Variabilität in allen drei Arten und die Nachweisbarkeit von GOT mit denselben Methoden (elektrophoretische Auftrennung in Stärkegel unter Verwendung des Ashton-Braden-Puffers, pH 8.1) bei den drei Arten, was für die Definition eines artübergreifenden Merkmals erforderlich ist (siehe letzten Absatz). Da die genetische Kontrolle von GOT bei dem tetraploiden Bergahorn noch nicht restlos geklärt ist, wurde hier nur die genotypische Diversität berechnet, d.h. es wurden die verschiedenen Multilocus-Genotypen für jede Baumart bestimmt (Multilocus-Phänotypen bei Bergahorn) und aus ihren Häufigkeiten (P_i) die Diversität berechnet ($v_2 = 1 / \sum P_i^2$). Diese insgesamt festgestellten Multilocus-Genotypen und weitere Daten sind in Tab. 2 aufgeführt. Die Artendiversität wurde auf dieselbe Weise bestimmt, d.h. die Häufigkeit jeder Art in einem Probekreis entspricht dem P_i .

Im Rahmen dieser und nachfolgender Untersuchungen zeigte es sich, dass auch eine über die Arten hinweg messbare genotypische Diversität zur Bearbeitung der o.g. Fragestellung sinnvoll erscheint. Hierzu war es notwendig, eine neue operationale Merkmalskonzeption

zu entwickeln. Das Grundprinzip dieser Konzeption besteht in der Beschreibung von Eigenschaften aller Individuen eines Kollektivs unabhängig von der Artzugehörigkeit, welche mit derselben Untersuchungsmethode bestimmt werden können.

Tab. 1: Anzahl der NV-Pflanzen der drei Arten in 11 Probekreisen.
Number of plants of natural regeneration of the 3 species in 11 circular sampling plots.

<i>Probekreis</i>	<i>Weißtanne</i>	<i>Rotbuche</i>	<i>Bergahorn</i>	<i>Gesamtzahl</i>
1	57	56	146	259
2	58	67	137	262
3	126	44	33	203
4	139	50	52	241
5	103	26	76	205
6	123	55	98	276
7	78	13	139	230
8	168	10	63	241
9	50	40	48	138
10	55	7	20	82
11	66	13	344	423

Die Menge dieser Eigenschaften definiert sodann ein artübergreifendes Merkmal, so dass es möglich wird, genotypische Diversität über die Arten hinweg mit der Artendiversität zu korrelieren. Eine ausführliche Begründung dieser neuen Merkmalskonzeption findet sich bei GREGORIUS *et al.* (2002). Für die hier vorliegende Untersuchung wurde das Merkmal „GOT-Bandenmuster“ artübergreifend betrachtet, so dass die Anzahl der individuellen GOT-Muster und ihre Häufigkeiten in den Probekreisen die Basis für die Diversitätsberechnung darstellen.

Tab. 2: Genetische Charakteristika der drei Baumarten.
Genetic characteristics of the three tree species.

	<i>Weißtanne</i>	<i>Rotbuche</i>	<i>Bergahorn</i>
<i>Ploidiegrad</i>	2n	2n	4n
<i>GOT-Loci</i>	3	2	>3
<i>Multilocus-Genotypen</i>	22	6	(16)

4 Untersuchungsergebnisse

Für jeden der 11 Probekreise wurde die Artendiversität und primär für jede Baumart separat die Genotypdiversität berechnet. Die resultierenden Wertepaare der Probekreise wurden verglichen und in Form von Punktdiagrammen dargestellt.

Bei der **Rotbuche** (Abb. 1) ist kein wesentlicher Zusammenhang zwischen Artendiversität und Genotypdiversität festzustellen, d.h. eine Zunahme der Artendiversität ist nicht mit einer merklichen Zu- oder Abnahme der Genotypdiversität verbunden. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits bei der Untersuchung von Buchen-NV am NWR Himbeerberg festgestellt (HOSIUS *et al.* 2001). Auch die genotypische Diversität der **Bergahorn-**

Kollektive zeigt keinerlei Zusammenhang mit der Artendiversität in den 11 Probekreisen (Abb. 1). Im Gegensatz zu den zwei Laubbaumarten nimmt die genotypische Diversität der **Weißtanne** mit zunehmender Artendiversität ab (Abb. 1), allerdings ist dieser Zusammenhang statistisch nicht signifikant ($r = 0.520$, $r^2 = 0.277$).

Nachdem bislang die genotypischen Diversitäten der einzelnen Baumarten betrachtet wurden, soll nun die artübergreifende Genotypdiversität im Vergleich zu der Artendiversität dargestellt werden. Hierbei ist, wie bereits bei **Methoden** erklärt, die Diversität der GOT-Phänotypen (elektrophoretische Bandenmuster) aller Individuen unabhängig von der Artzugehörigkeit für jeden Probekreis berechnet worden. Wie man an Abb. 1 sieht, steigt die Genotypdiversität zuerst an, erreicht ein Maximum etwa bei einer Artendiversität von 2.0-2.15 und fällt dann mit zunehmender Artendiversität wieder etwas ab.

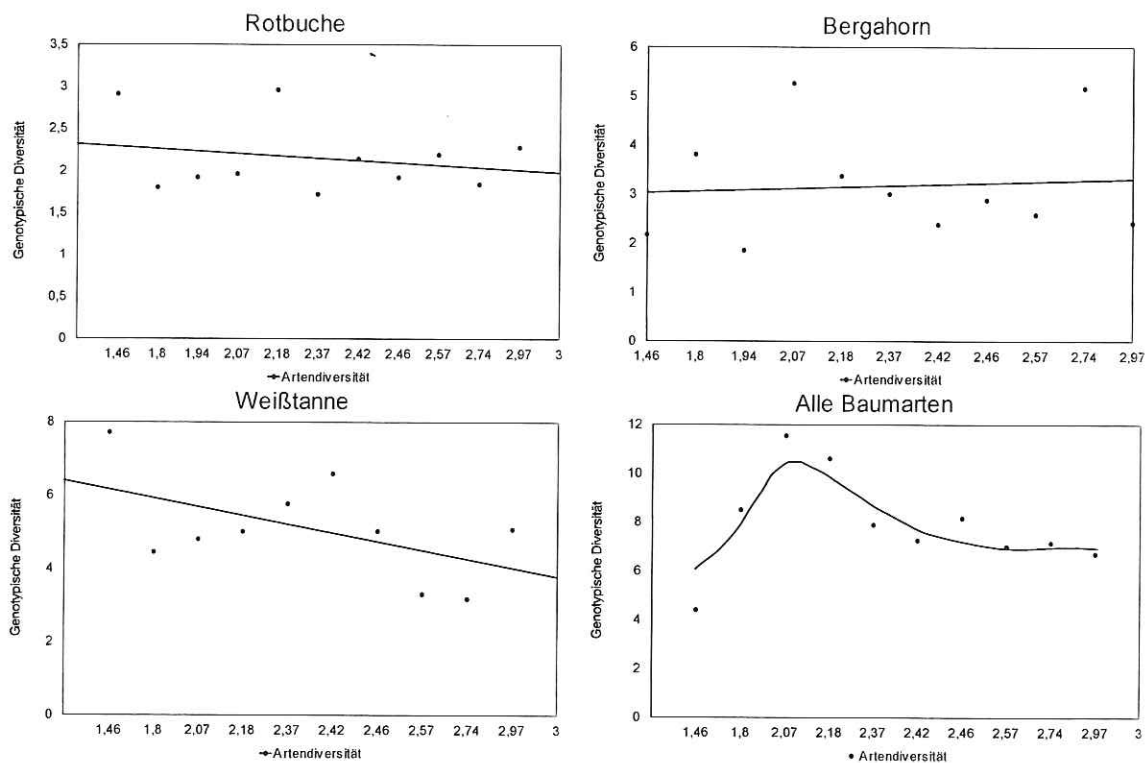


Abb. 1: Zusammenhang zwischen der Artendiversität und der Genotypdiversität von Rotbuche, Bergahorn und Weißtanne sowie der überartlichen Genotypdiversität (alle 3 Baumarten).

Fig. 1: Relationship between the species diversity and the genotype diversity of beech, Sycamore maple and silver fir as well as the overall genotype diversity (all 3 tree species).

Dieser Kurvenverlauf der artübergreifenden Genotypdiversitäten ist dadurch zu erklären, dass der verwendete Parameter v_2 , der auch als effektive Anzahl von Typen bezeichnet wird, vor allem die häufigen GOT-Phänotypen im Kollektiv berücksichtigt, und bei Arten mit wenigen GOT-Phänotypen diese überproportional zunehmen, wenn der Artanteil im Kollektiv ansteigt. Hierdurch wird in der artübergreifenden Grundgesamtheit aller GOT-Phänotypen die Gleichverteilung (Evenness) der Typen reduziert (v_2 nimmt ab), obwohl die Artendiversität ansteigt (Abb. 1). Das ist beispielsweise der Fall, wenn der Buchenanteil (mit nur 6 GOT-Genotypen) in den Probekreisen sich denen von Weißtanne und Bergahorn annähert und daher die Artendiversität zunimmt.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Eine signifikante negative Korrelation zwischen Artendiversität und genotypischer Diversität, wie sie aus theoretischen Überlegungen erwartet werden kann und wie sie auch bei einigen Tierarten beobachtet wurde [eine ausführliche Darstellung dieses Sachverhaltes findet sich bei MITTON (1997), Kap. 9], konnte bei der hier vorliegenden Untersuchung an 11 Probekreisen mit Naturverjüngung von drei Waldbaumarten nicht festgestellt werden. Während Rotbuche und Bergahorn keinerlei Zusammenhang zwischen Arten- und Genotypdiversität erkennen lassen, ist bei der Weißtanne eine leichte, aber nicht signifikante Abnahme der Genotypdiversität mit zunehmender Artendiversität nachzuweisen. Diese Ergebnisse stimmen jedoch in keiner Weise mit den Daten bei *Drosophila* (JOHNSON 1973) und Salamander (KARLIN *et al.* 1984) überein. Auch der Vergleich der Artendiversität mit der artübergreifenden Genotypdiversität lässt keinen Schluss auf ursächlichen Zusammenhang zu, da der Kurvenverlauf weitgehend von den Unterschieden in der Anzahl der GOT-Phänotypen zwischen den Baumarten abhängt.

Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede zwischen Tier- und Waldbaumarten mag die Auswahl der Artenkollektive sein; während bei den Tierstudien jeweils Arten derselben Gattung in Konkurrenz um ähnliche Ressourcen der Selektion unterliegen und hierbei Genotypen ausfallen können, existieren in der hier untersuchten Waldgesellschaft Arten aus verschiedenen Familien, deren Sämlinge und Jungpflanzen weniger in direkte Konkurrenz treten. Folglich beeinflusst die Artendiversität auch nicht wesentlich die genotypische Diversität, zumindest nicht die, welche das GOT-System kontrolliert. Sollten die GOT-Polymorphismen repräsentativ für weitere genetische Polymorphismen in den drei Baumarten sein, so ist eine deutliche Reduzierung der genetischen Variation in aus mehreren Arten bestehenden Waldgesellschaften nicht zu erwarten, so dass hierdurch die Anpassungskapazität nicht reduziert und damit die Stabilität der betreffenden Ökosysteme nicht gefährdet ist.

6 Literaturverzeichnis

- GREGORIUS, H.-R.; BERGMANN, F. & WEHENKEL, CH. (2002):** Analysis of biodiversity across levels of biological organization: a problem of defining traits. Biodiversity and Conservation (in press).
- HOSIUS, B.; LEINEMANN, L.; BERGMANN, F.; MAURER, W.; TABEL, U. & EDER, W. (2001):** Artendiversität und genetische Diversität: besteht ein Zusammenhang? *Allgemeine Forst- u. Jagdzeitung*, 172.Jg., pp.87-91.
- JOHNSON, G.B. (1973):** Relationship of enzyme polymorphism to species diversity. *Nature*, 242, 193-194.
- KARLIN, A.A.; GUTTMAN, S.I. & RATHBUN, S.L. (1984):** Spatial autocorrelation analysis of heterozygosity and geographic distribution in populations of *Desmognathus fuscus* (Amphibia: Plethodontidae). *Copeia* 1984, pp.341-354.
- MITTON, J.B. (1997):** Selection in natural -populations. Oxford University Press, Oxford, New York, 240 pages.

Anschrift der Autoren:

Dr. Fritz Bergmann
Christian Wehenkel
Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
Georg-August-Universität Göttingen
Büsgenweg 2
D-37077 Göttingen

e-mail: Bergmann.Fritz@gmx.de

Results of survival and growth development of silver fir (*Abies alba* MILL.) provenances in the IUFRO test in Osburg (Germany)

VELITCHKO GAGOV, WALTER EDER, WERNER MAURER & UWE TABEL

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, provenance test, survival, growth, plot Osburg

Abstract

The long-term evolutionary processes in the populations of silver fir (*Abies alba* MILL.) are related to its old phylogenetic age and result in high inter- and intrapopulational, and endogenous variation. The considerable changes in the natural area of distribution, its dynamics before and after the last glaciations in Europe affected this variation greatly. The contacts among populations and species during the post-glacial migrations and restoration of the natural distribution area also affected the genetic structure of populations.

The area of silver fir has been substantially reduced in the countries of Central Europe inclusive of Germany. There are two possibilities for its restoration; by natural regeneration, which is a rather slow process, or by artificial reforestation.

The changes in the environmental conditions related to climate and air, water and soil pollution determine the choice of provenances for afforestation as a factor of primary importance. It affects the success of afforestation works, seedlings' survival, their vitality, growth and productivity. The most appropriate provenances could be selected only after testing. Therefore a provenance test was established in 1987 on the territory of the forest district Osburg in the range Kell-Nord compartment 8a². The test was coordinated by IUFRO and includes 17 autochthonous provenances of Silver Fir originating from different parts of its area of distribution. Regular survival assessment and growth measurement were performed in 2000 and 2001.

The results, compared with some previous measurements, indicate some differences among certain provenances, even though not statistically significant (DONG & BALCAR 1994; DONG & EDER 2000). The best height growth exhibit the provenances St. Laurent, Pelister, Ribarica, Humorului, and Medzilagorce. The same provenances have the largest mean diameter.

The observations revealed that the phenotypic differentiation among the provenances and among the individuals within the provenances has started. The late frost damages depend on the provenance and affect the growth and phenotype of the plants.

Genetic analysis employing isozyme gene markers was performed on all the seedlings in the experiment. The results could help defining the genetic potential of each provenance and carrying out tests whether there is correlation between the isozyme gene markers, metric phenotypic traits and some physiological traits.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Provenienzversuch, Anwuchs, Wuchsverhalten, Herkunftsversuchsfläche Osburg

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Ergebnisse zur Anwuchs- und Wuchsentwicklung der Herkünfte von Weißtanne (*Abies alba* MILL.) im IUFRO-Provenienzversuch Osburg (Deutschland).

Die lang andauernden Evolutionsprozesse bei den Populationen der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) hängen mit ihrem alten phylogenetischen Alter zusammen und führen zu einer hohen Variation zwischen und innerhalb von Populationen sowie endogener Variation. Die beträchtlichen Veränderungen im natürlichen Verbreitungsgebiet, ihre Dynamik vor und nach der letzten Vereisung in Europa bewirkte größtenteils diese Variation. Die Kontakte zwischen Populationen und Arten während der nacheiszeitlichen Wanderungen und Wiederherstellung der natürlichen Verbreitungsgebiete beeinflussten gleichfalls die genetische Struktur der Populationen.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.31-43.

Die Flächen an Edeltanne sind in den Ländern Mitteleuropas einschließlich Deutschland ganz wesentlich zurückgegangen. Für ihre Wiedereinbringung bieten sich zwei Möglichkeiten an: über Naturverjüngung, die allerdings ein recht langsamer Prozess ist, oder durch künstliche Aufforstung.

Die Veränderungen bei den Umweltbedingungen bezüglich des Klimas sowie der Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden legen die Wahl der Herkünfte für die Aufforstung als einen Faktor von allergrößter Bedeutung fest. Sie beeinflusst den Erfolg der Aufforstung, das Überleben der Jungpflanzen, ihre Vitalität, Wüchsigkeit und die Produktionsleistung. Die am besten geeigneten Provenienzen könnten daher nur nach Prüfung ausgewählt werden. Daher wurde 1987 ein Provenienzversuch im Bereich des Forstamts Osburg, Kell-Nord Abt. 8a² angelegt. Der Versuch wurde von der IUFRO koordiniert und umfasst 17 autochthone Weißtannen-Herkünfte, die aus verschiedenen Bereichen des Verbreitungsgebiets stammen. Regelmäßige Anwuchsaufnahmen und Wachstumsmessungen wurden in den Jahren 2000 und 2001 vorgenommen.

Die mit einigen zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführten Messungen verglichenen Ergebnisse deuten auf einige Unterschiede zwischen bestimmten Herkünften hin, auch wenn diese nicht statistisch signifikant sind (DONG & BALCAR 1994; DONG & EDER 2000). Den besten Höhenwuchs besitzen die Herkünfte St. Laurent, Pelister, Ribarica, Humorului, and Medzilagorce. Dieselben Provenienzen haben den größten Mitteldurchmesser.

Diese Beobachtungen zeigen auf, dass nun die phänotypische Differenzierung zwischen den Provenienzen und zwischen den Individuen innerhalb der Populationen eingesetzt hat. Die Spätfrostschäden sind herkunftsabhängig und haben Auswirkungen auf den Wuchs und auf den Phänotyp der Pflanzen.

Die mit Isoenzym-Genmarkern durchgeführte genetische Untersuchung erfolgte an allen Jungpflanzen im Versuch. Die Ergebnisse können durchaus auch dazu beitragen, das genetische Potenzial einer jeden Herkunft zu bestimmen und zu testen, inwiefern es eine Korrelation zwischen Isoenzym-Genmarkern, metrischen phänotypischen Merkmalen und bestimmten physiologischen Eigenschaften gibt.

1 Introduction

Studies on the biology and ecology of forest tree species and their provenances, their ecotype diversity and polymorphism are an essential part of the forestry science (LARSEN 1980). Transferring the successful experience into the practice could contribute to the sustainable forest management. They are related with biodiversity conservation, improvement of ecological functions of the forests and the production of large quantity high-quality timber. In the case of forest trees they cannot be achieved by manipulating the environmental conditions (STERN 1970). These conditions and the area of distribution of tree species have been changed many times and at different extent during their long history of development. In European regions the most influential factor was the last Riss glaciation. During this period the species persisted in separate isolated refugia. After the glaciation the tree species continuously restored their distribution areas, migrating from southern Europe in different directions. Similar events took place in the migration of silver fir (*Abies alba* MILL.). The migration often resulted in the appearance of new races and other taxa after introgression. The duration of isolation and migration processes determined different genetic structures and the accumulation of certain alleles typical for smaller or larger isolated groups. The studies on the allele frequencies in these groups allow tracing of migration routes and the genetic link with the relic populations (KONNERT & BERGMANN 1995).

Human activities contributed to the reduction of silver fir area in many places. Natural restoration of the area will require a very long period of time. Therefore the specialists in many countries are trying to shorten this period by using artificial afforestation and determining of right provenances is recommended to take place after provenance test experiments (LOFTING 1954; STERN 1970; KRAMER 1980; LAFFERS 1980; LARSEN 1980,

GAGOV 1996). The choice of provenances is determined by their tolerance, survival under particular environments and the productivity. The tolerance depends on the genetically determined phenological and growth rhythm of plants and the productivity - on the expression of their genetic constitution at particular site conditions. Resistance towards Hermes attacks depends highly on the origin and is considered to be important in some countries (LOFTING 1954).

2 Object and method of study

The object of study was the provenance test experiment established in 1987 on the territory of forest district Osburg range Kell-Nord compartment 8a² (cf. also HEINTZEN *et al.* 2003; GAGOV & MAURER 2002). The test consists of 17 provenances, representing autochthonous silver fir populations including two *Abies nordmanniana* provenances. The information about the provenances is presented in Tab. 1.

The experimental design is a randomized block design with four replications per provenance. A total of 140 seedlings per provenance had been planted. We used differently aged seedlings for establishing, namely:

- 4-year-old: Italy; Macedonia; Serbia; Germany (four provenances); France; the Czech Republic (two provenances); and Romania;
- 5-year-old: Bulgaria; Macedonia; Romania; and Russia;
- 6-year-old: France and Switzerland (two provenances).

Height growth and mean annual increment were followed by measuring all trees in the years 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, and 2000. The statistical treatment showed that the data are statistically significant, in spite of high coefficients of variation.

The survival assessment considered two categories: completely dead trees and trees of poor growth, but still alive. The latter category was not included in the measurement.

3 Results

Height growth differences among the provenances can be noticed on the diagrams (Figs. 1, 2 and 3), and the significance of differences among means are presented in the Tabs. 2, 3 and 4.

In the experiment established using 6-year-old seedlings the best growth showed the provenance St. Laurent when compared to the provenances Vergeletto and Leuk. The results given in Tab. 2 indicate that the provenances St. Laurent and Vergeletto do not differ significantly, while the differences are weak between Leuk and Vergeletto and moderate between Leuk and St. Laurent. The differences among the average diameter, which is 7.3 cm for Vergeletto, 7.0 cm for St. Laurent and 6.6 cm for Leuk, are statistically insignificant.

Tab. 1: International IUFRO provenance trial of silver fir as established in 1987.
Internationaler IUFRO Herkunftsversuch für Weißtanne, Begründung 1987.

Provenance code	Provenance	Country	Region	Latitude	Longitude	Altitude [m] above sea-level
<i>6-year-old seedlings</i>						
(1/6)	F 58, St. Laurent	France	Savoie	45° 24'	5° 44'	990
(2/6)	CH 1003, Vergetto	Switzerland	Tessin	46° 28'	8° 45'	1.300
(3/6)	CH 1006, Leuk	Switzerland	Wallis	46° 19'	7° 13'	1.250
<i>5-year-old seedlings</i>						
(2/5)	Ribarica	Bulgaria	Balkan	42° 49'	24° 31'	1.100
(7/5)	Pelister	ex-Yugoslavia	Macedonia	41° 05'	21° 11'	1.350
(9/5)	Avrig	Romania	Fagarosch	45° 41'	24° 26'	850
(14/5)	<i>Abies nordmanniana</i>	Russia	Ambrolauri	42° 40'	42° 14'	-
<i>4-year-old seedlings</i>						
(1/4)	Calabrien	Italy	Sila Mountains	39° 15'	16° 27'	1.680
(6/4)	Moyenne	France	Pyrenees	42° 45'	2° 27'	920
(7/4)	Pelister	ex-Yugoslavia	Macedonia	41° 02'	21° 11'	-
(8/4)	Goč	ex-Yugoslavia	Serbia	43° 30'	20° 51'	950
(10/4)	Zwiesel	Germany	Bavarian Forest	49° 01'	13° 14'	675
(11/4)	Alpirsbach	Germany	Black Forest	48° 19'	8° 23'	730
(16/4)	Bardejov	Czech Republic	Eastern Beskides	49° 13'	21° 13'	270
(17/4)	Medzilagorce	Czech Republic	Eastern Beskides	49° 17'	21° 59'	650
(18/4)	Humorului	Romania	East Carpathians	47° 32'	26° 06'	600
(24/4)	Tiengen	Germany	Black Forest	47° 43'	8° 13'	700
(25/4)	Neuenburg	Germany	Northwest German Lowlands	53° 32'	7° 50'	-
(26/4)	Rosengarten	Germany	Northern German Lowlands	53° 20'	9° 48'	85

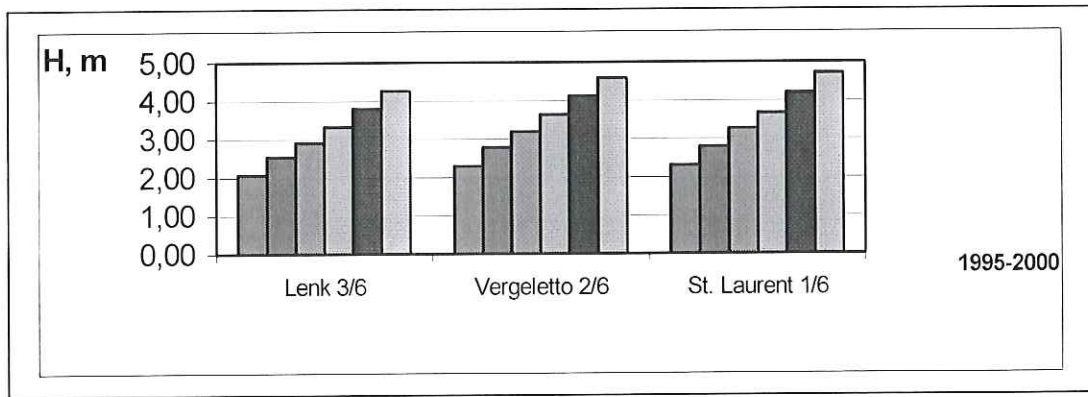


Fig. 1: Annual height growth in 1995 to 2000 of the provenances established by 6-year-old seedlings.

Abb. 1: Jährlicher Höhenwuchs seit 1995 bis 2000 der Herkünfte, die mit sechsjährigen Jungpflanzen begründet wurden.

Tab. 2: Significance of differences in height growth (in the year 2000) among the provenances established by planting 6-year-old seedlings.

Signifikanz der Unterschiede im Höhenwuchs (im Jahr 2000) zwischen den Herkünften, die mit der Auspflanzung von 6-jährigen Jungpflanzen begründet wurden.

	Leuk	Vergeletto
Vergeletto	*	
Saint Laurent	**	ns

The diagram in Fig. 2 shows that the best provenance among those established by using 5-year-old seedlings is Pelister followed by Ribarica and Avrig. The Russian *Abies nordmanniana* provenance included in the overall test has the worst growth. Tab. 3 indicates that the differences between Ribarica and Avrig are statistically insignificant, and they are moderate between Ribarica and Avrig as well as between Pelister and Avrig. The mean diameter of Pelister and Ribarica is almost equal, *i.e.* 6.4 cm and 6.1 cm, respectively, while that of the Avrig provenance is 5.6 cm.

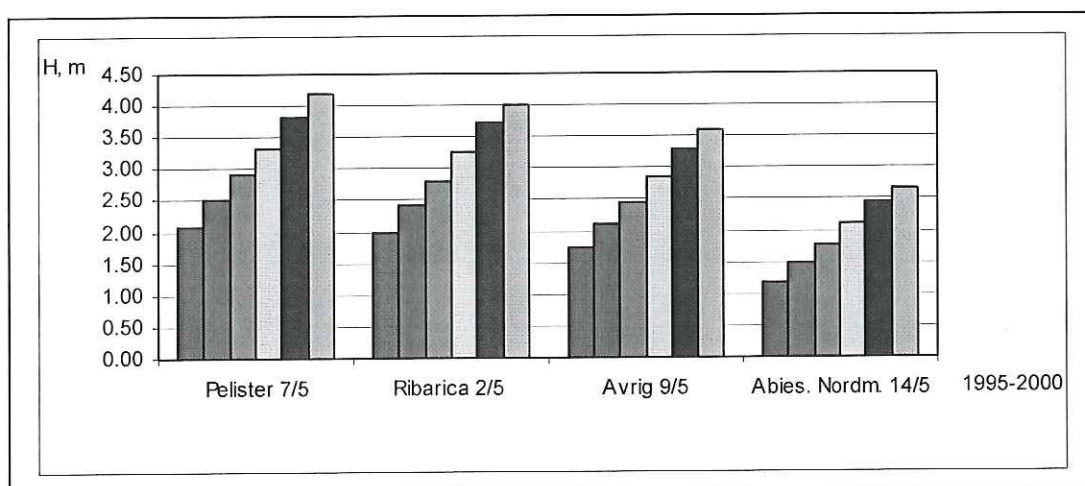


Fig. 2: Annual height growth in 1995 to 2000 of the provenances established by 5-year-old seedlings.

Abb. 2: Jährlicher Höhenwuchs seit 1995 bis 2000 der mit 5-jährigen Jungpflanzen begründeten Herkünfte.

Tab. 3: Significance of differences in height growth (in the year 2000) among the provenances established by planting 5-year-old seedlings.

Signifikanz der Unterschiede im Höhenwuchs (im Jahr 2000) zwischen den Herkünften, die mit der Auspflanzung von 5-jährigen Jungpflanzen begründet wurden.

	Ribarica	Ambrolauri	Avrig
Ribarica			
Ambrolauri	***		
Avrig	**	***	
Pelister	ns	***	**

Legend: * significant difference at 0.05 confidence level
 ** significant difference at 0.01 confidence level
 *** significant difference at 0.001 confidence level
 ns not significant

The experiment established using 4-year-old seedlings is the largest one. Among the 12 provenances used, best results regarding height growth were observed for the provenances Humorului and Medzilagorce, while the provenances Rosengarten and Neuenburg (the latter being an *Abies nordmanniana* provenance) had the poorest growth.

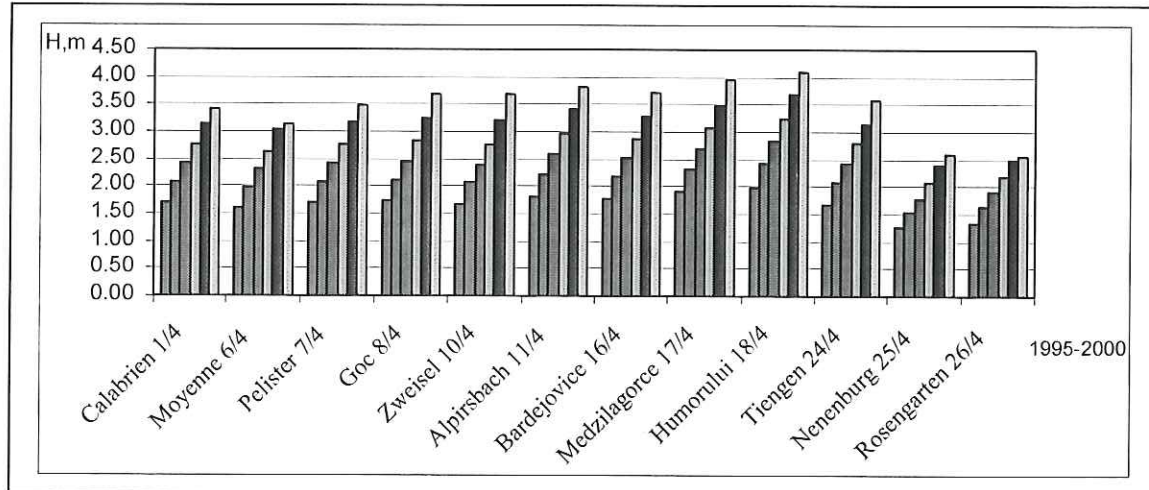


Fig. 3: Annual height growth in 1995 to 2000 of the provenances established by 4-year-old seedlings.

Abb. 3: *Jährlicher Höhenwuchs seit 1995 bis 2000 der mit 4-jährigen Jungpflanzen begründeten Herkünfte.*

Tab. 4: Significance of differences in height growth (in the year 2000) among the provenances produced by planted 4-year-old seedlings.
Signifikanz der Unterschiede im Höhenwuchs (im Jahr 2000) zwischen den Herkünften mit gepflanzten 4-jährigen Sämlingen.

	Calabria	Moyenne	Pelister	Goc	Zwiesel	Alpirsbach	Bardejovitce	Tiengen	Neuenburg	Rosengarten	Medzilagorce
Moyenne	ns										
Pelister	ns	ns									
Goč	ns	*	ns								
Zwiesel	ns	*	ns	ns							
Alpirsbach	*	***	*	ns	ns						
Bardejovitce	*	**	ns	ns	ns						
Tiengen	ns	*	ns	ns	ns	ns					
Neuenburg	***	***	***	***	***	***	***	***			
Rosengarten	**	**	***	***	***	***	***	***	ns		
Medzilagorce	**	***	**	*	ns	ns	ns	*	***	***	
Humorului	***	***	***	**	**	*	**	***	***	***	ns

Legend: * significant difference at 0.05 confidence level

** significant difference at 0.01 confidence level

*** significant difference at 0.001 confidence level

ns not significant

The results show that the height growth is relatively regular (Fig. 4 and Fig. 5), in spite of the fact that there are some differences among blocks of the same provenance (*i.e.* block effect).

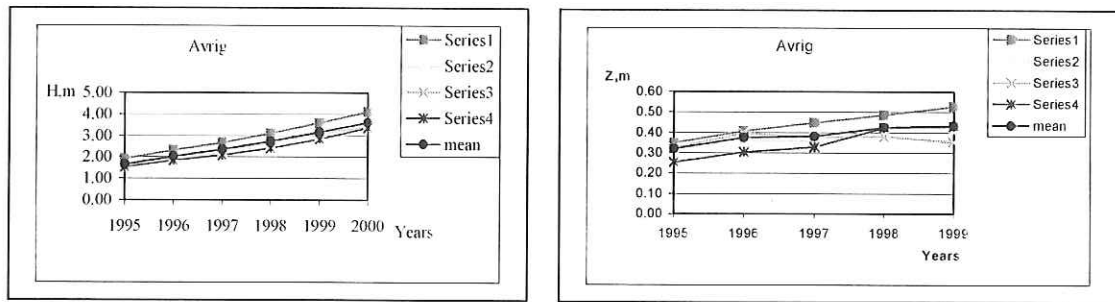


Fig. 4: Annual height growth (left plot) and height increment (right plot) in 1995 to 2000 for the provenance Avrig ("Series" indicate the distinct blocks).

Abb. 4: Jährlicher Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995 bis 2000 bei der Herkunft Avrig („Series“ bezeichnet den jeweiligen Block).

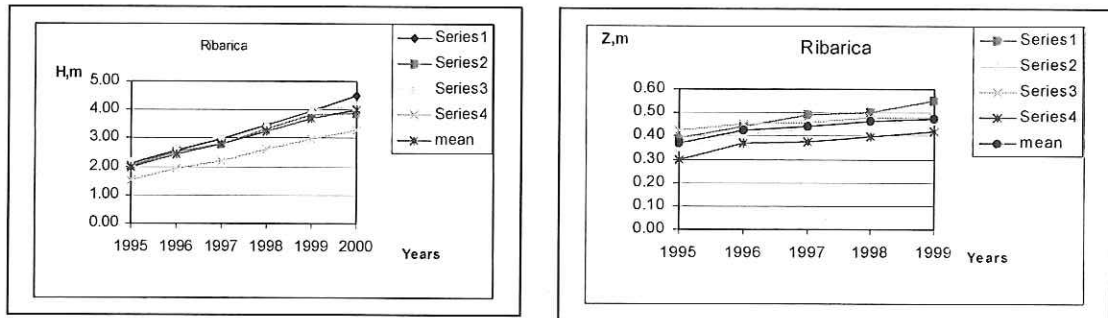


Fig. 5: Annual height growth (left plot) and height increment (right plot) in 1995 to 2000 for the provenance Ribarica.

Abb. 5: Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995 bis 2000 bei der Herkunft Ribarica.

The mean annual increment is relatively variable and depends on the temperatures at the beginning of the growing season and late frosts. Some southern provenances like Caldarica and Pelister expressed lower increment in 1997 and 1999 (Fig. 6 and Fig. 7).

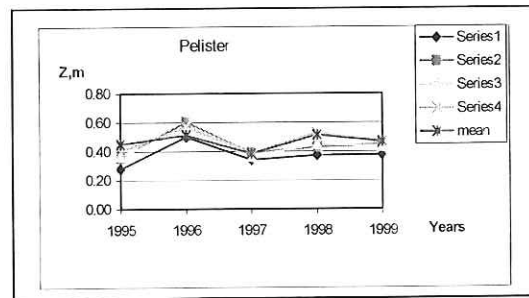
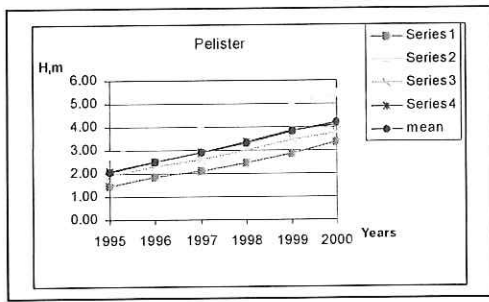


Fig. 6: Annual height growth (left) and height increment (right) in 1995-2000 for the provenance Pelister.
Abb. 6: Jährlicher Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995-2000 bei der Herkunft Pelister.

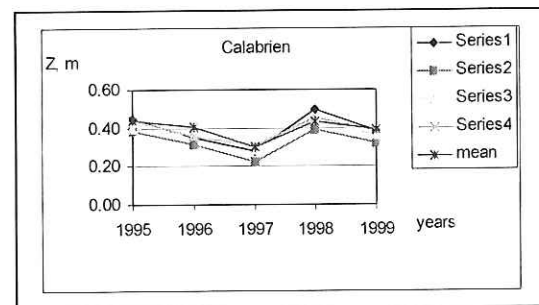
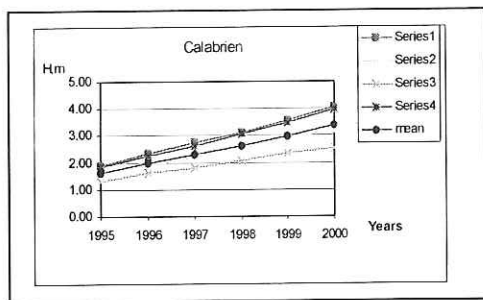


Fig. 7: Height growth (left) and height increment (right) in 1995-2000 for the provenance Calabria.
Abb. 7: Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995-2000 bei der Herkunft Calabrien.

The late frost damages in the southern provenances are higher when compared to the provenances Tiengen and Bardejovice, having the highest increment in these years. (Fig. 8 and Fig. 9).

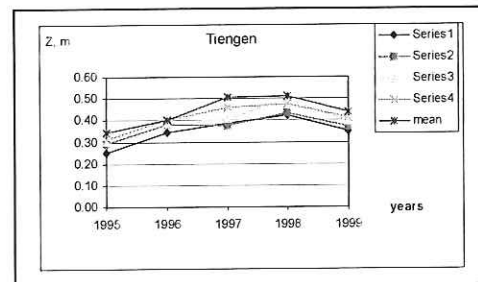
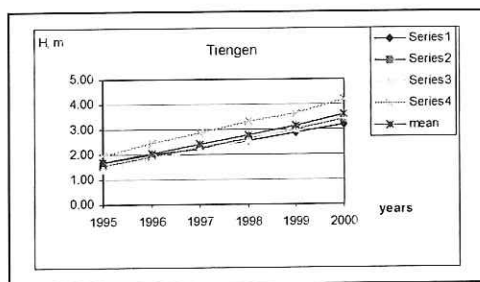


Fig. 8: Height growth (left) and height increment (right) in 1995-2000 for the provenance Tiengen.
Abb. 8: Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995-2000 bei der Herkunft Tiengen.

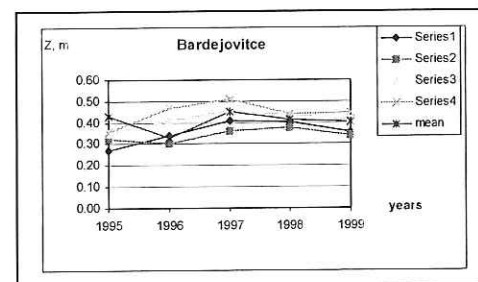
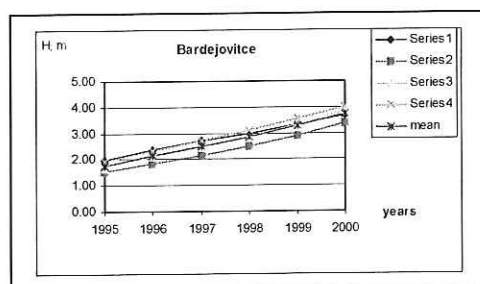


Fig. 9: Height growth (left) and height increment (right) in 1995-2000 for the provenance Bardejovice.
Abb. 9: Höhenwuchs (links) und Höhenzuwachs (rechts) seit 1995-2000 bei der Herkunft Bardejovice.

The differences among means are significant between Humorului and all the remaining provenances. This comes true also for the provenances Neuenburg and Rosengarten.

As indicated above, the survival of seedlings was assessed using two categories – deceased trees and damaged trees that are still alive however. The results of this assessment are presented in Tab. 5.

Loss of some seedlings and poor growth of others is due both to genetic reasons and to severe competition by the seedlings of birch (*Betula sp.*), Norway spruce (*Picea abies*) and other species that appeared after planting the silver fir seedlings. Evidently removal of these species did not take place in time, and thus they suppressed the silver fir seedlings for a long period of time. The results in Tab. 5 indicate that in the series where 4-year-old seedlings were planted, the percentage of losses is highest in the provenances Medzilagorce, Calabria, Pelister, Neuenburg, and Bardejovice. Survival rate is highest in the provenances Tiengen and Alpirsbach.

4 Discussion

Within its natural area of distribution, silver fir occupies variable ecological conditions ranging from dry to wet and poor to rich soils on silicate or limestone terrain. The species is tolerant towards shadowing, and it occurs and regenerates both under canopy of pure and mixed stands and on open areas. Even though it survives under canopy, then the increment is much lower when compared to the increment of trees growing in open areas. In many cases the changes in the environment, including atmospheric and soil pollution, lack of sufficient precipitation, increased temperature etc. cause additional stress to silver fir.

These statements are confirmed by the present study. There were some substantial differences among the blocks of the same provenance, both concerning the survival rate and height growth. The presence of competing species such as birch, spruce and ferns resulted in a higher percentage of deceased or suppressed seedlings. It is well known that silver fir has a good regeneration capacity and responds quickly to the removal of stress factors, especially at young age, when the seedlings are released from the canopy of surrounding vegetation. The removal of those seedlings that appeared naturally in 2002, will verify these statements.

Tab. 5: Survival of different provenances in the silver fir provenance trial plot Osburg.
Anwuchs verschiedener Provenienzen in der Weißstannen-Herkunftsversuchsfläche Osburg.

Provenance	number of planted seedlings	deceased trees (D) and poorly growing, still alive trees (L)											
		replications (blocks)											
		I			II			III			IV		
		D	L	%	D	L	%	D	L	%	D	L	%
6-year-old seedlings													
F 58, St. Laurent (1/6)	140	3	-	1	-	2	-	-	-	6	-	6	4.3
CH 1003, Vergeletto (2/6)	140	2	-	2	1	2	-	1	2	7	3	10	7.2
CH 1006, Leuk (3/6)	140	2	-	2	-	2	-	-	2	6	-	6	4.2
5-year-old seedlings													
Ribarica (2/5)	140	2	-	2	1	-	2	1	-	5	3	8	5.7
Pelister (7/5)	140	8	-	3	-	2	6	5	2	18	8	26	18.5
Avrig (9/5)	140	-	1	2	1	1	3	7	6	10	11	21	15.0
Ambrolauri (<i>Abies nordmanniana</i>) (14/5)	140	2	1	-	-	2	-	4	-	8	1	9	6.4
4-year-old seedlings													
Calabrien (1/4)	140	3	-	5	3	1	2	12	1	21	6	27	19.3
Moyenne (6/4)	140	3	2	1	9	4	2	4	3	12	16	28	20.0
Pelister (7/4)	140	6	-	6	2	6	4	2	3	20	9	29	20.7
Goč (8/4)	140	4	-	5	-	-	4	2	1	11	5	16	11.4
Zwiesel (10/4)	140	3	1	1	-	2	5	2	1	8	4	12	8.6
Alpirsbach (11/4)	140	3	1	1	1	1	1	-	-	5	3	8	5.7
Bardejov (16/4)	140	4	4	7	-	6	4	2	2	19	10	29	20.7
Medzilagorce (17/4)	140	2	2	5	3	10	1	6	-	23	8	31	22.1
Humorului (18/4)	140	1	1	2	4	3	5	1	7	7	18	25	17.8
Tiengen (24/4)	140	-	-	-	1	3	3	1	1	4	5	9	6.4
Neuenburg (<i>Abies nordmanniana</i>) (25/4)	140	3	3	9	6	6	5	2	-	20	14	34	24.3
Rosengarten (26/4)	140	2	2	3	2	2	2	3	3	10	11	21	15.0

5 Conclusions

The observation and measurements in the provenance trial at this stage provide useful information about the reaction and adaptation of the different provenances to the local environmental conditions. Certain differences exist among the provenances, concerning the vitality, survival and growth. These differences still have a low degree of significance, and therefore at this stage, it is not entirely possible to recommend a particular provenance that should be used for the establishment of plantations on new areas.

All the seedlings in the experimental plots of the trial were studied by means of isozyme gene markers. These results will be used for the detection of:

- those allozyme gene loci that are suitable for characterizing the provenances;
- the genetic diversity of the respective provenances;
- the relationships between the metric characters and biochemical gene markers;
- the correlations between the heterozygosity, growth and survival rate.

6 References

- BERGMANN, F. & LARSEN, L.B. & GREGORIUS, H.-R. (1990):** Genetische Variation in verschiedenen Arealen der Weißtanne *Abies alba* MILL. *In: Erhaltung forstlicher Genressourcen* (H.H. Hattemer, Hrsg.). Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 98, Sauerländer's Verlag Frankfurt a. M., pp.130-140.
- BERGMANN, F. & GAGOV, V. (2002):** The detection of hybrid populations between fir species in the southern Balkan peninsula. *Silva Balkanica*, 2 (im Druck).
- GAGOV, V. (1997):** Study of silver fir (*Abies alba* MILL.) growth in the experimental provenance cultures. *In: Schriften aus der IUFRO und der Forsttechnischen Universität Sofia: Proceedings mit Ergebnissen des 8. Tannensymposiums am 23-28.9.1996 in Jundola/Bulgarien* (V. Gagov, Zusammenstellung), pp. 89-97.
- GAGOV, V. & MAURER, W.D. (2002):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) – eine Schlüsselbaumart für den Waldumbau in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 57. Jg., Nr.1/2, pp.16-19.
- HEINTZEN, P.; MAURER, W.D. & TABEL, U. (2003):** European silver fir (*Abies alba* MILL.): Measures for conserving and promoting a valuable and amiable tree species in Rhineland-Palatinate. This volume, pp.128-130.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196, pp.19-35.
- KRAMER, W. (1980):** Vorschlag für einen internationalen Herkunftsversuch von Weißtanne (*Abies alba* MILL.). *In: 3. Tannensymposium Wien 1980 der IUFRO-Gruppe „Ökosysteme“* (H. Mayer, Hrsg.), Österreichischer Agrarverlag Wien, pp.98-108.
- LAFFERS, A. (1980):** Einige Ergebnisse von Tannen-Provenienzversuchen in der Slowakei. *In: 3. Tannensymposium Wien 1980 der IUFRO-Gruppe „Ökosysteme“* (H. Mayer, Hrsg.), Österreichischer Agrarverlag Wien, pp.92-97.

- LARSEN, J.B. (1980):** *Abies alba*-Provenienzen in Dänemark *In.:* 3. Tannensymposium Wien 1980 der IUFRO-Gruppe „Ökosysteme (H. Mayer Hrsg.), Österreichischer Agrarverlag Wien, pp.78-91.
- LARSEN, J.B. (1986):** Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* MILL.). Wachstumsentwicklung und Frostresistenz. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105, pp.381-396.
- LØFTING, E.C.L. (1954):** Danmark's silver fir problem, Part I: Choice of provenances. *Det forstlige Forsogsvaesen*, XXI, 4.1.
- PASTUSZKA, P. (1988):** Results of provenance experiments with silver fir (*Abies alba* MILL.) in France. *In.:* Abhandlungen zum 5. IUFRO-Tannensymposium am 3.-5.9.1987 in Zvolen/Slowakei (L. Paule & S. Korpel, eds.), pp.131-142.

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Velitchko Gagov

Forsttechnische Universität in Sofia
Kliment Ochridky Str. 10
BG-1756 Sofia (Bulgarien)

e-mail: vgagov@ltu.acad.bg

Dr. Walter Eder

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz
Abt. Forsten
Kaiser-Friedrich-Strasse 1
D-55116 Mainz

e-mail: walter.eder@muf.rlp.de

Dr. Werner D. Maurer

SGD Süd, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung
Schloss
D-67705 Trippstadt

e-mail: werner.maurer@wald-rlp.de

Dipl.-Forstwirt Uwe Tabel

SGD Süd, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung
Schloss
D-67705 Trippstadt

e-mail: uwe.tabel@wald-rlp.de

Der Tannenprovenienzversuch "Knödelhütte Wien 1967": Ergebnisse im Alter 24

RAPHAEL TH. KLUMPP

Keywords: *Abies alba*, silver fir, provenance trial, metric traits, isozymes

Abstract

Title of the paper: The silver fir provenance trial "Knödelhütte Vienna 1967": results at age 24.

Periodically occurring damage in silver fir (*Abies alba* Mill.), in particular after dry seasons, were the reason for Professor Hannes Mayer (Vienna) to initiate intensive international research in 1969. A two-stage pilot study was carried out as a first step of preparation in 1967, which contained detailed physiological investigations as well as one provenance trial (MAYER *et al.* 1982). This paper reports on the situation of this trial at age 24.

The research field, on which the original 29 provenances are growing, shows still some influence from the adjacent fields at age 24. Thus only 24 provenances are available for statistical analysis, having one or two replication plots each. The mean of the heights varies mainly between 7 m and 8 m. Amongst the best provenances are the numbers 39 (Catanzaro, IT: 11 m), 59 (Kozuf, MD: 9 m), 22 (Nawojowa, PL: 8,6 m), 105 (Oberhelfenschwil, CH: 8,9 m), 17 (Brumov, CZ: 8,0 m), and 78 (Rostock, DE: 8,0 m). The western provenances 45 (Cuneo, IT: 5,2 m), 122 (Auvergne, FR: 5,2 m), and 34 (Siegsdorf, DE: 6,3 m) perform worst. Similar results are obtained, when BHD value are analyzed. Altogether it was found that some eastern as well as some southern provenances are exhibiting best growth patterns under the subcontinental / pannonic climate of this research site.

Finally, the results from yield measurements and some genetic parameters obtained from isozyme analysis are compared and discussed.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Provenienzversuch, metrische Merkmale, Isoenzyme

Zusammenfassung

Periodisch, besonders nach Trockenjahren auftretende Schäden an der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) waren für Professor Hannes Mayer (Wien) der Grund, eine intensive Forschungsarbeit auf internationaler Ebene im Jahr 1969 einzuleiten. Zur Vorbereitung dieser Aktivitäten wurde in Wien ein zweistufiger Vorversuch angelegt, welcher neben umfangreichen physiologischen Studien auch einen Provenienzversuch enthielt (MAYER *et al.* 1982). Im nachfolgenden Beitrag wird über den Zustand des Versuches im Alter 24 berichtet.

Die Versuchsanlage mit ihren ursprünglich 29 Provenienzen zeigt immer noch die Randeinwirkung der umgebenden Anlagen. Daher sind nur 24 Provenienzen mit jeweils 1 bis 2 Wiederholungsfeldern statistisch auswertbar. Die Mittelwerte der Höhen streuen überwiegend zwischen 6 m und 8 m. Im Spitzenfeld finden sich die Herkünfte 39 (Catanzaro, IT: 11 m), 59 (Kozuf, MD: 9 m), 22 (Nawojowa, PL: 8,6 m), 105 (Oberhelfenschwil, CH: 8,9 m), 17 (Brumov, CZ: 8,0 m) und 78 (Rostock, DE: 8,0 m). Zurückgeblieben sind die westlichen Herkünfte 45 (Cuneo, IT: 5,2 m), 122 (Auvergne, FR: 5,2 m) und 34 (Siegsdorf, DE: 6,3 m). Ein ähnliches Bild ergibt die Analyse der BHD-Werte. Damit zeigen Herkünfte aus dem Süden und Osten des natürlichen Areals auf dem Versuchsstandort mit subkontinental / pannonischem Klima die besten Wuchsleistungen.

Für eine Auswahl von 14 Provenienzen werden die Ergebnisse der Wuchsleistung mit populationsgenetischen Parametern aus einer Isoenzymanalyse verglichen und vor dem Hintergrund eines neu geplanten Versuches diskutiert.

1 Einleitung

Der Rückgang der Weißtanne in den Beständen Mitteleuropas beschäftigt die verantwortungsbewussten Forstleute bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts setzten dann vielfältige Aktivitäten zur Erhaltung der Weißtanne ein, besonders in Deutschland. Professor Hannes Mayer in Wien erkannte früh die Gefahren, welche durch periodisch auftretenden Schwächephasen, vor allem nach Trockenjahren oder durch die überhöhte Wildstände, für diese ökologisch so bedeutende Baumart drohten. Die Erkenntnis um Wissensdefizite bei der Ausprägung von Ökotypen der Weißtanne in Verbindung mit der damaligen Suche nach waldbaulich weniger anspruchsvollen Provenienzen waren der Anlass für MAYER, im Jahr 1969 zu einer ersten "Tannentagung" der Arbeitsgruppe "Gebirgswaldbau" einzuladen (MAYER 1980). Als Vorarbeit für eine internationale Forschungstätigkeit initiierte MAYER ein zweistufiges Forschungsprojekt, welches neben einem Provenienzversuch auch umfangreiche physiologische Untersuchungen und Frühtests einschloss (KRAL 1980a, 1980b; MAYER *et al.* 1982). In der nachfolgenden Arbeit wird über Ergebnisse des Versuches aus dem Jahre 1994 berichtet. Darüber hinaus wird eine Gegenüberstellung von metrischen Daten und populationsgenetischen Parametern an einer Auswahl von Provenienzen diskutiert.

2 Material und Methode

Der Provenienzversuch "Knödelhütte Wien 1967" (MAYER *et al.* 1982) umfasst 29 Versuchsglieder. Neben 24 Weißtannenprovenienzen sind auch fünf mediterrane Tannenarten vertreten. Die Anlage des Versuchsfeldes erfolgte 1970 mit 3/0 bzw. 2/0 Pflanzen im Verband 0,5 x 1,0 m in Parzellen von 5 x 5 m Fläche. Es besteht eine Randeinwirkung von drei Seiten mit der Folge, dass nur 24 Versuchsglieder mit mindestens einer Wiederholung ohne Randeinwirkung vertreten sind und somit auch eine statistische Auswertung zulassen. Die Versuchsanlage befindet sich am nördlichen Rand des Alpenvorlandes im Übergang vom Flysch-Wienerwald zum östlichen Eichenmischwald-Gebiet des subpannonischen Wiener Beckens. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt hier 837 mm, die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 8,6 °C (MAYER *et al.* 1982). Im Wintersemester 1994/95 erfolgte eine Wiederaufnahme des Versuches. Für die Höhenmessungen wurden ausziehbare Stangen eingesetzt. Die Messung des BHD erfolgte mittels Maßband. Für jede der Teilflächen wurden schematische Skizzen der Baumverteilung angelegt.

1999 erfolgte eine Isoenzymanalyse an insgesamt 16 Versuchsgliedern in Form einer vollständigen Erfassung im Rahmen einer Diplomarbeit unter Anleitung des Verfassers (zu Einzelheiten siehe AVENDANO-CORCOLES 2000). Die Labormethoden folgten der Anweisung von KONNERT & MAURER (1995).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Wuchsleistungen im Versuchsalter 24

Das Balkendiagramm der Abb. 1 zeigt einen Überblick der Wuchsleistung auf der Basis der Mittelhöhen der einzelnen Provenienzen bzw. Tannenarten (helle Balken). Es sind alle 29 Versuchsglieder dargestellt. Die Mittelwerte der Höhen streuen überwiegend zwischen 6 m und 8 m. Im Spitzenfeld finden sich die Herkünfte 39 (Catanzaro, IT: 11 m), 59 (Kozuf, MD: 9 m), 22 (Nawojowa, PL: 8,6 m), 105 (Oberhelfenschwil, CH: 8,9 m), 17 (Brumov, CZ: 8,0 m) und 78 (Rostock, DE: 8,0 m). Zurückgeblieben sind die westlichen Herkünfte 45 (Cuneo, IT: 5,2 m), 122 (Auvergne, FR: 5,2 m) und 34 (Siegsdorf, DE: 6,3 m). Der Mittelwert über die Aussagefähigen Versuchsglieder liegt bei 7,6 m, die Standardabweichung beträgt $\pm 1,16$ m. Somit repräsentiert die lokale Herkunft Nr. 88 die Durchschnittsleistung aller vertretenen Provenienzen. Insgesamt wurden auf dem für die Weißtanne untypischen Standort am Rande zum subpannonischen Wiener Becken leicht geringere Werte erreicht als etwa auf der Versuchsfläche in Syke (SVOLBA 1997). Auch dort liegt die Provenienz Stara Voda (Abb. 1, Nr. 19) leicht unter dem Durchschnitt bezogen auf die Höhenleistung, während sie im süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuch an der Spitze der Wuchsleistung beobachtet wird (RUETZ & STIMM 1994). Darüber hinaus zeigt die Provenienz aus Norditalien eine vergleichbar schwache Wuchsleistung und die aus dem Schwarzwald (Pfalzgrafenweiler, Nr. 113) eine vergleichbar überdurchschnittliche Wuchsleistung, wie in dem letztgenannten Versuch (RUETZ & STIMM 1994) trotz der unterschiedlichen Standorte. Eine nähere Analyse des Verhaltens der einzelnen Provenienzen über die bisher installierten Versuche hinweg erscheint dringend geboten, um die ökologische Amplitude der verwendeten Provenienzen besser beschreiben zu können und um die Abgrenzung der Ökotypen sinnvoll durchführen zu können!

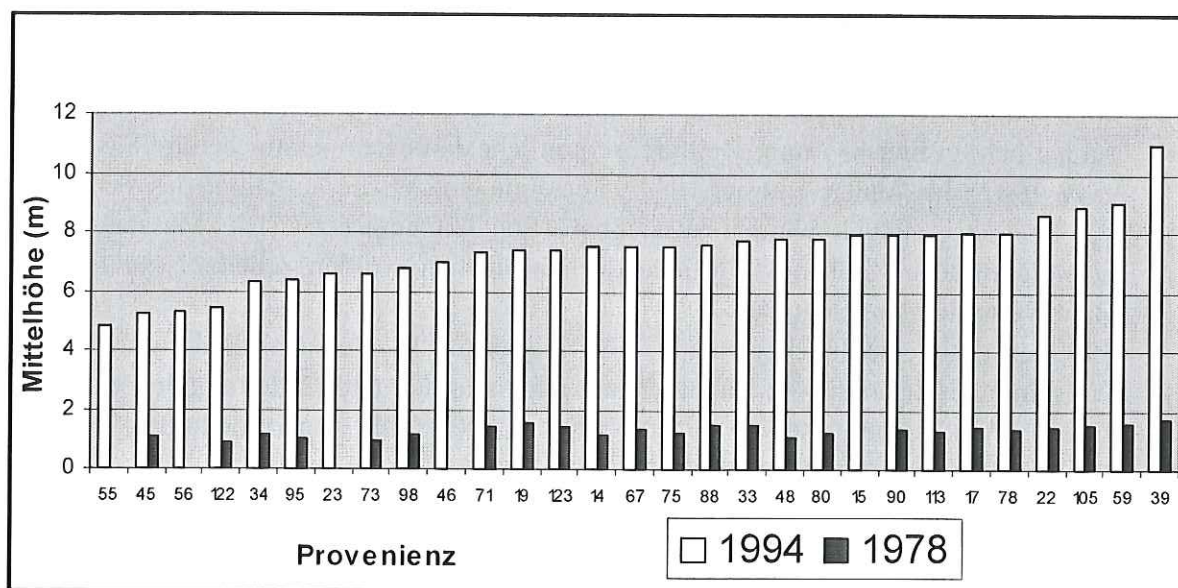


Abb. 1: Vergleich der Wuchsleistungen bezogen auf die Mittelhöhen.

Fig. 1: Comparison of growth (middle height) of the provenances.

Im Vergleich zu den Messungen von 1978 (MAYER *et al.* 1982) zeigen sich leichte Verschiebungen in der Rangfolge der Versuchsglieder (Abb. 1: dunkle Balken), im Gegensatz zu den Beobachtungen auf der Versuchsfläche von Syke (SVOLBA 1997).

3.2 Vergleich von metrischen Merkmalen und populationsgenetischen Parametern

Isoenzymgenmarker liefern immer mehr wertvolle Erkenntnisse für praktische Fragestellungen aus der Forstwirtschaft. Im Bereich der Provenienzforschung sind bisher ergänzende Aussagen zur möglichen Abgrenzung von Teilarealen bzw. zur Arealentstehung (vgl. KONNERT 1994) oder über die Repräsentativität von Versuchsgliedern erfolgt (HUSSENDÖRFER & KONNERT 1998). Auswertungen unter Verwendung von Isoenzymgenmarkern zur Ermittlung von Genkombinationen, welche die Ausprägung quantitativer Merkmale steuern, waren bislang wenig erfolgreich (z.B. FURNIER *et al.* 1990).

Im Folgenden sollen die Ergebnisse metrischer Merkmale der einzelnen Provenienzen den Ausprägungen populationsgenetischer Parameter gegenübergestellt werden (Tab. 1). Zur Verwendung gelangen der beobachtete mittlere Heterozygotiegrad "Ha", die Populationsdifferenzierung (δT), welche einem theoretisch erwarteten Heterozygotiegrad entspricht, sowie die hypothetisch gametische Multilocus-Diversität "Vgam" (zu Einzelheiten siehe AVENDANO-CORCOLES 2000).

Tab. 1: Vergleich von metrischen Merkmalen und populationsgenetischen Parametern. Erläuterungen im Text.
Comparison between metric traits and parameters of population genetics.
See text for further explanation.

Provenienz	Merkmale		genetische Parameter			
	Höhe [m]	BHD	Ha	Delta T	Vgam	
Gruppe A: West-Tanne	123 Vogesen / FR	7,4	8,6	0,134	0,184	42,1
	122 Auvergne / FR	5,4	5,3	0,143	0,193	61,5
	113 Pfalzgrafenweiler / DE	7,9	8,1	0,153	0,195	58,9
Gruppe B: Nordalpen- rand	105 Oberhelfenschwil / CH	8,9	8,5	0,142	0,185	46
	90 Schneegattern / AT	7,9	8,9	0,145	0,172	38,6
	88 Hohewand / AT	7,6	7,6	0,085	0,134	16
	34 Siegsdorf / DE	6,3	6,3	0,148	0,191	59,8
Gruppe C: Südalpen	45 Cuneo - Val Pesio / IT	5,2	5	0,105	0,158	28,3
Gruppe D: Osttanne	78 Rostock / DE	8	9	0,107	0,182	43,8
	33 Bodenmais / DE	7,7	8,5	0,144	0,168	35
	22 Nawojowa / PL	8,6	9,1	0,137	0,166	27,7
	19 Stara Vodá / SL	7,4	8,1	0,118	0,16	30,7
	17 Brumów / CZ	8	9,4	0,106	0,136	18,6
Gruppe F: Südtalien	39 Catanzaro / IT	11	14,9	0,127	0,205	73

Die Herkünfte werden entsprechend geographischer Gruppen aufgelistet, für welche bereits in früheren Arbeiten gemeinsame Eigenschaften aus unterschiedlichen Untersuchungen nachgewiesen worden waren (vgl. KONNERT 1994; KRAL 1980b). Überdurchschnittliche Merkmale werden mit hellem Grau unterlegt, unterdurchschnittliche Merkmale hingegen mit dunkelgrauer Farbe (Tab. 1).

Wie bereits von KONNERT (1994) festgestellt, spiegeln die metrischen Merkmale die Ergebnisse der populationsgenetischen Parameter bezogen auf geographische Variationsmuster wider: die norditalienische Provenienz Cuneo (Nr. 45) verfügt über eine geringe genetische Vielfalt kombiniert mit unterdurchschnittlichen Wuchsleistungen. Ebenso verfügt die süditalienische Provenienz Catanzaro (Nr. 39) nicht nur über die beste Wuchsleistung, sondern auch über die mit Abstand höchsten genetischen Vielfalt-Parameter (Tab. 1). Anders verhält es sich innerhalb der einzelnen Gruppen. In der Gruppe der Ost-Tanne zeigt beispielsweise die Nr. 78 höchste Vielfaltswerte, aber nicht die beste Wuchsleistung. Umgekehrt zeigt die Provenienz Nr. 22 (Nawojowa) zwar höchste Wuchsleistung, aber nur durchschnittliche populationsgenetische Werte (Tab. 1).

Hierfür kommen zweierlei Erklärungen in Betracht:

- A) Zum einen variieren die genetischen Vielfaltswerte mit der Qualität des Saatgutjahrganges und
- B) zum anderen kann dies ein Hinweis sein auf Provenienzen, welche zwar durch die Evolution an den jeweiligen Standort höchst angepasst sind, dabei aber ihre Vielfalt eingebüßt haben, wie das HUSSENDÖRFER (1999) für alpine Weißtannen-Provenienzen nachgewiesen hat.

Isoenzymgenmarker sind folglich eine wertvolle Hilfe bei der Vorbereitung von Provenienzversuchen, um die Qualität und Repräsentativität von Proben zu beurteilen. Dabei sollten weitere Qualitätsmerkmale wie Keimfähigkeit und 1.000-Korn-Gewicht von Saatgut zu den selbstverständlichen Prüfgrößen gehören. Die Saatgut-Sammlung sollte, wie an anderer Stelle mehrfach aufgezeigt, möglichst während Vollmasten erfolgen. Isoenzymgenmarker können derzeit ebenso wenig wie andere Genmarker das Instrument des Provenienzversuches ersetzen, das unersetzliche Aussagen über das Reaktionsspektrum von Ökotypen liefert.

4 Schlussfolgerungen

Auf dem besonderen, für Tannen untypischen Standort am Rande subpannonischen Wiener Beckens zeigen Herkünfte aus dem Süden und Osten des natürlichen Areals die besten Wuchsleistungen. Das Reaktionsspektrum der Versuchsglieder entspricht jedoch überraschend weitgehend demjenigen aus anderen Versuchen. Eine detaillierte Auswertung des Leistungsspektrums der Provenienzen über die unterschiedlichen Standorte der bisherigen Provenienzversuche hinweg erscheint dringend notwendig.

Die Isoenzymgenmarker erweisen sich einmal mehr als wertvolles Praxis-Instrument zur ergänzenden Charakterisierung der Provenienzen. Wie auch andere Genmarker, sind sie derzeit jedoch keinesfalls Prognose-Ersatz etwa für Frühtests oder gar Provenienzversuche.

5 Literaturverzeichnis

- AVENDANO-CORCOLES, J. (2000): On the genetic variation of *Abies alba* Mill. monitored by isozyme markers as revealed from the provenance trial "Knödelhütte 1967". Diploma thesis, Inst. Silviculture, Univ. of Agricultural Sciences Vienna, 58 pages.
- FURNIER, G.R.; STINE, M.; MOHN, C.A. & CLYDE, M.A. (1991): Geographic patterns of variation in allozymes and height growth in white spruce. *Canadian Journal of Forestry Research*, 21, pp.707-712.
- HUSSENDÖRFER, E. (1999): Genetic variation of silver fir populations (*Abies alba* Mill.) in Switzerland. *Forest Genetics*, 6(2), pp.101-113.
- HUSSENDÖRFER, E. & KONNERT, M. (1998): Untersuchungen zur genetischen Repräsentativität von Prüfgliedern in Provenienzversuchen am Beispiel der Weißtanne. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169.Jg., 4, pp.61-70.
- KONNERT, M. (1994): Ergebnisse isoenzymatischer Untersuchungen bei der Weißtanne als Entscheidungshilfen für forstliche Maßnahmen. In: W. Eder (Hrsg.): Ergebnisse 7. IUFRO-Tannensymposium, Altensteig (D). IUFRO-Eigenverlag, Mainz, pp.30-43.
- KONNERT, M. & MAURER, W. (1995): Isozymic investigations on Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] and European Silver-fir (*Abies alba* Mill.). German Federal-State Working Group "Conservation of Forest Gene Resources". Bavarian Research Station of Forest Seeds and Nursery Stock, Teisendorf, 79 pages.
- KRAL, F. (1980a): Untersuchungen zur physiologischen Charakterisierung von Tannenprovenienzen. In: H. Mayer (Hrsg.): 3. IUFRO-Tannensymposium Wien – Proceedings IUFRO-Gruppe Ökosysteme. Österr. Agrarverlag, Wien, pp.139-157.
- KRAL, F. (1980b): Waldgeschichtliche Grundlagen für die Ausscheidung von Ökotypen bei *Abies alba*. In: H. Mayer (Hrsg.): 3. IUFRO-Tannensymposium Wien – Proceedings. IUFRO-Gruppe Ökosysteme. Österr. Agrarverlag, Wien, pp.158-167.
- MAYER, H. (Hrsg.) (1980): 3. IUFRO-Tannensymposium Wien - Proceedings der IUFRO-Gruppe Ökosysteme. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 192 pages.
- MAYER, H.; REIMOSER, F. & KRAL, F. (1982): Ergebnisse des internationalen Tannenherkunftversuches Wien 1967-1978, Morphologie und Wuchsverhalten der Provenienzen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 99, pp.169-191.
- RUETZ, W. & STIMM, B. (1994): Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch: IV. Entwicklung der Herkünfte der Aussaat 1982 auf den Versuchsflächen in Bayern bis zum Alter von 12 Jahren. In: W. Eder (Hrsg.): Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannensymposium in Altensteig, Deutschland. IUFRO-Eigenverlag, Mainz, pp.17-29.
- SVOLBA, J. (1997): Entwicklung eines Herkunftsversuches der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) bis zum Alter 27. In: V. Gagov (Hrsg.): Ergebnisse des 8. Tannensymposiums. ALBO, Sofia, pp.77-88.

Anschrift des Autors:

Dr. Raphael Th. Klumpp

Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur

Peter Jordan Str. 70,

A-1190 Wien (Austria)

e-mail: raphael.klumpp@boku.ac.at

Ergebnisse des *IUFRO*-Weißtannen (*Abies alba*)- Provenienzversuchs im Alter von 20 Jahren auf 5 Prüfflächen in Bayern

WOLFHARD F. RUETZ

Keywords: European silver fir, *Abies alba*, IUFRO-provenance test, mortality, growth performance, age_20, Bavaria

Abstract

Title of the paper: Results of the IUFRO silver fir (*Abies alba*) provenance trial at age 20 on five test sites in Bavaria.

The development of the IUFRO European silver-fir provenance trial on five test sites in Bavaria up to the age of 20 years is presented. Mortality on the test sites varied between 41% and 11%. At age 11, the mortality on these two sites was 39% and 7%, respectively. On the best test site the average height of all provenances was 7.33 m, on the most unfavourable site only 2.50 m. The best growing provenances were from Romania, Slovakia and also from Southwestern Germany. These provenances also had the lowest mortality. The provenance Ribarica from Bulgaria and the standard provenance Siegsdorf, Germany improved their ranking since age 11. Italian provenances had the highest mortality.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, IUFRO-Provenienzversuch, Mortalität, Wuchsleistung, Alter_20, Bayern

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Weißtannen-Herkünften auf fünf Prüfflächen in Bayern im Alter von 20 Jahren wird dargestellt. Die am nördlichen Rand des natürlichen Verbreitungsgebietes der Weißtanne gelegene Fläche in Nordhalben zeigte mit 41% die höchsten Ausfälle. Die geringsten Ausfälle zeigte eine im Tannenoptimum gelegene Fläche am Alpen-Nordhang nahe Bad Reichenhall mit nur 11%. Auf der wüchsigsten Fläche in Traunstein erreichten die Tannen eine Durchschnittshöhe von 7,33 m, auf der schlechtesten Fläche nur 2,50 m. Wie im Alter von 11 Jahren waren die Herkünfte aus Rumänien, der Slowakei sowie die südwestdeutschen Herkünfte auch im Alter von 20 Jahren am wüchsigsten. Verbessert in der Rangfolge haben sich die Herkunft Ribarica aus Bulgarien und die Standardherkunft Siegsdorf. Italienische Herkünfte hatten hohe Ausfälle.

1 Einführung

Die 24 Provenienzen des *IUFRO*-Weißtannen-Herkunftsversuchs wurden 1982 ausgesät. Insgesamt 6 Versuchsflächen wurden mit diesen Herkünften in Bayern angelegt. Über die Anlage der Versuchsflächen wurde in dem Buch „Weißtannen-Herkünfte“ (WOLF 1994) umfangreich berichtet. Die Ergebnisse der Aufnahme im Alter von 11 Jahren wurden bei dem 7. Tannensymposium in Altensteig vorgestellt (RUETZ & STIMM 1995). Ein ausführlicher Bericht erschien 1998 (RUETZ *et al.* 1998).

Im Alter von 20 Jahren wurde der Versuch auf 5 Versuchsflächen aufgenommen. Über diese Aufnahme wird hier berichtet.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.50-58.

2 Material und Methodik

Zur Vervollständigung wird die Liste der untersuchten Herkünfte in Tab. 1 sowie eine Beschreibung der 5 Prüfflächen (Tab. 2) nochmals dargestellt. Die Hochlagenfläche im Forstamt Füssen konnte wegen hoher Schneelage nicht rechtzeitig aufgenommen werden.

Aufgenommen wurde der Brusthöhendurchmesser, die Baumhöhe, die Zahl der Gipfeltriebe sowie Schäden, sofern vorhanden.

Tab. 1: Untersuchte Herkünfte der Aussaat 1982.
List of investigated provenances sown in 1982.

Nr.	Herkunft	HK-Gebiet	Land	Höhe NN (m)	N-Breite (lat.)	Ö-Länge (long.)
2	Pfalzgrafenweiler.	82708	D-BW	650-700	48° 32'	08° 30'
4	Alpirsbach	82708	D-BW	660-800	48° 19'	08° 23'
8	Tiengen	82708	D-BW	600-800	47° 43'	08° 13'
10	Gschwend	82709	D-BW	400-500	48° 56'	09° 48'
15	Kempton	82711	D-BY	850-1.060	47° 44'	10° 23'
26	Zwiesel	82707	D-BY	620-730	49° 03'	13° 14'
32	Siegsdorf	82711	D-BY	760-900	47° 49'	12° 39'
34	Immenstadt	82712	D-BY	960-1.140	47° 34'	10° 13'
37	Marquartstein	82712	D-BY	810-1.180	47° 45'	12° 28'
43	Les Fanges	Pyrenäen	F	800-1.040	42° 45'	02° 27'
44	Velay Vivarais	Massif Cent.	F	1.080-1.195	45° 21'	04° 32'
45	La Joux	Jura	F	770	46° 50'	05° 52'
46	Massif Donon	Vogesen	F	490-630	48° 30'	07° 08'
48	Ochsenboden	Wallis	CH	1.000-1.500	46° 17'	07° 33'
49	Garzino	Sondrio	I	1.000	46° 05'	09° 38'
50	Lavarone	Trento	I	1.050-1.400	45° 56'	11° 15'
51	Val Noana	Trento	I	1.100-1.350	46° 09'	11° 50'
52	Gariglione	Kalabrien	I	1.600-1.850	39° 15'	16° 27'
53	Stara Voda	Slow. Erzgeb.	SK	515-650	48° 46'	20° 37'
54	Papuk	Kroatien	HR	660	45° 40'	17° 40'
55	Donja Stupcanica	Bosnien	BH	750	44° 07'	18° 40'
56	Goc	Serbien	SER	900-1.000	43° 05'	20° 40'
57	Pelister	Mazedonien	MZ	1.300-1.400	41° 05'	21° 11'
58	Avrig	Südkarpaten	RO	800-900	45° 40'	24° 26'
59	Lapus	Nordkarpaten	RO	750-1000	47° 33'	24° 04'
60	Ribarica	Balkan Geb.	BG	1.000-1.200	42° 49'	24° 31'

Tab. 2: Beschreibung der Versuchsflächen.
Description of the field trial sites.

Forstamt (Fläche)	Wuchs- gebiet	Natürliche Wald- zusammen- setzung	N- Breite	Ö- Länge	Höhe NN (m)	T (°C) Jahr/Vegeta- tionszeit	Niederschlag (mm) Jahr/Vegeta- tionszeit	Vegetations- zeit Tage>10°C
Nordhalben	Franken- wald	Bu, Fi, Ta, BAh	50° 23'	11° 28'	620	6,2/ 12,9	990/ 400	130
Tännesberg	Vorderer Oberpfäl-zer Wald	Bu, Fi, Ta	49° 33'	12° 22'	650	7/ 14	730/370	144
Anzing	Isener Altmoräne	Bu, StEi, Fi, Ta	48° 12'	12° 05'	460	7,4/14,5	840/440	147
Traunstein	Moräne	Bu, Ta, Fi, BAh	47° 50'	12° 39'	600	7,2/13,9	1180/720	143
Bad Reichenhall	Teisendor- fer Flysch- berge	Bu, Ta, Fi, BAh	47° 47'	12° 50'	850	6,3/12,8	1840/970	135

3 Ergebnisse

3.1 Ausfälle und Höhenwachstum auf den Versuchsflächen

Die Mittelhöhe und Ausfälle aller Herkünfte sowie der Standardherkunft Siegsdorf sind in Abb. 1 dargestellt. Die Tannen sind am wüchsigsten auf der Versuchsfläche in Traunstein mit einer Durchschnittshöhe von 7,33 m. Im Alter von 11 Jahren hatten die Tannen auf dieser Fläche nur eine Höhe von 1,15 m erreicht. Zwischen dem Alter von 11 bis 20 Jahren haben sie einen beachtlichen Zuwachs von 68 cm/Jahr erreicht. Die Ausfälle stiegen von 16% auf 30% an. Die Standardherkunft SIEGSDORF lag in der Wüchsigkeit leicht über dem Versuchsflächenmittel in Traunstein, hatte jedoch nur 19% Ausfälle.

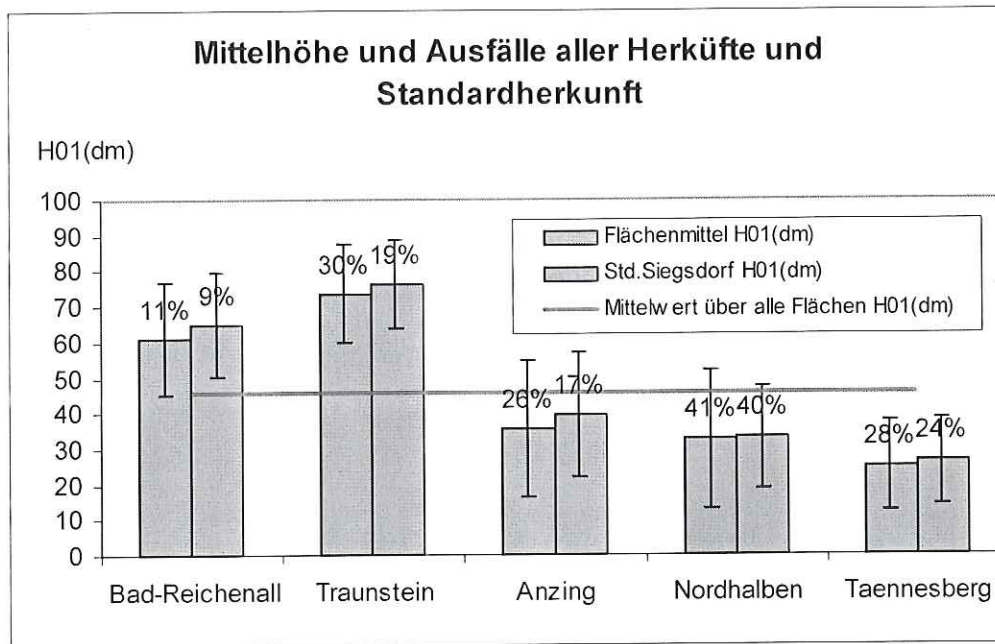


Abb. 1: Mittelhöhe und Ausfälle aller Herkünfte und Standardherkunft Siegsdorf auf den fünf Versuchsf lächen.

Fig. 1: Mean height and mortality of all provenances including standard provenance Siegsdorf on the five test sites.

Auf der nördlichsten Versuchsf läche Nordhalben erreichten die Tannen eine Durchschnittshöhe von 3,26 m. Im Alter von 11 Jahren hatten sie eine Höhe von 56 cm erreicht, was einem Zuwachs von nur 30 cm/Jahr in den letzten 9 Jahren entspricht. Die Ausfälle stiegen auf der Fläche nochmals leicht an, von 39% auf 41%. Auch die Standardherkunft SIEGSDORF hatte mit 40% nahezu die gleichen Ausfälle. Im Höhenwuchs entsprach sie genau dem Versuchsmittel.

Die geringste Höhe erreichten die Tannen auf der Versuchsf läche in Tannesberg mit 2,5 m. Dies ist jedoch auf die starke Konkurrenz durch Fichten zurückzuführen, welche zu spät entfernt wurden. Die Ausfälle haben sich dadurch auch von 14% im Alter von 11 Jahren auf 28% im Alter 20 verdoppelt.

Die geringsten Ausfälle gab es auf der Fläche Bad Reichenhall im Tannen-Optimum, mit nur 11% (vor 9 Jahren 7%).

Wie bereits im Alter von 11 Jahren hatte die Standard-Herkunft SIEGSDORF keine signifikante Abweichung vom Versuchsf lächen-Höhenmittelwert.

3.2 Ausfälle und Höhenwachstum der Herkünfte

Da die Herkünfte unterschiedlich hohe Ausfälle hatten und dadurch auch unterschiedlichen Standraum zur Verfügung hatten, wurde der Höhenwuchs sowohl für alle vorhandenen Pflanzen als auch für die „besten“ 10 Pflanzen je Parzelle berechnet. Auf den Flächen Bad Reichenhall (Abb. 2 und Abb. 3) und Traunstein (Abb. 4 und Abb. 5) gab es leichte Rangverschiebungen, welche jedoch nicht signifikant waren. So konnte sich die Herkunft GARIGLIONE (20% Ausfälle) auf der Fläche Bad Reichenhall bei der Bewertung der 10 wüchsigsten Bäume/Parzelle vom „letzten Platz“ um 2 Plätze verbessern. In Traunstein konnte sich die Herkunft GARIGLIONE (56% Ausfälle) vom 14. Rang auf den 10. Rang verbessern.

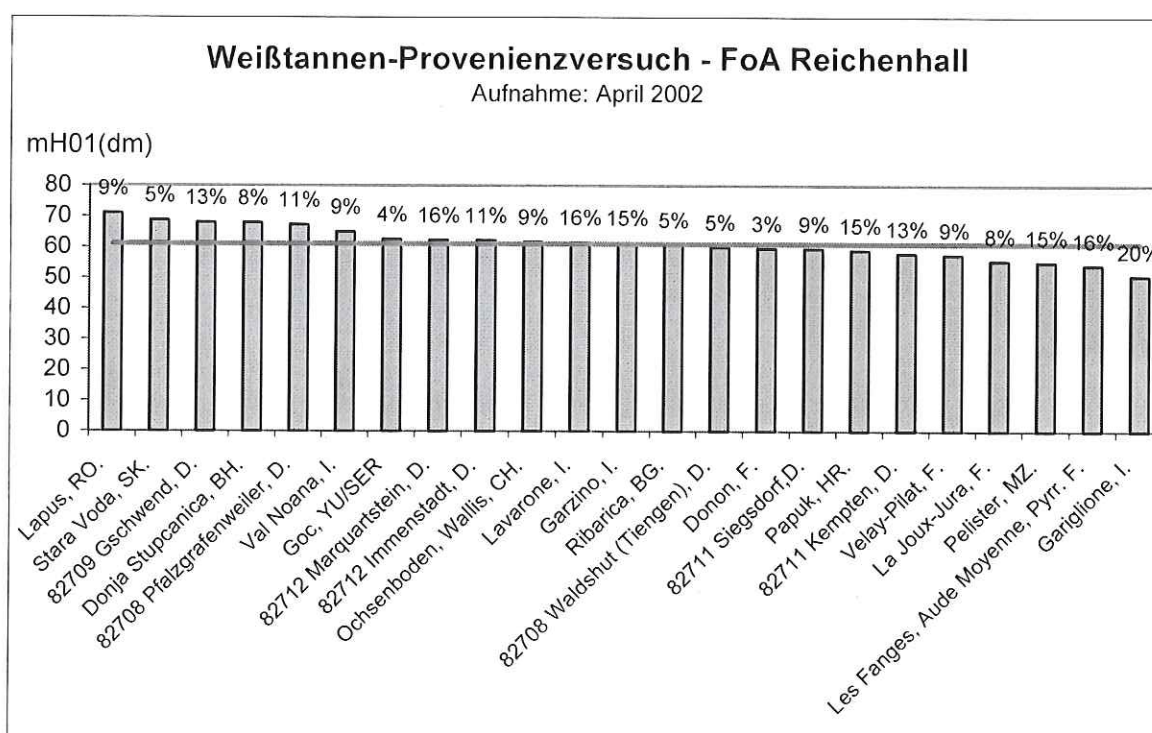


Abb.2: Gesamthöhe auf der Fläche Bad Reichenhall.

Fig. 2: Total height on site Bad Reichenhall.

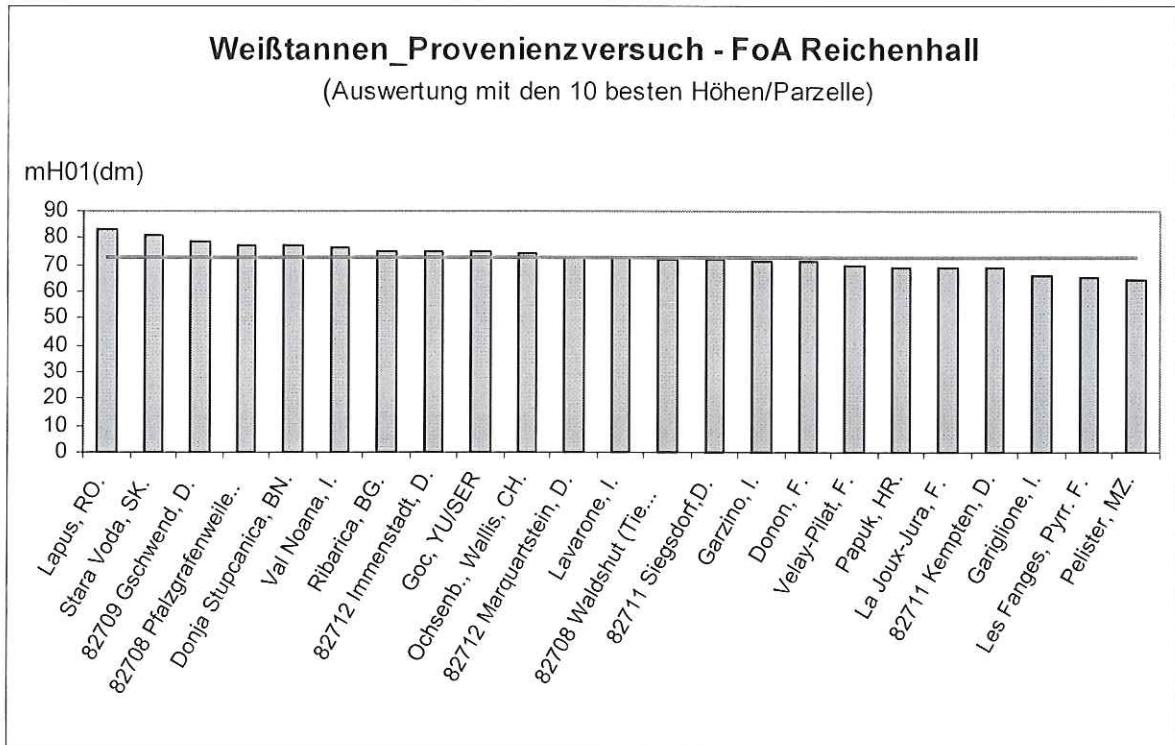


Abb. 3: Höhe der 10 besten Höhen/Parzelle (Bad Reichenhall).
Fig. 3: Height of ten best trees per plot (Bad Reichenhall).

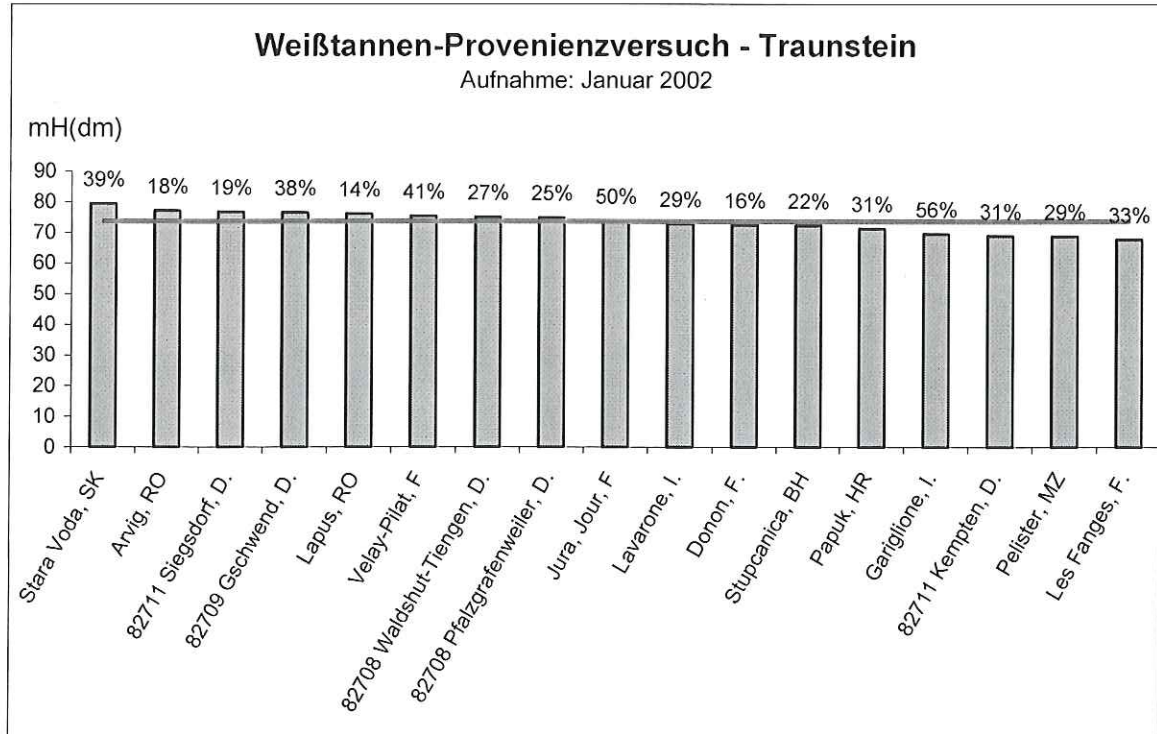


Abb. 4: Gesamthöhe auf der Fläche Traunstein.
Fig. 4: Total height on the site Traunstein.

Auf beiden Flächen blieb die Spitzenherkunft in beiden Fällen gleich (LAPUS, RO in Traunstein und STARA VODA, SK in Bad Reichenhall). Meistens verschob sich die Rangfolge nur um 1-3 Plätze.

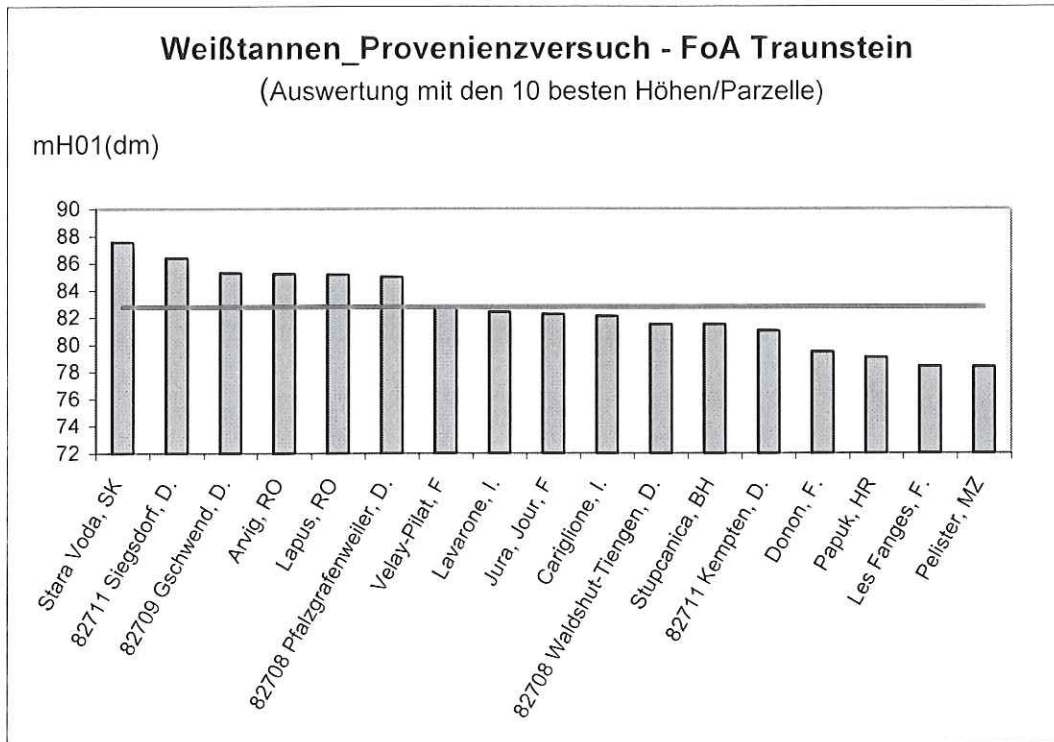


Abb. 5: Höhe der 10 besten Höhen/Parzelle (Traunstein).

Fig. 5: Height of ten best trees per plot (Traunstein).

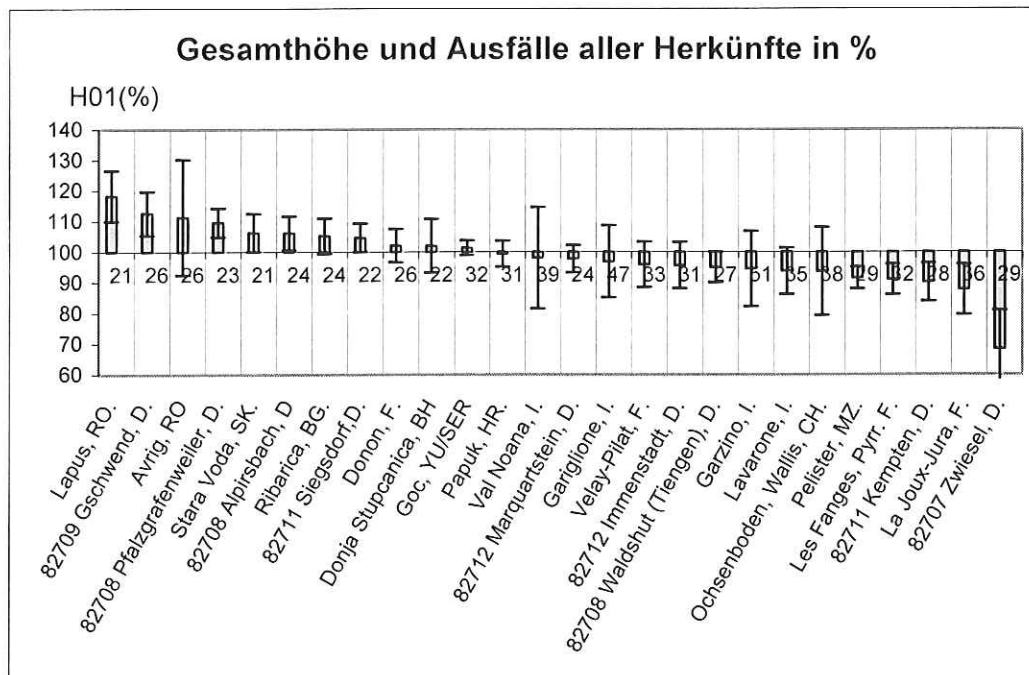


Abb. 6: Höhenentwicklung und Ausfälle in % gemittelt über alle 5 Prüforde (Vertrauensgrenze 5%).

Fig. 6: Height and mortality averaged over all 5 test sites (confidence interval 95%).

Die Höhenentwicklung in % sowie die Ausfälle in %, gemittelt über alle fünf aufgenommenen Versuchsflächen, ist in Abb. 6 dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Herkünften waren hochsignifikant, in der Abb. 6 sind die 95%-Vertrauensgrenzen eingezeichnet. Wüchsigste Herkunft war die Herkunft LAPUS, RO, welche 18% über dem Durchschnitt (100%) auf allen Flächen lag. Weitere wüchsige Herkünfte waren aus Deutschland die Herkünfte: GSCHWEND, PFALZGRAFENWEILER, ALPIRSBACH sowie auch die Alpenherkunft SIEGSDORF. Von den ausländischen Herkünften lagen die zweite rumänische Herkunft AVRIG sowie die slowakische Herkunft STARA VODA und die bulgarische Herkunft RIBARICA noch mehr als 5% über dem Durchschnitt. Gegenüber der Aufnahme im Alter von 11 Jahren hat sich besonders die Herkunft RIBARICA vom 14. auf den 7. Rang verbessert. Die Ausfälle dieser wüchsigen Herkünfte lagen zwischen 21% und 26%.

Besonders hohe Ausfälle hatten die italienischen Herkünfte GARZINO mit 51% und GARIGLIONE mit 47%. In der Wüchsigkeit konnten sie sich jedoch gegenüber der Aufnahme im Alter von 11 Jahren verbessern, sie lagen jedoch immer noch unter dem Versuchsdurchschnitt. Das geringste Wachstum zeigte die Herkunft ZWIESEL aus Ost-Bayern (30% unter dem Versuchsdurchschnitt).

4 Diskussion

Die Entwicklung der Tannen auf den fünf Prüfflächen war sehr unterschiedlich je nach Standort und Konkurrenz durch andere Baumarten. Auf der standörtlich günstigsten Fläche ohne Konkurrenz durch andere Baumarten zeigten die Tannen einen beachtlichen Zuwachs von 68 cm/Jahr (zwischen Alter 11 und 20 Jahren), auf der ungünstigsten Fläche dagegen nur 30 cm/Jahr. Auch die Höhe der Ausfälle variierte stark von 11% bis 41% auf den fünf Prüfflächen. Auf den standörtlich günstigen Flächen stiegen die Ausfälle nur leicht gegenüber der Aufnahme vor 9 Jahren an. Auf den ungünstigen Flächen haben sie sich teilweise verdoppelt. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit der Anlage von Provenienzversuchen auf mehreren, standörtlich unterschiedlichen Flächen. Nur so ist es möglich Herkünfte herauszufinden, welche eine breite standörtliche Amplitude haben.

Die gewählte Standardherkunft Siegsdorf zeigte sich auf allen Versuchsflächen bezüglich Höhenzuwachs nahe dem Versuchsmittel, nur die Ausfälle fielen geringer aus (RUETZ & STIMM 1994; RUETZ *et al.* 1998).

Auf allen Flächen wurde die Entwicklung aller vorhandenen Pflanzen mit der Entwicklung der jeweils 10 Besten je Parzelle und Herkunft verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich einige Herkünfte mit sehr hohen Ausfällen, insbesondere die italienische Herkunft GARIGLIONE in der Rangfolge verbessern konnten. Die überlebenden Individuen profitierten offenbar vom erweiterten Standraum.

Die Ausfälle der Kalabrien-Herkunft stiegen von 32% im Alter von 11 Jahren auf 47% im Alter von 20 Jahren an. Obwohl einige Bäume eine gute Wuchsleistung gezeigt haben, sind die Ausfälle ein Ausschlusskriterium für den Anbau dieser Herkunft im Alpenraum (siehe auch COMMARMOT 1994).

Wie bereits im Alter 11, so sind auch im Alter 20 die Herkünfte aus Rumänien, der Slowakei sowie die südwestdeutschen Herkünfte am wüchsigsten. Verbessert in der Rangfolge haben sich die Herkunft RIBARICA aus Bulgarien und die Standardherkunft SIEGSDORF. Für größere Saatgutimporte und den Anbau ausländischer Herkünfte in Bayern besteht nach den bisherigen Ergebnissen kein Anlass.

Das schlechte Abschneiden der Herkünfte ZWIESEL, KEMPTEN und WALDSHUTTIENGEN konnte inzwischen auf die schlechte Saatgut-Qualität der Ernte 1982 zurückgeführt werden (siehe auch Beitrag von KONNERT & RUETZ in diesem Band).

5 Dank

Für den unermüdlichen Einsatz bei der Aufnahme der Versuchsflächen möchte ich mich insbesondere bei meinen Mitarbeitern Herrn F. FÜRMANN und Herrn F. LUNGHAMER bedanken. Für die EDV und Graphik gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. (FH) S. KRAUSE.

6 Literaturverzeichnis

- COMMARMOT, B. (1994):** Internationaler Weißtannen-Herkunftsversuch: Entwicklung der Herkünfte bis zum Alter 12 auf der Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura. *In: W. Eder (Hrsg.): Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannensymposiums „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“, Mainz, pp.59-68.*
- RUETZ, W.F. & STIMM, B. (1994):** Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch. IV. Entwicklung der Herkünfte der Aussaat 1982 auf den Versuchsflächen in Bayern bis zum Alter von 12 Jahren. *In: W. Eder (Hrsg.): Ergebnisse des 7. IUFRO-Weißtannensymposiums „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“, Mainz, pp.17-29.*
- RUETZ, W.F.; FRANKE, A. & STIMM, B. (1998):** Der Süddeutsche Weißtannen (*Abies alba* MILL.)-Provenienzversuch. Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169, pp.116-126.
- WOLF, H. (HRSG.) (1994):** Weißtannenherkünfte – Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* MILL.. *Contributions Biologiae Arborum*, Band 5, ecomed Verlag, Landsberg, 151 Seiten.

Anschrift des Autors:

Dr. Wolfhard F. Ruetz

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht

Forstamtsplatz 1

D-83317 Teisendorf

e-mail: wolf.ruetz@foasp-bgl.bayern.de

Silver fir (*Abies alba* MILL.) provenance test in southwestern Serbia

MIHAILO RATKNIĆ, MILIVOJ VUCKOVIĆ,
VOJISLAV STAMENKOVIĆ & BRANISLAV STAJIĆ

Key words: *Abies alba*, silver fir, Serbia, provenance test, growth, number of branches

Abstract

In 1990 a silver fir provenance test including 9 provenances in 9 replicate blocks was established in the region of southwestern Serbia (town of Priboj). The test comprised provenances from the following locations: Bugojno, Petrovac, Olovo-Palež, Pale, Konjic, Fojnica, Sokolac, Olovo-Klis, and Prozor. The plants were 5 years old.

Parental stands grow on different geological substrates, soils and elevations (850–1.350 m above sea-level). The test was established on acidic brown soil at an elevation of 1.000 m above sea level, an inclination of 20°, and a northwest exposition. The site is *Fagetum montanum*.

The survey, which was carried out 10 years after the establishment of the test, showed that there are relatively clear differences between individual provenances. The plants of the Prozor provenance have the largest mean height (307 cm) while the Olovo-Klis provenance has the smallest mean height (290 cm). The Petrovac provenance and the Olovo-Klis provenance have the largest (225 mm) and smallest (181 mm) mean root neck circumference, respectively.

There are differences also in the number of branches in the whorls in the provenances. The largest number of branches (the mean from the five last annual whorls) is in the Konjic provenance.

Consequently the present state shows that there is variability between provenances with respect to morphological, developmental characteristics. These characteristics are the result of different reactions of the provenances to the site conditions.

Schlagwörter: *Abies alba*, Weißtanne, Serbien, Provenienzversuch, Wuchsmerkmale, Astzahl

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Provenienzversuch der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) im südwestlichen Serbien.

Im südwestlichen Gebiet von Serbien (Stadt Priboj) wurde 1990 ein Tannenversuch mit neun Herkünften in neun Blöcken begründet, und zwar aus den folgenden Bereichen von Bosnien und Herzegowina: Bugojno, Petrovac, Olovo-Palež, Pale, Konjic, Fojnica, Sokolac, Olovo-Klis und Prozor. Die Pflanzen waren fünf Jahre alt.

Die Mutterbestände stammten von verschiedenen geologischen Ausgangssituationen, Böden und Höhenlagen (850–1.300 m über NN). Dieser Versuch wurde auf saurer Braunerde in einer Höhenlage von 1.000 m über NN, bei 20° Neigung und einer nordwestlichen Exposition begründet. Bei der Waldgesellschaft handelt es sich um *Fagetum montanum*.

Die zehn Jahre nach Versuchsbeginn durchgeführte Untersuchung zeigte, dass ziemlich deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Provenienzen bestehen. Die größte Mittelhöhe weisen Pflanzen der Prozor-Provenienz (307 cm) auf. Dagegen hat die Olovo-Klis-Provenienz die kleinste Mittelhöhe (290 cm). Den größten bzw. kleinsten Mittelumfang im Bereich des Wurzelhalses hat die Petrovac-Provenienz (225 mm) bzw. die Olovo-Klis-Provenienz (181 mm). Unterschiede zwischen den Provenienzen bestehen auch bei der Zahl der Äste in den Quirlen. Die größte Anzahl der Äste (als Mittel der fünf letztjährigen Quirle) finden sich bei der Konjic-Provenienz.

Demnach zeigt der heutige Zustand, dass bezüglich morphologischer und Entwicklungscharakteristika Variabilität zwischen den Provenienzen besteht. Diese Merkmalsausprägungen sind Folge der unterschiedlichen Reaktionen der Provenienzen auf die Standortbedingungen.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.59-67.

1 Introduction

Huge afforestations with the conifer species were done in Serbia during the past fifty years in order to afforest barren regions and meliorate degraded habitations and stands. Mostly black pine (*Pinus nigra*) and white pine (*Pinus strobus*) as well as juniper (*Juniperus communis*) were planted, while silver fir (*Abies alba*) took part only to some extent. That is the reason why the growth characteristics of the silver fir in the artificially raised stands, especially in the stands that have raised out of actual habitations, are still not elaborated completely.

One of the main tasks in the evaluation of the provenance of any species is to experimentally establish important inherited characteristics, above all growth characteristics and trunk vitality. It is of great importance for the silver fir, which is present in the enormous number of varying habitations by forming many sorts and ecotypes. The investigation on the silver fir culture in the south-western Serbia, where closely planted different provenances of the silver fir are present at the same place, have involved a quantitative evaluation of their successful developing.

2 Object of research and method

In this study we have performed a comparative analysis of the silver fir growth characteristics in the artificially developed stand with nine provenances raised at the habitation *Fagetum montanum* in the region of south-western Serbia in the Reštevo locality. The provenance experiment of silver fir was raised at 1.000 m above sea level, with an inclination of 10°, at northwest exposition.

The soil is deeply acidic-brown on the sandstone. The humus-accumulated horizon is down to 32 cm, colored darkly brown with black shade. According to granular content, it is sandy argil which contains 34,10% of physical clay and about 15% of voluminous sand. The entire horizon is pervaded by the rootlet system of plants and by 30% of skeletal material. The structure is clear, crumbed up to tiny grainy. The soil is wet containing 4,29% humus. The reaction is very acidic, active acidity is 4,8 pH units, potential 4,8 units and hydrolytic 80,50 ccm. The degree of saturation with base cations is very low at 13,9% with the basis sum of 8,48 mil/ekv. There is assimilated phosphorus in high values and nitrogen and potassium in the mediocre present.

Transition to the next horizon is very explicit. The B-horizon is at the depth of 33-65 cm, colored brown with markedly large oxide-reductive spots. According to granular content, the soil is even heavier and corresponds to sandy-clayish argil with 52,50% of physical clay and with the participation of skeleton of 40%. The humus content (1,33%) and nutritional elements decrease rapidly. The reaction is of less acidity. Below is C-horizon at the depth of 65-100 cm, colored brown, but brightly. Participation of the large pieces of skeleton is up to 70%.

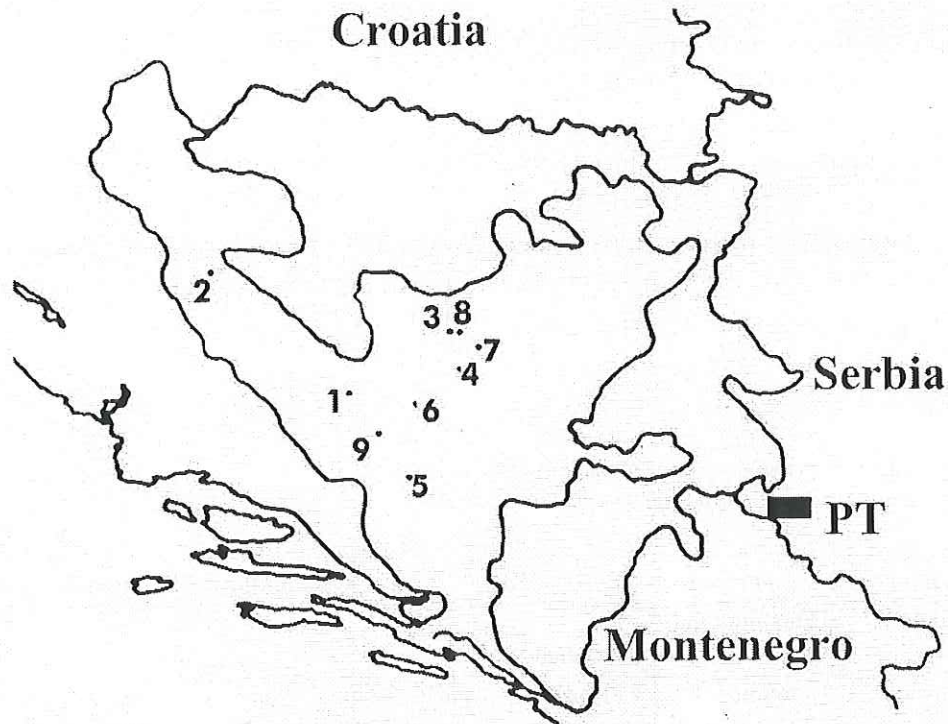


Fig. 1: Provenances: 1 Bugojno, 2 Petrovac, 3 Olovo-Palež, 4 Pale, 5 Konjic, 6 Fojnica, 7 Sokolac, 8 Olovo-Klis, and 9 Prozo; PT – Provenance test.

Abb. 1: Provenienzen: 1 Bugojno, 2 Petrovac, 3 Olovo-Palež, 4 Pale, 5 Konjic, 6 Fojnica, 7 Sokolac 8 Olovo-Klis und 9 Prozo; PT – Provenienzversuch.

This region is characterized by the gentle humid mountain climate – B2 (Thorntweite). According to hydric balance of accounts, lack of humidity was observed in the soil during August. The average annual precipitation sum is 872 mm, of which about 24% falls during the summer season. The mean annual temperature is 7,6 °C. The warmest month is August with an average temperature of 17,5 °C (average max 22,9 °C), and the coldest is January with an average of -3,2 °C (average min -6,9 °C).

The provenance experiment was established at the habitation *Fagetum montanum* in a degraded beech stand, which was removed by pure felling. After the felling of the beech trunks, tree stumps were treated with the beech mycelia in order to keep down their shoot power.

Measuring was done by precisely measuring summer-rise and trunk size on the marked spots at the neck of the root.

The silver fir seedlings originated from the seeds that had been collected from the various localities of the natural silver fir area by MEKIĆ (1990). Sowing was done in 1988. Nursing the seedlings was carried out for 3 years in the nursery garden and then they were transferred to a 2-years training (3+2), so that the seedlings were five years old before they

were planted for the experiment. After the performed investigations in the nursery garden, the field experiment in the Reštevo locality was established. The experiment is composed of 9 provenances including 1 Bugojno, 2 Petrovac, 3 Olovo-Palež, 4 Pale, 5 Konjic, 6 Fojnica, 7 Sokolac, 8 Olovo-Klis, and 9 Prozor (Fig. 1).

The experiment was set up in the block system with nine repetitions. The silver fir seedlings were planted at the distance of 2 m between two of them, while the distance between blocks with different provenances was 4 m. 64 seedlings were planted inside one parcel in the block of the same provenance. Basic data about stands from which the seeds for the experiment were used, are listed in Tab. 1a and Tab. 1b.

Tab. 1a: Silver fir provenances (according to MEKIĆ 1990).
Weißtannen-Provenienzen (nach MEKIĆ 1990).

<i>Provenance</i>	<i>Parent rock</i>	<i>Soils</i>	<i>Altitude</i>	<i>Exposure</i>	<i>Slope (%)</i>
1 Bugojno	Dolomites and	Calcocambisol	1.090	N-W	10-25
2 Petrovac	Dolomites	Calcocambisol and Pseudogley	900	N	2
3 Olovo-Palež	Limestones	Calcocambisol, Luvisol	960	N-E	12
4 Pale	Limestones, sandstones	Dystric Cambisol, Calcomelanosol	1.200	N-E	20
5 Konjic	Limestones	Calcocambisol Calcomelanosol	1.030	E-NE	10-22
6 Fojnica	Riolits	Distrični kambisol	1.010	-	-
7 Sokolac	Limestones	Calcomelanosol	940	S-W	13
8 Olovo-Klis	Limestones	Luvisol-calcocambisol	850	N-W	13
9 Prozor	Limestones	Calcomelanosol, Luvisol	1.300	N-E	5-10

Tab. 1b: Silver fir provenances (MEKIĆ 1990).
Weißtannen-Provenienzen (MEKIĆ 1990).

<i>Provenance</i>	<i>Plant community</i>	<i>Age (year)</i>	<i>h (m)</i>	<i>d (cm)</i>	<i>V (m³)</i>
1 Bugojno	Piceo-Abietum	100	24,7	29,7	327,7
2 Petrovac	Abieto-Picetum Illyricum	105	27,2	32,4	302,9
3 Olovo-Palež	Galio-Abietetum	80	30,7	30,6	537,3
4 Pale	Abieto-Picetum Illyricum	90	23,1	28,4	692,8
5 Konjic	Abietum-Fagetum Illyricum	130	27,2	43,0	270,4
6 Fojnica	Piceo-Abietum Syllicolum	135	25,6	41,5	397,2
7 Sokolac	Abietum Piceetum Syllicolum	95	26,9	27,3	390,6
8 Olovo-Klis	Abieto-Picetum Illyricum	125	14,2	29,5	669,1
9 Prozor	Piceo-Abietum Fagetum	115	17,0	30,5	307,5

3 Mortality

The analysis of the survival of the planted silver fir seedlings was done in 2002. The results of this analysis are given in Tab. 2.

Tab. 2: Mortality.
Mortalitätsrate.

<i>Provenance</i>	<i>Total (%)</i>
1 Bugojno	40,0
2 Petrovac	5,0
3 Olovo-Palež	24,9
4 Pale	6,6
5 Konjic	2,0
6 Fojnica	6,6
7 Sokolac	16,6
8 Olovo-Klis	38,2
9 Prozor	26,6

The highest percentage of mortality was noticed in the provenance Bugojno, then Olovo-Klis, Prozor and Olovo-Palež, while the least mortality was detected in the provenances Fojnica, Petrovac, Pale, and Konjic. Fojnica, and Pale are characterized by the same soil type of the main stand as the experiment in Reštevo (distric cambisol). The other provenances show more or less sensitivity towards the change of the domicile conditions, except Petrovac and Konjic, which are rather resistant to the change of the soil conditions.

4 Height growth

The silver fir has a very slow growth in its youth in its own habitations, while it grows more rapidly in the artificially raised stand, thus barely falling behind the juniper tree, black and white pine tree. For example, silver fir at Goč, renewed by fructified felling (STAMENKOVIĆ *et al.* 1977), at the age of 30, achieves a height of only 3 m. A similar relation arises from the comparison with the EICHHORN tablets of increase and contribution from which the silver fir, at the age of 30 in the best site habitation, has an average height of 6,7 m and an average diameter of 5,4 cm.

In most parts of used provenances, the silver fir is characterized by a relatively fast increase in height, and that shows its vitality and successful development. Differences among them are due to natural characteristics and the ability of the distinct provenances to adapt to new domicile conditions.

An average height across the provenance is given in Tab. 3. MEKIC (1990) concluded that there are significant differences between the provenance in the years 1988 and 1989, while these differences among them are not of such expressiveness in 1990. Twelve years after establishing the experiment, differences between achieved total heights of the trunks among the provenances still exist (Tab. 3). It is shown that four provenances are separated by achieved total height, and they are Bugojno, Petrovac, Olovo-Palež, and Sokolac. The

lowest total height is achieved in the provenance Olovo-Klis (74,1% in comparison with Petrovac).

Tab. 3: Total height growth (in cm).
Gesamthöhenwuchs (in cm).

<i>Provenance</i>	<i>Year</i>					
	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>
1 Bugojno	12,6	17,2	21,4	258	312	367
2 Petrovac	12,4	16,6	20,7	270	330	391
3 Olovo-Palež	12,5	16,7	21,5	273	339	381
4 Pale	10,6	15,0	20,6	208	252	305
5 Konjic	11,5	15,7	20,6	243	291	349
6 Fojnica	11,6	16,0	19,8	214	264	321
7 Sokolac	11,7	16,0	21,1	272	319	373
8 Olovo-Klis	11,8	16,1	20,3	204	240	290
9 Prozor	11,7	15,6	20,2	236	269	307

Main statistical indication of achieved height is shown in Tab. 4. According to the coefficient of variation it is clear that the lowest relative height variation is in the Olovo-Palež provenance (19,90%) and the largest one in Prozor provenance (32,90%). About the growth characteristics of the silver fir among the provenances, it might also be concluded from the age when the current increase in height culminates, same as from the maximal size of the current height increase. The silver fir in the culture is characterized by an early culmination of height growth. In the suitable habitual conditions, the silver fir is characterized by a fast development in its youth. Information about the silver fir growth characteristics in the natural habitations is completely unacceptable for any planning measures in the artificially raised habitations.

MEKIĆ (1990) has shown significant differences in height between particular provenances during 1988 and 1990. In the year 2002 the largest values of increase in height are demonstrated by the provenances Petrovac, Konjic, Fojnica and Bugojno, while the lowest is in the provenance Prozor. As for the achieved maximum of the height increase, it also might be concluded that it was reached in the two provenances Olovo-Palez and Prozor.

Tab. 4: Parameters of height structure in year 2002.
Parameter der Höhenstruktur in 2002.

<i>Provenance</i>	<i>Average (cm)</i>	<i>Coefficient of variation (%)</i>	<i>min. (cm)</i>	<i>max (cm)</i>	<i>Lower quartil (cm)</i>	<i>Upper quartil cm)</i>
1 Bugojno	367	24,25	222	505	315	448
2 Petrovac	397	24,43	159	512	275	425
3 Olovo-Palež	381	18,90	216	520	341	424
4 Pale	305	25,24	195	518	255	348
5 Konjic	349	21,49	213	480	288	403
6 Fojnica	321	25,54	180	490	252	358
7 Sokolac	373	22,52	190	530	325	430
8 Olovo-Klis	290	25,51	192	428	228	335
9 Prozor	307	32,90	169	487	245	423

Tab. 5: Average annual height growth
Durchschnittliches jährliches Höhenwachstum.

<i>Provenance</i>	<i>Year</i>					
	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>
1 Bugojno	6,0	4,6	4,2	49	54	55
2 Petrovac	5,9	4,2	4,1	47	60	61
3 Olovo-Palež	5,7	4,2	4,8	52	65	42
4 Pale	4,4	4,4	5,6	44	44	53
5 Konjic	5,0	4,3	4,9	39	47	58
6 Fojnica	5,3	4,4	3,9	39	50	57
7 Sokolac	5,0	4,4	5,0	40	47	54
8 Olovo-Klis	5,4	4,3	4,3	35	36	50
9 Prozor	5,4	3,9	4,7	52	33	38

5 Diameter in the root-neck

The largest average diameter in the root-neck show the provenances Prozor (82,5 mm) and Petrovac (71,6 mm), and the lowest the provenance Olovo-Klis (57,6 mm).

Tab. 6: Diameter in the root-neck.
Durchmesser im Wurzelhals.

<i>Provenance</i>	<i>Year</i>	
	<i>1990 (mm)</i>	<i>2002 (mm)</i>
1 Bugojno	7,5	68,5
2 Petrovac	8,4	71,6
3 Olovo-Palež	8,2	63,0
4 Pale	8,2	60,5
5 Konjic	8,1	68,1
6 Fojnica	8,0	62,4
7 Sokolac	8,1	64,3
8 Olovo-Klis	8,3	57,6
9 Prozor	8,6	82,5

The diameter increase and the trunk height of the silver fir show at our objects a huge similarity with the silver fir growth (*Abies alba*) of the Syke provenance experiment (SVOLBA 1997). The silver fir in our experimental plot is about 10% smaller in comparison to all provenances included in the Syke experiment, except for the provenance Bayerischer Wald that has the slowest increase in height and thickness among the others in that experiment. According to diameter increasing, despite a considerable greater variability determined for the increase in height, it might be concluded a rather similarity of diameters.

6 Number of branches

The number of branches in the vertebra varies from year to year. They enlarge in the number of branches with age. Thus, in the period 1988 until 1990, the average branch numbers were from 1,78 to 2,53, while in the period 2000 to 2002 their numbers rose from 3,15 up to 4,03.

Provenance Konjic differs by the largest average branch number when compared with others, although MEKIĆ (1990) concluded that there is no regularity in any of the provenances. Investigations that have been done up to now show variability among analyzed silver fir provenances among the morphological characteristics. This difference is caused by various reactions of the provenances to the environment conditions, on the first place to the climate changes.

Tab. 7: Number of branches
Anzahl der Äste.

<i>Provenance</i>	<i>Year</i>					
	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>
1 Bugojno	1,95	2,38	1,98	3,68	3,68	3,86
2 Petrovac	1,93	2,38	1,98	4,00	3,25	3,68
3 Olovo-Palež	2,18	2,20	2,15	3,62	3,58	3,42
4 Pale	1,55	1,95	2,30	3,52	3,74	3,70
5 Konjic	1,93	2,28	1,93	4,03	3,87	3,61
6 Fojnica	1,63	2,23	1,78	3,64	3,86	3,43
7 Sokolac	1,88	2,41	2,10	3,89	3,86	3,79
8 Olovo-Klis	2,03	2,53	2,08	3,70	3,80	3,15
9 Prozor	1,78	2,18	1,90	3,55	3,14	3,64

7 Conclusion

Besides researched work applied on the smaller range of the fir tree expansion, significant differences have been established in some morphological characteristics.

The results of the last investigation shows that a wrong provenance selection for silver fir on afforested barred regions or meliorated degraded forests, could be able to lead to decreased habitation indices for one or two production classes according to the habitation production potential.

8 References

- CUFAR, K.; LEVANIC, T. & TORELLI, N. (1994): Growth characteristics of silver fir from tree test plots in Slovenia, 7. IUFRO-Tannensymposium, Altensteig.
- GAGOV, V. (1997): Study of silver fir (*Abies alba* Mill.) growth in experimental provenance cultures. Ergebnisse des 8. Tannensymposiums, Sofia.

- KOPRIVICA, M. & RATKNIĆ M. (1996.):** Razvoj i prirast dominantnih stabala u veštački podignutim sastojinama četinaru na području Loznice. Šumarstvo 1-2. Beograd.
- MEKIĆ, F. (1990):** Morfološke karakteristike petogodišnjih sadnica jele (*Abies alba* Mill.) sa devet lokaliteta u BiH, Univerzitet u Beogradu, Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd.
- MIŠČEVIĆ, V.; STAMENKOVIĆ V. & VUČKOVIĆ M. (1981.):** Razvoj i prirast kultura nekih četinarskih vrsta u dolini Crne reke. Glasnik Šumarskog fakulteta Beograd br. 57, pp.19-31.
- STAMENKOVIĆ, V.; RATKNIĆ, M. & VUČKOVIĆ, M. (1996.):** Dependence of fir growth and vitality on climatic factors in West Serbia. *IUFRO* Conference, Technische Universität Dresden, Institut für Waldwachstum und Forstliche Informatik.
- SVOLBA, J. (1997.):** Entwicklung eines Herkunftversuches der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) bis zum Alter 27. Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums, Sofia. pp.77-88.
- STAMENKOVIĆ, V.; VUČKOVIĆ, M. & RATKNIĆ, M. (1996.):** Natural regeneration of fir and seedling development in various site conditions in Serbia. Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums, Sofia. pp.185-192.

Addresses of the authors:

Dr. Mihailo Ratknić

JP "Srbijasume" – Institut of Forestry
Univerzita u Beogradu, Kneza Visaslava 3
YU-11030-Beograd (Serbia and Montenegro)

e-mail: mratknic@Eunet.yu

Prof. Dr. Milivoj Vucković

Prof. Dr. Vojislav Stamenković

Ing. Branislav Stajić

Univerzita u Beogradu, Faculty of Forestry
Kneza Visaslava 1
YU-11030-Beograd (Serbia and Montenegro)

e-mail: vuckom@Eunet.yu

Growth and development of fir hybrid clonal material

JAROSLAV KOBLIHA & VLADIMÍR JANEČEK

Keywords: hybridization, mutation breeding, clonal material, growth and development, fir species

Abstract

Growth and development of fir hybrid clonal material was observed in clonal plantings of rooted cuttings established in the Tree Breeding Station of the Czech University of Agriculture Prague, Faculty of Forestry in Kostelec n. Č. l. Clonal material originated from intraspecific and interspecific hybridization of *Abies alba*, *A. cephalonica*, *A. cilicica* and *A. nordmanniana* growing in these plantings. Part of this material was obtained by hybridization using pollen irradiated by γ rays in various doses. F1 generation hybrid material grows in plantings established in the years 1993 and 1995. F2 generation hybrid material grows in plantings established in the years 1996 and 2000. Growth and development of this material was compared with control clonal material of *A. alba* from open pollination. This material was measured in height and diameter and investigated in growth form for the last time in autumn 2000. Differences between hybrid and control clonal material were statistically tested by analysis of variance and DUNCAN's test. The results show faster growth of the clonal material from intraspecific and interspecific hybridization and mutation breeding in observed parameters in comparison with control material of *A. alba* from open pollination. The results obtained in autumn 2000 showed that material planted in 1993 and 1995 has started to grow in orthotropic form with several exceptions. Also most of the material planted in 1996 has started with the mentioned form of growth. Hybrid clones grow still faster in comparison with the control than it is in hybrid generative progenies.

Schlagwörter: Hybridisierung, Mutationszüchtung, Klonmaterial, Wuchs und Entwicklung, Tannenarten

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Wachstum und Entwicklung von klonalem Tannenhybridmaterial.

Das Wachstum und die Entwicklung von klonalem Tannenhybridmaterial wurden in Klonpflanzungen von bewurzelten Stecklingen in der Baumzuchtstation der Tschechischen Universität für Landwirtschaft Prag, Forstliche Fakultät in Kostelec n. Č. L. aufgenommen. Das Klonmaterial stammte aus intraspezifischer und interspezifischer Hybridisierung von *Abies alba*, *A. cephalonica*, *A. cilicica* und *A. nordmanniana*, die in diesen Pflanzungen heranwachsen. Ein Teil des Materials wurde durch Hybridisierung mit Pollen, welcher mit verschiedenen Dosismengen an γ -Strahlen behandelt worden war, gewonnen. Das Hybridmaterial der F1-Generation wächst in Pflanzungen, die in den Jahren 1993 und 1995 begründet wurden. Das Hybridmaterial der F2-Generation wächst in 1996 und 2000 angelegten Pflanzungen heran. Das Wachstum und die Entwicklung dieses Materials wurden mit Kontroll-Klonmaterial von *A. alba* aus freier Abblüte verglichen. Dieses Material wurde hinsichtlich der Höhe und des Durchmessers vermessen und letztmalig im Herbst 2000 bezüglich seiner Wuchsform aufgenommen. Auf Unterschiede zwischen Hybrid- und Kontroll-Klonmaterial wurde mittels Varianzanalyse und DUNCAN's Test statistisch geprüft. Auf der Basis der beobachteten Parameter weisen die Ergebnisse auf ein schnelleres Wachstum des Klonmaterials aus intraspezifischer und interspezifischer Hybridisierung sowie aus der Mutationszüchtung im Vergleich zum Kontrollmaterial von *A. alba* aus freier Abblüte hin. Die Ergebnisse vom Herbst 2000 verdeutlichten, dass das 1993 und 1995 gepflanzte Material damit begonnen hat, in orthotroper Form mit einigen Ausnahmen zu wachsen. Zudem hat das meiste des 1996 gepflanzten Materials mit der angeführten Wuchsform zu wachsen begonnen. Hybridklone wachsen noch schneller im Vergleich zur Kontrolle, als es bei den generativen Hybridnachkommenschaften der Fall ist.

1 Introduction

Obtaining fir hybrids is relatively laborious. Besides, there are problems with the reproduction of selected hybrids and especially with the propagation of this material. Heterovegetative propagation by grafting is well managed, but there is a problem with graft fructification. Most of them have only female flowers, which is a special problem for silver fir (KOBLIHA *et al.* 1991). Autovegetative propagation by cuttings is problematic too, because of long lasting rooting (for two years) of fir cuttings, high requirements for physical conditions and topophysis phenomena, which is more expanded at fir in comparison with another woody plants (KOBLIHA 1989, 1992a, 1992b, 1993a, 1993b; KOBLIHA *et al.* 1990, 1992). Propagation *in vitro* is still not solved (CHALUPA *et al.* 1973; KOBLIHA *et al.* 1991; SNÁŠELOVÁ *et al.* 1990). The literature about fir propagation by cuttings and *in vitro* propagation is very poor, so there is still not enough information about these problems. Nevertheless fir hybrids were vegetatively propagated and clone tests were established.

2 Material and methods

In 1971 KANTOR & CHIRA (1971) obtained 16 progenies from intra- and interspecific hybridization of *Abies alba*, *A. cephalonica*, *A. cilicica*, and *A. nordmanniana*, one progeny was control - *A. alba* from open pollination. Part of this material was obtained by hybridization using pollen irradiated by γ rays in various doses. This material was planted in a nursery in 1975 and then tested by KOBLIHA (1988). Five most viable individuals within 17 progenies were selected, and this material was used for autovegetative propagation in the years 1988–89 (KOBLIHA *et al.* 1990, 1992). Rooted cuttings were grown in the nursery Budišov, and in September 1993 a plantation with this material was established in the Tree Breeding Station Truba near Kostelec n. C. I. (30 km south-east of Prague). 425 rooted cuttings were planted here. After one year (1994) 407 rooted cuttings survived (mortality: 18 individuals, *i.e.* 4%). In the year 1995 many individuals died, while 262 rooted cuttings survived (mortality after planting: 163 individuals, *i.e.* 38%). In the year 1996 206 rooted cuttings survived (mortality: 219 individuals, *i.e.* 51,5%). In the year 1997 the number of surviving trees was the same. In the year 1998 199 rooted cuttings survived (mortality: 226 individuals, *i.e.* 53%). There was no mortality in the years 1999 and 2000. In autumn 1998 and 2000 height (accurate to one cm) and diameter (accurate to one mm) of rooted cuttings were measured. Results from the year 2000 were statistically processed by analysis of variance and DUNCAN's test. Growth form of cuttings was observed too, which is important especially with regard to known problems with fir cuttings plagiotropy.

The second plantation was established in September 1995 beside the first. It has the similar origin like the first. The difference is done by propagation of individual trees selected for very high viability. Propagation by cuttings was done in years 1990–1992. 195 rooted cuttings from 10 clones were planted on the plot. There are hybrid clones from intraspecific hybridization of *A. alba*, *A. cephalonica* and interspecific hybridization *A. alba* x *A. cilicica*. In the year 1996 192 trees survived (mortality: 3 individuals, *i.e.* 1,5%). In the year 1997 there was the same number of trees. In the year 1998 185 trees

survived (mortality after planting: 7 trees, *i.e.* 3,5%). Up to autumn 2000 184 trees survived (mortality: 8 trees, *i.e.* 4%). In the years 1998 and 2000 height and diameter were measured, accurate to one cm (in case of diameter one mm). Results from the year 2000 were processed in the same way like in the previous plantation. Growth form was observed too. Three cuttings are evaluated with this material (designation F2) in the same age. Their origin is mentioned later.

A multiclonal mixture of hybrids from the genus *Abies* (generation F2) grows in the third plot. In the 1980's experiment with controlled self pollination of hybrid *A. cilicica* x *A. cephalonica* was realized (KOBLIHA 1994). This material was propagated by cuttings in the 1990's – rooted cuttings were planted in autumn 1996 (208 individuals). Up to September 1997 20 trees died (9,5%). Dead trees were compensated from reserves. In autumn 2000 194 individuals survived (mortality after the year 1997 was 14 trees, *i.e.* 7%). In autumn 1998 and 2000 height (accurate to one cm) and diameter (accurate to one mm) were measured.

In spring 2000 another plot was established with a mixture of clones (270 individuals). The origin of this material is the same; cuttings were used for propagation in the years 1993 and 1994. Spacing in this plot is 1,5 x 1,5 m. Rooted cuttings are held by bamboo pickets.

All these plots are fenced. Forest weed is regularly mown here. Rooted cuttings in plots established in 1993, 1995 and 1996 were held to stocks. In the two oldest plots stocks are no longer needed because of orthotropic growth.

3 Results

3.1 Plantation established in 1993

3.1.1 Height and diameter in 1998

In autumn 1998 the mean height of the material ranged between 86 cm (combination n. 16) and 127 cm (combination S2). Control material *A. alba* from open pollination (K3) reached the mean height of 104 cm. The smallest combination on average – combination n. 16 – reached 83% of the mean height of control *A. alba* (K3). The highest material on average - S2 – reached 122% of the mean height of *A. alba* (K3). Combinations 1, 2, 3, 4, 6, 9, 16, 19 a W. N. (without number) have not reached the mean height of *A. alba* (K3). Their height reached values between 83% and 96% of the mean height of *A. alba* (K3). Clone material originating from combination K1 and 17 had the same mean height like *A. alba* (K3). Combinations S2, 10, 11, 12, and 18 were on average higher than *A. alba* (K3). They reached from 103-122% of the mean height of *A. alba* (K3).

The mean diameter of clones (grouped by hybrid combination) reached from 26 mm (combination 16) to 50 mm (combination 12). The highest combination S2 reached the 2nd rank in mean diameter (49 mm) with combination 11. Combination 11 was the 3rd with mean height 115 cm. Control material *A. alba* (K3) reached diameter 30 mm. The thinnest combination - 16 – reached 87% of the mean diameter of *A. alba* (K3), while the thickest combination – 12 – reached 167% of the mean diameter of *A. alba* (K3). Combinations 16 and W. N. did not reach the mean diameter of *A. alba* (K3) (87 and 93%). Combination 1 had the same mean diameter like the control material. The combinations 2, 3, 4, 6, 9, 10,

11, 12, 17, 18, 19, K1 and S2 were thicker than *A. alba* (K3). They reached from 103% to 167% of the mean diameter of *A. alba* (K3).

3.1.2 Height and diameter in 2000

The mean height of 199 rooted cuttings in autumn 2000 was 181 cm. The mean height reached from 157 cm (combination 3) to 238 cm (combination 11). Control material *A. alba* (K3) reached 174 cm on average. Combinations 1, 3 and 16 did not reach the mean height of *A. alba* (K3). They reached from 90-93% of the mean height of *A. alba* (K3). Combinations 4 and 9 had the same height like the control material. Combinations 2, 6, 10, 11, 12, 17, 18, 19, K1, S2, W.N. were higher than the control material. Their height was between 102% and 137% of the mean height of *A. alba* (K3). The analysis of variance showed that there is no statistical significance of the influence on combination on plant height.

Mean diameter of this material was 55 mm in autumn 2000. According to the combination measured, the diameter was from 44 mm (control *A. alba* - K3) to 80 mm (combination 11). All combinations overtook the control material K3. Combinations reached from 107% to 182% of the diameter of the control material. The analysis of variance showed that there is no statistical significance of the influence of combination on the plant diameter again, but results are much closer to the significant limit than the height results. Fig. 1 and Fig. 2 show the mean height and diameter for each combination from this plantation in the years 1998 and 2000.

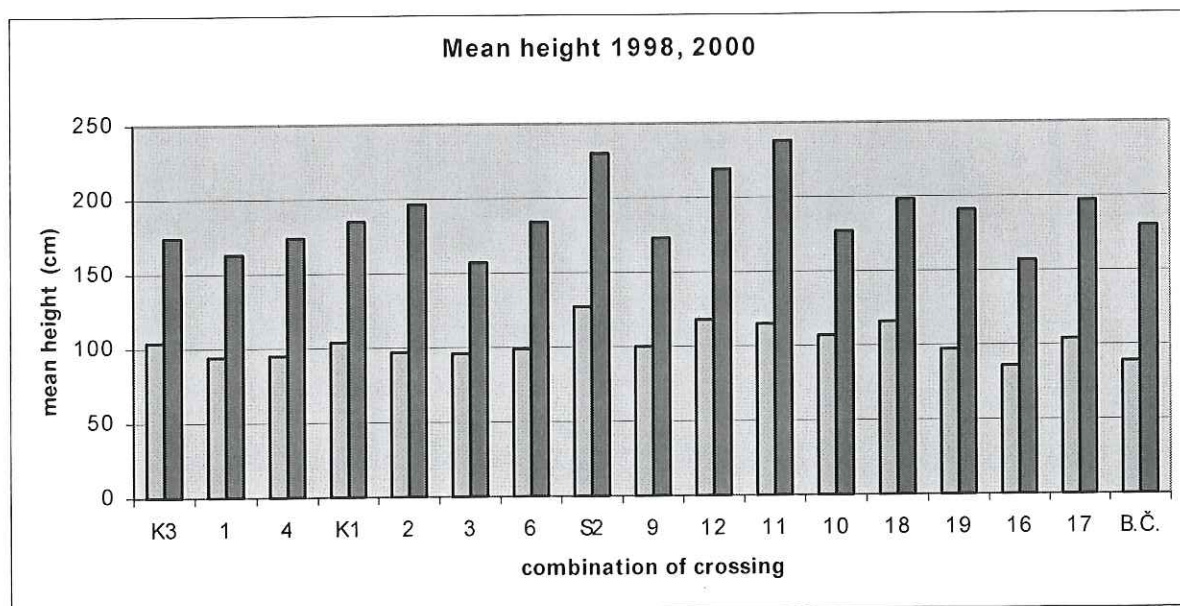


Fig. 1: Mean height of clone hybrid material (planting 1993).

Abb. 1: Mittelhöhen des klonalen Hybridmaterials (Pflanzung 1993).

Legend [numbers in brackets are RTG doses, other numbers show individual trees and letter ž shows locality – Žarnovica (Slovakia)]:

- 1- A. alba 2 x A. alba ž (500-1000)
- 2- A. alba 3 x A. nordmanniana
- 3- A. nordmanniana x A. nordmanniana – selfpollination
- 4- A. alba 3 x A. alba ž
- 6- A. cephalonica 2 x A. cephalonica 2 – selfpollination
- 9- A. cephalonica 1 x A. cephalonica 3 (300)
- 10- A. cephalonica 1 x A. cephalonica 3 (1500)
- 11- A. cephalonica 1 x A. cephalonica 3 (1000)
- 12- A. cephalonica 1 x A. cephalonica 3 (500)
- 16- A. cephalonica 2 x A. cephalonica 3 (1500)
- 17- A. cephalonica 2 x A. cephalonica 3 (3000)
- 18- A. cephalonica 2 x A. cephalonica 3 (500)
- 19- A. cephalonica 2 x A. cephalonica 3 (1000)
- K1- A. alba 1 x A. cilicica
- K3- A. alba x A. alba – control from open pollination
- S2- A. cephalonica 3 x A. cephalonica 3 – selfpollination
- B.Č.- (in text W.N. – Without Number) – mixture of rooted cuttings of various origins

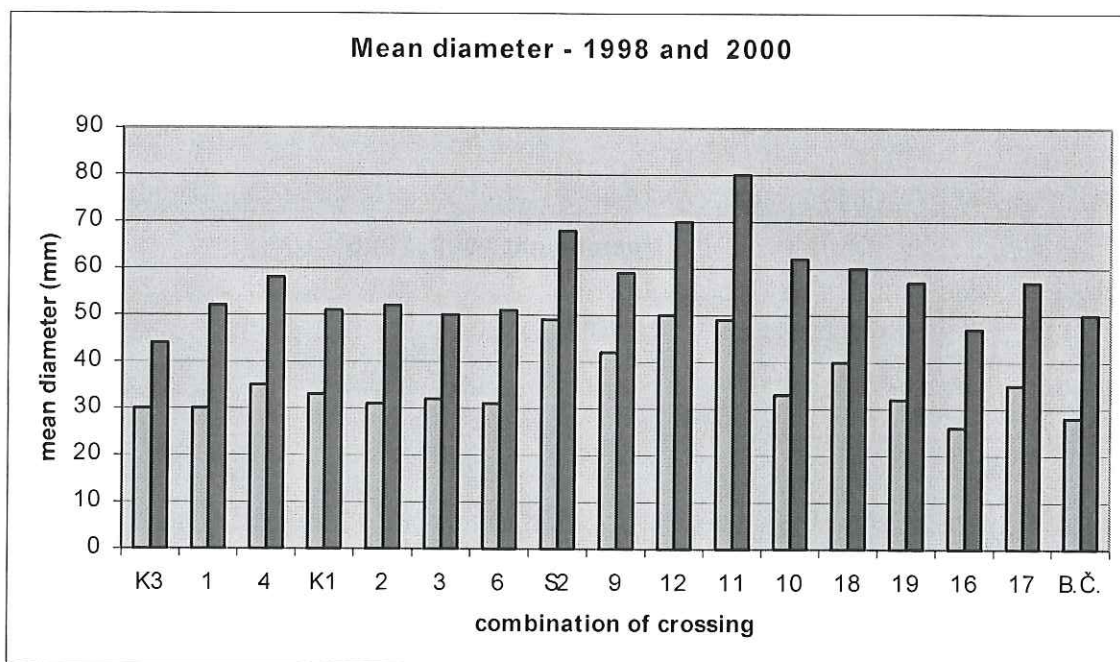


Fig. 2: Mean diameter of clone hybrid material (planting 1993) – legend is the same like in Fig. 1.

Abb. 2: Mitteldurchmesser des klonalen Hybridmaterials (Pflanzung 1993) – gleiche Legende wie in Abb. 1.

Results of height and diameter measurements from the years 1998 and 2000 show that material from intra- and interspecific hybridization and mutation breeding gradually outruns the control material. While in autumn 1998 5 combinations were higher, 2 had the same height and 9 were smaller than the control material, whereas in autumn 2000 11 combinations were higher, 2 had same height and only 3 were smaller than the control

material. In autumn 1998 13 combinations were thicker, 1 had the same diameter and 2 were thinner than the control material. In 2000 all combinations were thicker.

3.2 Plantation established in 1995

3.2.1 Height and diameter in 1998

The mean height in the clonal plantation established in 1995 was between 59 cm (clone 21/24) and 117 cm (clone 5/2). Control clone material *A. alba* from open pollination (K3) had been used from the previous plantation. The results obtained in 1996 are used for comparison. The mean height of the control material was 59 cm. This means that hybrid clones reached from 100% to 198% of *A. alba* from open pollination (K3) height.

Mean diameter of hybrid clones in this year was between 17 mm (clone 21/24) and 34 mm (clone 5/2). These are the same clones as in case of height. Control material K3 reached the mean diameter 15 mm in the year 1996. It means that hybrid clones in this plantation reached from 113% to 227% of *A. alba* from open pollination (K3) diameter.

3.2.2 Height and diameter in 2000

The mean height of 187 rooted cuttings was 134 cm in autumn 2000. The mean height of the hybrid clones reached from 107 cm (clone 21/24) to 227 cm (clone 5/2). The smallest and the highest clones are the same like in 1998. Control material K3 in the year 1998 reached the mean height of 104 cm. Hybrid clones reached heights from 103% to 218% of the control material. Analysis of variance shows high statistical significance of influence of clone on plant height. DUNCAN'S test divided hybrid clones into 3 subgroups.

The mean diameter in this plantation reached from 31 mm (clone 23/10) to 62,5 mm (clone 5/2) in autumn 2000. The lowest clone - 21/24 – reached a diameter of 33 mm. Control material K3 reached the mean diameter of 30 mm in the year 1998. This means that hybrid clones reached in this plantation mean diameter from 103% to 208% of the control mean diameter. Results of the analysis of variance show high level of statistical significance of influence of clone on plant diameter. Duncan's test divided hybrid clones into three subgroups. Fig. 3 and Fig. 4 show mean hybrid clone's heights and diameters in the years 1998 and 2000.

Legend (Fig. 3 and Fig. 4 – next page)

(numbers in brackets are combinations numbers – see legend of Fig. 1):

- 4/5 - *A. cephalonica* x *A. cephalonica* (17)
- 5/2 - *A. cephalonica* x *A. cephalonica* (19)
- 6/1 - *A. alba* x *A. alba* (4)
- 13/1 - *A. cephalonica* x *A. cephalonica* (18)
- 13/2 - *A. cephalonica* x *A. cephalonica* (18)
- 18/8 - *A. cephalonica* x *A. cephalonica* (16)
- 21/23 - *A. alba* x *A. cilicica* (K1)
- 21/24 - *A. alba* x *A. cilicica* (K1)
- 23/10 - *A. cephalonica* – selfpollination (S2)
- F2 - *A. cilicica* x *A. cephalonica* (F2-generation)

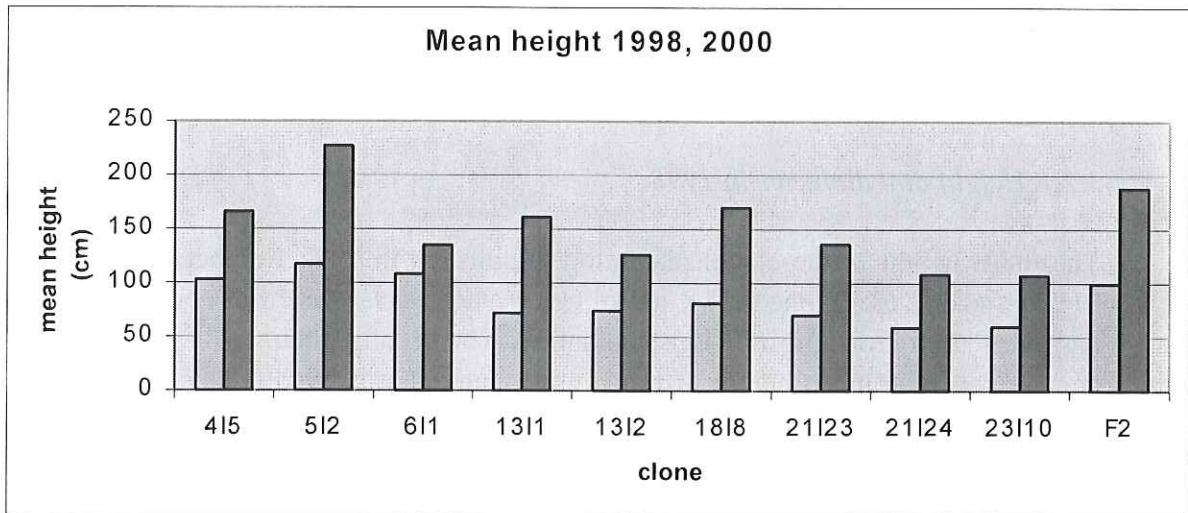


Fig. 3: Mean height of hybrid clones (planting 1995).
Abb. 3: *Mittelhöhe der Hybridklone (Pflanzung 1995).*

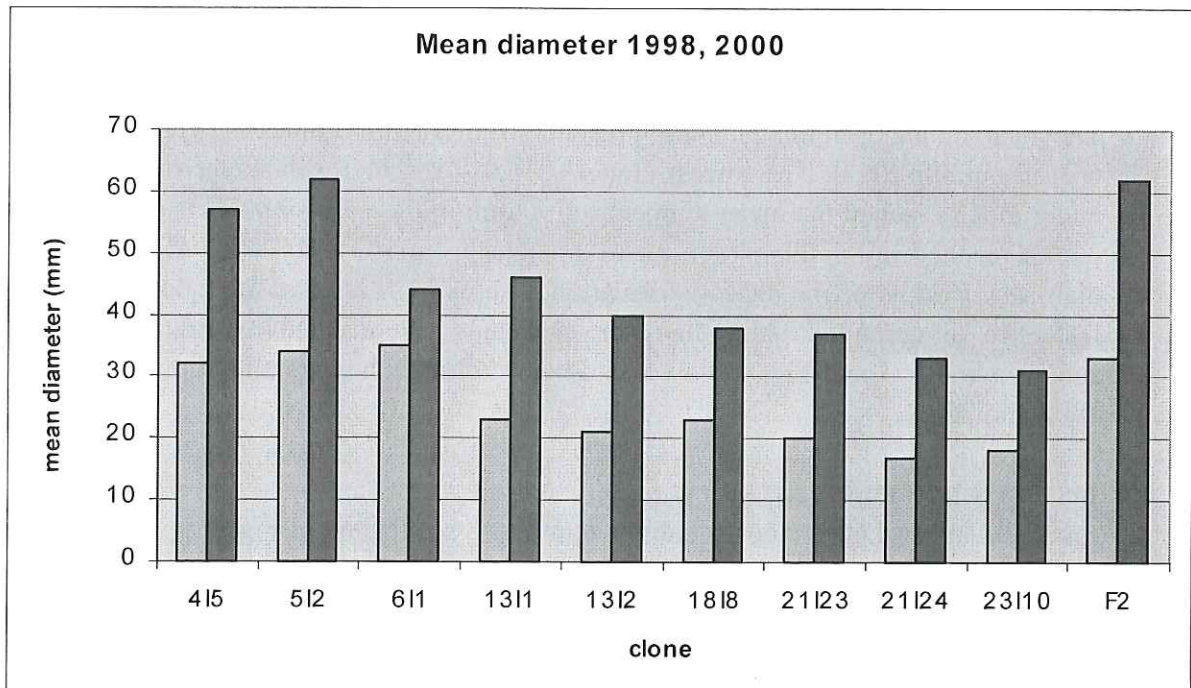


Fig. 4: Mean diameters of hybrid clones (planting 1995).
Abb. 4: *Mitteldurchmesser der Hybridklone (Pflanzung 1995).*

3.3 Plantation established in 1996

Multiclonal mixture of hybrids from the genus *Abies* (generation F2) reached the mean height 37 cm and the diameter 11 mm in autumn 1998. In autumn 2000 194 rooted cuttings reached the mean height 64 cm and diameter 21 mm.

3.4 Growth form of rooted cuttings in all plantations

In the year 1998 most of rooted cuttings from plantations established 1993 and 1995 (*i.e.* 5, respectively 3 years after planting) grew orthotropically. In autumn 2000 (7, respectively 5 years after planting) there were only few exceptions, which grew plagiotropically. At the same time most of the rooted cuttings in the plantation established in 1996 started to grow orthotropically.

4 References

- CHALUPA, V. & DURZAN, D.J. (1973):** Growth and development of resting buds of conifers in vitro. *Canadian Journal of Forestry Research*, 3, pp.196–208.
- KANTOR, J. & CHIRA, E. (1971):** On the possibility of crossing certain species of the genus *Abies*. *Acta Universitatis agriculturae, Series C*.
- KOBLIHA, J. (1988):** Proměnlivost hybridních potomstev v rámci rodu *Abies* (Variability of hybrid progenies within genus *Abies*). *Lesnictví*, 34, 9, pp.769–780.
- KOBLIHA, J. (1989):** Problémy autovegetativního množení hybridní jedle. Sborník přednášek ze semináře: Vegetativní množení smrku, buku a jiných lesních dřevin (Problems of hybrid fir autovegetative propagation. Proceedings from seminar: Vegetative propagation of spruce, beech and other forest trees). Brno, 1989, pp.49-53.
- KOBLIHA, J. (1992a):** Novošlechtění jedle (*Abies* spp.) na zvýšení vitality. Závěrečná zpráva, dílčí projekt, projekt E 5. 2 Management lesních ekosystémů k podpoře ekologické stability krajiny (Fir (*Abies* spp.) new tree breeding for vitality increase. Final report of project E 5.2 Management of forest ecosystems for support of environment ecological stability). University of Agriculture in Prague, 21 pages.
- KOBLIHA, J. (1992b):** Moderní metody ve šlechtění lesních dřevin. Habilitační práce. (Modern methods in forest tree breeding. Habilitation thesis). University of Agriculture in Prague, 140 pages.
- KOBLIHA, J. (1993a):** Vegetativní reprodukce jedle pro potřeby šlechtitelských programů. Mezinárodní seminář „Vegetativní množení lesních dřevin a poznatky o náhorní variantě borovice lesní“ (Vegetative propagation of fir for needs of breeding programs. International seminar „Vegetative propagation of forest trees and knowledge of Scots pine mountain variant“). Kladská, 28. – 30. 4. 1993, pp.35–37.
- KOBLIHA, J. (1993b):** Novošlechtění a reprodukce jedle. Jubilejní konference LVÚ Zvolen (Fir new breeding and propagation. Anniversary conference of Forestry Research Institute Zvolen), 8. – 10. 9. 1993, 1. sekce, pp.12–28.

- KOBLIHA, J. (1994):** Hybridizace v rámci rodu *Abies* se zaměřením na získání hybridů generace F2 (Hybridization within genus *Abies* with direction for obtaining of F2 generation hybrids). *Lesnictví – Forestry*, 40, 12, pp.513–518.
- KOBLIHA, J. & KRÁLÍK, J. (1992):** Vliv růstové látky paclobutrazol na přežívání a zakořeňování hybridní jedle (Paclobutrazol influence on survival and rooting of hybrid firs). *Lesnictví – Forestry*, 38, 11, pp.889–897.
- KOBLIHA, J. & POKORNÝ, P. (1990):** Výsledky autovegetativního množení různých hybridů v rámci rodu *Abies* (Results of autovegetative propagation of various hybrids within genus *Abies*). *Lesnictví*, 36, 7, pp.617–624.
- KOBLIHA, J.; SNÁŠELOVÁ, V. & HAVEL, L. (1991):** Explantátové kultury – perspektivní možnost masového množení cenných hybridů z rodu *Abies* (Explant cultures – perspective possibility of mass propagation of valuable hybrids from genus *Abies*). *Lesnictví*, 37, 4 – 5, pp.295–302.
- SNÁŠELOVÁ V. & KOBLIHA, J. (1990):** Mikropropagace šlechtitelsky cenných genotypů jedlí a smrku. Sborník z vědeckého semináře BIOS 90. Biotechnologické metody v šlachtení rostlin (Micropropagation of breeding valuable genotypes of fir and spruce. Proceedings from scientific seminar BIOS 90. Biotechnological methods in plant breeding). Nitra 1990 (24. – 25. 5.), pp.39–43.

Address of the authors:

Prof. Dr. Jaroslav Koblíha & Ing. Vladimír Janeček

Czech University of Agriculture,
Faculty of Forestry
Kamýzjam, Suchbátov
CZ-16500 Prague (Czech Republic)

e-mail: koblíha@iol.cz

Einsatz von DNA- und Isoenzym-Genmarkern zur Unterscheidung von Einzelbäumen bei der Weißtanne (*Abies alba* MILL.)

EVA CREMER, SASCHA LIEPELT, BIRGIT ZIEGENHAGEN & ERWIN HUSSENDÖRFER

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, allozymes, chloroplast DNA-microsatellites, individual tree differentiation, identification

Abstract

Title of the paper: Use of DNA- and isozyme gene markers for differentiating single trees of silver fir (*Abies alba* MILL.).

The potential of a combined use of different gene-marker types was tested for identification purposes exemplarily for silver fir (*Abies alba* MILL.). For this, isozyme gene markers on one hand and chloroplast DNA microsatellites (cpDNA-microsatellites) as DNA-markers on the other hand were applied. By use of singletree seed samples, needles and buds from a seed tree population of silver fir, it was investigated if the harvested trees could be genetically differentiated using these markers. The objective of the present study was to tell apart the harvested trees of a stand to proof whether a combined use of both marker types would increase the number of trees that could be differentiated.

The results of the investigation show that neither by using isozyme gene markers (11 gene loci) nor by using cpDNA-microsatellites (three cpDNA-microsatellite loci) was it possible to distinguish all trees genetically. However, the combined use of both marker types allowed the differentiation of all 17 analyzed silver firs.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Alloenzyme, Chloroplasten-DNA-Mikrosatelliten, Einzelbaum-Unterscheidung, Identifizierung

Zusammenfassung

Am Beispiel der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) wurde das Potential eines kombinierten Einsatzes verschiedener genetischer Marker-Typen zu Identifizierungszwecken getestet. Dazu wurden zum einen Isoenzym-Genmarker und zum anderen Chloroplasten-DNA-Mikrosatelliten (cpDNA-Mikrosatelliten) als DNA-Marker eingesetzt.

Anhand von Einzelbaum-Saatgutproben, Nadeln und Knospen eines Weißtannen-Samen-Erntebestandes wurde untersucht, ob die Erntebäume mit diesen Markern genetisch unterschieden werden können. Ziel dieser Arbeit war es, die Samenmütter (Erntebäume) einer Beerntungseinheit voneinander zu unterscheiden und zu prüfen, ob eine Kombination der beiden Marker-Typen die Zahl der unterscheidbaren Bäume erhöht. Die Ergebnisse zeigen, dass es weder mit Isoenzym-Genmarkern (11 Genorte) noch mit DNA-Markern (drei cpDNA-Mikrosatellitenorte) alleine möglich war, alle 17 Bäume voneinander zu unterscheiden. Der kombinierte Einsatz beider Marker-Typen erlaubte jedoch eine Unterscheidung aller 17 untersuchten Tannen.

1 Einleitung

Für die Überlebensfähigkeit von Baumpopulationen ist es aufgrund ihrer Ortsgebundenheit und Langlebigkeit erforderlich, sich während ihres Lebens an Umweltveränderungen anzupassen. Dabei spielt die genetische Anpassungsfähigkeit der Waldbäume an den Lebensraum eine wichtige Rolle. Anpassungsfähigkeit ist somit ein entscheidender Faktor für die ökologische Stabilität und den ökonomischen Erfolg von Waldbaumpopulationen. Im Zuge der Walderneuerung muß demzufolge darauf geachtet werden, dass neben der standörtlichen Angepaßtheit das vorhandene Anpassungspotential von Waldbäumen in Form genetischer Variation über die Generationen an die Nachkommenschaft weitergegeben wird. Um dies sicherzustellen, schreibt das Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut (FSaatG; ab 2003 Forstvermehrungsgutgesetz FoVG) eine Mindestzahl zu beerntender Bäume vor. Leider sind die auf diesem Gesetz basierenden Kontrollen nicht immer ausreichend, um zu garantieren, dass die Mindestanzahl von 20 Bäumen pro Beerntungseinheit eingehalten wird.

Im Rahmen des BMBF-Projektes „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft – Südschwarzwald“ im Teilprojekt „Herkunftssicherung“, das von den Landesforstverwaltungen Bayern und Baden-Württemberg erarbeitet wird, soll deshalb neben der Herkunft auch die auf dem Begleitschein des Saatgutes angegebene Anzahl der Erntebäume besser kontrolliert werden. Es soll dadurch zukünftig u.a. gewährleistet werden, dass die nach dem Gesetz vorgeschriebene Mindestanzahl von 20 Bäumen pro Beerntungseinheit nachprüfbar ist. Dabei sollen auf freiwilliger Basis an verschiedenen Stellen des Gewinnungs- und Produktionsprozesses von forstlichem Vermehrungsgut Referenzproben¹ (Rückstellproben) zurückgestellt und bei Bedarf einer genetischen Untersuchung zugeführt werden.

Anhand der Einzelbaum-Saatgutproben (Referenzproben R2) können die Erntebäume genetisch identifiziert werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde für die Baumart Weißtanne (*Abies alba* MILL.) das Potential von Isoenzym-Genmarkern und cpDNA-Mikrosatelliten zu Identifizierungszwecken getestet. Folgende Fragestellungen waren dabei zu beantworten:

- Ist es anhand der Einzelbaum-Weißtannen-Saatgutproben (Rückstellproben) möglich, die Erntebäume einer Beerntungseinheit voneinander zu unterscheiden und somit einen Nachweis über die Anzahl der tatsächlich beernteten Bäume zu erbringen?
- Sind Isoenzym-Genmarker für diese Identifizierungszwecke geeignet und erhöht eine Kombination von Isoenzym- und DNA-Marker die Zahl der unterscheidbaren Weißtannen?

¹ **Referenzprobe R1:** repräsentative Mischprobe aus dem Bestandessaatgut; **Referenzprobe R2:** einzelbaumweise Saatgutproben; **Referenzprobe R3:** bestandesweise, repräsentative Mischprobe nach Aufbereitung des Ernteguts; **Referenzprobe R4:** bei Mischpartien repräsentative Probe.

2 Untersuchungsmaterial

Das Untersuchungsmaterial stammt aus einem zugelassenen Weißtannen-Samen-Erntebestand (FoA Spaichingen, Staatswald, Distrikt III, Abteilung 3 und Distrikt II, Abteilung 6):

- Saatgut (bzw. Endosperm) und Knospen von 17 markierten Weißtannen für die isoenzymatischen Untersuchungen (Einzelbaum-Saatgutproben bestehend aus je 20 Zapfen);
- Nadeln der 17 Weißtannen für die Untersuchung mit cpDNA-Mikrosatelliten.

3 Untersuchungsmethoden

Für die Untersuchungen wurden zum einen Isoenzym-Genmarker eingesetzt, mit denen das Endosperm der Samen und die Knospen analysiert wurden. Mit Hilfe von Isoenzymanalysen wurden die Genotypen der 17 Tannen an 11 polymorphen Genorten bestimmt. Die Methode der Stärkegelelektrophorese für die Weißtanne, die hier angewendet wurde, ist in HUSSENDÖRFER *et al.* (1995) ausführlich beschrieben. Tab. 1 zeigt die analysierten Enzymsysteme sowie die 11 Genorte.

Tab. 1: Übersicht über die untersuchten Enzymsysteme und deren kontrollierende Genorte.
List of the analyzed isozyme-systems and their controlling gene loci.

Enzymsystem (Abkürzung)	E.C.-Nummern	Genorte
Leucin-Aminopeptidase (LAP)	3.4.11.1	LAP-A
Aspartat-Aminotransferase (AAT)	2.6.1.1	AAT -A AAT-B AAT-C
Isocitrat-Dehydrogenase (IDH)	1.1.1.42	IDH-A IDH-B
Malat-Dehydrogenase (MDH)	1.1.1.37	MDH
Menadion-Reduktase (MNR)	1.6.99.2	MNR-B
6-Phosphogluconat-Dehydrogenase (6PGDH)	1.1.1.44	6PGDH-A 6PGDH-B
Phosphoglucomutase (PGM)	2.7.5.1	PGM-A

Zusätzlich wurden Chloroplasten-DNA-Mikrosatelliten als DNA-Marker verwendet. Dafür wurde die DNA aus den Nadeln der 17 Tannen nach der Methode von DUMOLIN *et al.* (1995) extrahiert und anschließend an den drei hochvariablen Mikrosatellitenorten Pt 30141, Pt 30249 und Pt 71936 (VENDRAMIN *et al.* 1996, LIEPELT *et al.* 2001) analysiert. Der Tab. 2 kann man die Primersequenzen der verwendeten cp-Mikrosatellitenorte entnehmen.

Tab. 2: Primersequenzen der verwendeten Mikrosatellitenorte.
Primer sequences of the used microsatellites loci.

cpMikrosatelliten		Primersequenzen
Pt30141	F	TTT TAT GTC AGC AAC AGA AGC C
	R	GGG AAC ATA GAG ATC AAA TTA C
Pt30249	F	GTA ATT TGA TCT CTA TGT TCC C
	R	AAT CAA CTG GTT CGG ATT GAT C
Pt71936	F	TTC ATT GGA AAT ACA CTA GCC C
	R	AAA ACC GTA CAT GAG ATT CCC

4 Ergebnisse

Bei Koniferen ist das Endosperm haploid und trägt ausschließlich das Erbgut des Mutterbaumes in sich. Dadurch kann anhand der genetischen Information einer kleinen Stichprobe von Samen bzw. Endospermen eines Baumes auf den diploiden Genotyp des Mutterbaumes geschlossen werden.

Der mittels Isoenzym-Genmarker aus der Endospermanalyse ermittelte Genotyp wurde als ‚angenommener Genotyp‘ bezeichnet. Zusätzlich wurden zur Kontrolle Knospen dieser Bäume mittels Isoenzymanalyse untersucht. Aus dieser Untersuchung erhielt man den ‚tatsächlichen Genotyp‘ der Tannen.

In Tab. 3 sind der angenommene und der tatsächliche Genotyp der beernteten Tannen an den 11 untersuchten Isoenzym-Genorten gegenübergestellt. Man kann der Tabelle entnehmen, dass in fast allen Fällen der Schluß von den angenommenen Genotypen auf die tatsächlichen Genotypen der Bäume möglich ist. Ausnahmen stellen allerdings Baum Nr.18 (Genorte IDH-A und IDH-B) und Baum Nr.19 (Genorte AAT-B und IDH-B) dar. In diesen Fällen waren nur ein bzw. zwei Samen gefüllt, so dass entsprechend wenige Endosperme je Tanne untersucht werden konnten. Diese Anzahl an untersuchten Endospermen erwies sich als zu gering, um auf den tatsächlichen Genotyp der Bäume schließen zu können.

Von Baum Nr.14 ist lediglich der tatsächliche Genotyp aus den untersuchten Knospen bekannt, da der Hohlkornanteil der Samen bei 100% lag.

Üblicherweise werden bei der Inventur von Genotypen mindestens sechs Endosperme je Baum untersucht (HATTEMER *et al.* 1993). Werden weniger Endosperme analysiert, ist der Schluß auf den tatsächlichen Genotyp des Mutterbaumes nicht immer möglich. BREITENBACH-DORFER & GEBUREK (1995) empfehlen daher, mindestens 13 Endosperme je Baum zu verwenden. In diesem Fall liegt die Wahrscheinlichkeit einer Falschinterpretation unter 5%.

Tab. 3: Zusammenstellung der angenommen (aus Endospermen) und der tatsächlichen (aus Knospen) Genotypen der 17 Tannen; (fett gedruckt: die Tannen mit dem gleichen Multilocus-Genotyp; fett & kursiv: diejenigen angenommenen und tatsächlichen Genotypen, die nicht identisch sind)
 List of the putative (analysing megagametophytes) and the actual (analysing buds) genotypes of the 17 silver firs;
 (in bold type: the trees with identical multilocus-genotype; printed in italic and bold type: such putative and actual genotypes which are not identical.)

Baumnr.	Genotyp	AP-A	AAT-A	AAT-B	AAT-C	IDH-A	IDH-B	MDH-A	MNR-B	6PGDH-A	6PGDH-B	PGM-A
Baum 2	angenommenen	33	22	22	22	13	35	12	33	33	22	11
	tatsächlich	33	22	22	22	13	35	12	33	33	22	11
Baum 3	angenommenen	35	22	22	22	11	55	12	33	33	22	11
	tatsächlich	35	22	22	22	11	55	12	33	33	22	11
Baum 4	angenommenen	35	22	23	22	33	55	11	33	33	22	11
	tatsächlich	35	22	23	22	33	55	11	33	33	22	11
Baum 5	angenommenen	35	22	23	22	33	33	11	33	33	22	11
	tatsächlich	35	22	23	22	33	33	11	33	33	22	11
Baum 6	angenommenen	55	22	22	22	13	33	12	33	23	22	11
	tatsächlich	55	22	22	22	13	33	12	33	23	22	11
Baum 7	angenommenen	55	22	23	22	33	35	12	13	23	22	11
	tatsächlich	55	22	23	22	33	35	12	13	23	22	11
Baum 8	angenommenen	33	12	22	22	13	55	12	33	23	22	11
	tatsächlich	33	12	22	22	13	55	12	33	23	22	11
Baum 10	angenommenen	55	22	22	22	13	35	11	33	23	22	11
	tatsächlich	55	22	22	22	13	35	11	33	23	22	11
Baum 11	angenommenen	35	22	23	22	33	55	11	33	23	22	11
	tatsächlich	35	22	23	22	33	55	11	33	23	22	11
Baum 12	angenommenen	35	22	23	22	13	55	11	33	33	22	11
	tatsächlich	35	22	23	22	13	55	11	33	33	22	11
Baum 13	angenommenen	35	22	22	22	11	33	11	33	23	22	11
	tatsächlich	35	22	22	22	11	33	11	33	23	22	11
Baum 14	tatsächlich	33	22	22	22	11	55	11	33	23	22	11
Baum 15	angenommenen	33	22	22	22	13	35	12	33	33	22	11
	tatsächlich	33	22	22	22	13	35	12	33	33	22	11
Baum 16	angenommenen	33	22	22	22	13	55	11	33	33	22	11
	tatsächlich	33	22	22	22	13	55	11	33	33	22	11
Baum 17	angenommenen	33	22	23	22	33	55	11	33	33	22	11
	tatsächlich	33	22	23	22	33	55	11	33	33	22	11
Baum 18	angenommenen	33	22	22	22	33	33	11	33	23	22	11
	tatsächlich	33	22	22	22	33	33	11	33	23	22	11
Baum 19	angenommenen	33	22	22	22	33	35	11	33	33	22	11
	tatsächlich	33	22	22	22	33	35	11	33	33	22	11
	angenommenen	33	22	33	22	33	55	22	33	23	22	11
	tatsächlich	33	22	33	22	33	55	22	33	23	22	11

Man kann Tab. 3 weiterhin entnehmen, dass sich 16 der 17 untersuchten Tannen an mindestens einem der 11 Genorte voneinander unterscheiden. Zwei Bäume zeigen den gleichen Isoenzym-Multilocus-Genotyp (Baum Nr. 2 und Nr. 15). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass

1. die zwei untersuchten Referenzproben von einem Baum stammen, d.h. dass es sich in Wirklichkeit um 16 anstatt um 17 Tannen handelt oder dass
2. die beiden Bäume an den 11 untersuchten Isoenzymgenorten keine Differenzierung zeigen.

Da es sich tatsächlich um 17 verschiedene Bäume und um 17 verschiedene Saatgutproben handelte, kann davon ausgegangen werden, dass die beiden Bäume mit den verwendeten Isoenzym-Genmarkern nicht differenziert werden konnten. Um die zwei Bäume Nr. 2 und Nr. 15 doch noch differenzieren zu können, wurden zusätzlich cpDNA-Mikrosatelliten als weiterer genetischer Marker eingesetzt.

Tab. 4: Chloroplasten-Haplotypen ermittelt an 3 Mikrosatelliten-Loci.
Chloroplast haplotypes determined using 3 microsatellite loci.

Mutterbaum	Pt 30141	Pt 30249	Pt 71936	Haplotyp
2	147	100	150	1
3	147	100	150	1
4	141	99	152	2
5	139	100	152	3
6	147	100	150	1
7	139	99	152	4
8	148	99	150	5
10	139	99	152	4
11	148	99	150	5
12	141	98	155	6
13	139	99	152	4
14	144	99	150	7
15	136	98	156	8
16	146	99	151	9
17	141	98	155	7
18	136	98	155	10
19	142	99	155	11

Tab. 4 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung an Nadeln der Tannen mit cpDNA-Mikrosatelliten an drei Mikrosatellitenorten. Aufgeführt sind die Fragmentlängen der DNA-Stücke in der Anzahl der Basenpaare (bp). Es lässt sich erkennen, dass es auch mit Hilfe der Mikrosatelliten nicht möglich war, alle 17 Tannen zu unterscheiden. Es konnten 11 Haplotypen unterschieden werden. Dabei traten die Haplotypen "1" und "4" jeweils dreimal und die Haplotypen "5" und "7" jeweils zweimal auf.

Allerdings war es möglich, die beiden Bäume Nr. 2 und Nr. 15, die mit Isoenzymgenmarkern nicht unterschieden werden konnten, mit Hilfe der Mikrosatelliten zu unterscheiden (in Tab. 4 grau markiert). Der kombinierte Einsatz beider Marker-Typen erlaubte somit eine Unterscheidung der 17 untersuchten Tannen.

5 Schlussfolgerungen

- Grundsätzlich ist es möglich, anhand der Endospermanalyse (Isoenzymanalyse) die Erntebäume zu differenzieren. Bei Bedarf müssen allerdings Isoenzym- und DNA-Marker kombiniert eingesetzt werden
Die Voraussetzung dabei ist, dass für die Endospermanalyse mittels Isoenzymgenmarker ausreichend Samen pro Einzelbaum zur Verfügung stehen, um auf den tatsächlichen, mütterlichen diploiden Genotyp schließen zu können. Es sollten mindestens 6 Endosperme pro Baum zur Verfügung stehen.
- Durch die Kombination der beiden Marker-Typen wird die Zahl der unterscheidbaren Einzelindividuen erhöht.
- Die Analyse der cpDNA-Mikrosatelliten wurde in dieser Arbeit an Nadeln des jeweiligen Mutterbaumes durchgeführt, jedoch wäre die gleiche Untersuchung auch mit nur einem Endosperm je Mutterbaum möglich.
Eine Untersuchung von VENDRAMIN & ZIEGENHAGEN (1997) zeigte, dass das Endosperm von Tannensamen den gleichen Chloroplasten-Haplotypen aufweist wie der Mutterbaum. Dies ist wichtig zu wissen, da im Zuge des privatrechtlichen Herkunftssicherungssystems lediglich Saatgutproben (Referenzproben) für die Kontrollen zurückgelegt werden, so dass keine Nadeln der Erntebäume zur Verfügung stehen werden.

6 Literaturverzeichnis

- ANONYMUS (1999):** BMBF-Forschungsantrag „Forschung für die Umwelt“, Teilbereich „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“ der FVA Baden-Württemberg, Freiburg, 20 Seiten.
- BREITENBACH-DORFER, M. & GEBUREK, TH. (1995):** Gene modifies electrophoretic properties of malate dehydrogenase in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Hereditas*, 122, pp.103-108.
- DUMOLIN, S.; DEMESURE, B. & PETIT, R.L. (1995):** Inheritance of chloroplast and mitochondrial genomes in pedunculate oak investigated with an efficient OCR method. *Theoretical and Applied Genetics*, 91, pp.1253-1256.
- GREGORIUS, H.-R., HATTEMER, H. H. & BERGMANN, F. (1984):** Über Erreichtes und kaum Erreichbares bei der „Identifikation“ forstlichen Vermehrungsguts. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 155 Jg., Heft 9, pp.201-214.

- HATTEMER, H. H.; BERGMANN, F. & ZIEHE, M. (1993):** Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft. J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt am Main, 492 Seiten.
- HUSSENDÖRFER, E.; KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** Inheritance and linkage of isozyme variants of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Forest Genetics*, 2(1), pp.29-40.
- LIEPELT, S.; KUHLENKAMP, V.; ANZIDEL, M.; VENDRAMIN, G.G. & ZIEGENHAGEN, B. (2001):** Pitfalls in determining size homoplasy of microsatellite loci. *Molecular Ecology Notes*, 1, pp.332-335.
- VENDRAMIN, G.G.; LELLI, L.; ROSSI, P. & MORGANTE, M. (1996):** A set of primers for the amplification of 20 chloroplast microsatellites in Pinaceae. *Molecular Ecology*, 5, pp.595-598.
- VENDRAMIN, G.G. & ZIEGENHAGEN, B. (1997):** Characterisation and inheritance of polymorphic plastid microsatellites in *Abies*. *Genome*, 40, pp.857-864.

Anschriften der Autorinnen und Autoren:

Eva Cremer

Forstliche Versuchs- und Forschungs-
Anstalt, Abteilung Waldökologie
Wonnhaldestraße 4
D-79100 Freiburg
Eva.Cremer@forst.bwl.de

Sascha Liepelt

Institut für Forstgenetik der
Bundesforschungsanstalt für Forst und
Holzwirtschaft, Sieker Landstraße 2
D-22927 Großhansdorf
liepelt@holz.uni-hamburg.de

Prof. Dr. Birgit Ziegenhagen

Philipps-Universität Marburg
FB Biologie, Fachgebiet Naturschutz
Karl-von-Frisch-Strasse
D-35032 Marburg
ziegenha@staff.uni-marburg.de

Prof. Dr. Erwin Hussendörfer

FH Weihenstephan
FB Wald und Forstwirtschaft
Am Hochanger 5
D-85354 Freising
erwin.hussendoerfer@fh-weihenstephan.de

Strategie zur Erhaltung der genetischen Ressourcen der Tannen *Abies alba* MILL. und *Abies Borisii-regis* MATTF. in Bulgarien

MEGLENA PLUGTSCHIEVA, VELITCHKO GAGOV, ILJA SIMEONOV,
STOICHO BJALKOV & DIMITAR BARDAROV

Keywords: *Abies alba*, *Abies borisii-regis*, biological diversity, safeguarding genetic resources, genetic variability, seed orchards, clone collections, silviculture of fir

Abstract

Title of the paper: Strategy on the conservation of the genetic resources of the fir species *Abies alba* MILL. and *Abies Borisii-regis* MATTF. in Bulgaria.

In Bulgaria a program for the investigation and conservation of the genetic resources of the fir species *Abies alba* MILL. and *Abies borisii-regis* MATTF. has been carried out since the 1960's. The conservation strategy has to be viewed in the context with the national strategy on the conservation of biological diversity, which has been implemented in 1993. The conservation strategy follows the requirements of the Convention of Biological Diversity passed by the UN Conference in Rio de Janeiro in 1992.

For maintaining the genetic resources of fir in Bulgaria, *in situ* and *ex situ* procedures are applied. Some of the oldest relic populations are to be found in three reservations. Included are the reservations "Karsenlika" – 1.198,5 ha (East-Stara Planina, "Kazana" – 32,5 ha (West-Rhodopen) and "Ali Bottusch" – 1.628,8 ha including 22.2 ha *Abies borisii-regis* Mattf. (Slavianka) In the reservation "Kazana" the silver fir trees are 350-400 years old and reach a height of 55-60 m, have a diameter of 2 m and there is 1.400 m³ stand volume per ha. Silver fir is one of the most important tree species of the reservations "Parangaliza" – 1.509 ha (Rila), Mantariza – 1.069,2 ha and in the Rila Monastery Forest – 3.676,5 ha.

Among 31.950 ha of autochthonous fir stands, 1.214 ha have been designated seed crop stands during the past 40 years thus representing the altitudinal distribution, the sites and the morphological variability of silver fir. In the distinct stands 650 plus trees have been selected being characteristic for the polymorphism present. For the genetic qualification of these trees, provenance trial plots comprising a total area of 65 ha were established at four forest sites in the Rila, Pirin, West-Rhodopen, East Stara Planina and Strandja Mts. Were established. The vegetative seed orchard in the forest district Staro Oriachovo (East Stara Planina) comprises 426 clones. Simultaneously this seed orchard represents a clone collection. The genetic characterization of the selected populations from all mountainous regions in Bulgaria and of the graftings from the clones present in the seed orchard has been performed together with Dr. FRITZ BERGMANN by isozyme analysis carried out in the forest genetic lab of the University of Göttingen. In order to study the process of the formation of species and form of silver fir as well as the migration routes through the Balkan countries, samples of fir populations from Macedonia and Turkey were harvested and studied in order to compare the gene pools.

Furthermore, the program on the investigation and the conservation of biological diversity intends to determine the morphological, phenotypic and genetic variability, resistance, growth, and productivity of autochthonous populations and their progenies in provenance and progeny tests. This plan includes the future strategy and possibilities for:

- the conservation and utilization of the genetic resources of silver fir in Bulgaria;
- the use of reproductive material suited to distinct growth areas for the re-establishment of the original range of distribution of silver fir;
- the selection of the most suitable trees and clones to obtain seed and plant stock and the cultivation of Christmas tree plantations;
- the selection of parental material for the future cultivation of new seed stock sources of genetically improved seed (clonal seed orchard of stage two);
- the determination of the optimal silvicultural procedures for managing the autochthonous populations and for preserving and rejuvenating them through natural regeneration.
- The elaboration of a strategy for future selection measures inclusive of controlled breeding.

Schlagwörter: *Abies alba*, *Abies borisii-regis*, biologische Vielfalt, Sicherung der Genressourcen, genetische Variabilität, Samenplantagen, Klonsammlungen, Waldbau der Tanne

Zusammenfassung

Seit den 1960er Jahren hat Bulgarien ein Programm zur Untersuchung und Erhaltung der genetischen Ressourcen der Tannenarten *Abies alba* MILL. und *Abies borisii-regis* MATTF.. Die Erhaltungsstrategie ist im Kontext mit der Nationalen Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt zu sehen, die seit 1993 in Kraft ist. Die Erhaltungsstrategie folgt den Anforderungen der Konvention für die biologische Vielfalt, die im Jahr 1992 von der Konferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro verabschiedet wurde.

Zur Erhaltung der genetischen Ressourcen der Tannen in Bulgarien werden *in situ*- und *ex situ*-Verfahren angewandt. In drei Reservaten sind einige der ältesten Reliktpopulationen zu finden. Es handelt sich um die Reservate "Karsenlika" – 1.198,5 ha (Ost-Stara Planina), "Kazana" – 32,5 ha (West-Rhodopen) und "Ali Botusch" – 1.628,8 ha, davon 22,2 ha *Abies borisii-regis* MATTF. (Slavianka). Im Reservat "Kazana" sind die Weißtannen 350-400 Jahre alt und erreichen eine Höhe von 55-60 m, 2 m Durchmesser und 1.400 m³ Vorrat pro ha. Die Tanne ist eine der wichtigsten Baumarten in den Reservaten "Parangalitz" – 1.509 ha (Rila), Mantaritz" – 1.069,2 ha und im "Rilaklosterwald" – 3.676,5 ha.

In den letzten 40 Jahren sind 1.214 ha Erntebestände innerhalb der 31.950 ha autochthoner Tannenbestände ausgewiesen worden, die die Höhenverbreitung, die Standorte und die morphologische Variabilität repräsentieren. In den einzelnen Beständen sind 650 Bäume ausgewählt, die für den vorhandenen Polymorphismus charakteristisch sind. Für die genetische Qualifizierung dieser Bäume sind an vier Waldorten in den Gebirgen Rila, Pirin, West-Rhodopen, Ost Stara Planina und Strandja Provenienzversuchsflächen mit einer Flächengröße von 65 ha angelegt worden. Die vegetative Samenplantage im Forstamt Staro Oriachovo (Ost Stara Planina) umfasst 426 Klone. Diese Samenplantage ist gleichzeitig eine Klonsammlung. Gemeinsam mit Dr. FRITZ BERGMANN ist im Forstgenetiklabor der Universität Göttingen mittels Isoenzymanalyse eine genetische Charakterisierung der ausgelesenen Populationen aus allen Gebirgen in Bulgarien und aller Pflanzlinge aus den in der Samenplantage vorhandenen Klonen durchgeführt worden. Zum Vergleich bei der Untersuchung des Art- und Formbildungsprozesses und des Wanderungswegs der Tanne durch den Balkan sind Populationsproben aus Makedonien und der Türkei gewonnen und untersucht worden. Das Programm zur Untersuchung und Erhaltung der biologischen Vielfalt und der genetischen Ressourcen der Tannen, das eine Bestimmung der morphologischen, phänotypischen und genetischen Variabilität, die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit, des Wachstums und der Produktivität der autochthonen Populationen und deren Nachkommenschaften in Provenienz- und Nachkommenschaftskulturen vorsieht, zeigt die zukünftige Strategie und die Möglichkeiten auf für:

- die Erhaltung und zweckmäßige Nutzung der genetischen Ressourcen der Tannen in Bulgarien;
- die wuchsgebietgerechte Verwendung des Vermehrungsguts bei der Wiederherstellung ihres Areals;
- die Auswahl der geeignetsten Bäume und Klone zur Samengewinnung, Pflanzgutproduktion und Anbau von Weihnachtsbaumplantagen;
- die Auswahl des Ausgangsmaterials zur künftigen Gewinnung von genetisch verbessertem Saatgut (vegetativen Samenplantagen der zweiten Stufe);
- die Feststellung der für diese Baumarten optimalen waldbaulichen Vorgehensweisen bei der Bewirtschaftung der autochthonen Populationen und deren Erhaltung sowie Ausbreitung durch Naturverjüngung;
- die Erarbeitung einer Strategie für künftige Selektionsmaßnahmen, einschließlich kontrollierter Züchtung.

1 Einführung

Die Tanne (*Abies alba* MILL.) ist phylogenetisch eine der ältesten Nadelbaumarten und ist für die Stabilität der Gebirgswaldgesellschaften auf der Balkanhalbinsel unverzichtbar. Sie ist unter unterschiedlichen topographischen, geologischen, klimatischen, bodentypologischen und hydrologischen Standortbedingungen sowohl auf trockenen und nährstoffarmen als auch auf feuchten und nährstoffreichen Böden anzutreffen. Ihre Verbreitung

reicht von ungefähr 450-500 m ü. NN im Balkan-Gebirge bis zu 1.900-2.000 m ü. NN im Piringebirge. Sie bildet Rein- und Mischbestände mit der Hainbuche und der orientalischen Hainbuche (*Carpinus sp.*), der Buche und orientalischen Buche (*Fagus sp.*), der Traubeneiche (*Quercus petraea*), der Schwarzkiefer und der Föhre, der Schwarz- und Weißmurakiefer und der Latschenkiefer (*Pinus sp.*), der Fichte (*Picea sp.*) und anderen Baum- und Straucharten. (GAGOV 1975; DOBRINOV *et al.* 1972; KRAMER 1986; GAGOV 1973).

Im Jahre 1925 ist die in den südlichsten Teilen der Rhodopen, des Pirin- und Slavianka-Gebirges anzutreffende Tannenart *Abies Borisii-regis* MATTF. zum ersten Mal als eine mögliche Hybride zwischen der Weißtanne und der griechischen Tanne (MATTFELD 1925, 1931) beschrieben worden.

Die westlichste Arealgrenze der Weißtanne befindet sich in den Pyrenäen (Spanien) und die östlichste in den Ost-Rhodopen (Bulgarien) auf dem Gebiet der Forstämter Kirkovo, Kardjali und Jenda. Charakteristisch für die Tannenpopulationen in Bulgarien ist, dass sie autochthon sind. Sie erstrecken sich auf einer Fläche von 32.000 ha, 59% davon, d.h. 18.706 ha sind Bestände im Alter über 80 Jahre. Der Einfluss der Tertiär- und Quartär-Vereisungen auf die Flora im Lande wird durch das Vorhandensein einer Vielzahl von Endemiepflanzenarten deutlich. Die letzte Eiszeit hat die Tanne auf der Balkanhalbinsel und in einigen isolierten Refugien Südeuropas überlebt. Nach dem Rückzug des Eises wanderte sie auf verschiedenen Wegen zurück und bildete das heutige Areal in den West-, Ost-, Mittel- und Nordostregionen Europas. Durch eine introgressive Hybridisierung ist es zur Bildung von neuen Taxonen gekommen (KONNERT & BERGMANN 1995; BREITENBACH-DORFER *et al.* 1997; SKALCOYANIS *et al.* 1998; BERGMANN & GAGOV 2001). Die räumlichen Unterschiede der Allelfrequenzen der für das jeweilige Gebiet spezifischen Allele weisen darauf hin, dass sich die Populationen der türkischen Tannen und der *Abies cephalonica* LOUD. aus Griechenland von den anderen Populationen der *Abies alba* MILL. und *Abies Borisii-regis* MATTF. unterscheiden, die sich in eine Nordgruppe (die Tanne aus Slowenien, Serbien und den Karpaten) und einer Südgruppe (die Tanne aus Bulgarien, Macedonien und Griechenland) einteilen lassen. Es ist festgestellt worden, dass die Populationen aus Mittel- und Nordosteuropa im Vergleich zu denjenigen aus Südosteuropa eine geringere genetische Variabilität besitzen (BERGMANN & GAGOV 2001). Deshalb interessieren die Glazial-Refugien, die Wanderungswege der Tanne und die genetische Variabilität innerhalb und zwischen den einzelnen Populationen.

2 Gründe zur Erhaltung der genetischen Ressourcen

Der menschliche Einfluss auf den Zustand der Wälder sowie auf die Populationen der einzelnen Baumarten nimmt weiter zu. Er führt zu Änderungen in der Baumartenverbreitung sowie im Verhältnis zwischen den Baumarten und den einzelnen Individuen in den Populationen. Deswegen es ist notwendig, die Aktivitäten zur Erhaltung der biologischen Vielfalt zu verstärken. In Bulgarien sowie in den anderen Balkan- und Mittelmeerländern sind die autochthonen Rein- und Mischbestände der Weißtanne im hohen Maße durch die jahrhundertlange Nutzung beeinflusst. Im Rhodopen-, Rila- und Piringebirge sind ausgedehnte Waldungen aus vitalen, widerstandsfähigen und

hochproduktiven Rein- und mit anderen Nadel- und Laubbaumarten gemischten autochthonen Waldbeständen mit ausgezeichneter Naturverjüngung vorhanden. In einigen Bergregionen ist allerdings ihr Vorkommen stark zurückgegangen. In vielen Regionen, wo in der Vergangenheit die Tannenpopulationen dominierten, ist die Tanne heute nur noch kleingruppen- und einzelbaumweise zu finden oder ganz verschwunden. Einige Autoren sehen den Hauptgrund des Rückgangs des Tannenanteils in den natürlichen Beständen in Mittel- und Nordosteuropa in ihrer reduzierten Anpassungsfähigkeit infolge ungenügender genetischer Variabilität. Zweifellos haben Klimaänderungen und Änderungen der natürlichen ökologischen Bedingungen zur Reduzierung des Tannenanteils beigetragen. Der Hauptgrund für diesen Prozess ist aber im anthropogenen Einfluss auf den Wald zu finden.

Lang war die Periode der Übernutzung der Wälder in Bulgarien. Das Ergebnis war die Entwaldung großer Flächen und der Verlust wichtiger Baumarten in den Beständen. Die Tannenbestände in Bulgarien kommen auf einem breiten Spektrum von Standorten vor. Der Zustand dieser Bestände ist unterschiedlich und hauptsächlich durch die frühere Bewirtschaftung bedingt.

Die auf der geringsten Meereshöhe von 450-500 m bis zu 700-750 m ü. NN vorkommenden Tannenbestände in Bulgarien sind im Ost-Balkangebirge zu finden, darunter auch im Reservat "Kersenska". Die Erhaltung dieser einzigartigen Tannen-Herkunft ist der Schaffung dieses Reservates zu verdanken. Die Untersuchungen der genetischen Struktur der dortigen Population haben im Vergleich zu den anderen Tannenpopulationen im Lande eine große Zahl von effektiven Allelen aufgezeigt. Die Kenngrößen der genetischen Diversität (v), des Niveaus der Intrapopulationsdifferenzierung (δ) und der Interpopulationsdifferenzierung (D_j) weisen hier höchste Werte auf (GAGOV & BERGMANN 2002). Samenjähre der Tanne sind allerdings eine Seltenheit, so dass der Verjüngungsprozess gestört ist. Ursache für die Störungen im Verjüngungsprozess sind höchstwahrscheinlich die Schadstoffeinträge, die ungehindert aus den nördlichen, außerhalb der Landesgrenze liegenden Regionen, vorwiegend aus den 200 km vom Reservat entfernt zu findenden Industriekomplexen Rumäniens in das Reservat und seine Umgebung gelangen.

Den Endpunkt des Weißtannenareals in Südosteuropa stellen die Populationen in den Ost-Rhodopen dar. Die Tannen wachsen auf einer Meereshöhe von 600-650 m bis zu 1.100-1.200 m. Die geographische Herkunft dieser Populationen ist noch nicht im ganzen geklärt. Nach genetischen Untersuchungen ist in diesen Populationen das Vorhandensein von seltenen Allelen festgestellt worden, die charakteristisch für diejenigen Populationen sind, die für die Tannenpopulationen auf Extremstandorten zu finden sind (GAGOV & BERGMANN 2002). Den Einfluss der in den letzten Jahrzehnten abgelaufenen Klimaänderungen spürt man hier am stärksten. Die Niederschläge haben abgenommen, die Temperaturen steigen, die relative Luftfeuchtigkeit während der Vegetationsperiode ist geringer geworden. Die Populationen befinden sich in einer Stresssituation.

Die unkontrollierte massenhafte Nutzung der Tanne im Laufe von einigen Jahrhunderten, die Änderungen der ökologischen Verhältnisse, die einerseits infolge der menschlichen Tätigkeit und andererseits wegen der Klimaänderungen auftreten, sind die Ursache für eine drastische Reduzierung des Tannenanteils. Tannenpopulationen in solch schlechtem Zustand sind auch in den Süd-Rhodopen, im Ossogovo-Gebirge und im Malashevka-

Gebirge zu finden. Im Belasitza-Gebirge ist es zu einem vollständigen Verschwinden der Tanne gekommen.

Aus genetischer Sicht interessieren die Bestände von *Abies Borisii-regis* im Slavianka-Gebirge, im Süd-Pirin und in den südlichen Teilen der Mittel- und West-Rhodopen besonders. Bis zum Jahr 1990 befanden sich diese Populationen in für Zugang und Nutzung geschlossenen Grenzregionen zu Griechenland. Wegen des Fehlens von Wegen und infolge der Ausweisung der Region als Naturreservat können die dort durch Wind- und Schneebruch gefallenen Holzmengen nicht genutzt werden. Ein bedeutender Teil des genetischen Potentials ist verloren, wegen der reduzierten Anzahl an reproduktionsfähiger Tannen ist die Naturverjüngung erschwert.

Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen weisen darauf hin, dass die dortige Tanne ein Ergebnis komplizierter Introgression zwischen der griechischen und der Weißtanne ist, wobei eine Übertragung von genetischem Material durch Pollen von den Tannen in der Türkei nicht auszuschließen ist (BERGMANN & GAGOV 2001). Die Ergebnisse der Messungen in den Versuchsflächen weisen auf ein überlegenes Höhenwachstum dieser Herkunft gegenüber den anderen Herkünften hin. Kronendichte, Nadellänge und dunkelgrüne Färbung der Nadeln lassen diese Tannenpopulation besonders für eine Weihnachtsbaumproduktion geeignet erscheinen. Relativ am besten erhalten, vital und hochproduktiv sind in Bulgarien die autochthonen Populationen im Rila- und Pirin-Gebirge sowie in den Mittel- und West-Rhodopen auf einer Meereshöhe über 1.200-1.300 m.

In den letzten Jahrzehnten wuchs das wissenschaftliche Interesse für die Tannenarten. Dies hat folgende Gründe:

- die Evolutionsgeschichte des Art- und Formbildungsprozesses und des genetischen Zusammenhangs zwischen den einzelnen Taxonen der Gattung *Abies* sind nicht geklärt;
- die Rolle der Tannen für die Stabilität der Waldökosysteme gewinnt immer mehr an Bedeutung;
- die hohe Produktivität im Vergleich zu den anderen Nadelbaumarten wie der Waldföhre, der Schwarzkiefer und der Fichte;
- ein großes Verbraucherinteresse, sowohl in der Vergangenheit als auch heutzutage, an Tannenholz für die Bedürfnisse der Holzwirtschaft;
- die ungeklärten Ursachen für die Degradierungsprozesse (Absterben) im natürlichen Verbreitungsareal;
- der Wunsch zur Wiederherstellung des stark zurückgegangenen Areals;
- die Möglichkeit zum Aufbau von Weihnachtsbaumplantagen;
- die häufig immer noch falsche waldbauliche Behandlung bei der Bewirtschaftung der Tannen-Rein- und -Mischbestände.

Es ist zu hoffen, dass die wissenschaftliche Bearbeitung und Beantwortung dieser Fragen zur Erhaltung der Tannenpopulationen und -ressourcen beitragen wird.

3 Notwendigkeit zur Erhaltung der genetischen Ressourcen

Die lang andauernden Degradierungsprozesse in vielen Tannenpopulationen in Bulgarien erfordern die Klärung der Ursachen dieser Prozesse. Eine Änderung der waldbaulichen Vorgehensweisen und der Verfahren der Bewirtschaftung, Pflege und Nutzung ist notwendig. Die waldbauliche Tätigkeit des Menschen kann sich auf den Genpool der einzelnen Arten auswirken (LEDIG 1980). Die Populationsgrößen nehmen durch menschlichen Einfluss häufig ab, Änderungen der Allelstrukturen sowie ein Verlust an Allelvarianten können eintreten. Die Reduzierung der Individuendichte in der Population erschwert den Kontakt zwischen diesen und verschlechtert die Kreuzungsbedingungen, womit die Möglichkeiten zur Verbesserung der Individuen- und Populationszusammensetzung vermindert werden. Die Konsequenzen der genetischen Erosion führen zu einer Verschlechterung der Waldökosystemfunktionen und der ökologischen Homöostase, zur Verminderung der Möglichkeit einer natürlichen Anpassung an die Standortbedingungen und zum Verlust züchterischer und genetischer Verbesserungsmöglichkeiten (BOYLE 1992). Deswegen werden verschiedene waldbauliche Verfahren gesucht, die die Erhaltung der genetischen Variabilität gewährleisten. Als bewährte Bewirtschaftungsform für Tannenbestände wird der Plenterwaldbetrieb angegeben, bei dem die stufige, ungleichartige Struktur der Population erhalten bleibt (SCHÜTZ 1990).

Ein großer Teil der Tannenpopulationen in Bulgarien, insbesondere die auf einer Meereshöhe von ca. 1.000-1.100 m verbreiteten Populationen, stocken kleingruppenweise oder als Einzelbäume inmitten der Laubbaumvegetation. Als Folge davon tritt Allelverlust auf, die Menge der keimfähigen Samen und die Vitalität des erzeugten Jungwuchses gehen zurück, und schlussendlich verändert sich allmählich die Zusammensetzung der Populationen zu Gunsten anderer Baumarten. Die Ernte der Tannen und das Belassen nur weniger Samenbäume führt zum Verlust bestimmter Allele, wodurch die genetische Vielfalt reduziert, der Homozygotiegrad und der Inzuchtgrad im vorhandenen Jungwuchs erhöht wird. Mit dem Generationswechsel nehmen die Vitalität und Möglichkeiten zur Anpassung an die sich ständig verändernden Lebensbedingungen ab. Das Tannenareal wird weiter reduziert, ein Verlust an Variabilität und genetischem Potential muss festgestellt werden.

Diese Situation ist typisch für viele Tannenpopulationen, insbesondere in den Ost-Rhodopen und dem Malaschevska-, Slavianka- und Balkan-Gebirge. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, ein Programm zur Untersuchung und Erhaltung des in den Tannenpopulationen vorhandenen Genpools umzusetzen.

4 Voraussetzungen für die Erhaltung der genetischen Ressourcen

Der genetische Reichtum der Tannenpopulationen in Bulgarien ist durch ihre Autochthonie, die günstigen ökologischen Bedingungen und die im Vergleich immer noch weitgehende Sauberkeit der Natur bedingt. Trotzdem treten Änderungen infolge des Einflusses einiger Faktoren auf, wie:

- (i) die natürliche Entwicklung der lang andauernden Evolutionsprozesse, die einen positiven Einfluss zur Stabilisierung und Erhaltung des genetischen Potentials besitzen. In diesem Falle treten die Änderungen langsam auf und sind nicht spürbar;
- (ii) die natürliche Änderung der ökologischen Bedingungen weltweit: Temperaturerhöhung und Niederschlagsmengenabnahme, an die sich die Populationen mit Änderungen in der genetischen Struktur anpassen. Diese Änderungen laufen allmählich in einer lang andauernden Periode ab;
- (iii) der Mensch durch seine Aktivitäten bei:
 - dessen Eingriffe in den Wald, durch Holznutzung und Verjüngung. In diesem Falle verändert sich sehr rasch die Zusammensetzung der Bestände und deren genetisches Potential, meist mit negativen Auswirkungen;
 - Umweltverschmutzung und Verschlechterung der Standortbedingungen infolge der Schadstoffemissionen der Industrie mit der Folge des Absterbens von Bäumen und des Ausbleibens der Naturverjüngung sowie auftretende Waldbrände und vollständige Vernichtung des Genpools.

Von den angeführten drei Hauptfaktoren kann in Hinsicht auf die Erhaltung des natürlichen Artenpotentials einschließlich des Tannenpotentials nur der dritte, nämlich die menschliche Tätigkeit, mittels entsprechender Gesetzgebung reguliert werden.

Die endogene Intra- und Interpopulationsvariabilität sowie der vorhandene Polymorphismus der Tanne in Bulgarien sind seit längerem bekannt. Nachgewiesen ist eine Reihe von Formen. Eine Korrelation zwischen einigen phänotypischen Merkmalen und qualitativen und quantitativen Eigenschaften ist ebenfalls festgestellt worden. Der wertvolle *in-situ*-Genpool ist in Naturreservaten, Naturparks, grünen Zonen, Saatguterntebeständen und einzelnen geschützten Bäumen erhalten. Mittels phänotypischer Auslese ist eine individuelle Selektion in fast allen Populationen erfolgt. Über 650 phänotypische Vertreter des vorhandenen Polymorphismus sind ausgewiesen. Der Genpool ist in *ex-situ*-Verfahren durch generative und Provenienzversuche erhalten, die im Balkan-, Rila-, Pirin-Gebirge und in den Rhodopen in der Zone des natürlichen Areals sowie im Strandja-Gebirge, wo die Verhältnisse auf den Standorten der Traubeneiche und der orientalischen Buche für die Tanne sehr geeignet sind, angebaut wurden. Die Provenienzversuche sind mit Pflanzgut aus einigen aufeinander folgenden jährlichen Ernten angelegt worden, was die Untersuchung der dauerhaft in die Nachkommenschaften übergebenen quantitativen und qualitativen Merkmale eines Mutterbaumes ermöglicht. Es gibt auch eine vegetative Samenplantage, die zudem die Funktion einer Klonsammlung hat.

Die wichtigsten Zielsetzungen der Untersuchung des Genpools der Tannen in Bulgarien sind die folgenden:

(i) Feststellung

- der genetischen Abhängigkeit der metrischen quantitativen Merkmale und deren Selektionswert sowie der Bedeutung bei der Auslese der Bäume und der Bestände zur Erhaltung der genetischen Ressourcen;
- der genetischen Populationsstruktur mittels isoenzymatischer genetischer Marker im Zusammenhang mit der Klärung des Tannenwanderungswegs und der Herkunft der einzelnen Taxone in der Gattung *Abies*;
- der Repräsentativität der ausgelesenen und erhaltenen genetischen Ressourcen und Feststellung des Bedarfs an zusätzlicher Auslese von Ausgangsmaterial.

(ii) Beurteilung

- des Ausmaßes der phänotypischen Variabilität und der Grenzen ihrer Variation;
- der Korrelation zwischen den qualitativen und quantitativen Merkmalen und physiologischen Eigenschaften;
- der Prinzipien zur Auslese der Bestände, zur Erhaltung der genetischen Ressourcen und zur Saatgutgewinnung.

(iii) Aus waldbaulicher Sicht:

- Erarbeitung von spezifischen Verfahren und Vorgehensweisen zur optimalen, den biologischen Ansprüchen der Tannen entsprechenden, naturnahen Bewirtschaftungsformen in Tannen- Rein- und Mischbeständen.

Charakteristisch für die autochthonen Tannenpopulationen Bulgariens ist das Vorhandensein einer reichen Intra- und Interpopulationsvariabilität. Sie ist das Ergebnis der Evolutionsgeschichte und der Auswirkung der Evolutionsfaktoren wie Naturauslese, Isolation, Migration, genetisch-automatischer Prozesse und introgressiver Hybridisierung. Die Bewahrung dieser Variabilität und die Erhaltung vitaler Naturverjüngungen sind eine notwendige Bedingung für eine künftige aktive Selektionstätigkeit, Verbesserung und Bereicherung des Genpools sowie für kontrollierte Kreuzungen.

5 Möglichkeiten zur Erhaltung der genetischen Vielfalt

Die Idee zur Erhaltung der genetischen Ressourcen, d.h. zur Erhaltung der genetischen Vielfalt ist von Forstselektionsexperten initiiert worden zum Zweck der Erhaltung der wertvollen, erblich bedingten morphologischen Merkmale und physiologischen Eigenschaften. Deswegen muss ein ernst zu nehmendes Programm zur Erhaltung der genetischen Ressourcen auf klaren Zielen und entsprechenden Kenntnissen der genetischen Struktur der Art beruhen (ERIKSSON 1995).

Der ökologische Stress bei der Tanne aus den letzten Jahren, der in vielen Regionen ein Ergebnis der Klimaerwärmung, der Niederschlagsmengenreduzierung, der Luftverschmutzung, der Massenverbreitung von Mistelpopulationen und in manchen Fällen einer

fehlerhaften waldbaulichen Behandlung ist, spielt eine wichtige Rolle bei der Erarbeitung eines Konzeptes zur Erhaltung der autochthonen Bestände, weil diese im Vergleich zu den anderen Arten und Vegetationsgesellschaften unter den lokalen Standortbedingungen widerstandsfähiger sind. Die Erhaltung der natürlichen Vielfalt bei der Tanne muss unter natürlichen Bedingungen erfolgen. Der naturnahe Waldbau verstärkt im hohen Maße die Beziehung zwischen der Aktivität zur Erhaltung der genetischen Vielfalt und der forstlichen Praxis.

Einige Autoren machen dazu den Vorschlag, Populationen zu suchen, die eine mit der genetischen Vielfalt und sehr guter Naturverjüngung verbundene hohe phänotypische Stabilität aufweisen, weil sich die die molekulare Evolution steuernden Gesetze wesentlich von den die phänotypische Evolution steuernden Gesetze unterscheiden (MATYÁS 1995; KIMURA 1983)

Ziel der Erhaltungsstrategie und der genetischen Forschungen ist die Erhaltung aller vorhandenen nützlichen Allele und Genkomplexe (*cf.* MILLAR & WESTFALL 1992).

In der weltweiten Praxis haben sich zwei Hauptverfahren zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und der genetischen Ressourcen durchgesetzt, *in situ* und *ex situ*, die kombiniert mit entsprechender waldbaulicher Behandlung sind. Sie bestimmen die Kriterien für die Selektion des Ausgangsmaterials (HATTEMER 1997; MAURER & TABEL 1995; BOYLE 1992).

Bei der weiteren Durchführung des zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und der genetischen Ressourcen der Gattung *Abies* festgelegten Programms in Bulgarien ist die Lösung der folgenden Aufgaben vorgesehen:

- Anpassung der Gesetzgebung für Selektion, Untersuchung und Erhaltung der Ressourcen an die internationalen Anforderungen;
- Feststellung des Bedarfs an zusätzlicher Selektion von Ausgangsmaterial zur Erhaltung des Genpools mittels entsprechender wissenschaftlicher Untersuchungen;
- Bereitstellung der erforderlichen Finanzmittel bei der Umsetzung der zur Erhaltung der Ressourcen vorgesehenen Maßnahmen;
- Begrenzung des möglichen Verlustes von Ressourcen einschließlich der Populationen unter Extrembedingungen mittels Gesetzgebungsaktivität.

Während der nächsten Etappen des in der Strategie zur Erhaltung der Ressourcen festgelegten Programms ist es notwendig, die folgenden Aktivitäten, zu beginnen:

(i) "in situ":

Die Anwendung dieses Verfahrens erfolgt für:

- zusätzliche Auslese von autochthonen Saatguterntebeständen mit reichem Genpool, welche die Alterstruktur und die Standortstypen in der vertikalen Verteilung der Tannenverbreitung umfassen soll;
- individuelle Auslese in allen Beständen;
- Ausweisen und Registrierung der einzelnen Bestände und ausgelesenen Bäume im Nationalen Register;
- waldbauliche Maßnahmen und anderen Maßnahmen zur Aufrechthaltung der Vitalität der Bestände und Sicherung derer Naturverjüngung;
- Maßnahmen zur Einschränkung der Luft-, Wasser- und Bodenverunreinigungen.

(ii) "ex situ":

Als Fortsetzung der bereits laufenden Aktivitäten sind die folgenden Maßnahmen vorgesehen:

- Aufbau einer vegetativen Samenplantage der zweiten Stufe und Ausweitung der Klonsammlungen;
- Prüfung der generativen Nachkommenschaften aus Freibestäubung der ausgeschiedenen und neu registrierten Bäume in den Versuchsaufforstungen unter verschiedenen Standortverhältnissen;
- Anbau von generativen Provenienzsammlungen für alle ausgelesenen autochthonen Populationen mit reicher phänotypischer Vielfalt und sehr guter Naturverjüngung, die bei unterschiedlichen ökologischen Bedingungen wachsen einschließlich der widerstandsfähigen und gesunden Populationen bei verschiedenem Niveau der Umweltverschmutzung;
- Anbau des aus Samen von stark geschädigten und absterbenden Populationen erzeugten Pflanzengutes.

Bei kontrollierten Verhältnissen und langfristiger Aufbewahrung ist das Schaffen einer Tannengenbank für Pollen möglich, der für künftige kontrollierte Züchtungsarbeit verwendet wird.

(iii) Wissenschaftliche Probleme:

- Ermittlung der genetischen Charakteristik der ausgelesenen Saatguterntebäume und -bestände mittels Isoenzymanalyse sowie anderer metrischer Messungen der Veränderlichkeit der morphologischen Merkmale;
- Feststellung und Untersuchung der Anpassungsmerkmale und ihrer genetischen Variabilität;
- Feststellung der Korrelation zwischen den genetischen Markern und den phänotypischen Anpassungsmerkmalen;
- Untersuchung der Merkmale für genetische Anpassungsfähigkeit an die erwarteten Klimaänderungen in den Populationen;
- Erarbeitung waldbaulicher Strategien zur Bewirtschaftung der Rein- und Mischbestände in Bezug auf die Erhaltung des Genpools und der Wiederherstellung des ehemaligen Tannen-Areals;
- Durchführung von genetischem Monitoring in den Randpopulationen der Tannenverbreitung, insbesondere in denjenigen, die bei extremen Verhältnissen wachsen.

Die Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und des genetischen Potentials der Tannenpopulationen ist im Einklang mit den Strategien der europäischen Länder zur Erhaltung der genetischen Ressourcen erarbeitet worden. Mit ihrer Umsetzung wird Bulgarien einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Wälder auf der Balkanhalbinsel und für die Durchsetzung der Prinzipien für ihre nachhaltige Bewirtschaftung leisten.

6 Literaturverzeichnis

- BERGMANN F. & KOWNATZKI, D. (1987):** The genetic variation pattern of silver fir (*Abies alba* MILL.) in Europe monitored from enzyme gene loci. 5. IUFRO-Tannensymposium, Zvolen.
- BERGMANN, F. & GAGOV, V. (1998):** Comparison of genetic structures between clones and their progenies (embryos) in Staro oryahovo silver fir (*Abies alba* MILL.) seed orchard. *Forestry ideas*, 3(16).
- BERGMANN, F. & GAGOV, V. (2001):** The detection of hybrid populations between fir species in the Southern Balkan peninsula (in press).
- BOYLE, T.J.B. (1992):** Forest Tree Genetic Conservation Activities in Canada, Information Report ST-X-4, Ottawa.
- BREITENBACH-DORFER, M.; KONNERT, M.; PINSKER, W.; STARLINGER, F. & GEBUREK, TH. (1997):** The contact zone between two migration routes of silver fir, *Abies alba* (Pinaceae), revealed by allozyme studies. *Plant Systematics and Evolution*, 206, pp.259-272.
- DOBRINOV, I. & GAGOV, V. (1982):** Genetisches Potential in den Wäldern Bulgariens, Zemizdat.
- ERIKSSON, G. (1995):** Which traits should be used to guide sampling for gene resources? Population genetics and genetic conservation of forest trees. Academic Publ. SPB
- GAGOV, V. (1971):** Veränderlichkeit und Selektion der Weisstanne in Bulgarien. *Forstwirtschaft*, 4.
- GAGOV, V. (1973):** Veränderlichkeit der natürlichen Populationen der Weisstanne (*Abies alba* MILL.). Dissertation, Sofia.
- GAGOV, V. & PLUGCHIEVA, M. (1994):** Untersuchung der Blei- und Zinkkonzentration in der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) unterschiedlicher Populationen in Bulgarien, 8. IUFRO-Tannensymposium.
- GAGOV, V. (1981):** Verbreitung und einige anatomisch-morphologische und biologische Besonderheiten der Weisstanne (*Abies alba* var. *acutifolia* TURILL.) in Bulgarien. Wissenschaftliche Beiträge der Universität für Forstwirtschaft, Sofia, XXVI.
- GAGOV, V. & BERGMANN, F. (2002):** Isozyme diversity of silver fir (*Abies alba* MILL.) seed stands in Bulgaria (in press).
- KIMURA, M. (1983):** The neutral theory of molecular evolution. Cambridge University Press, 367 pages.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history. *Plant Systematic Evolution*, 196, pp.19-30.
- KORMUTAK, A. (1987):** Isozyme polymorphism in Slovak populations of silver fir (*Abies alba* MILL.), 5. IUFRO-Tannensymposium, Zvolen.
- LEDIG, F.T. (1986):** Conservation strategies for forest gene resources. *FEMenage*, 14.
- MATTFELD, J. (1925):** *Abies Borisii-regis*. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft.
- MATYÁS, CH. (1995):** Forest genetics and gene conservation in the perspective of man-induced environmental changes. Population genetics and genetic conservation of forest trees, SPB Academic Publishing bv, Amsterdam, pp.341.347.
- MAURER W. & TABEL U. (1995):** Erhaltung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 50.Jg., Heft 2, pp.102-104.

- MELCHIOR, G.; BECKER, A.; BEHM, A.; DÖRFLINGER, H.; FRANKE, A.; KLEINSCHMIT, J.; MUHS, H.-J.; SCHMITT, H.-P.; STEPHAN, B.R.; TABEL, U.; WEISGERBER, H. & WIDMAYER, T. (1989): Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. *Forst und Holz*, 44.Jg., Heft 15, pp.379-404.
- MILLAR C.I. & Westfall R.D. (1992): Allozyme markers in forest genetic conservation. *New Forests*, 6.
- MITTON, J.B. (1983): Conifers. *In: Isozymes in plant genetics and breeding*, Amsterdam-Oxford-New York.
- SCHÜTZ, J.-PH. (1990): *Silviculture*, Presses Polytechniques et Universitaires, Romandes.

Anschrift der Autorin und der Autoren:

Dr. Meglena Plugtschieva

Vizeministerin für Landwirtschaft und Forsten, Bulgarisches Ministerium für Landwirtschaft und Forsten

e-mail: breze@bgnet.bg

Dipl.-Forstingenieur Ilja Simeonov

Leiter der Nationalen Forstverwaltung beim Bulgarischen Ministerium für Landwirtschaft und Forsten

e-mail: isimeonov@nug.bg

Dipl.-Forstingenieur Stoicho Bjalkov

Direktor der Direktion "Forstwirtschaft" der Nationalen Forstverwaltung Bulgariens

e-mail: sbjalkov@nug.bg

Dipl.-Forstingenieur Dimitar Bardarov

Leiter der Abteilung "Wiederbewaldung, Erosionsbekämpfung und wissenschaftliche Betreuung" der Nationalen Forstverwaltung Bulgariens

e-mail: forest@pe-link.net

alle:

Hristo Botev Str. 55
BG-1040 Sofia (Bulgarien)

Prof. Dr. Velitchko Gagov

Forsttechnische Universität Sofia
Kliment Ochridky Str. 10
BG-1756 Sofia (Bulgarien)

e-mail: vgagov@ltu.acad.bg

Die Erhaltung und Wiedereinbringung der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Thüringen*

WOLFGANG ARENHÖVEL

Keywords: European silver fir, *Abies alba*, Thuringia, endangering, conservation measures

Abstract

Title of the paper: Conserving and re-establishing European silver fir (*Abies alba* MILL.) in Thuringia.

The quantity of silver fir (*Abies alba* MILL.) in Thuringia decreased dramatically in the last centuries down to 0.1 per cent. For the future it is planned to increase it up to 5 per cent, because of its positive ecological qualities for the establishment of stable mixed stands in the mountainous regions of Thuringia. According to research and extensive studies on the genetics of silver fir, it can be assumed that the Thuringian silver fir is genetically not very variable due to its long postglacial migration.

Based on these findings the following conservation measures have to be taken:

1. Seeds will be harvested in indigenous and adapted stands.
2. Two seed orchards have been established to secure the supply with high quality seeds.
3. The use of other suitable provenances to increase the genetic variability.

Two seed orchards were established in 2000, about 1.3 million plants of silver fir have been planted since 1993. It is absolutely necessary to reduce the pressure of game in order to efficiently make the reintroduction of silver fir possible.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Thüringen, Gefährdung, Erhaltungsmaßnahmen

Zusammenfassung

Auch in Thüringen musste die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in den letzten Jahrhunderten einen dramatischen Rückgang hinnehmen. Ihr Anteil an der Waldfläche beträgt heute weniger als 0,1%. Langfristig soll die Weißtanne aber wieder einen Waldflächenanteil von 5% einnehmen, weil die Weißtanne aufgrund ihrer positiven ökologischen Eigenschaften für den Aufbau stabiler Mischbestände im submontanen, montanen und hochmontanen Bereich in Thüringen nicht zu ersetzen ist.

Im Ergebnis umfangreicher genetischer Untersuchungen musste festgestellt werden, dass die Weißtanne in Thüringen infolge ihres langen Rückwanderungsweges nach der letzten Eiszeit genetisch eingeeengt ist.

Aus diesem Befund leiten sich die folgenden Erhaltungsmaßnahmen ab:

1. Saatgutgewinnung in autochthonen und daher angepassten Saatgutbeständen mit Pflanzenanzucht für den Voranbau;
2. Aufbau von Weißtannen-Generhaltungssamenplantagen für die nachhaltige Bereitstellung mit qualitativ hochwertigem Saatgut;
3. Verwendung von geeigneten Fremdherkünften zur Erhöhung der genetischen Vielfalt.

Im Jahr 2000 wurden zwei Generhaltungssamenplantagen angelegt; seit 1993 wurden nahezu 1,3 Millionen Weißtannenpflanzen vorangebaut.

Nur wenn es gelingt, die überhöhten Schalenwildbestände auf ein ökosystemverträgliches Maß zurückzuführen, ist es möglich, der Weißtanne in Thüringen wieder den Platz einzuräumen, der waldbaulich, ökologisch und betriebswirtschaftlich notwendig ist.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.97-107.

1 Ausgangslage

Mit dem Ziel der Bestandsaufnahme, wieviel an Tanne und in welchem Zustand überhaupt noch vorhanden ist, veranlasste die Thüringer Landesforstverwaltung 1993 eine Inventur der Weißtannenvorkommen in Thüringen. Über deren Ergebnisse hat HENKEL (1995) ausführlich berichtet. Die Gesamtzahl der Weißtannen, die zum Inventurzeitpunkt älter als 20 Jahre waren, belief sich auf etwas mehr als 90.000. Die Weißtanneninventur von 1993 bestätigt damit die dramatische Situation dieser Baumart an ihrer nordwestlichen Verbreitungsgrenze. Bereits 1933 hatte übrigens SCHABER in seinem für die Thüringer Forstwirtschaft grundlegenden Werk "Waldbauliches aus Thüringen" als Ersatz für die sterbende Weißtanne den verstärkten Anbau der Douglasie empfohlen.

2 Zielstellung

Im submontanen, montanen und hochmontanen Bereich des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges ist die Tanne ökologisch nicht zu ersetzen. Sie schafft strukturreiche Mischbestände und sorgt damit für Stabilität und Elastizität in diesen dort heute weitgehend von der Fichte dominierten Wäldern. Es ist deshalb vorgesehen, ihren Anteil im Staatswald landesweit von derzeit weniger als 0,1% auf langfristig 5% anzuheben. Wegen der standörtlichen Vielfalt in Thüringen sind die Potenziale allerdings regional sehr unterschiedlich. In den nächsten 20 Jahren soll die Tannenfläche im Staatswald von gegenwärtig etwa 150 ha auf 1.000 ha anwachsen. Im Privat- und Kommunalwald wurden Anreize für den Tannenbau durch die Bereitstellung entsprechender Fördermittel geschaffen.

3 Umsetzung

3.1 Genetische Untersuchungen

Eine ganz wesentliche Grundlage für Erhaltungsmaßnahmen ist die Kenntnis der genetischen Variation der zu erhaltenden Baumart. Eine hohe genetische Variation hilft den langlebigen und ortsgewunden Baumarten, Änderungen der Umwelt zu tolerieren und sich anzupassen. Ist die genetische Vielfalt dagegen eingeschränkt, so ist dies zwangsläufig mit geringer Anpassungsfähigkeit verbunden. So wird als eine der Ursachen für das Tannensterben die unzureichende genetische Variation der mitteleuropäischen Weißtanne angesehen (LARSEN 1986; BERGMANN *et al.* 1990; KONNERT 1992).

Kenntnisse über die genetische Variation der Weißtanne in Thüringen lagen bis vor 10 Jahren nicht vor. Heute ist die Weißtanne diejenige Baumart in Thüringen, die in dieser Hinsicht am besten bearbeitet ist. Dies mag unterstreichen, dass Thüringen ernsthaft bemüht ist, die Tanne in Thüringen zu erhalten. Umfassende biochemisch-genetische Untersuchungen wurden durchgeführt von KONNERT (1994, 1995a), HOSIUS (1994, 1995, 1996) und ISOGEN (1998, 1999). Bisher konnten über 60 Vorkommen isoenzymatisch untersucht werden, dabei lag die Stichprobengröße bei 50. In kleineren Vorkommen wurde

eine Vollaufnahme durchgeführt. Erstes Ziel war der Nachweis einer möglichen Thüringer Lokalrasse. Nach der Methode der Herkunftszuordnung mittels arealspezifischer Allele konnten die untersuchten Thüringer Bestände zunächst in zwei Gruppen gegliedert werden (KONNERT & BERGMANN 1995):

1. in Bestände, die entweder aus Pflanzgut südwestlicher Herkunft (z.B. Tanne des Schwarzwaldes) begründet wurden oder in denen zumindest eine Kontamination durch Saat oder Nachbesserung mit Pflanzen aus dieser Region nachweisbar ist;
2. in Bestände, deren Autochthonie mit Methoden der Isoenzymanalyse im Rahmen der Irrtumswahrscheinlichkeit nicht widerlegt ist. Deren genetische Strukturen zeigen eine Affinität zu den Strukturen des Erzgebirges, Südwestpolens, Nordtschechiens, aber auch zu Strukturen der Tanne in Nordbayern und im Bayerischen Wald (HOSIUS 1995). Da die Tanne nach Thüringen über den Ostalpenweg zurückgewandert ist, werden diese Weißtannenbestände als autochthon bezeichnet. Sie stellen eine Lokalrasse mit charakteristischen genetischen Strukturen dar und sollen vorrangig erhalten werden.

Zweites Anliegen der Untersuchung war die Bewertung der "genetischen Eignung" der Thüringer Weißtannenvorkommen zur Nachzucht. So wurden sowohl die Gesamtdifferenzierung und die Diversität des Genpools als auch die Heterozygotiegrade der in die Analysen einbezogenen Bestände ermittelt.

Im Ergebnis der genetischen Untersuchungen muss festgestellt werden, dass die Tanne in Thüringen aufgrund ihres langen Rückwanderungsweges genetisch eingengt ist. Aufgrund der Arbeiten beispielsweise von LARSEN (1986, 1993) und KONNERT (1995) war dieser Befund zu erwarten. Bedeutung hat er vor allem für die notwendigen Erhaltungsmaßnahmen. Die Thüringer Landesforstverwaltung sieht drei Wege, um die Weißtanne in Thüringen zu erhalten und wieder zu verbreiten:

1. die Beerntung der als autochthon bewerteten Weißtannensaatgutbestände;
2. der Aufbau von Generhaltungssamenplantagen;
3. die Verwendung geeigneter fremder Herkünfte.

Jeder dieser drei Wege hat seine spezifischen Vor- und Nachteile. Da sie sich aufgrund ihrer Verschiedenheit sehr gut ergänzen, kann nur das gemeinsame und gleichzeitige Beschreiten dieser drei Lösungswege die Weißtanne in Thüringen erhalten bzw. wieder erfolgreich etablieren.

Auf die ersten beiden Wege wird im Folgenden näher eingegangen. Der dritte Weg - die Verwendung geeigneter fremder Herkünfte - verspricht Anpassungspotenzial, nicht aber Angepasstheit. Deshalb ist dies eben nur eine Möglichkeit zur Zielerreichung. Bei der Verwendung von Fremdherkünften wird auf Genpotenzial der Rückwanderung über den Ostalpenweg orientiert.

3.2 Saatgutbestände

Das Erntezulassungsregister der Thüringer Landesforstverwaltung weist 42 Saatgutbestände der Weißtanne mit einer Fläche von insgesamt 29 ha auf. Aus dem Verhältnis von Anzahl und Fläche wird deutlich, dass es sich bei den

Tannensaatgutbeständen um Restvorkommen handelt. Häufig werden die Zulassungsanforderungen im Hinblick auf die Mindestbaumzahlen gerade noch erfüllt. Alle Bestände sind biochemisch-genetisch untersucht. Sämtliche jetzt im Zulassungsregister stehenden Weißtannenbestände wurden als autochthon bewertet. Damit wird die Bereitstellung von angepasstem thüringischen Saatgut garantiert, das den östlichen Einwanderungsweg, den Ostalpenweg repräsentiert. Vorkommen des südwestlichen Einwanderungsweges wurden aus dem Erntezulassungsregister gestrichen, werden also nicht mehr beerntet. Sie sollen aber durchaus am jeweiligen Standort über Naturverjüngung erhalten werden.

Bei der Saatgutgewinnung sind generell folgende Grundsätze einzuhalten:

- Beerntung möglichst vieler zugelassener Bestände, aber jährlich wechselnd, damit langfristig die Erbinformationen aller Erntebestände weitergegeben werden;
- innerhalb der Bestände Beerntung möglichst aller zapfentragenden Bäume zur Sicherung der Erbinformation des Gesamtbestandes;
- Verzicht auf Beerntung bei unzureichender Fruktifikation.

Gegenwärtig könnte der (geringe) Bedarf an Tannensaatgut aus eigenen Beständen gedeckt werden. Aus genetischer Sicht ist diese Strategie aufgrund der begrenzten Anzahl von Saatgutbeständen, ihrer geringen Populationsgröße, der häufig weiten Abstände zwischen den Individuen in den Beständen (hoher Hohlkornanteil, hohe Keimlingssterblichkeit) sowie der Schädigung der Vorkommen und ihrer Alterstruktur mit einem erheblichen Defizit im mittelalten Bereich allein nicht zielführend. Neben der schon angesprochenen Verwendung von Saat- und Pflanzgut des Rückwanderungsweges erschien die Anlage von Generhaltungs-Samenplantagen geboten.

3.3 Weißtannen-Generhaltungssamenplantagen

Samenplantagen bieten folgende Vorteile:

- die regelmäßige, leichte und kostengünstige Beerntung,
- die Verminderung von Engpässen bei der Samenernte sowie
- die Erhöhung der Qualität des erzeugten Saatguts.

In den Samenplantagen wird die Isolation der Individuen aus den Reliktvorkommen durch Zusammenfassung zu größeren Fortpflanzungsgemeinschaften aufgehoben. Wie kritisch sich aus populationsgenetischer Sicht die Situation der Restvorkommen darstellt, sei am Beispiel der Stammzahlhäufigkeiten autochthoner Alttannenvorkommen im Forstamt Schönbrunn aufgezeigt (Abb. 1).

Neben der Störung des Paarungsgeschehens innerhalb der Bestände aufgrund der weiten Entfernung zwischen den Paarungspartnern bestehen zwischen den verschiedenen Restvorkommen autochthoner Weißtannenbestände erst recht kaum Paarungskontakte. Die Folgen sind hoher Selbstungsanteil und geringe Saatgutqualität. "Die Zusammenführung von Individuen verschiedener, in natura weit auseinanderliegender Bestände in einer Samenplantage erzeugt eine große effektive Populationsgröße und schafft eine künstliche

Paarungsgemeinschaft, welche neue Genotyp-Kombinationen ermöglicht. Daher ist eine Erhöhung der genetischen Diversität zu erwarten" (HOSIUS 1996).

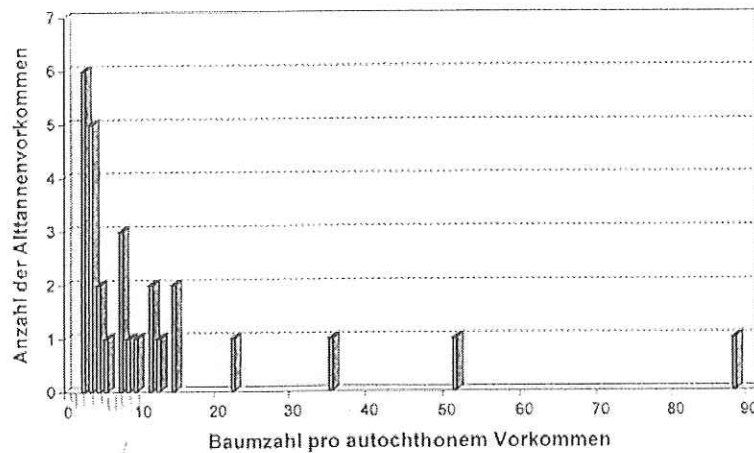


Abb. 1: Stammzahlhäufigkeiten autochthoner Altannenvorkommen im Forstamt Schönbrunn (nach HÖRR 1997).

Fig. 1: Amount of trees in indigenous silver fir populations in the forest district Schönbrunn (according to HÖRR 1997).

Bei der Planung der Samenplantagen wurden deshalb die drei folgenden Ziele berücksichtigt, die sich allerdings teilweise widersprechen und daher ein sinnvoller Kompromiss gefunden werden musste:

- „Die genetische Struktur des erzeugten Saatgutes soll die genetische Struktur der Ausgangsbestände möglichst gut repräsentieren.
- Da die genetische Diversität der autochthonen thüringischen Weißtannenbestände eingengt ist, soll diese erhöht werden. Seltene Allele sollen dabei besondere Berücksichtigung finden, da sie am ehesten von Drifteffekten betroffen sind.
- „Durch gezielte Auswahl der Klone soll der Anteil letaler Anlagen möglichst gering gehalten werden.“

(zitiert nach HOSIUS 1996)

War zunächst an die Anlage nur einer Generhaltungs-Samenplantage gedacht, haben wir aufgrund der Untersuchungen von SKRØPPA (1994) und von SKRØPPA & LINDGREN (1994), die Adaptionsvorgänge an Umweltbedingungen während der sexuellen Reproduktion nicht ausschließen, zwei Samenplantagen in unterschiedlicher Höhenlage angelegt. Dieses Vorgehen wurde dadurch begünstigt, dass genügend Ramets der einzelnen Klone vorhanden waren.

Es sei an dieser Stelle den Kollegen Herrn Dr. Hosius und Herrn Dr. Leinemann von der Fa. ISOGEN für ihre grundlegenden wissenschaftlichen Arbeiten bei der Anlage dieser beiden Samenplantagen gedankt.

Die beiden Samenplantagen sind genetisch nahezu identisch (Tab. 1). 139 bzw. 149 Mutterbäume aus 35 bzw. 36 Beständen wurden berücksichtigt. Die Auswahl dieser Plusbäume erfolgte sowohl nach phänotypischen (v.a. Vitalität) als auch nach genetischen

Kriterien (Diversität, Heterozygotiegrad). Dieses mehrfach kombinierte Verfahren der Klonauswahl beugt einer Einschränkung der genetischen Diversität erfolgreich vor. Die Anlage erfolgte im Frühjahr 2000.

Tab. 1: Die beiden Weißtannen-Generhaltungssamenplantagen in Thüringen.
The two silver fir gene conservation seed orchards in Thuringia.

Generhaltungsplantage WTA mittlere Lagen FoA Bad Liebenstein, Revier Vitzeroda. Abteilung 2239 NHB ehemalige Forstbaumschule Flächengröße brutto: 1,98 ha Flächengröße netto: 1,56 ha	Generhaltungsplantage WTA Kammlagen FoA Schmiedefeld, Revier Frauenwald. Abteilung 1044 b ¹ Forstort Ziegensumpf Flächengröße netto: 1,30 ha
Höhenlage 350 m über NN	Höhenlage 740 – 760 m über NN
Wuchsgebiet: Südthüringisches Trias-Hügelland	Wuchsgebiet: Thüringer Gebirge
Wuchsbezirk: Westthüringer Buntsandstein	Wuchsbezirk: Mittlerer Thüringer Wald
Frauenseer Makroklimaform	Frauenwalder Makroklimaform
Frauenseer Buntsandstein	Kienberg Porphyrit Braunerde
Klimastufe Uf	Klimastufe Hff
insgesamt: 768 Pflanzen	insgesamt: 477 Pflanzen
139 Klone aus 35 autochthonen Beständen	149 Klone aus 36 autochthonen Beständen

Männliche Blüten sind bei einer großen Zahl der Klone bereits die Regel (Abb. 2).



Abb. 2: Männliche Blüten in der Samenplantage Vitzeroda.
Fig. 2: Male flowers in the seed orchard Vitzeroda.

3.4 Voranbauten (Saaten)

Auch wenn grundsätzlich die Naturverjüngung ökologisch wie ökonomisch die beste Methode zur Erhaltung der autochthonen Weißtannenbestände ist – lange Verjüngungszeiträume bieten die Möglichkeit, die genetische Variationsbreite aller fruktifizierenden Altannen in das Verjüngungsgeschehen einzubeziehen –, so können in Thüringen letztlich doch nur über Voranbau der Tanne die Anteile in überschaubaren Zeiträumen zurückgewonnen werden, die waldökologisch und betriebswirtschaftlich für notwendig erachtet werden. Der Schwerpunkt der Wiedereinbringung ist dort zu setzen, wo die stabilisierende Funktion der Weißtanne – auf geeigneten Standorten auch gemeinsam mit der Rotbuche – in Nadelbaumreinbeständen benötigt wird.

Ausdrücklich soll die Tanne bei gegebener Standortseignung aber auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut werden. Die Möglichkeiten der Wiedereinbringung der Tanne werden allerdings durch den Äsungsverhältnissen nicht angepasste Schalenwildbestände deutlich eingeschränkt. In großen Bereichen von Thüringer Wald und Thüringer Schiefergebirge, dem einstigen Hauptverbreitungsgebiet der Tanne in Thüringen, entsprechen die Wilddichten nicht den gesetzlichen Vorgaben. Eine tannenfreundlichere Waldwirtschaft ist in vielen Revieren dieser Region kaum oder nur mit unverträglich hohen Wildschutzkosten möglich. Da insbesondere in den Rotwildkerngebieten der notwendige Schutz über zwei bis drei Jahrzehnte nicht garantiert werden kann (HARTIG & LINDNER 1999), wird in diese Bereiche die Tanne derzeit nur unzureichend eingebracht – obwohl waldbaulich dringend erforderlich.

Seit 1993 wurden knapp 1,3 Millionen Tannen auf einer Fläche von mehr als 700 ha vorangebaut (Abb. 3).

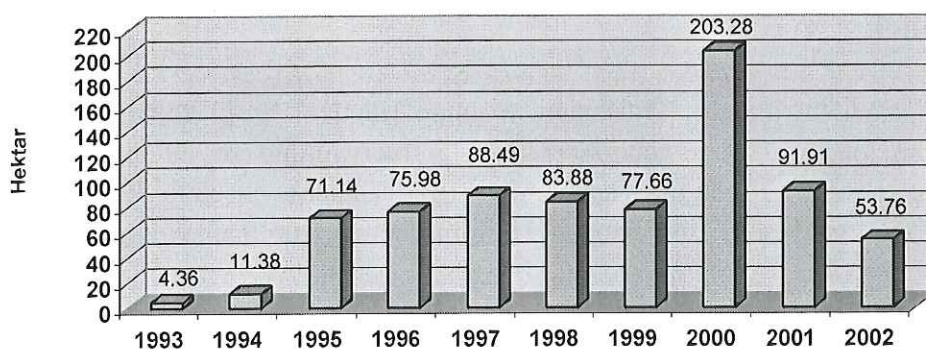


Abb. 3: Weißtannen-Voranbau im Staatswald Thüringens seit 1993 in ha.

Fig. 3: Silver fir plantations in the Thuringia state forests since 1993 in hectares.

Lag die durchschnittlich eingebrachte Pflanzenzahl pro Hektar 1993 noch bei 3.500 Stück, so ist die Pflanzenzahl in den letzten Jahren entsprechend den waldbaulichen Erfordernissen ständig zurückgegangen (Abb. 4).

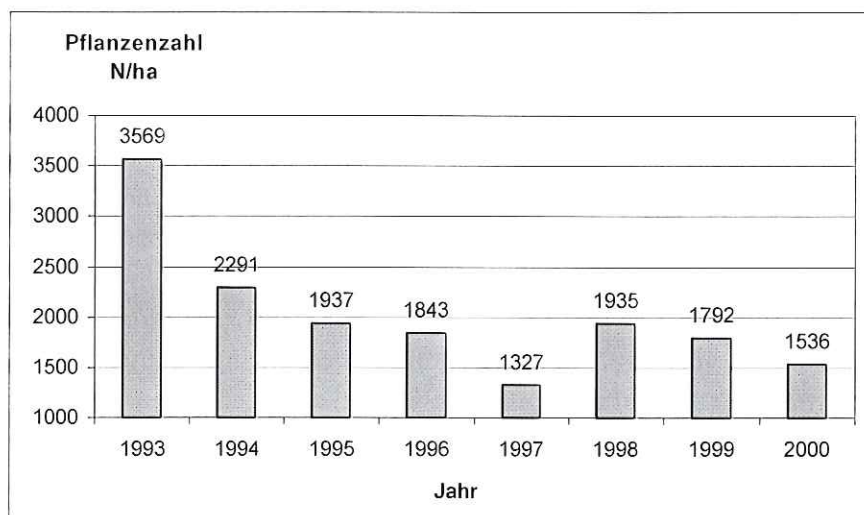


Abb. 4: Durchschnittliche Pflanzenzahl je ha beim Weißtannen-Voranbau im Staatswald Thüringens 1993 bis 2000.

Fig. 4: Average amount of plants per hectare used for silver fir advance planting in the state forests of Thuringia in the years 1993-2000.

Heute wird die trupp- bis gruppenweise Einbringung mit 400 bis max. 800 Weißtannenspflanzen pro Hektar empfohlen. Dies entspricht Tannenanteilen zwischen 15% und 30%. Tannensaatens werden gegenwärtig in Thüringen nicht durchgeführt, weil autochthones Tannensaatgut dennoch knapp und das Risiko von Saaten ungleich höher ist. Außerdem steht in der landeseigenen Forstbaumschule Breitenworbis für die Pflanzenanzucht ausreichend Fläche und erfahrenes Personal zur Verfügung.

4 Ausblick

Die Tanne ist gegenwärtig in Thüringen in guten Händen. Wohl keine andere Baumart wurde in den letzten Jahren von der Landesforstverwaltung so intensiv in den Blick genommen und gefördert wie die Tanne. Allein an der Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg sind seit 1993 sieben Diplomarbeiten zur Tanne angefertigt worden (Tab. 2).

Um die Tanne in Thüringen muss uns deshalb heute nicht bange sein. Andererseits ist die Tanne wohl wie keine andere Baumart auf einen langen Atem der Forstleute angewiesen. Was sind für die Tanne, die 600 Jahre alt werden kann, 10 „fette“ Jahre? Wesentliches wird davon abhängen, ob es gelingt, die Wald-Wild-Frage vernünftig zu lösen. Mittelfristig braucht die Tanne, wenn sie eine echte Chance bekommen soll, den zaunfreien Waldbau, sonst bleiben unsere Tannenvoranbauten lediglich nette Exkursionsobjekte (BECHTER 1994; HÄBERLE 1997).

Tab. 2: Diplomarbeiten zur Tanne an der Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg.
Master theses about silver fir in the Forest College in Schwarzburg.

EIRLING, B.:	Anlage einer langfristigen waldbaulich-ertragskundlichen Versuchsfläche aus Gemeiner Fichte (<i>Picea abies</i> (L.) KAERSTEN) und Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.).	1994
JOCHMANN, C.:	Untersuchung zur Wiedereinbringung der Weißtanne im sächsischen Forstamt Bärenfels (Zustandsanalyse 2- bis 7-jähriger Voranbauten)	1999
JUNGCLAUS, B.:	Die Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) auf dem Dornthal. Anlage einer langfristig ertragskundlich-waldbaulichen Versuchsfläche	1996
KOCH, S.:	Waldwachstumskundliche Untersuchungen zur Weißtanne im NSG „Maientännig“.	1999
MAGDON, M.:	Untersuchungen zur Verjüngung der Weißtanne (<i>Abies alba</i> MILL.) im Thüringer Forstamt Marktgölitz	2001
MATTHÄI, M.:	Ertragskundliche Untersuchungen in Fichten-Tannen-Mischbeständen in Thüringen	1999
WEBER, S.:	Vorkommen und Zustand der Weißtanne im Landkreis Zeulen-roda	1993

Das Zielsystem der Thüringer Landesforstverwaltung, das gegenwärtig aktualisiert wird, sieht vor, bis 2008 die Schalenwildbestände auf ein ökosystemverträgliches Maß zurückzuführen. Möge es so kommen! Die Tanne wird es uns danken.

5 Literaturverzeichnis

- BECHTER, W. (1994):** Tannenwirtschaft und Tannenprogramm zwischen Gäu und Albrand. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 49.Jg., pp.532-534.
- BERGMANN, F.; LARSEN, J.B. & GREGORIUS, H.R. (1990):** Genetische Variation in verschiedenen Arealen der Weißtanne (*Abies alba* MILL.). Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 98, pp.130-140.
- HÄBERLE, W. (1997):** Begründung naturnaher Fichten-Tannen-Buchen-Wälder. *AFZ/Der Wald*, 52.Jg., pp.1302-1303.
- HARTIG, M. & LINDNER, H. (1999):** Zwischen Euphorie und Resignation – Weißtannen im Sächsischen Erzgebirge. *AFZ/Der Wald*, 54.Jg., pp.8-11.
- HENKEL, W. (1995):** Zur Situation der Baumart Weißtanne (*Abies alba* MILL.) an ihrer nördlichen Arealgrenze im Freistaat Thüringen. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Heft 8, 85 Seiten.
- HÖRR, R. (1997):** Die Weißtanne im Thüringer Forstamt Schönbrunn - Vorkommen, Bedeutung und Möglichkeiten der Wiedereinbringung. Projektarbeit zum Themenbereich Landespflege und Naturschutz (unveröffentlicht).

- HOSIUS, B. (1994):** Abschlußbericht zum Projekt „Biochemisch-genetische Analysen an ausgewählten Populationen von Weißtanne und Fichte in Thüringen mit dem Ziel der Herkunftszertifizierung“. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- HOSIUS, B. (1995):** Abschlußbericht zum Projekt „Biochemisch-genetische Analysen an ausgewählten Populationen der Weißtanne in Thüringen mit dem Ziel der Herkunftszertifizierung“. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- HOSIUS, B. (1995):** Konzept zur Generhaltung der Thüringischen Lokalrasse der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) nach neuesten Erkenntnissen der Forstgenetik. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Heft 11, pp.57-70.
- HOSIUS, B. (1996):** Abschlußbericht zur Studie „Genmarkergestützte Vorauswahl von Plusbäumen für die Anlage einer Weißtannengenerhaltungs-Samenplantage“. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- ISOGEN (1998):** Abschlußbericht zum Projekt „Biochemisch-genetische Analysen an ausgewählten Saatgutbeständen der Weißtanne in Thüringen mit dem Ziel der Herkunftszertifizierung und Feststellung der Zugehörigkeit zur „Thüringer Lokalrasse“. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- ISOGEN (1999):** Abschlußbericht zum Projekt „Biochemisch-genetische Analysen an ausgewählten Saatgutbeständen der Weißtanne in Thüringen mit dem Ziel der Herkunftszertifizierung und Feststellung der Zugehörigkeit zur „Thüringer Lokalrasse“. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- KONNERT, M. (1992):** Genetische Untersuchungen in geschädigten Weißtannenbeständen (*Abies alba* MILL.) Südwestdeutschlands. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 167, 119 Seiten
- KONNERT, M. (1994):** Genetische Untersuchung in geschädigten Weißtannenvorkommen Thüringens. Ergebnisbericht. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- KONNERT, M. (1995a):** Genetische Untersuchung in geschädigten Weißtannenvorkommen Thüringens. Ergebnisbericht. Vorgelegt in der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha.
- KONNERT, M. (1995b):** Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Bayern. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Heft 11, pp.71-81.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196, pp.19-30.
- LARSEN, J.B. (1986):** Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* MILL.). *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105.Jg., pp.382-395.
- LARSEN, J.B. (1993):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) und ihre waldbaulichen Probleme im Lichte neuer Erkenntnisse. In: H. Wolf (ed.): Weißtannenherkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* MILL. *Contributiones biologiae arborum*, Vol. 5, ecomed Landsberg am Lech, pp.1-10.

- SCHABER (1933): Waldbauliches aus Thüringen. Thüringische Hauptlandwirtschaftskammer, Heft 16, 253 Seiten.
- SKRØPPA, T. (1994): Growth rhythm and hardiness of *Picea abies* progenies of high altitude (parents from seed produced at low elevations). *Silvae Genetica*, 43, pp.95-100.
- SKRØPPA, T. & LINDGREN, D. (1994): Male fertility variation and non-random segregation in pollen mix crosses of *Picea abies*. *Forest Genetics*, 1(1), pp.13-22.

Anschrift des Autors:

FD Wolfgang Arenhövel

Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd
und Fischerei

Jägerstr. 1

D-99867 Gotha

tel.: +49-3621-225 208; fax: +49-3621-225 222

e-mail: arenhoew@forst.thuringen.de

The status of silver fir (*Abies alba* MILL.) gene resources in Germany

HEINO WOLF

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, gene resources, distribution, conservation, forest reproductive material, research, Germany

Abstract

Silver fir (*Abies alba* MILL.) is distributed naturally mainly in the mountainous regions of the southwestern, southern and southeastern parts of Germany. Despite its little contribution of about 2% to the forest area, silver fir is considered to be of high ecological, silvicultural and economical value wherever it occurs. Due to several reasons, silver fir is endangered regionally. Depending on the occurrence and the stage of endangering, the states developed and implemented different programmes for the conservation of silver fir's genetic resources. The procurement and use of forest reproductive material follow the Act on Forest Seed and Planting Stock and provenance recommendations established by the state forest authorities. Since the 1970's, various research activities were implemented to study the genetic and phenotypic variation of silver fir populations. In future, more emphasis should be given to the research on long-term changes of the genetic structure of silver fir populations and the effects of climate change.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, genetische Ressourcen, Verbreitung, Erhaltung, forstliches Vermehrungsgut, Forschung, Deutschland

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Der Status der Genressourcen der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Deutschland.

Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) ist in Deutschland in der Hauptsache in den montanen Regionen im Südwesten, Süden und Südosten verbreitet. Trotz ihres geringen Anteils von 2% an der Waldfläche wird die Weißtanne als ökologisch, waldbaulich und wirtschaftlich wichtige Baumart betrachtet, wo immer sie vorkommt. Sie ist auf Grund verschiedener Ursachen regional gefährdet. In Abhängigkeit vom Vorkommen und dem Ausmaß der Gefährdung haben die Bundesländer unterschiedliche Programme zur Erhaltung der genetischen Ressourcen der Weißtanne entwickelt und eingeführt. Die Bereitstellung und Nutzung von Vermehrungsgut richtet sich nach dem Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut sowie den Herkunftsempfehlungen, die die Landesforstverwaltungen herausgeben. Seit den 1970iger Jahren wurden die unterschiedlichsten Forschungsaktivitäten zur Erfassung der genetischen und phänotypischen Variation der Weißtanne entfaltet. Zukünftig sollten Untersuchungen zu den langfristigen Veränderungen genetischer Strukturen sowie den Auswirkungen der Klimaänderungen mehr Platz eingeräumt werden.

1 Origin, natural distribution and occurrence of silver fir

After the last ice age, most probably silver fir remigrated mainly from one refugial area located in central Italy, partly from refugia in central and/or eastern France and partly from refugia in the south-east of the Balkan into the area of today's Germany. From the main refugium in central Italy, the remigration followed two routes, a "West Alpine route" and an "Eastern Alpine route"; the western route divided into the "Jura route" and the "Allgäu route". Populations following the Allgäu route resettled the regions of Lake Constance and the foothills of the Alps until 5,000 BC. Populations remigrating at the Eastern Alpine

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.108-120.

route reached the low mountain range of Eastern Bavaria, Thuringia and Saxony from 6,500 to 4,000 BC. In Saxony, an introgression zone between the Balkan and the Italian refugia may exist due to the remigration of populations into this region following the Eastern Alpine route and a route from the Beskides over the Sudeten Mts. The Black Forest area was finally resettled between 3,000 and 2,500 BC partly from the Jura route, partly from the refugium in France creating an introgression zone between the French and Italian refugia (LANGER 1963; KRAL 1980; SCHÜTT 1991; KONNERT & BERGMANN 1995; LLAMAS GÓMEZ 1998).

Today, silver fir occurs naturally in the mountainous regions of the southwestern, southern and southeastern parts of Germany. The main natural distribution area is located in Baden-Wuerttemberg and Bavaria (Fig. 1). Smaller parts of the distribution area are situated in the states of Brandenburg, Rhineland-Palatinate, Saxony and Thuringia. Isolated occurrences can be found in the Lower Lausitz, partly in Brandenburg, partly in Saxony. The vertical distribution ranges from about 100 m a.s.l. (Lower Lausitz) up to 1,600 m a. s. l. (Bavarian Alps) (SCHÜTT 1991; LEONHARDT 1993; HENKEL 1995; LLAMAS GÓMEZ & BRAUN 1995).

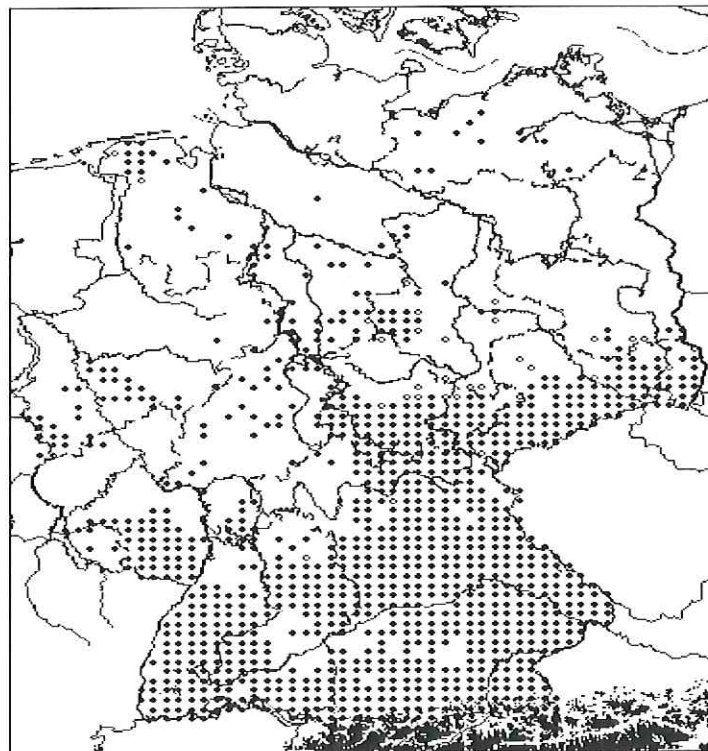


Fig. 1: Distribution of *Abies alba* MILL. in Germany (ANONYMOUS 2002).
Abb. 1: Verbreitung von *Abies alba* MILL. in Deutschland (ANONYMUS 2002).

Silver fir was introduced artificially in Mecklenburg-Vorpommern, Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Rhineland-Palatine, Saxony-Anhalt and Schleswig-Holstein (Fig. 1).

In the natural mountain forest societies, silver fir is a main species in mixed Common beech (*Fagus sylvatica* L.) forests as well as in mixed silver fir forests together with

Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.), Sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and/or Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) among others depending on the site conditions. In mixed Norway spruce forests as well as mixed mesophilic or thermophilic Common beech forests and, more seldom, in Scots pine forests, silver fir is an important admixed species. The transition among these forest societies as well as the percentage of silver fir is fluid (SCHMIDT 1995).

Today, about 2% of the forest area (about 180,000 ha) are covered by silver fir in Germany (BUCHER 1999). Wherever it occurs, the species is considered to be of high ecological silvicultural and economical value. Normally, silver fir was and is regenerated naturally. Therefore, in the case of older stands within the natural distribution area it can be assumed, that they are autochthonous. In the case of stands outside the natural distribution area, the origin of the forest reproductive material used for the establishment is very often not known.

2 Factors threatening silver fir gene resources

In the past, the structures and the character of natural forests in Germany were severely influenced by exploitation, deforestation, and replacement of natural forests by plantations, change of species composition among others. One of the species most interfered was silver fir. Since long periods of time, the silver fir percentage decreased significantly compared to the portion in natural forests as observed in Baden-Württemberg, Bavaria, Saxony and Thuringia. In Saxony and Thuringia, silver fir occurs today only in small, very often isolated groups of trees or individuals. Larger occurrences are rare (LEONHARDT 1993, HENKEL 1995, BUCHER 1999). This development was caused by the promotion of faster growing tree species due to economical reasons, the use of unsuitable silvicultural management methods, the impacts of air pollution, damages by game as well as the occurrence of silver fir die-back ("Tannensterben") (SCHÜTT 1977; MAYER 1979; WEIDENBACH & KAELBLE 1979; LEONHARDT 1993; HENKEL 1995 a. o.). Today, forest policy and silvicultural strategies have changed to a nature-oriented approach under consideration of all tree species belonging to the natural forest societies in all states of Germany. Consequently, silver fir as an important part of the forest societies is favoured where it belongs to. Since one decade, air pollution especially of SO₂ has decreased significantly in Germany. Therefore, the vitality of silver fir occurrences, which were visibly damaged (= loss of more than 25% of needles) to 60% in 1989 (ANONYMOUS 1989), improved significantly.

However, there are still some threats to the genetic resources of silver fir. In regions with isolated occurrences, the genetic variation and diversity of silver fir progenies are affected by the negative effects of fragmentation and isolation during the reproductive process (BERGMANN 1996, LLAMAS GÓMEZ 1998). Regionally, damages caused by game are endangering the success of natural and artificial regeneration. The rash clearing of shelter wood, insufficient tending measures and inadequate interventions in the stand structures are favouring Norway spruce and Common beech competing with silver fir (MAYER 1979, WEIDENBACH & KAELBLE 1979 a. o.). Finally, the effects of climate change could lead to a

threat to silver fir populations. The increase of temperature together with higher evaporation and lower precipitation as predicted by global and regional climate studies (ENKE *et al.* 2000, IPCC 2001) could result in a significant change of the habitat of silver fir as well as in the appearance of or in a higher susceptibility to pests and diseases.

3 The conservation of silver fir gene resources

According to JEDICKE (1997), silver fir is an endangered species in Germany. In the states of Brandenburg and Saxony the species is stated as endangered by extinction. However, there is no protection status established by international regulations or by the Federal Species Protection Decree.

Due to its limited distribution, silver fir is not of interest for every state in Germany. Therefore, not every state is involved in respective gene conservation activities. In the 1980's, the increasing rate of damages combined with a further decrease of silver fir's percentage in Baden-Wuerttemberg and Bavaria led to first activities related to provenance research and *ex situ* conservation (STIMM & WOLF 1989; RUETZ *et al.* 1998). One decade later, activities for the conservation of silver fir gene resources started in Saxony and Thuringia due to the endangered status of silver fir in these states (LEONHARDT 1993; HENKEL 1995; HOSIUS 1996; WOLF & BRAUN 1997).

Tab. 1: Conservation activities related to silver fir in Germany until 31.12.2000 (ANONYMOUS 2001).
Maßnahmen zur Erhaltung der Weißtanne in Deutschland bis zum 31.12.2000 (ANONYMUS 2001).

BB = Brandenburg; BW = Baden-Wuerttemberg; BY = Bavaria; MV = Mecklenburg-Vorpommern; NI = Lower Saxony; NW = North Rhine-Westphalia; RP = Rhineland-Palatinate; SN = Saxony; TH = Thuringia.

State	In situ			Ex situ				
	Stands		Individuals	Stands		Seed orchards		Clone collections
	N°	Area in ha	N°	N°	Area in ha	N°	N° of clones	N° of clones
BB	4	2,0	39	-	-	-	-	-
BW	-	-	-	2	2,1	1	35	33
BY	-	-	-	-	-	4	288	-
MV	6	4,0	3	-	-	-	-	-
NI	3	4,0	66	-	-	-	-	-
NW	-	-	-	2	0,3	-	-	-
RP	-	-	267	-	-	2	262	-
SN	10	2,8	1.333	-	-	5	528	-
TH	65	n.a.	-	-	-	2	149	76
Total	88	12,8	1.708	4	2,4	14	1.262	109

n.a.: not available

Dependant on the present occurrence and distribution of silver fir as well as the status of endangering, different strategies are used for the conservation of its gene resources. In Baden-Wuerttemberg and Bavaria, the main distribution area of silver fir, the *in situ*-

conservation of silver fir populations and their natural regeneration has high priority. These activities are integrated in a nature oriented forest management and supported by strict game control measures. In contrast to other states, no specific *in situ* conservation stands are delineated. Only little priority is given to *ex situ* conservation measures (Tab. 1). In regions with relict occurrences like Saxony and Thuringia, *ex situ* conservation activities get high priority without neglecting the possibilities of *in situ* conservation. In Thuringia and Saxony, occurrences of silver fir are identified and designated as *in situ* conservation stands in order to focus all silvicultural and administrative measures to the conservation of these occurrences (Tab. 1). Existing natural regeneration will be protected. However, in the case of artificial regeneration, mixtures of forest reproductive material collected from the same region will be used in order to avoid inbreeding effects in the next generation. The most important *ex situ* measure under natural conditions is the establishment of seed orchards and clone collections in order to create new breeding populations for the production of progenies with a higher genetic variability (Tab. 1) (HOSIUS 1996; HOSIUS & BERGMANN 1997; WOLF & BRAUN 1997). To overcome the isolation of the silver fir relicts located in Saxony concerning the generative reproduction in the short-term, artificial pollination of silver fir trees in forest stands has been carried out since 1994 (WOLF & BRAUN 1997).

4 The procurement and use of silver fir forest reproductive material

In accordance with the Council Directive 66/404/EEC of 14th July 1966 on Forest Reproductive Material marketed within the European Community, silver fir is under the Act on Forest Seed and Planting Stock of 26th July 1979. Therefore, forest reproductive material of silver fir can only be marketed, if it is approved under the categories “selected reproductive material” or “tested reproductive material”. Reproductive material which satisfies less stringent requirements, e.g. reproductive material originating from non-EU member states can only be marketed if a special authorisation has been granted (ANONYMOUS 1998a).

In 1997, about 9,800 ha of silver fir stands were approved as basic material for the production of selected reproductive material in the 12 provenance regions delineated in Germany (Tab. 2). About 60% of these stands are owned by the states. The remaining stands belong mainly to corporate (30%) and to private owners (10%) (ANONYMOUS 1999). Most approved silver fir seed stands can be found in the southwest and south of Germany (provenance regions 827 08 - 827 11/12) (Tab. 2). In the south eastern, eastern, northern and western parts of Germany (provenance regions 827 01 - 827 07), only a little number of silver fir stands suitable for seed collection could be identified due to the limited distribution of silver fir in these regions. A big number of these seed stands are definitely not of autochthonous origin or the origin of these seed stands is not known (Tab. 2). In 1997, no seed orchard was approved as basic material for the production of forest reproductive material of the category “selected” nor any basic material in the category “tested”. Therefore, the approved silver fir seed stands are the exclusive source for the procurement of forest reproductive material (ANONYMOUS 1999).

Tab. 2: Silver fir stands approved for seed collection in the category "Selected" (Status: 01.10.1997) (ANONYMOUS 1999).
Zugelassene Weißtannen-Bestände für die Gewinnung von Vermehrungsgut der Kategorie "Ausgewählt" (Stand: 01.10.1997) (ANONYMUS 1999).

Provenance region	N°	Autochthonous in ha	Not autochthonous/ origin not known in ha	Total area in ha
827 01-04 (North German Lowlands)	36	-	60,0	60,0
827 05 (West German mountains)	77	6,2	110,4	116,6
827 06 (Northeast German mountains)	79	64,0	7,0	71,0
827 07 (Bavarian Forest)	61	114,3	72,7	187,0
827 08 (Black Forest)	749	6.960,7	276,7	7.237,4
827 09 (Swabian-Franconian Forest)	160	753,8	52,7	806,5
827 10 (South-Germany)	148	285,1	103,1	388,2
827 11-12 (Alps and foothills)	428	787,4	137,2	924,6
Total	1.738	8.971,5	819,8	9.791,3

Since the use of forest reproductive material is not regulated by law, the state forest authorities recommend the use of provenances in order to promote planting reproductive material appropriate for the given site conditions. These provenance recommendations are obligatory for forests in public ownership. In the case of privately owned forests, public funding requires meeting the recommendations.

In principle, most states favor the use of forest reproductive material within the same provenance region where it was produced. With the exception of Baden-Wuerttemberg, the state institutions for forestry recommend also the use of forest reproductive material from other parts of the natural distribution area of silver fir within Germany. Based on the results of provenance trials or genetic studies, the states of Bavaria, Hesse, Lower Saxony, Rhineland-Palatinate, Saxony and Schleswig-Holstein include forest reproductive material from neighboring countries or from areas in eastern or southeastern Europe in their recommendations (ANONYMOUS 1996a, b, c; 1997; 1998b; 2000a, b; 2002b).

5 Research activities and needs

In contrast to other conifer species, there was only little interest in research on the genetic variation of silver fir over a long period despite its ecological, silvicultural and economical value. After first planting experiments using a limited number of provenances in the north-western part of Germany, the die-back of silver fir observed in the 1970's and the decrease of the silver fir percentage, gave reason to implement research on the genetic and geographical variation of silver fir populations in the mid 1970's, using the provenances of the International *IUFRO*-silver fir provenance trial as reference material (KRAMER 1970, 1979, 1985; GAUDLITZ *et al.* 1985; LARSEN & SCHAAF 1985; WOLF *et al.* 1994). The research work conducted by the forestry faculties of the universities as well as by state

institutes for forestry included studies on morphological, phenological and growth characters during the seedling stage (e.g. LARSEN 1985 1986; LARSEN & MEKIC 1991; AAS *et al.* 1994; WOLF *et al.* 1994). Special attention was given to the response of different provenances to abiotic factors such as frost, SO₂ and O₃ as well as to physiological aspects e.g. photosynthesis, respiration and transpiration (LARSEN 1986; LARSEN & FRIEDRICH 1988; LARSEN & MEKIC 1991; LARSEN *et al.* 1988, 1990).

From 1986 to 1999, several forest research institutes established provenance trials at 30 field test sites testing mainly the *IUFRO*-provenances in comparison with regionally selected silver fir populations (Tab. 3) (WOLF *et al.* 1994; HARTIG 1995; GUERICKE 1998).

Tab. 3: Provenance trials with *Abies alba* in Germany
Herkunftsversuche mit Abies alba in Deutschland

BW = Baden-Wuerttemberg; BY = Bavaria; NI = Lower Saxony; RP = Rhineland-Palatinate; SN = Saxony

State	Name of the trial	N° of test sites	N° of provenances	Year of establishment	Area in ha
BW	<i>IUFRO</i> /South-German-Provenance trial	8	8-32	1988-1989	10.3
BY	<i>IUFRO</i> /South-German-Provenance trial	11	20-34	1986-1989	16.1
NI	<i>IUFRO</i> -Provenance trial	4	24	1987	9.1
RP	<i>IUFRO</i> -Provenance trial	2	18/19	1987	1.5
SN	<i>IUFRO</i> -Provenance trial	2	11/12	1987/88	2.0
	Saxon-Provenance trial	3	28	1999	4.5
Total		30			43.5

The geographical variation of silver fir populations descending from the complete distribution area was assessed by biochemical methods using monoterpenes and phenolic patterns as tools (LANG 1994; TREUTTER & RUETZ 1994; WOLF 1994). For the evaluation of the genetic structure and variation of silver fir populations, the methods of isozyme analysis were adapted to this species by the assessment of inheritance and linkage of several isozyme systems (SCHROEDER 1989a; KONNERT & MAURER 1995; HUSSEN-DÖRFER *et al.* 1995). Using isozyme systems suitable as genetic markers, the genetic variation among and within silver fir populations of all relevant regions of the German distribution area was investigated also in comparison with provenances of the complete distribution area (e.g. MOLLER 1986; BERGMANN & KOWNATZKI 1988; SCHROEDER 1989b, 1989c; BERGMANN 1991, 1992, 1994; KONNERT 1993a, 1994a; BRAUN & LLAMAS GÓMEZ 1994; LLAMAS GÓMEZ & BRAUN 1995; KONNERT & BERGMANN 1995; HOSIUS 1996; BREITENBACH-DORFER *et al.* 1997; HENKEL *et al.* 1997; LLAMAS GOMEZ 1998; GAGOV & MAURER 2002).

Additionally, genetic structures of silver fir populations representing different vitality conditions, age stages, silviculture systems and nursery practices were compared (SCHROEDER 1989d; LÖCHELT & KONNERT 1993; KONNERT 1993b; ZIEGENHAGEN *et al.* 1995a, 1997; BERGMANN 1996, 1997; KONNERT & SCHMIDT 1996; LLAMAS GOMEZ 1998;

HUSSENDÖRFER & KONNERT 2000). Isozyme systems were also used to identify reproductive material, to describe the representativity of provenances as well as to create suitable seed orchard designs (KONNERT 1991, 1994b; HOSIUS 1996; HOSIUS *et al.* 1996; HOSIUS & BERGMANN 1997; HUSSENDÖRFER & KONNERT 1998). Regionally, the long-term monitoring of gene resources of silver fir was implemented (HUSSENDÖRFER 1998).

The development of molecular markers offered a new tool for studies on the mating system, the spatial genetics and the genetic variation of silver fir gene resources (ZIEGENHAGEN *et al.* 1993, 1995a, 1995b, 1996, 1997, 2001; DEGEN *et al.* 1995; ZIEGENHAGEN & SCHOLZ 1995 a.o.).

However, there are still some research needs to be stated. The evaluation of the long-term effects of anthropogenic influences on the genetic structure of forest ecosystems including silver fir has started only locally by long-term monitoring. Research on the effects of global warming/climate change on silver fir habitats and populations seems to be overdue. Based on the results already achieved, silver fir could also be used as a model species for investigations on the relationship between the genetic diversity observed and the adaptability of populations as well as on the mechanism generating the genetic variability observed into phenotypic adaptive traits.

Related to gene conservation activities, further investigations on the propagation of silver fir resources by vegetative means including *in vitro*-techniques seem to be necessary as well as suitable storage methods for seeds, plants and parts of plants. In the case of clonal seed orchards and clone collections, there are still problems especially with the absence of early flowering and seeding of the material in question.

6 References

- AAS, G.; KIRCHER, F. & MAIER, J. (1994): Untersuchungen zur geographischen Variation morphologischer Merkmale von *Abies alba* MILL.. In: H. Wolf (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contributiones Biologiae Arborum*, 5, pp.11-31
- ANONYMOUS (1989): Waldschadenserhebung 1989. Federal Ministry for Food, Agriculture and Forestry, Bonn.
- ANONYMOUS (1996a): Herkunftsgebiete und Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Bayern. Bavarian State Ministry for Food, Agriculture and Forestry, München, 73 pages.
- ANONYMOUS (1996b): Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut für das Land Brandenburg. State Forest Service Brandenburg, 15 pages.
- ANONYMOUS (1996c): Herkunftsempfehlungen für die Verwendung des forstlichen Vermehrungsgutes im Freistaat Thüringen. Thuringian Ministry for Agriculture, Nature Protection and Environment, Department Forestry, Erfurt, 95 pages.
- ANONYMOUS (1997): Empfohlene Herkünfte forstlichen Vermehrungsgutes für Baden-Württemberg. Ministry for Rural Area, Stuttgart, 49 pages.
- ANONYMOUS (1998a): Rules Governing Forest Reproductive Material in Germany. Federal Ministry for Food, Agriculture and Forestry, Bonn, 57 pages.

- ANONYMOUS (1998b):** Empfehlungen für die Auswahl geeigneter Herkünfte von forstlichem Saat- und Pflanzgut (Herkunftsempfehlungen) in Rheinland-Pfalz. State Forest Service Rhineland-Palatinate, Mainz, 85 pages.
- ANONYMOUS 1999:** List of approved basic material for forest reproductive material in the Federal Republic of Germany (Status: 01. October 1997). Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry and Federal Office for Agriculture and Food, Bonn, Frankfurt/Main, 476 pages.
- ANONYMOUS (2000a):** Empfehlungen für die Verwendung forstlichen Vermehrungsgutes in Hessen. Hessian Ministry for Environment, Agriculture and Forestry, Wiesbaden, 35 pages.
- ANONYMOUS (2000b):** Herkunftsgebiete und Herkunftsempfehlungen für forstliches Saat- und Pflanzgut im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 10/96, 2. Ergänzungslieferung, Pirna.
- ANONYMOUS (2001):** Tätigkeitsbericht 1998–2000 der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Erhaltung forstlicher Genressourcen". Saxon State Institute for Forestry, Pirna, Germany, 106 pages.
- ANONYMOUS (2002a):** Verbreitung von *Abies alba* MILL. in Deutschland. Federal Office for Nature Protection, Bonn.
- ANONYMOUS (2002b):** Forstliche Herkunftsempfehlungen in Anbaugebieten von Schleswig-Holstein und Niedersachsen – Stand 2002. State Forests of Lower-Saxony, Hannover.
- BERGMANN, F. (1991):** Causes and consequences of species-specific genetic variation patterns in European forest tree species. In: G. Müller-Starck & M. Ziehe (eds.) Causes and consequences of species-species genetic variation patterns in European forest tree species: Example with Norway spruce and silver fir. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, pp.192-204.
- BERGMANN, F. (1992):** Die genetische Struktur in Weißtannen-Populationen Mittel- und Südeuropas. 6. IUFRO-Tannensymposium Zagreb, pp.25-34.
- BERGMANN, F. (1994):** Die genetische Struktur in Weißtannen-Populationen Mittel- und Südeuropas. In: H. Wolf (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contributiones Biologiae Arborum*, 5, pp.97-105.
- BERGMANN, F. (1996):** Die genetische Struktur der Naturverjüngung bei der Weißtanne in Abhängigkeit vom Altbestand. *AFZ/Der Wald*, 51.Jg., pp.1046-1047.
- BERGMANN, F. (1997):** Relationships between isoenzyme-gene-systems and adaptation processes in silver fir populations. In: V. Gagov (ed.): Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums, Sofia, pp.18-25.
- BERGMANN, F. & KOWNATZKI, D. (1988):** The genetic variation pattern of silver fir (*Abies alba*) in Europe monitored from enzyme gene loci. 5. IUFRO-Tannensymposium, pp.21-26.
- BRAUN, H. & LLAMAS GOMEZ, L. (1994):** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen. *Der Wald Berlin*, 44, pp.387-392.
- BREITENBACH-DORFER, M.; KONNERT, M.; PINSKER, W.; STARLINGER, F. & GEBUREK, T. (1997):** The contact zone between two migration routes of silver fir, *Abies alba* (Pinaceae), revealed by allozyme studies. *Plant Systematics and Evolution*, 206, pp.259-272.
- BUCHER, H.U. (1999):** *Abies alba* Miller, 1768. Enzyklopädie der Holzgewächse. 16. Ergänzungslieferung, Ecomed-Verlag Landsberg am Lech, 18 pages.
- DEGEN, B.; ZIEGENHAGEN, B.; GILLET, E. & SCHOLZ, F. (1995):** Computer-aided search for codominant markers in complex haploid DNA banding patterns – A case study in *Abies alba* Mill. *Silvae Genetica*, 44, pp.274-282.
- ENKE, W.; KÜCHLER, W. & SOMMER, W. (2000):** Klimaprognose für Sachsen – Zusammenfassender Bericht. Saxon State Ministry for Environment and Agriculture, Dresden, 23 pages.
- GAGOV, V. & MAURER, W.D. (2002):** Die Weißtanne – eine Schlüsselbaumart für den Waldumbau in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 57, pp.16-19.

- GAUDLITZ, G.; RUETZ, W. & WIDMAIER, TH. (1985):** Süddeutscher Weißtannenprovenienzversuch: I. Saatgutuntersuchungen und Entwicklung der Sämlinge. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 80, pp.181-208.
- GAUDLITZ, G.; RUETZ, W. & WOLF, H. (1988):** Der Süddeutsche Weißtannenprovenienzversuch: II. Anzucht in den Pflanzgärten und Anlage der Versuchsflächen. In: L. Paule & S Korpel (eds.): 5. Tannensymposium, Zvolen, pp.67-87.
- GUERICKE, M. (1998):** Weißtannenbauten im Solling. *Forst und Holz*, 53, pp.579-584.
- HARTIG, M. (1995):** Anbau standortsfremder Weißtannen-Herkünfte in Sachsen am Beispiel eines Provenienzversuches. In: Genetik und Waldbau der Weißtanne, Teil 1. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 5/95, pp.46-55.
- HENKEL, W. (1995):** Zur Situation der Baumart Weißtanne (*Abies alba* Mill.) an ihrer nördlichen Arealgrenze im Freistaat Thüringen. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 8, Gotha, 87 pages.
- HENKEL, W.; KONNERT, M. & HOSIUS, B. (1997):** Genetische Untersuchungen an der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Thüringen mit waldbaulichen Konsequenzen. In: V. Gagov (ed.): Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums, Sofia, pp.37-52.
- HOSIUS, B. (1996):** Konzept zur Generhaltung der Thüringischen Lokalrasse der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) nach neuesten Erkenntnissen der Forstgenetik. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 11, Gotha, pp.57-70.
- HOSIUS, B. & BERGMANN, F. (1997):** Conception of a genotype-based seed orchard for silver fir (*Abies alba* Mill.). In: V. Gagov (ed.): Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums, Sofia, pp.26-32.
- HOSIUS, B.; HENKEL, W.; BERGMANN, F. & HATTEMER, H.H. (1996):** Erkennung von Verstößen gegen das Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut. *AFZ/Der Wald*, 51.Jg., pp.1450-1451.
- HUSSENDÖRFER, E. (1998):** Genetische Inventuren im Bannwald Schwarzahalden – Folgerungen für die Erhaltung genetischer Ressourcen bei Weißtanne (*Abies alba* Mill.). Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 39, pp.103-108.
- HUSSENDÖRFER, E. & KONNERT, M. 1998:** Untersuchungen zur genetischen Repräsentativität von Prüfgliedern in Provenienzversuchen am Beispiel der Weißtanne. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169.Jg., pp.61-70.
- HUSSENDÖRFER, E. & KONNERT, M. (2000):** Untersuchungen zur genetischen Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Plenterwäldern im Vergleich zu Altersklassenwäldern. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 119, pp.208-225.
- HUSSENDÖRFER, E.; KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** Inheritance and linkage of isozyme variants of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Forest Genetics*, 2, pp.29-40.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) (2001):** Third Assessment Report Climatic Change 2001: The Scientific Basis. Technical Summary of the Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Geneva, 98 pages.
- JEDICKE, E. (1997):** Die Roten Listen: Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern. Ulmer-Publisher, Stuttgart, 581 pages.
- KONNERT, M. (1991):** Versuch der Herkunftsbestimmung bei Weißtannenbeständen mit Hilfe der Isoenzymanalyse. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 46.Jg., pp.884-885.
- KONNERT, M. (1993a):** Untersuchungen über die genetische Vielfalt der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 164.Jg., pp.162-169.
- KONNERT, M. (1993b):** Untersuchungen zum Einfluss genetischer Faktoren auf Schädigung der Weißtanne. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 112, pp.20-26.
- KONNERT, M. (1994a):** Die genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Baden-Württemberg. In: H. Wolf (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contribuciones Biologiae Arborum*, 5, pp.79-96.
- KONNERT, M. (1994b):** Überprüfung der Anzucht von Pflanzgut mit Hilfe der Isoenzymanalyse. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 49.Jg., pp.225-227.

- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995):** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196, pp.19-30.
- KONNERT, M. & MAURER, W. (1995):** Isozymic investigations on Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European silver fir (*Abies alba* MILL.). German Federal-State Working Group "Conservation of forest gene resources" (ed.). Bayer. Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht, Teisendorf, 73 pages.
- KONNERT, M. & SCHMIDT, S. (1996):** Genetische Konsequenzen der Größensortierung in der Baumschule: Erste Ergebnisse. In: G. Müller-Starck (ed.): Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. Ecomed-Verlag, Landsberg am Lech, pp.222-238.
- KRAL, F. (1980):** Waldgeschichtliche Grundlagen für die Ausscheidung von Ökotypen bei *Abies alba*. In: H. Mayer (ed.): 3. Tannen-Symposium, Wien 1980. Österreichischer Agrarverlag, Wien, pp.158-168.
- KRAMER, W. (1970):** Der Anbau der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Nordwestdeutschland. *Der Forst- und Holzwirt*, 25, pp.367-372.
- KRAMER, W. (1979):** Zur Herkunftsfrage der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). *Forstarchiv*, 50, pp.153-160.
- KRAMER, W. (1985):** Zur Entwicklung von Weißtannenherkünften in Niedersachsen. 4. Tannensymposium, pp.164-180.
- LANG, K.-J. (1994):** *Abies alba* Mill. differentiation of provenances and provenance-groups by the monoterpene patterns in the cortex resin twigs. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22, pp.53-63.
- LANGER, H. (1963):** Einwanderung und Ausbreitung der Weißtanne in Süddeutschland. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 82, pp.33-52.
- LARSEN, J.B. (1985):** Erste Ergebnisse des Weißtannenprovenienzversuches von 1982. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 80, pp.209-221.
- LARSEN, J.B. (1986):** Die geographische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) Wachstumsentwicklung und Frostresistenz. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105, pp.396-406.
- LARSEN, J.B. & SCHAAF, W. (1985):** Erste Ergebnisse des Weißtannenprovenienzversuches von 1982. In: W. Kramer (ed.): Ergebnisse des 4. Tannen-Symposiums. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main, pp.209-221.
- LARSEN, J.B. & FRIEDRICH, J. (1988):** Wachstumsreaktionen verschiedener Provenienzen der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) nach winterlicher SO₂-Begasung. *European Journal of Forest Pathology*, 18, pp.190-199.
- LARSEN, J.B. & MEKIC, F. (1991):** The geographic variation in European silver fir (*Abies alba* Mill.). *Silvae Genetica*, 40, pp.188-198.
- LARSEN, J.B.; QIAN, X.M.; SCHOLZ, F. & WAGNER, I. (1988):** Ecophysiological reactions of different provenances of European silver fir (*Abies alba* Mill.) to SO₂ exposure during winter. *European Journal of Forest Pathology*, 18, pp.44-50.
- LARSEN, J.B.; YANG, W. & VON TIEDEMANN, A. (1990):** Effects of ozone on gas exchange, frost resistance, flushing and growth of different provenances of European silver fir (*Abies alba* Mill.). *European Journal of Forest Pathology*, 20, pp.211-218.
- LEONHARDT, U. (1993):** Zur Situation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen und Maßnahmen der forstlichen Generhaltung. *Forstarchiv*, 64, pp.83-87.
- LLAMAS GOMEZ, L. (1996):** Populationsgenetische Betrachtungen eines Pilotprojektes zur intraspezifischen Kreuzung der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen. *Silvae Genetica*, 45, pp.317-322.
- LLAMAS GOMEZ, L. (1998):** Populationsgenetische Untersuchungen bei der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen. PhD-Thesis, TU Dresden, 136 pp.
- LLAMAS GOMEZ, L. & BRAUN, H. (1995):** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung ihrer genetischen Konstitution. In: Genetik und Waldbau der Weißtanne, Teil 1. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 5/95, pp.5-19.

- LÖCHELT, S. & KONNERT, M. (1993): Zur genetischen Konstitution von Waldbäumen. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 48.Jg., pp.947-949.
- MAYER, H. (1979): Zur waldbaulichen Bedeutung der Tanne im mitteleuropäischen Bergwald. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 34.Jg., pp.575-576.
- MOLLER, K. (1986): Genetische Untersuchungen bei der Tanne mit Hilfe von Enzym-Genmarkern. *Allgemeine Forstzeitung*, pp.60-61.
- RUETZ, W.F.; FRANKE, A. & STIMM, B. (1998): Der Süddeutsche Weißtannen (*Abies alba* Mill.)-Provenienzversuch, Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 169.Jg., pp.116-126.
- SCHMIDT, P. (1995): Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, 4/95, Pirna, 95 pages.
- SCHROEDER, S. (1989a): Isozyme polymorphism in silver fir (*Abies alba* Mill.) *Silvae Genetica*, 38, pp.130-137.
- SCHROEDER, S. (1989b): Die Isoenzym-Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) 16 europäischer Provenienzen. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 34, pp.77-81.
- SCHROEDER, S. (1989c): Die Weißtanne in Süddeutschland: Genetische Variation, Kline, Korrelation. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 160, pp.100-104.
- SCHROEDER, S. (1989d): Outcrossing rates and seed characteristics in damaged natural populations of *Abies alba* Mill.. *Silvae Genetica*, 38, pp.185-189.
- STIMM, B. & WOLF, H. (1989): Was unternimmt die Forstpflanzenzüchtung gegen das drohende Aussterben der Weißtanne? *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 108, pp.212-217.
- SCHÜTT, P. (1977): Das Tannensterben, Der Stand unseres Wissens über eine aktuelle und gefährliche Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) Sonderdruck *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 96, pp.177-186.
- SCHÜTT, P. (1991): Tannenarten Europas und Kleinasiens. Birkhäuser Verlag, Basel, 132 pages.
- TREUTTER, D. & RUETZ, W. (1994): Charakterisierung von Arten und Herkünften der Gattung *Abies* anhand der Phenolmuster ihrer Nadeln. In: H. Wolf (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contributions Biologiae Arborum*, 5, pp.33-44.
- WEIDENBACH, P. & KAEUBLE, F. (1979): Die Verbreitung und waldbauliche Behandlung der Tanne im öffentlichen Wald Baden-Württembergs. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 34.Jg., pp.562-564.
- WOLF, H. (1994): Die Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz verschiedener Herkünfte der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). In: Wolf, H. (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contributions Biologiae Arborum*, 5, pp.45-78.
- WOLF, H. & BRAUN, H. (1996): Beiträge der Forstpflanzenzüchtung zur Erhaltung und Erhöhung der genetischen Vielfalt. In: G. Müller-Starck (ed.): Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. Ecomed-Verlag, Landsberg am Lech, pp.60-77.
- WOLF, H.; RUETZ, W. & FRANKE, A. (1994): Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch: Ergebnisse der Baumschulphase und Anlage der Versuchsflächen. In: H. Wolf (ed.): Weißtannen-Herkünfte – Neue Resultate zur Herkunftsforschung bei *Abies alba* Mill.. *Contributions Biologiae Arborum*, 5, pp.107-130.
- ZIEGENHAGEN, B.; GUILLEMAUT, P. & SCHOLZ, F. (1993): A procedure for mini-preparations of genomic DNA from needles of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Plant Molecular Biology Reporter*, 11, pp.117-121.
- ZIEGENHAGEN, B. & SCHOLZ, F. (1995): Elternschaftsanalysen auf Nukleinsäureebene in ausgewählten Reliktpopulationen der bedrohten Erzgebirgstanne. In: Genetik und Waldbau der Weißtanne, Teil 2. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 5/95, pp.79-115.
- ZIEGENHAGEN, B.; LLAMAS GOMEZ, L.; BERGMANN, F.; BRAUN, H. & SCHOLZ, F. (1995a): Protection of genetic variability in polluted stands: A case study with silver fir (*Abies alba* Mill.). *Forest Genetics*, 2, pp.155-160.

- ZIEGENHAGEN, B.; KORMUTAK, A.; SCHAUERTE, M. & SCHOLZ, F. (1995b): Restriction site polymorphism in chloroplast DNA of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Forest Genetics*, 2, pp.99-107.
- ZIEGENHAGEN, B.; SCHAUERTE, M.; KORMUTAK, A. & SCHOLZ, F. (1996): Plastid DNA polymorphism of megagametophytes and pollen in two *Abies* species. *Silvae Genetica*, 45, pp.355-358.
- ZIEGENHAGEN, B.; LLAMAS GOMEZ, L.; BERGMANN, F.; BRAUN, H. & SCHOLZ, F. (1997): Protection of genetic variability in polluted stands. A case study with silver fir (*Abies alba* Mill.). *Bocconea*, 7, pp.357-365.
- ZIEGENHAGEN, B.; DEGEN, B.; PETIT, R.J.; ANZIDEI, M.; MADAGHIELE, A.; SCHOLZ, F. & VENDRAMIN, G.G. (2001): Highly polymorphic uniparentally inherited DNA markers for spatial genetic analysis of silver fir (*Abies alba* Mill.) populations. In: G. Mueller-Starck & R. Schubert (eds.): Genetic response of forest systems to changing environmental conditions. Forest Sciences, vol. 70, Kluwer Academic Publishers Dordrecht Boston London, pp.139-149.

Anschrift des Autors:

Dr. Heino Wolf

Landesforstpräsidium Graupa

Referat 32 Forstgenetik

Bonnewitzer Strasse 34

D-01796 Pirna OT Graupa

e-mail: Heino.Wolf@lfp.smul.sachsen.de

The conservation of silver fir genetic resources in Romania – their management and monitoring

VALERIU ENESCU, ANDRA-NICOLETA CEAUȘIU & ADRIAN TIMOFTE

Keywords: *Abies alba*, genetic resources, conservation measures, Romania

Abstract

In Romania, the silver fir (*Abies alba* MILL.) is the second coniferous species of ecological, economical and social importance. Like in other European countries, the decline of silver fir forests is recorded which is particularly determined by the anthropogenic factor.

Some information regarding the inter- and post-glacial evolution of fir in Romania as well as the present area of distribution covering a position along the Carpathian Mts. found in the spruce and beech vegetation subzone are presented. Since the objective of preservation is represented by variability parameters, the phenotypical and genotypical variation of the silver fir in Romania is discussed. The „in situ” and „ex situ” conservation measures of genetic resources as well as under the form of protected areas are presented in the final part of this paper

Schlagwörter: *Abies alba*, genetische Ressourcen, Erhaltungsmaßnahmen, Rumänien

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Weißtanne in Rumänien –
Bearbeitung und Monitoring.

Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) ist in Rumänien die zweite Nadelbaumart mit ökologischer, ökonomischer und sozialer Bedeutung. Ähnlich wie in anderen europäischen Ländern wird eine Schädigung und ein Verfall von Tannenwäldern insbesondere infolge des anthropogenen Einflusses beobachtet.

In diesem Beitrag werden einige Informationen zur zwischen- und nacheiszeitlichen Tannenentwicklung in Rumänien wie auch zum gegenwärtigen Verbreitungsgebiet, das eine Lage entlang der Karpaten im Subbereich der Fichten-Buchen-Vegetation einnimmt, gegeben. Erhaltungsziel ist die Variabilität der 127 Tannenpopulationen. Hierzu werden einige Informationen zur phänotypischen und genetischen Variation der rumänischen Weißtanne gegeben. Im Schlussteil dieses Beitrags wird die „in situ” und „ex situ” Erhaltung der genetischen Ressourcen sowie auch deren Erhaltung in Schutzgebieten dargestellt.

1 Evolution and range of distribution

The silver fir (*Abies alba* MILL.) is one of the great economical forest species, remarkable for its high productivity, high quality wood and relative resistance to adversities. It also contributes to the ecological and social role of silver fir forests.

In Romania the silver fir covers 5-6% of the Romanian forests. Two thirds of silver fir forests are found in the Eastern Carpathians. Another important area of silver fir is found in the Curvature Carpathians. The site index of silver fir stands is 1,8 times more than the Norway spruce site index (II,6), beech site index (II,7), oak site index (III,3) and greater than the site index of all Romanian forests (II,9). The average wood mass is 353 m³/ha, greater than that of the Norway spruce (273 m³/ha) or of beech (240 m³/ha). Considering

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.121-127.

the Norway spruce productivity of 4.6 m³/year/ha as being 100%, the silver fir productivity is 111%, *i.e.* 5.1 m³/year/ha while that of beech is only 76% (3.5 m³/year/ha) (ARMĂSESCU 1971). In comparison to the spruce, the silver fir is obviously more resistant to wind breaks or snow breaks. In natural stands it has a relatively high resistance to fungal and bug attacks.

Like in other European countries, silver fir decline had to be observed which brought about the reduction of the area covered by silver fir (GIURGIU 1969). Generally it is appreciated that the decline of silver fir forests is due to many causes where the most important of them are assumed to be:

- changed environmental conditions (prolonged droughts, strong frost and generally the change of climate, the intoxication of soil by aluminum oxides and heavy metals, the air pollution and reduced plasticity of species);
- insect attacks (*Dreyfusia nordmanniana* and *D. picea*) and fungal infection (*Dasyyscypha calcy-forma* and *Armillaria mellea*);
- silvicultural system practice (moderate methods of regeneration or inappropriate application of treatments and others);
- decline of silver fir can be determined especially by the action of anthropogenic factor, which determined in many situations the natural substitution of silver fir with beech, spruce and/or sessile oak.

Generally, there is just a few incomplete information regarding the evolution of species. *Abies* species appeared in the Cretaceous period when the coniferous trees were widely developed.

According to pollen analyses, it is considered that the *Abies* type was represented in Europe by a single species in pre-glacial, inter-glacial and post-glacial periods, and only later they became different from each other.

In Romania, in the Southern Carpathians during the inter-glacial period, the *Abies* type was well represented, and it covered a larger area than nowadays (POP 1933). There are proofs (CIOBANU 1971) that show that during the last glaciation due to the cold climate, the silver fir disappeared from our mountains getting down to the plain area or taking refuge in the Balkan Peninsula (POP 1933).

The silver fir was recovered in the territory of our country at least in two ways and two periods.

The first way started from the refuge in the Balkan during the pine stage passing through the Banat to the North getting to us in the stage of spruce and oak. The silver fir was very rare in the sub-boreal area, even disappearing in some places while in sub-atlantic and atlantic, characterized by warm and wet climate, the silver fir covered again large surfaces. This is the oldest way of fir tree migration to the North, along which it suffered some small changes. A first proof is the existence of fir tree forests in the Banat, in the southwest of Romania, located at low altitudes below 400 m (PAȘCOVSCHI 1956).

The second way of silver fir penetration in the Romanian territory started from the refuge places of the Balkan; passed through the area of the Alps covering Germany, the Czech Republic, Slovakia, Poland and after that, it migrated through the North Carpathians to us.

In a final stage, the two routes of penetration became frontally linked, and later they interfecundated and produced new forms.

The process of migration is also completed by the occupation of Transylvania and the Apuseni Mountains.

Because *Abies alba* is more related to *Abies nordmanniana* than to *Abies cephalonica* from a morphological point of view, it is supposed - even a third way of migration should not exist - but at least a strong source of a genetic influence of *Abies* forms that had their refuge during the period of glaciation in the Caucasus.

In conclusion, from an evolutionary point of view, there were premises as on the geographical territory of Romania, to have been formed a large genetic intraspecific diversity (experimentally proved – ENESCU 1975) and forms with very high silviproductive genetic potentials.

In the Romanian Eastern Carpathians, the silver fir has maximum production performance, and if we take into consideration the remarkable capacity of the species to substitute other species in many sites, these facts impose the existence of an important center of genes in Romania.

The hypothesis is confirmed by the notably behavior of some Romanian provenances in some comparative cultures from the western part of Europe.

The record dimensions the silver fir achieved in natural stands have also to be mentioned: thus in the Niculel forest (Râmnicu-Sărat forest district), a sample of 56 m in height, 1.88 m in base diameter, and 45 m³ volume of stem with bark was found.

In the Straja uneven-aged virgin forest (Falcau forest district in the north of Romania), an individual of 48 m in height, 1.84 m in diameter and 38 m³ volume of stem with bark was measured (POPESCU ZELETIN 1956).

In Romania, the silver fir area of distribution is fragmented, especially in the Carpathians from the West of the Olt River, in Maramures, and in the islands from the Apuseni Mountains.

Regarding the altitude, it grows on the mountainous level as a species mixed with beech and spruce and more seldom in form of pure stands. In the north of the Eastern Carpathians it gets down below 400 m altitude. The uppermost boundary, which is about 1.500 m altitude, is found in the Southern Carpathians.

2 Variability

According to its bark, the Romanian silver fir from the natural populations presents a large variability so that we can distinguish two main types: one that can maintain its bark flat until the old age and another one which forms an obvious rhytidom of various forms (DAMIAN 1978).

A very large phenotypic variability of top crown length existing distinctively was noticed revealing significant differences both at the population level and its individuals. Generally the silver fir with flat bark has top crowns that are longer of about 10% in comparison with the silver fir that has rhytidom.

The predominant tendency of long top crown populations in the north of the Romanian distribution area is also obvious. The long crowns are correlated with growths that are higher (at about 23%) than the populations with short crowns. Independently from the

stand density, significant inter- and intrapopulation differences are noticed when regarding the crown diameter. The same situation applies for the crown density.

The color of male flowers in natural populations varies distinctively from yellowish-green to carmine-red. No male flowers of different colors are present on an individual tree (ENESCU 1975; DAMIAN 1978). Among these extreme types of flowers some intermediate ones (reddish-pink, yellowish-pink) may be present. A segregation ratio of 2:1:1 was computed which is significant at a probability level of transgression of 5%. Segregation seems to be of an incomplete dominant type.

A hypothesis regarding this segregation ratio could start from the kinship premises between *A. alba* and *A. cephalonica* and *A. nordmanniana*, which have "spotty" red flowers, thus similar to the intermediate color from our country corresponding to the Aa heterozygote genotype. It is comprehended that this feature could be the result of the dominant wild type and the yellowish green feature could present the homozygote as recessive.

The conventional density of wood highlights some significant differences between populations and within population.

The total country mean of density is of 0.3581 g/cm³. The variation has continuous character suggesting a polygenic control.

The cellulose content of a sample comprising 50 natural populations from Romania, as determined by the KIRSCHNER-HOFFER method, shows the significant differences between populations and their members.

The variation amplitude is ranging from 57,7% cellulose (Avrig population) and 52,4% (Remeti population), the mean being of 55,37%.

The cellulose content ranged effectively from 0,2243 g/cm³ and 0,1779 g/cm³, the mean being of 0,1993 g/cm³. The variation amplitude of fiber length ranges from 2,8 mm to 4,06 mm, and the fiber diameter varies from 29,15 micrometers to 45,06 micrometers. The fiber thickness coefficient, defined as the ratio of fiber length and diameter, ranges from 80,78 to 112,72.

In Romania, according to the wood color, two types of silver fir have been identified: the red silver fir with rosy wood and harder to be cut open, and the white fir tree with a finer texture of wood and easy to be processed (LEFTER 1963). The redwood fir is resistant to compression, cutting, bending, stretching, and the elasticity module is superior to the conventional common fir by 25-40%.

According to the form and length of the carpels two main types and an intermediate one have been identified (ENESCU 1960): cones with short and bracts over the scales that are not turned down, and cones with long and turned down carpels over the scales. The cones from the second type have 25% more scales and almost a doubled percentage of full seeds (65%) in comparison to the cones with short bracts (37%). This situation can be related to the degree of self-pollination (which is higher for the cones with short bracts) or perhaps the long bracts and their turned down form protect the ovule against frost. It is for sure that their "turned down" feature makes an easier and better pollination possible.

The three types of cones cannot be found together on an individual tree, a fact that lets open the problem of genetic isolation by different blooming phenological phases; but it is supposed that the periods of maximum receptivity for ovules of different types overlap with the dissemination of pollen, and they interfecundate among each other.

Putting into evidence a large genetic variability through biosystematic studies upon natural populations that are completed by investigations in multi-sites comparative cultures of half-sib origin and descend, shows the existence of a large genetic diversity for the Romanian fir, which is the object of our preservation.

3 The conservation of genetic resources

3.1 “*in situ*” Conservation

“*In situ*” conservation is the most widely used method having numerous advantages. Some silver fir genetic resources of high biological value, usually in complex forestry areas, are preserved such as:

Protected Areas in the IUCN classification system. Some silver fir populations in national parks – Retezat, Călimani, Rodna, Ceahlau, Cheile Bicazului, Hășmaș, Bucegi, Semenic-Cheile Carașului, Cheile Nerei-Beușnița, and some others are preserved. Silver fir is also preserved in Scientific Reserves, Managed Nature Reserves, Wildlife Sanctuaries, and Protected Landscapes.

Some of these protected areas are made especially for silver fir (for instance: Piatra Arsă from Bucegi Mountains, Slătioara from Călimani etc.).

Seed stands that were initiated in 1963-1965 and periodically revised, the last one being realized in 1985-1986. For fir trees, there are nowadays 367 seed stands on a total surface of 10.830,1 ha, distributed in all the seed zones (ENESCU *et al.* 1976).

All the seed stands fulfill two main tasks:

1. the preservation of genetic resources, thus being excluded from cutting and are treated by a protection management.
2. The production of seeds of safe origin and high biological value. Almost all the seed stands are natural populations.

Genetic resources, sampled, delimited, applied on territory, described and recorded according to the resolution no. 2 of the Strasbourg Ministerial Conference of the Protection of Forests in Europe. The activity began in 1993 and genetic resources of all main forest species (spruce, fir, black pine, Norway pine, beech, common oak, oak, and other main species which can form some mixed forests) have been realized until present. The activity was terminated at the end of 1995 by establishing a database and a national catalogue of all forest genetic resources from Romania.

The methodology of the Coordination Committee of the Resolution no. 2 of the Strasbourg Ministerial Conference is used. After 1995, they were passed to the evaluation, sampling, delimiting, materialization, description and commendation of minor species genetic resources.

3.2 “*ex situ*” Conservation

The main forms of “*ex situ*” conservation that are practiced can be:

Multisite comparative trails of geographic origins; in 1980 and 1982 there have been placed 8 trails where collections of 64 Romanian and European origins were tested.

Half-sib progeny tests; a single one where some tenths of maternal origins are tested.

Clonal seed orchards, on a total surface of 96,4 ha, established in different site conditions and geographic places.

Their establishment was preceded by the process of selecting plus trees. In total 725 plus trees were chosen, some of them exceeding 200 years of age and possessing remarkable heights (50-52 m). The plus trees are all preserved being selected from seed stands that are excluded from cutting. Their vegetative copies, obtained by grafting, form the clone plantings that have a double function: **they preserve “ex situ”** the plus trees, and they produce seeds of high biological value under the conditions of total isolation from foreign pollen.

Finally, *Abies alba* is also preserved along with many other species of silver fir in arboreta. In Romania, there are six arboreta where fir species are preserved, founded under the forestry administration. In addition 10 botanical gardens, which are usually attached to universities, are also included.

4 The management and monitoring of some silver fir genetic resources

At first, it is about the management and monitoring of genetic resources preserved “*in situ*”, because those that are “*ex situ*” are subdued to the regime of monitoring and treatment specific to the method of preservation and the objective having had in view.

The Commission of Natural Monuments of the Romanian Academy controls the monitored areas, and law protects them.

Within the category of forest genetic resources preserved “*in situ*”, the largest areas are covered by seed stands, and genetic resources themselves are established according to the normatives of the Resolution no. 2 of the Strasbourg Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.

Both categories of genetic resources found under the forestry administration and their management are accomplished according to specific normatives, where the preservation measures have priority (if it is possible on a longer period of time until the end of physiological longevity).

Before getting into the stage of entering the phase of dying away, their regeneration is stipulated by using intensive treatments that have long periods of regeneration.

The first ones are monitored by a flexible system and at periods of 10 years when all the seed stands are re-estimated and extra-measures of preservation, regeneration are established, and if there will be some catastrophes like wind breaks or snow breaks they can be closed down. If it is necessary, we can establish other seed stands in order to replace the closed ones in the same seed area (ENESCU 1983).

For the genetic resources themselves – in order to implement the monitoring at a European standard –some evidence analytical records were made which contain a large amount of

information that will constitute the reference elements for the future annual re-estimation or at periods of 2-3 years (ENESCU *et al.* 1997).

5 References

- ARMĂȘESCU, A. (1971): Cercetări biometrice privind creșterea, producția și caracteristicile structurale ale arboretelor echiene la principalele specii forestiere, Teză de doctorat. Univ. Brașov.
- CIOBANU, I. (1972): Istoricul pădurilor privind vegetația cuaternară din România. Studii și Cercetări de Biologie, Seria Botanică.
- DAMIAN, M. (1978): Cercetări privind variabilitatea bradului (*Abies alba* Mill.) din România în vederea extinderii în cultură a proveniențelor valoroase. Teză de doctorat. Univ. Brașov, 147 pages.
- ENESCU, V. (1960): Câteva observații asupra fructificației bradului în Ocolul Silvic Brașov, Rev. Păd., 12, pp.724-26.
- ENESCU, V. (1975): Ameliorarea principalelor specii forestiere, București, Ed. Ceres, 314 pages.
- ENESCU, V. *et al.*, (1976): Zonele de recoltare a semințelor din România, Ed. Ceres, București, 54 pages.
- ENESCU, V. (1983): Producerea semințelor forestiere, Ed. Ceres, București, 323 pp
- ENESCU, V. *et al.* (1997): Conservarea biodiversității și a resurselor genetice forestiere, Ed. Agris București, 360 pages.
- GIURGIU, V. (1969): Problema bradului în România, Rev. Păd. 7, pp.328-32.
- LEFTER, R. (1963): Stațiuni de brad cu lemn roșu, o varietate valoroasă a bradului alb, Rev. Păd.3, pp.139-41.
- PAȘCOVSCHI, S. (1976): Câteva considerațiuni biogeografice asupra Munților Banatului, Ocrotirea naturii, 2.
- POP, E. (1933): Analiza de polen și însemnătatea lor fitogeografică, Bul. Soc. Geogr. rom. III: pp.90-147.

Adress of the authors:

Prof. Dr. Valeriu Enescu, Andra-Nicoleta Ceașiu & Adrian Timofte

University of Oradea, Faculty of Environment Protection,

Department of Silviculture

General Magheru 26

RO-3700 Oradea (Romania)

fon: +40-259-412550; fax: +40-259-416274

e-mail: atimofte@uoradea.ro

European silver fir (*Abies alba* MILL.): Measures for conserving and promoting a valuable and amiable tree species in Rhineland-Palatinate

PATRICK HEINTZEN, WERNER D. MAURER & UWE TABEL

Although silver fir covers only 0.47% of the surface in the forests of Rhineland-Palatinate, it is given, besides beech (*Fagus sylvatica*) a key role in the forest converting programme in our Federal State (GAGOV & MAURER 2002). Thus a variety of activities have been carried out so far for this tree species which include primarily:

- Seed crop harvesting in approved stands either cultivating seedlings immediately in forest nurseries and transplanting them afterwards into the forests or storing these seed collections for a certain time in our “gene bank” in Elmstein.
- In the framework of the programme on the conservation and sustainable utilization of forest gene resources (*cf.* MAURER & TABEL 2000) phenotypically excellent plus trees were selected in our silver fir occurrences as mother-trees for grafting and identified genetically by using isozyme gene markers. These trees were used to establish two clonal gene conservation seed orchards (*i.e.* an “elite” seed orchard including the very best phenotypes and genotypes as well as a clone archive), which serve both the securing of the inherent genetic resources and the future production of high-quality seed stock (MAURER *et al.* 2002).
- In order to get important information for silver fir cultivation under the site conditions in our Federal State, Rhineland-Palatinate became a joint member of the 1st International IUFRO European silver fir provenance test in 1987 which included 17 provenances originating from the present natural range of distribution (for details, *cf.* GAGOV *et al.*, this volume pp.31-43). A genetic inventory of the experimental plot Osburg using isozyme gene markers was recently performed which gave evidence of the superiority of the Balkan provenances regarding genetic diversity when compared to the others present (manuscript in prep.). This provenance test is extended now by provenances originating particularly from the Balkan (GAGOV & MAURER 2002). At present cultivation of these seed collections is carried out on the nursery Antonihof by the Dept. “Gene Resources and Forest Plant Production” of the Forest Research Institute for Forest Ecology and Forestry of Rhineland-Palatinate in Trippstadt.

References

- GAGOV, V. & MAURER, W.D. (2002): Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) – eine Schlüsselbaumart für den Waldumbau in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 57.Jg., Nr.1/2, pp.16-19.
- MAURER, W.D.; TABEL, U.; HOSIUS, B.; LEINEMANN, L.; BERGMANN, F.; GAGOV, V. & EDER, W. (2002): Die Anlage von Generhaltungssamenplantagen für Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Rheinland-Pfalz: Isoenzymuntersuchungen als effiziente Entscheidungshilfen. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz*, Nr. 49/02, pp.75-88.
- MAURER, W. D. & TABEL, U. (2002): Das „Genressourcen-Programm“ – Maßnahmen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 57.Jg., Nr.1/2, pp.25-29.

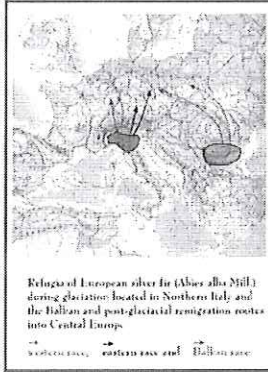


European Silver Fir (*Abies alba* Mill.): Measures for conserving and promoting a valuable and amiable tree species in Rhineland-Palatinate

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Schloss, D-67705 Trippstadt
fon: +49-6306-911-0, fax: +49-6306-911-200, e-mail: zdf.juwf@wald-rlp.de

P. Heintzen, W.D. Maurer & U. Tabel

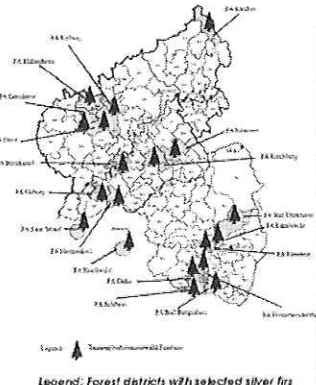
Situation



Reliquia of European silver fir (*Abies alba* Mill.) during glacial times located in Southern Italy and the Balkans and post-glacial migration routes into Central Europe.

Silver fir mother-/plus trees selected for grafting

Mutterbaum-/Plusbaumauswahl von Weißtanne in Rheinland-Pfalz



Legend: Forest districts with selected silver fir

Tree species distribution in Rhineland Palatinate (RLP)

Baumartenverteilung in Rheinland-Pfalz, Gemeinde- u. Staatswald

Tree species	Deciduous trees	% surface in RLP
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	21,30
Fraubeneiche	<i>Quercus robur</i>	15,76
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	2,61
Stieleiche	<i>Quercus petraea</i>	2,30
Birke	<i>Betula sp.</i>	1,15
Eiche	<i>Quercus sp.</i>	1,05
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1,03
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,91
Hotteiche	<i>Castanea sativa</i>	0,51
Hirsche	<i>Alnus sp.</i>	0,44
Pappel	<i>Populus sp.</i>	0,39
Edelkastanie	<i>Castanea sativa</i>	0,21
Linde	<i>Tilia sp.</i>	0,20
Kobholz	<i>Ligustrum vulgare</i>	0,15
Weide	<i>Salix sp.</i>	0,09
Spitzahorn	<i>Acer obtusatum</i>	0,08
Aspe	<i>Populus alba</i>	0,08
Eberesche	<i>Malus sylvestris</i>	0,05
Hulst	<i>Crataegus sp.</i>	0,05
Ulm	<i>Ulmus sp.</i>	0,01
Korbweiden	<i>Sambucus sp.</i>	0,01
übrige Laubbäume		41,81

Tree species	Coniferous trees	% surface in RLP
Fichte	<i>Picea abies</i>	24,74
Tanne	<i>Abies alba</i>	15,51
Douglastanne	<i>Pseudotsuga schrenkii</i>	0,97
Europäische Lärche	<i>Larix laricina</i>	2,30
Japanische Lärche	<i>Larix kaempferi</i>	0,49
Tanne	<i>Abies sp.</i>	0,43
Große Kustentanne	<i>Abies grandis</i>	0,19
Weymouthskiefer	<i>Pinus strobus</i>	0,18
Paz. Edelkiefer	<i>Pinus peuceletii</i>	0,17
Silberkiefer	<i>Pinus baltica</i>	0,06
Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	0,05
Orientalische	<i>Pinus orientalis</i>	0,05
Hemlocktanne	<i>Tsuga sibirica</i>	0,02
Lebensbaum	<i>Taxus sp.</i>	0,01
übrige Nadelbäume		51,07

Seed crop harvesting for cultivating seedlings to be planted in the forests



Seed storing



Collecting grafts by a tree-climber

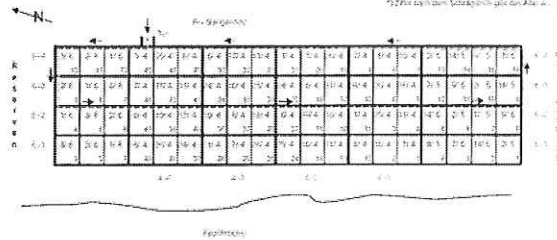


International IUFRO European silver fir provenance test

INTERNATIONALER WEISSTANNEN-HERKUNFTSVERSUCH
Versuchsplan

Fläche Nr.: 216/017
Anlage: Frühjahr 1987
Forstamt: Oßburg
Verband: 2,0 km x 1,0 km
Forstleiter: Rosenkropf
Parzelle: 10,0 m x 10,0 m (5 x 2 Pflanzen)

Legende
4-5 Weisstanne
1-3 Schwarzkiefer
* 2000 Samen/Parzelle (je 2000 Samen/2 Pflanzen)



Specialist work :
Open field grafting
in the
"Elite" seed orchard
by Prof. V. Gagov

Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.): Erhaltungs- und Fördermaßnahmen in Rheinland-Pfalz für eine wertvolle und liebenswerte Baumart

PATRICK HEINTZEN, WERNER D. MAURER & UWE TABEL

Obwohl die Weißtanne nur 0,47% der Fläche in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten einnimmt, kommt ihr neben der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) dennoch eine Schlüsselrolle im Waldumbauprogramm unseres Bundeslandes zu (GAGOV & MAURER 2002). Demzufolge wurden bislang eine Reihe von verschiedenen Maßnahmen für diese Baumart vorgenommen, die in erster Linie einschließen:

- Die Saatgutbeerntung in zugelassenen Beständen, wobei Sämlinge entweder sofort in Forstbaumschulen angezogen und diese nachfolgend in die Wälder eingebracht werden oder diese Saatguternten für eine bestimmte Zeit in unserer „Genbank“ in Elmstein eingelagert werden.
- Im Rahmen des Programms zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen (MAURER & TABEL 2002) wurden phänotypisch hervorragende Plusbäume in unseren Weißstannenvorkommen als Mutterbäume für die Pflanzung ausgewählt und mittels Isoenzym-Genmarkern genetisch identifiziert. Diese wurden zur Anlage von zwei Generhaltungsklonsamenplantagen (d.h. einer „Elite“-Samenplantage mit den allerbesten Phänotypen und ausgewählten Genotypen sowie einem Klonarchiv) verwendet und dienen sowohl der Sicherung dieser genetischen Weißstannen-Ressourcen als auch der zukünftigen Erzeugung von qualitativ hochwertigem Saatgut (MAURER *et al.* 2002).
- Um wichtige Hinweise für den Anbau der Weißtanne unter den rheinland-pfälzischen Standortbedingungen zu erhalten, wurde Rheinland-Pfalz ein Mitbetreiber des 1. Internationalen *IUFRO*-Weißstannen-Provenienzversuchs von 1987, der 17 Herkünfte aus dem heutigen natürlichen Verbreitungsgebiet umfasst (Details siehe im vorliegenden Band bei GAGOV *et al.*, pp.31-43). Kürzlich wurde eine genetische Inventur der Versuchsfläche Osburg mittels Isoenzym-Genmarker vorgenommen, welche die Überlegenheit der Balkanherkünfte gegenüber den anderen Provenienzen bezüglich der genetischen Vielfalt ganz deutlich herausstellte (Manuskript in Vorbereitung). Dieser Provenienzversuch wird nunmehr mit Herkünften insbesondere aus dem Balkanbereich erweitert (GAGOV & MAURER 2002). Die Anzucht dieser Einsammlungen wird derzeit auf dem Kampgelände Antonihof von der Abt. „Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung“ der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz in Trippstadt vorgenommen.

Anschrift der Autoren:

Patrick Heintzen

SGD Süd, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung, Schloss, D-67705 Trippstadt

e-mail: patrick.heintzen@wald-rlp.de

MAURER und TABEL: siehe Beitrag von GAGOV *et al.*, p.43 in diesem Band.

The effects of stand origin on the genetic structure of European silver fir (*Abies alba* MILL.)

ROMAN LONGAUER

The effects of stand origin on the genetic structure of European silver fir were studied in 2 provenance regions of Central Slovakia and Bohemia. The study included 5 artificially and 15 naturally regenerated forest stands older than 80 years. To investigate the temporal patterns of genetic variation, the genetic structures of adult and juvenile age cohorts were compared in 15 natural populations in Romania, Poland, Slovakia and Czech Republic.

The genetic structures of artificially regenerated stands differed from the naturally regenerated ones. Artificial stands revealed an extreme mean number of alleles per locus, effective number of alleles, allele frequencies, genotype frequencies and heterozygosities. The subpopulation differentiation of artificial stands was apparently higher than that of the natural ones. Their skewed genetic structures appear to be a result of stand establishment using a planting stock derived from a restricted number of seed parents.

In the natural populations, the mother stands and their natural regeneration revealed similar parameters of genetic multiplicity. The mean genetic distance between the age cohorts was lower than between pairs of geographically adjacent adult populations. A temporal trend was observed in the genotypic structures, where the mean observed heterozygosity tended to be higher in adult sub-populations.

Die Auswirkungen des Bestandesursprungs auf die genetische Struktur der Weißtanne

ROMAN LONGAUER

Die Auswirkungen des Bestandesursprungs auf die genetischen Strukturen der Weißtanne wurden an zwei Herkunftsregionen der zentralen Slowakei und Böhmens untersucht. Die Untersuchung umfasste 5 künstlich und 5 natürlich verjüngte Waldbestände älter als 80 Jahre. Um die zeitlichen Muster der genetischen Variation zu untersuchen, wurden die genetischen Strukturen von Gruppen von Alt- und Jungbaum-Gruppen mit 15 natürlichen Populationen in Rumänien, Polen, der Slowakei und der Tschechischen Republik verglichen.

Die genetischen Strukturen der künstlich verjüngten Bestände unterschieden sich von denen mit natürlicher Verjüngung. Die künstlichen Bestände wiesen eine äußerst hohe mittlere Anzahl an Allelen pro Genort, effektive Anzahl von Allelen, Allelhäufigkeiten, Genotyphäufigkeiten und Heterozygotien auf. Die Subpopulationsdifferenzierung der Kunstbestände war deutlich größer als die der natürlichen. Ihre abweichenden genetischen Strukturen scheinen das Ergebnis der Bestandesbegründung unter Verwendung von Vermehrungsmaterial zu sein, das aus einer eingeschränkten Anzahl von Sameneltern stammt.

Bei den natürlichen Populationen wiesen die Mutterbestände und deren Naturverjüngung gleiche Parameter der genetischen Vielfalt auf. Die mittlere genetische Distanz zwischen den Altersgruppen war geringer als zwischen Paaren geografisch benachbarter Altbaumpopulationen. Ein Zeittrend wurde bei den genotypischen Strukturen beobachtet, wo die mittlere beobachtete Heterozygotie dahin tendierte, in den adulten Subpopulationen größer zu sein.

Address of the author:

Dr. Roman Longauer,
Forest Research Institute (LVU)
T.G. Masaryka 22
SK-96092 Zvolen (Slovakia)
tel.: +421-855-31-43-31, fax: +421-855-32-18-83

e-mail: longauer@fris.sk

Historical and contemporary gene flow in fir: New markers – new results – new perspectives

BIRGIT ZIEGENHAGEN & SASCHA LIEPELT

In the past years numerous DNA markers were developed for the fir species native in Europe, in particular however for silver fir (*Abies alba* MILL.).

Markers for species differentiation (LIEPELT, FADY, KORMUTÁK & ZIEGENHAGEN)

In interspecific controlled crosses, an intron of the mitochondrial DNA turned out to be polymorphic, differentiating among the parental species. This was the starting point for a systematic analysis of eight European *Abies* species. Up to 30 individuals per species sampled from range-wide provenances were investigated at the respective intron locus. The needle material was kindly provided by DR. BRUNO FADY (INRA, Avignon). Only *Abies alba* exhibited intraspecific variation at that mitochondrial DNA locus. Groups of fir species that are mainly geographically clustering can clearly be distinguished. The intron is thus diagnostic for species differentiation or hybridisation in *Abies*.

Markers unravelling the postglacial history of *Abies alba* (LIEPELT, BIALOZYT & ZIEGENHAGEN)

By means of DNA markers with contrasting mode of inheritance the effectiveness of historical gene flow *via* seeds *vs.* gene flow *via* pollen could be analysed in range-wide studies. The maternally inherited marker revealed the existence of at least two refuge areas. The re-colonising maternal lineages remained mainly separated from each other. The paternally inherited marker could in contrast demonstrate a highly effective gene flow as mediated by pollen.

Markers for local gene flow and differentiation of individual seed trees (Co-operation with HUSSENDÖRFER, CREMER, STROHSCHNEIDER & KONNERT)

In previous studies on seeds we clearly demonstrated that chloroplast DNA of the embryo is of paternal origin while the chloroplast DNA of the primary haploid endosperm is identical to that of the seed mother. Embryo and endosperm of the same seeds belonging to five single seed tree progeny of the same stand were analysed at three highly polymorphic chloroplast microsatellite loci. Four of the five mother trees were unambiguously identified. From all analysed embryos (five per seed tree) a minimum number of pollen donors was derived, the data being useful for paternity analysis as well.



Historical and Contemporary Gene Flow in Fir New Markers - New Results - New Perspectives



Birgit Ziegenhagen* & Sascha Liepelt

Section of Nature Protection and Conservation Biology, University of Marburg, D-35032 Marburg, Germany
*ziegenha@staff.uni-marburg.de

The present poster gives an overview on newly developed DNA markers in *Abies*. Different studies at different scales are presented.

Differentiation of European *Abies* species (Liepelt, Fady, Kormuták & Ziegenhagen)

Eight European *Abies* species were analysed at a polymorphic *nad* intron (mitochondrial DNA). This region was confirmed to be maternally inherited (Liepelt et al. 2002). The detected interspecific differences were validated by analysing up to 30 individuals per species. Needle material originated from French provenance trials and was kindly provided by Bruno Fady (INRA, Avignon)

Figure 1 taken from Laura Percebois: Genetics and Evolution of the Mediterranean *Abies* Species. Linxus 2007



Figure 1: The history of the Mediterranean *Abies* (today) in the present world.
● *A. alba* ● *A. balsamea* ● *A. concolor* ● *A. pinsapo* ● *A. procera* ● *A. sibirica* ● *A. veitchii* ● *A. nordmanniana*

Distinct differences were detected among species that were shown to be consistent in all analysed individuals, with one exception: *Abies alba* exhibited intraspecific variation with two variants.

As a result, not all species could be differentiated from each other. Interestingly, species that are geographically neighboured commonly shared haplotypes.

The results encourage to conduct phylogeographic studies at the interspecific level as well as to control the species identity of traded seeds (Liepelt et al., in prep.)

Postglacial gene flow in *A. alba* as displayed by organelle DNA markers with contrasting mode of inheritance Liepelt, Bialozyt & Ziegenhagen

The conifer *Abies alba* turned out to be a perfect model to analyse the maternal as well as the paternal aspects of range-wide distribution of organelle genetic diversity. Two DNA markers with contrasting mode of inheritance were applied to 100 populations (more than 1000 individuals) covering the entire range. The markers exhibited each two highly conserved alleles based on an insertion/deletion of 80 bp in the fourth intron of the mitochondrial *nad5* gene and on a synonymous substitution in the chloroplast *psbC* gene. The haplotypes of both markers were geographically mapped and clines calculated.

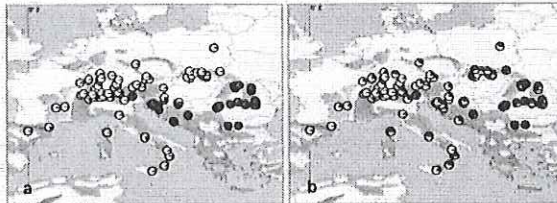


Fig. 2: Geographic maps of Europe showing all sampled *A. alba* populations. The circle sectors display the relative frequencies of the observed alleles of the respective marker.
a: Maternally inherited *nad5-4* marker. White circle sectors mark allele 1 and dark sectors mark allele 2.
b: Paternally inherited *psbC* marker. Dark circle sectors mark allele A and white sectors mark allele B.

Fig. 2 and Tab. 1 were taken as originals from Liepelt et al. (2002)

The geographical distribution of the maternally inherited marker supported the existence of at least two refugia. From these, the maternal lineages recolonised the range remaining mainly separated, resulting in a steep cline.

Tab. 1: Characteristics of the clines

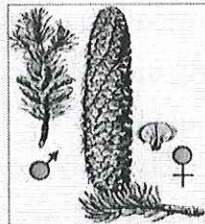
Mode of inheritance	Corolla	Needle
<i>nad5-4</i> maternal	22,0749	1,3293
<i>psbC</i> paternal	18,2391	25,8724

The *psbC* cline was in contrast as wide as the whole range! We therefore strongly suggest that an exchange of genetic information between refugia by range-wide paternal introgression is possible in this wind-pollinated species.

Our results encourage to discuss on evolutionary dynamics in wind-pollinated species with special regard to autochthony and adaptive potentials.

Analysis of local contemporary gene flow in *Abies alba* in cooperation with Erwin Hussendörfer (FH Weißenstephan), Eva Cremer (LFA Baden-Württemberg) Monika Konnerth (ASP Teisendorf) and Ilse Strohschneider (FBVA Wien)

When chloroplast microsatellite markers were applied to seeds of *Abies alba* they were proved adequate gene markers for tracing local maternal (endosperm) and local paternal (embryo) gene flow (Vendramin and Ziegenhagen 1997, Ziegenhagen et al. 1999). At the same time, the markers allow to identify the origin of seeds from individual trees which is increasingly important in tracing the chain of custody or certification of forest reproductive material.



Three chloroplast microsatellite markers (Vendramin and Ziegenhagen 1997, Liepelt et al. 2001) were applied to single tree progenies of *Abies alba* all originating from the same seedlot. Most of the mother trees could unambiguously be distinguished by different multi-locus haplotypes of their endosperm. Different pollen donors were identified by haplotyping the embryos (Ziegenhagen et al. 2003). In ongoing studies it could be demonstrated that probabilities of exclusion or identity were improved when isozyme genotyping was combined with the microsatellite approach (Cremer et al., submitted)

References:

- LIEPELT, S.; KUHLENKAMP, V.; ANZIDEI, M.; VENDRAMIN, G.G.; ZIEGENHAGEN, B. (2001). Pitfalls in determining size homoplasy of microsatellite loci. *Molecular Ecology Notes*, 1: 332-335.
LIEPELT, S.; BIALOZYT, R.; ZIEGENHAGEN, B. (2002). Wind-dispersed pollen mediates postglacial gene flow among refugia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99: 14590-14594.
ZIEGENHAGEN, B.; SCHOLZ, F.; MADAGHELE, A.; VENDRAMIN, G.G. (1998). Chloroplast microsatellites as markers for paternity analysis in *Abies alba*. *Czechoslovak Journal of Forest Research*, 28: 317-321.
VENDRAMIN, G.G.; ZIEGENHAGEN, B. (1997). Characterization and inheritance of polymorphic plastid microsatellites in *Abies*. *Genome* 40: 857-864.
ZIEGENHAGEN, B.; LIEPELT, S.; KUHLENKAMP, V.; FLADUNG, M. (2003). Molecular identification of individual oak and fir trees from maternal tissues of their seeds. *Trees, Structure and Function*, in press.

We gratefully appreciate technical assistance of Susanne Jekmann, Vivian Kühlenkamp and Inge Schütze (BFH, Grosshansdorf) and would like to thank numerous colleagues for kindly providing material (see lists in published papers). This work was financially supported by the EU (Project: FOSSILVA to S.L.) and the BMVEL (B.Z.)

Historischer und rezenter Genfluß bei Tanne: Neue Marker – neue Ergebnisse – neue Einsichten

BIRGIT ZIEGENHAGEN & SASCHA LIEPELT

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche DNA-Marker für die europäischen Tannenarten, insbesondere aber für die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) entwickelt.

Marker zur Artunterscheidung (LIEPELT, FADY, KORMUTÁK & ZIEGENHAGEN)

Da zwischen verschiedenen Tannenarten einer interspezifischen Kreuzung Unterschiede in einem Intron der mitochondrialen DNA gefunden wurde, wurde eine systematische Untersuchung von acht Europäischen Tannenarten an diesem Intron vorgenommen. Dazu wurden jeweils bis zu 30 verschiedene Individuen pro Art aus unterschiedlichen Herkünften ihres Verbreitungsgebietes untersucht. Das Nadelmaterial wurde von DR. BRUNO FADY (INRA, Avignon) zu Verfügung gestellt. Außer bei Weißtanne traten bei keiner der anderen sieben Arten intraspezifische Unterschiede auf, und es konnten deutlich Gruppen von Arten unterschieden werden, wobei eine solche Gruppierung zumeist mit einer geographischen Nachbarschaft einher geht.

Marker zur Untersuchung der nacheiszeitlichen Geschichte der Weißtanne (LIEPELT, BIALOZYT & ZIEGENHAGEN)

Mit Hilfe von DNA-Markern mit kontrastierendem Erbgang konnte die Effizienz von nacheiszeitlichem Genfluß per Samen vs. Genfluß per Pollen verglichen werden. Mütterlich vererbte mitochondriale Marker weisen auf zwei deutliche Refugialgebiete hin. Die aus diesen Gebieten zurückgewanderten Linien bleiben bis heute weitgehend getrennt voneinander, während sich die väterlich vererbten Varianten mit hoher Effizienz ausgebreitet haben.

Marker zur Untersuchung des lokalen Genflusses und zur Unterscheidbarkeit individueller Samenmütter (Zusammenarbeit mit: HUSSENDÖRFER, CREMER, STROHSCHNEIDER & KONNERT)

In früheren Untersuchungen an Samen konnte gezeigt werden, dass Chloroplasten-DNA der Embryonen eindeutig väterlichen Ursprungs ist, während das primäre haploide Endosperm eindeutig mütterlichen Ursprungs ist. Mittels dreier hochpolymorpher Chloroplasten-Mikrosatelliten-Marker gelang es bei fünf Einzelbaumabsaaten mit jeweils fünf Samennachkommen ein und desselben Erntebestandes, auf Anhieb vier der fünf Samenmütter zu unterscheiden. Die Anzahl der verschiedenen Haplotypen im Embryo desselben Samens lassen auf die Mindestanzahl verschiedener Väter schließen.

Addresses of the authors: cf. contribution by CREMER *et al.*, p.84 in this volume.

Results of progeny experiments with silver fir (*Abies alba* MILL.) in Bulgaria

IVAN EVTIMOV, VELITCHKO GAGOV & PETAR ZHELEV

Keywords: *Abies alba*, provenances, progeny, height performance, heritability

Abstract

The paper presents preliminary results of a study on the combined provenance/progeny tests of silver fir. The results indicate that there are substantial differences both among the provenances and among the half-sib families within provenances. The best performing half-sib families could be recommended for the future breeding programs. Height growth heritability is of magnitude of 0.2 and the results could be a basis for the breeding activities with silver fir.

Schlagwörter: *Abies alba*, Provenienzen, Nachkommenschaft, Höhenwuchs, Heritabilität

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Ergebnisse von Nachkommenschaftsprüfungen für Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Bulgarien.

Es werden die ersten vorläufigen Ergebnisse einer Kombination von Herkunftsversuch und Nachkommenschaftsprüfung für Weißtanne dargestellt. Die Ergebnisse deuten auf eindeutige Unterschiede zwischen den Herkünften und zwischen den Halbgeschwisterfamilien innerhalb der Provenienzen hin. Die Halbgeschwisterfamilien mit bester Leistung könnten für zukünftige Züchtungsprogramme empfohlen werden. Die Heritabilität des Höhenwuchses liegt in der Größenordnung von 0,2, diese Ergebnisse könnten die Grundlage für die Züchtungsaktivitäten mit der Weißtanne sein.

1 Introduction

The genetics of silver fir (*Abies alba* MILL.) has been a subject of substantial interest. This is due to its importance as an economical timber species and also to the problems related to the species' decline. The studies employed a variety of methods ranging from provenance testing to inferring the genetic structure of populations by means of molecular genetic markers (BERGMANN *et al.* 1990).

Extensive information is available concerning the provenance variation of the species, based on test experiments in many European countries including Bulgaria (GAGOV 1984, 1988; KRAMER 1986). Still relatively little is known about the progeny performance at different environments.

Large progeny tests were established in Bulgaria during the last two decades. They aim to testing the progeny performance in relation to practical breeding programs and to the production of Christmas trees. Therefore the objective of the present study was to evaluate the performance of half-sib families originating from different provenances of the Balkan Peninsula, where the southeastern range of the species distribution is located.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.136-141.

2 Material and methods

The study area is located in the eastern part of Bulgaria in the foothills of Stara planina. The region is characterized by a relatively mild climate, which is due to the close situation of the Black Sea (about 20 km).

The site consists of several experiments planted in different years and including the progenies of more than 100 plus trees sampled throughout the whole natural range of the species in the Balkan Peninsula. In the present paper we present only the results of three experiments established in 1992 (experiment no. 4), 1993 (experiments no. 5 and no. 6). The half-sib families included in the experiments originated from 15 provenances. The planting design was a randomized complete block design with 3 replications (blocks). The provenances were the following ones (Tab. 1):

Tab. 1: Provenances where the half-sib families originate from.
Herkunft der Halbgeschwisterfamilien.

<i>Mountain range</i>	<i>Provenances (abbreviations)</i>
Rila Mts.	Borovetz (BOR), Samokov (SAM), Belovo (BEL), Dupnitsa (DUP), Dolna Banya (DB), Rila Monastery (RM)
Pirin Mts.	Bansko (BAN), Simitli (SIM), Goce Delchev (GD)
Stara Planina (Balkan) Mts.	Ribaritza (RIB), Kipilovo (KIP)
Slavyanka	SLA
Rhodopen	Rakitovo (RAK), Smolyan (SMO), Satovcha (SAT), Velingrad (VEL)
Osogovo Mts.	OSG
Republic of Macedonia	Kozhuf (KOZ), Galicica (GAL) and Mavrovo (MAV)

Field measurement included the assessment of height growth of all living trees. The height was assessed for 1999, 2000, 2001, and 2002. All damaged trees were excluded from the analysis. The measurements yielded a great amount of data, which is impossible to present in a single paper. Therefore here we present only data for 2002.

The provenances and the half-sib families were ranked according to their height growth performance.

The data were subjected to analysis of variance using the following model:

$$Y_{ijk} = \mu + Fi + Bj + BF_{ij} + e_{ijk} ,$$

where Y_{ijk} is the value of trait of k -th individual in i -th half-sib family in j -th block,

μ is the overall mean,

Fi is the effect of i -th family in the j -th block,

Bj is the effect of the j -th block,

BF_{ij} is the interaction term specified by i -th family and j -th block,

e_{ijk} is the residual error term.

Heritability estimates of height growth were based on standard formulae (COTTERILL 1987).

3 Results

3.1 Ranking of provenances

The results on the ranking of provenances in experiment 4 (Fig. 1) revealed the superiority of the provenance Slavyanka. The natural population is situated in the transitional zone where the putative introgressive hybridization between *Abies alba* and *A. cephalonica* occurs. Therefore this population is considered as heterozygous, and this could explain its superiority.

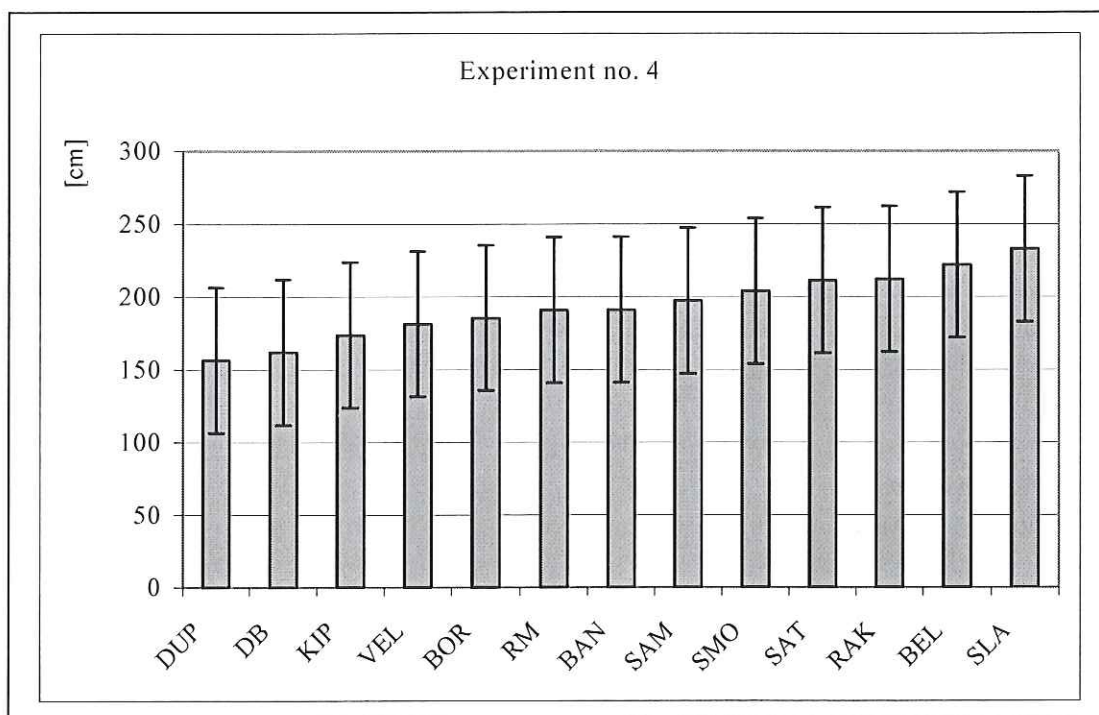


Fig. 1: Ranking of provenances in the experiment no. 4. (for abbreviation of provenances, see Tab. 1).
Abb. 1: Rangfolge der Provenienzen im Versuch Nr. 4 (Abkürzungen, siehe Tab. 1).

The best families in the experiment no. 4 originated from Slavyanka (8 families), Belovo (2 families), and Borovets, Rila Monastery, Bansko, Belovo, Samokov (1 family each). In experiment no. 5 the best provenances were Dupnitza, Slavyanka and Borovetz (Fig. 2). Here the best families originate from Borovetz (6 families), Kozhuf (4 families), Slavyanka (2 families), and Dupnitza, Belovo, Osogovo (1 family each). The experiment no. 6 showed similar trends. Best provenances were Samokov [SAM], Simitly and again Slavyanka: Slavyanka (3 families); Borovetz, Samokov, Kozhuf, Dupnitza, (2 families each); Simitly, Belovo, Bansko, Dolna Banya (1 family each). All the experiments showed that in most cases the best provenances were dominating. Especially Slavyanka could be outlined as a good performer and suitable for further use, especially in short-term breeding programs, like the production of Christmas trees.

The measurements revealed that the seedlings and families keep their rank during the course of years (results not shown). If we apply 50% family selection, *i.e.* if we breed only the better half of the half-sib families, we could expect a gain of about 15-20% (Fig. 4). Of course, this “gain” is not the same as defined in the classical quantitative genetic theory, but the figure shows what will be the results if we select the best performing families for planting.

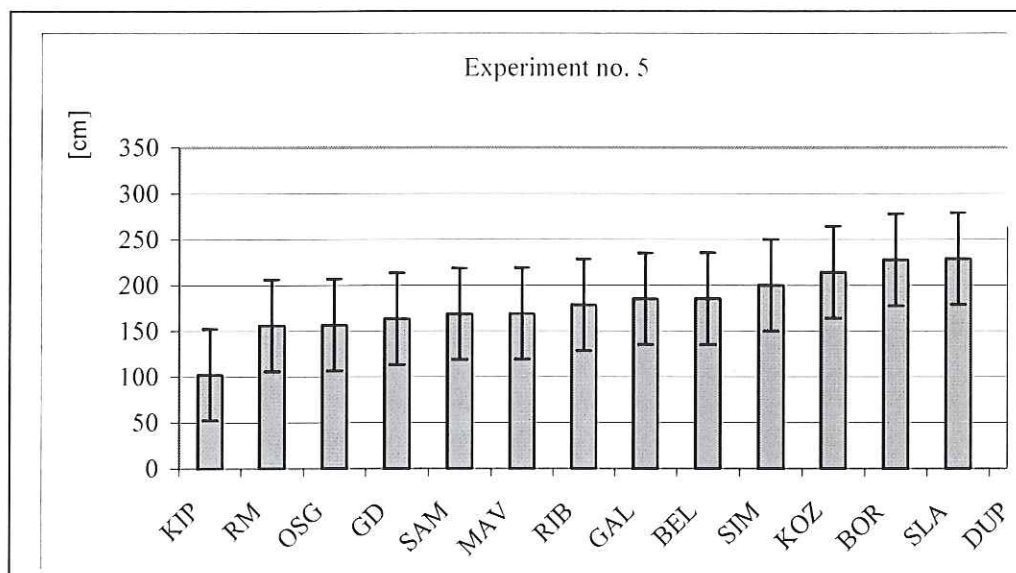


Fig. 2: Ranking of provenances in the experiment no. 5. (for abbreviations of provenances see Tab. 1).
Abb. 2: Rangfolge der Provenienzen im Versuch Nr. 5 (Abkürzungen, siehe Tab. 1).

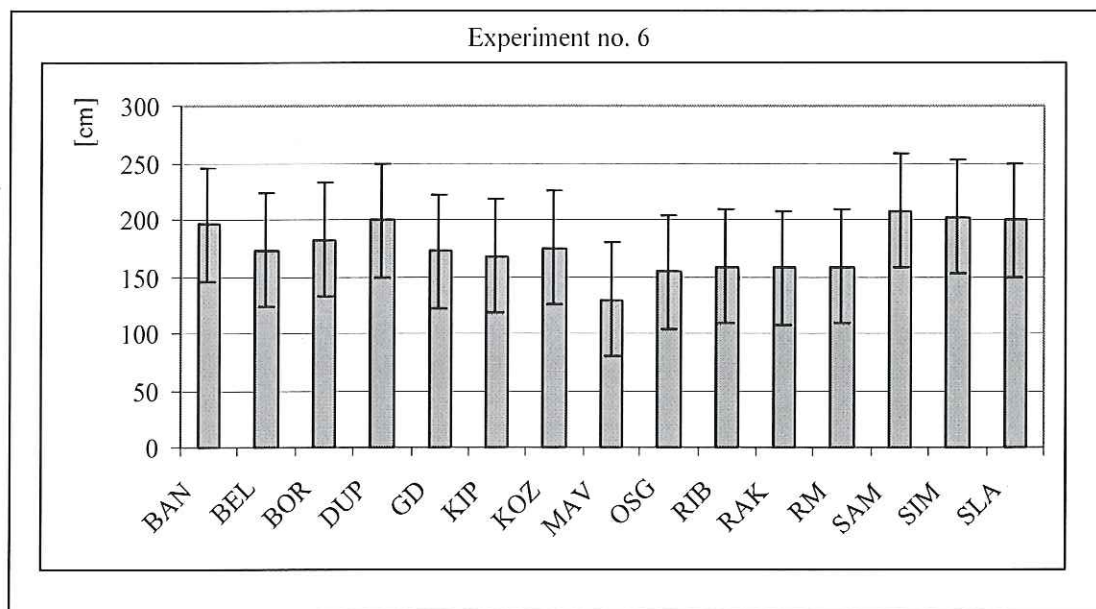


Fig. 3: Ranking of provenances in the experiment no. 6. (for abbreviations of provenances see Tab. 1).
Abb. 3: Rangfolge der Provenienzen im Versuch Nr. 6 (Abkürzungen, siehe Tab. 1).

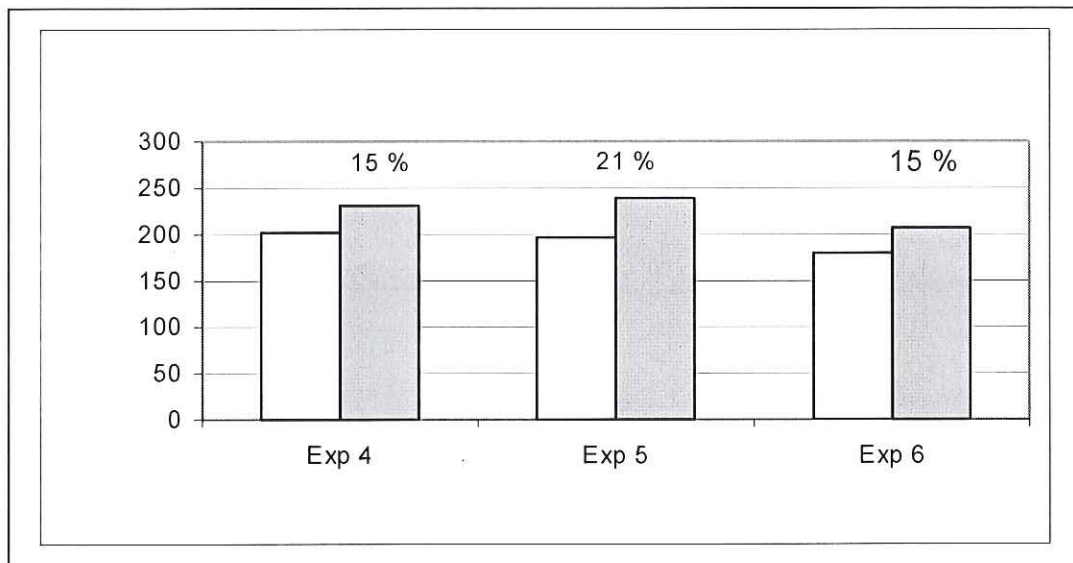


Fig. 4: Comparison of unselected experimental population (white bars) and when 50% of the best families are selected (grey bars). The percentages indicate the superiority of selected breeding population.

Abb. 4: Vergleich der nichtausgewählten Versuchspopulation (weiße Balken) und wenn 50% der besten Familien ausgewählt werden (graue Balken). Die Prozentangaben zeigen die Überlegenheit der selektierten Züchtungspopulation an.

The analysis of variance revealed that all the effects (block, half-sib family as well as block x family) were significant.

The estimated heritabilities were relatively high as compared to other studies of height growth of conifers. The single tree heritability (h_i^2) and family heritability (h_f^2) were 0.20 and 0.24, respectively. The individual heritability could be slightly overestimated because the coefficient of relationship among individuals in a half-sib family applied in this study was $\frac{1}{4}$. This coefficient is based on the assumption that each ovule in a mother tree was pollinated by a different father, which is not always the case in a species with a least scattered distribution as silver fir.

4 Preliminary inferences

Based on this study we could propose the following preliminary conclusions:

- Family and individual selection could be applied in the breeding of silver fir (at least on a regional scale).
- Ten years after planting is found a sufficient period to reveal the best progenies.
- Only little is still known about the population response to selection and about the genetic correlations. Further studies should be applied for better understanding of these topics.

5 References

- BERGMANN, F.; GREGORIUS, H.-R. & LARSEN, J.B. (1990):** Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba*). Are they related to the species' decline? *Genetica*, 82, pp.1-10.
- COTTERILL, P.P. (1987):** On estimating heritability according to practical applications. *Silvae Genetica*, 36(1), pp.46-48.
- GAGOV, V. (1984):** Different origins of silver fir (*Abies alba* MILL.) growth study in provenance trials. *In: Ergebnisse des 4. IUFRO-Tannensymposiums, Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, 80, pp.278-286.
- GAGOV, V. (1988):** The silver fir (*Abies alba* MILL.) problem in Bulgaria. *In: Abhandlungen zum 5. IUFRO-Tannensymposium am 3.-5.9.1987 in Zvolen/Slovakie* (L. Paule & S. Korpel', eds.), pp.131-142.
- KRAMER, W. (1986):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Bulgarien. *Forstarchiv*, 57(3), pp.92-103.

Address of the authors:

Eng. Ivan Evtimov

Prof. Dr. Velitchko Gagov

Dr. Petar Zhelev

University of Forestry in Sofia, Department of Dendrology

Kl. Ochridsky Blvd. 10

BG-1756 Sofia (Bulgaria)

e-mail: i_evtimov@hotmail.com

vgagov@ltu.acad.bg

zhelev@ltu.acad.bg

Verification and growth of interspecific fir hybrids at the age of 15 years'

LADISLAV GREGUSS & ROMAN LONGAUER

The breeding programme based on inter-specific hybridization has been implemented at the Forest Research Institute Zvolen in 1969. Its initial objective was to obtain a more vital alternative for the declining European silver fir in the lower altitude forests of the Western Carpathians. By means of artificial hybridization, 71 hybrid combinations including 13.420 artificial hybrids were obtained between 1969 and 1983. Most of the crosses were carried out in the Forestry Arboretum Kysihýbel near Banska Štiavnica.

Verification of identity was carried out on a sample of 677 putative hybrids representing 83 hybrid families between 12 *Abies* taxa. Isozyme gene markers were applied for this purpose. With regards to the quality of verification, hybrids were classified into three categories:

- **Absolute Verification** with 100% reliability,
- **Credible Verification** where less than 5% of contaminating gametes may escape detection,
- **Multilocus Check of Hybrid Genotypes** for the presence of expected alleles present in the genotypes of their parents.

The absolute verification was possible in 48% and credible verification in 20% of tested hybrids. The remaining hybrids passed the Multilocus Check of Hybrid Genotypes. Identity errors were detected in 7 putative hybrids from 3 families. The invalid hybrids may represent thus mere 1% of the total number of hybrids produced in the breeding programme.

The programme is in the stage of field-testing of species hybrids now. Hybrids are tested on 5 field plots situated in the 3rd (Oak-Beech), 4th (Beech) and 5th (Fir-Beech) forest vegetation zones. Their vitality, growth and resistance are compared with open pollinated progenies of parent species and plus trees of European silver fir.

The results of field-testing of hybrids at the age of 15 years comply with breeding expectations. A large proportion of hybrids is superior to the open-pollinated progenies of parent species and indigenous silver fir in the growth, survival, and their combination depicted in the „security index“. The selection differential equivalent to the mean height of the best 15% of progenies of the plus trees of *Abies alba* was applied for individual selection of hybrids. From 7% to 22% of hybrids exceeded this threshold at individual field plots. In addition to a good growth and survival especially at the plot with extreme site conditions, the habitus of many hybrids is attractive from the point of view of amenity and Christmas tree plantations. Production in selected hybrid combinations seem to be possible in a hybrid seed orchard.

Überprüfung und Wuchsverhalten interspezifischer Tannenhymbride im Alter 15

LADISLAV GREGUSS & ROMAN LONGAUER

Das auf interspezifischer Hybridisierung beruhende Züchtungsprogramm wurde am Forstlichen Forschungsinstitut Zvolen 1969 eingeleitet. Das ursprüngliche Ziel war, eine vitalere Alternative für die absterbenden Weißtannen in den Wäldern der unteren Zonen der Westkarpaten zu erhalten. Mittels künstlicher Hybridisierung wurden zwischen 1963 und 1983 71 Hybridkombinationen mit 13.420 künstlich erzeugten Hybriden erhalten. Die meisten Kreuzungen wurden im Forstarboretum Kysihýbel bei Banska Štiavnica ausgepflanzt.

Die Identitätsüberprüfung wurde mit einer Stichprobe mit 677 mutmaßlichen Hybriden, die 83 Hybridfamilien zwischen 12 *Abies*-Arten repräsentieren, durchgeführt. Hierzu wurden Isoenzym-Genmarker eingesetzt. Hinsichtlich der Qualität des Nachweises wurden die Hybride in drei Kategorien eingeteilt:

- **absolute Bestätigung** mit 100% Sicherheit;
- **glaubhafte Bestätigung**, wobei an verunreinigenden Gameten weniger als 5% nicht entdeckt werden können;
- **Multilocus-Überprüfungstest der Hybrid-Genotypen** für das Vorhandensein der zu erwartenden, in den Genotypen der Eltern vorhandenen Allele.

Absolute Bestätigung war bei 48% und **Glaubhafte Bestätigung** bei 20% der getesteten Hybride möglich. Die anderen Hybride passierten den **Multilocus-Überprüfungstest der Hybrid-Genotypen**. Identitätsfehler wurden in 7 mutmaßlichen Hybriden aus 3 Familien erkannt. Die nicht zulässigen Hybride können somit nur 1% der Gesamtzahl der im Züchtungsprogramm produzierten Hybride repräsentieren.

Das Programm befindet sich nunmehr in der Phase der Freilandprüfung. Die Hybride werden auf 5 Flächen in der 3. (Eiche-Buche), 4. (Buche) und 5. (Tanne-Buche) Waldvegetationszone getestet. Vitalität, Wuchs- und Resistenzverhalten werden mit den Nachkommen der Elternarten aus freier Abblüte und mit Weißtannen-Plusbäumen verglichen.

Die Ergebnisse der Freilandprüfung im Alter 15 stimmen mit den Züchtungserwartungen überein. Ein großer Teil der Hybride ist den durch freie Abblüte aus den Elternarten entstandenen Nachkommen und der heimischen Weißtanne im Wuchs, Überleben und der als „Security-Index“ dargestellten Kombination überlegen. Das Selektionsdifferential entsprechend der Mittelhöhe der besten 15% der Nachkommen der Weißtannen-Plusbäume wurde zur individuellen Selektion von Hybriden verwendet. In den einzelnen Flächen lagen von 7% bis 22% der Hybride jenseits dieses Schwellenwerts. Zusätzlich zur guten Wüchsigkeit sowie der Überlebensrate besonders auf der Fläche mit extremen Standortbedingungen ist der Habitus vieler Hybride attraktiv unter dem Gesichtspunkt des schönen Aussehens sowie hinsichtlich Christbaumpflanzungen. Die Produktion von ausgewählten Hybridkombinationen scheint in einer Hybrid-Samenplantage möglich.

Addresses of the authors:

cf. contribution by LONGAUER in this volume, p.132.

The increment appearance in the revitalization of silver fir (*Abies alba* MILL.) in the Polish forests and its silvicultural consequences

JERZY ZAWADA

Keywords: Silver fir, improvement of the increment, silvicultural consequences

Abstract

The health condition of silver fir generally changed for the worse about 1960. The change for the worse was noticeable on the tree ring increment. The increment before 1960 was on the whole regular, but then a rapid, sometimes even sudden downfall followed. From 10 to 20 years ago, the health status of silver fir trees in Poland and other European countries has been recovering [KONTIC *et al.* (1986), SCHMID & HAAS (1989), ZAWADA (1994, 2001)] and others.

The recovery of the vitality of silver fir actually became widespread. At the present moment we may think, that the events of the weak increment of silver fir are mostly caused by incorrectness of silviculture.

That incorrectness of silviculture is noticeable, *e.g.* by single fir tree mixture in the mixed stands. The growth of beech and spruce trees is in most cases quicker than the growth of fir trees in these stands. That is why fir trees, chiefly in stands on the rich mountain sites, can compete in their growth only between themselves. This is possible only in the pure fir stands or in cluster mixed stands. The cluster of the fir trees in the mixed stands ought to have areas of a minimum of 11–20 a – in accordance with the classification of BAUER (1968) and SCAMONI (1967). Inside the fir tree clusters, not even single beech or spruce trees could exist.

Schlagwörter: Weißtanne, Zuwachserhöhung, waldbauliche Konsequenzen

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Das Zuwachsverhalten bei der Revitalisierung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in den Wäldern Polens und waldbauliche Konsequenzen.

Der Gesundheitszustand der Weißtanne hat sich seit 1960 grundlegend zum Schlechten hin gewendet. Der Wechsel zum Schlechten wurde durch den Jahrringzuwachs erkennbar. Der Zuwachs vor 1960 war im Großen und Ganzen regelmäßig, dann aber folgte eine beschleunigte, manchmal sogar plötzliche Abnahme. Seit nunmehr 10 bis 20 Jahren ist eine Verbesserung des Gesundheitszustands der Tannen in Polen und anderen europäischen Ländern eingetreten [KONTIC *et al.* (1986), SCHMID & HAAS (1989), ZAWADA (1994, 2001) und weitere Autoren].

Die Erholung der Tanne in ihrer Vitalität ist tatsächlich weit verbreitet. Zum heutigen Zeitpunkt mögen wir vielleicht denken, dass das Auftreten von schwachem Zuwachs bei der Tanne zumeist die Folge von waldbaulichen Mängeln war.

Solche waldbaulichen Fehler werden erkennbar, z.B. infolge Einmischen von Einzeltannen in Mischbestände. Das Wachstum von Buchen und Fichten ist in den meisten Fällen rascher als das Wachstum von Tannen in diesen Beständen. Dies geht darauf zurück, dass Tannen, hauptsächlich in Beständen auf reichen Bergstandorten, in ihrem Wachstum nur zwischen sich selbst konkurrieren. Dies ist nur in reinen Tannenbeständen oder in Mischbeständen mit Gruppen möglich. Die Tannengruppen in Mischbeständen sollten Flächen von mindestens 11-20 a haben - dies in Übereinstimmung mit der Klassifizierung von BAUER (1968) und SCAMONI (1967). Innerhalb der Tannengruppen könnten nicht einmal Einzelbuchen oder Einzelfichten existieren.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.144-151.

1 Introduction

The health condition of the silver fir generally changed for the worse about 1960. The change for the worse was noticeable on the tree ring increment. The increment before 1960 was on the whole regular, but then a rapid, sometimes even sudden downfall followed. From ten to twenty years ago the health status of silver fir trees in Poland and other European countries has been recovering (KONTIC *et al.* 1986; SCHMID-HAAS 1989; ZAWADA 1994, 2001) and other authors. In this description the outline of applied methods and acquired results of measurements compiled by the author in the last decades are presented.

In this paper are other observations from several sample plots placed in some chosen stands in Beskidy Mts. also presented

2 Material and methods

Numerical measures of the health status of the stands was calculated as a quotient of the average increment (per year) in the period from 1971 to the moment of the measurements and the average increment in the decade 1951-60. The increment of the decade 1951-60 was accepted as an increment for comparison. The result of the division was named as the increment factor.

The first measurements were performed in the early 1980's in Southern Poland. The basis for designating the value of increment factors were measurements of the radial increment diameter at breast height of 15 trees belonging to the II social class according to KRAFT. The increment factors were estimated as the average of 15 measurements of increment cores and calculations. According to the yield tables of SCHWAPPACH, it was accepted that in the normally developed stands the increment factor ought to be minimum of about 0,7.

A similar investigation has been repeated in the last period 1995-2002, mostly in 2000. The search was done in the 58 silver fir stands from Southern Poland, in most cases in the mountain areas. It was found that the ring increment of silver fir proceeded slightly differently than observed before. This was the reason for the modification of the assessment of the present vitality of the silver fir.

The modification concerns an expression of two factors. The first factor is accepted as the quotient of the average ring increment per year from 15 chosen trees from the period 1971-80, and the average increment from the decade 1951-60. It is in principle the previous form of the increment factor. The second factor is accepted as the quotient of the average increment per year from 15 chosen trees from the period after 1990, and the average increment from the decade 1971-80.

The assessment made on the basis of these two factors is as follows:

- I. The value of the first factor is smaller than 0,7 and the second is much smaller than 1,0; \Rightarrow increase of the decline.
- II. The value of the first factor is smaller than 0,7 and the value of the second amounts to about 1,0; \Rightarrow stabilization of the decline.
- III. The value of the first factor is smaller than 0,7 and the value of the second is higher than 1,0; \Rightarrow recovery.
- IV. The value of the first factor amounts to about 0,7 or is higher and the value of the second is similar \Rightarrow silver fir with more or less normal vitality.

3 Results

The results of the first assessment (ZAWADA 1984) are in short the following:

- In Poland are no silver fir stands in full health.
- The stands, with an increment factor of silver fir near the value 0,7, can be found only occasionally, mainly in the eastern part of the natural range of the silver fir species area.
- For the most part, increment factors of silver fir oscillated in the range 0,3- 0,7, the average for all cases amounts to 0,5.

The decade 1971-80 showed a period of the worst depression in the increment of silver fir stands.

The results of the second assessment showed that among the mentioned 58 stands there were as follows:

- according to item I - 0 stands,
- according to item II - 8 stands,
- according to item III - 40 stands,
- according to item IV - 10 stands.

The described assessment of vitality of silver fir stands is also presented in a schematic way in Tab. 1.

Tab. 1: Assessment of vitality of the silver fir stands in 3 chosen decades presented in a schematic way. *Schematische Darstellung der Beurteilung der Vitalität der Tannenbestände in 3 ausgewählten Dekaden.*

Vitality of the stands	Years			Number of stands
	1951-1960	1971-1980	After 1990	
	Increment:			
I Increase of the decline	normal	decline	further decline	0
II Stabilization of the decline	normal	decline	similar	8
III Recovery	normal	decline	improvement	40
IV Normal vitality	normal	normal	normal	10

In the Figs. 1–4 some typical examples of the improvement of the radial increment 15 trees from chosen stands in Southern Poland are presented. In Tab. 2 – the same examples expressed in numbers – the thickness ring increment and the increment dynamic factors are given.

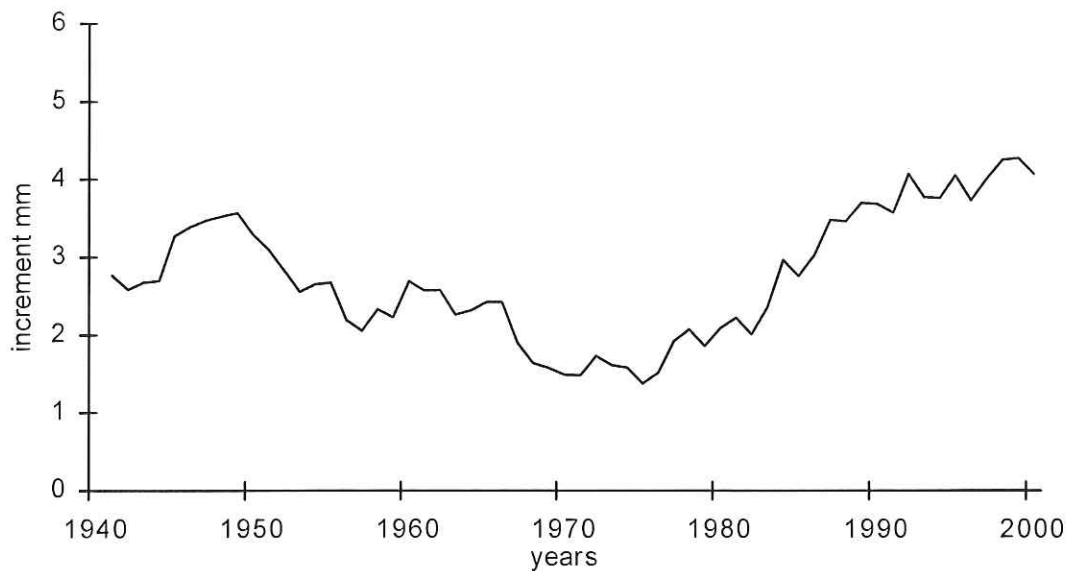


Fig. 1: The radial dbh increment of 15 fir trees from a selected stand in the Ojców National Park. Predominance of fir trees enabled a very visible – more than twice – improvement of their increment after the period of crisis.

Abb. 1: Der Radialzuwachs des BHD von 15 Tannen aus ausgewählten Tannenbeständen im Ojców National Park. Im reinen Tannenbestand ist der Zuwachs der Bäume nach dem Krisenzeitraum auf über das Doppelte angestiegen.

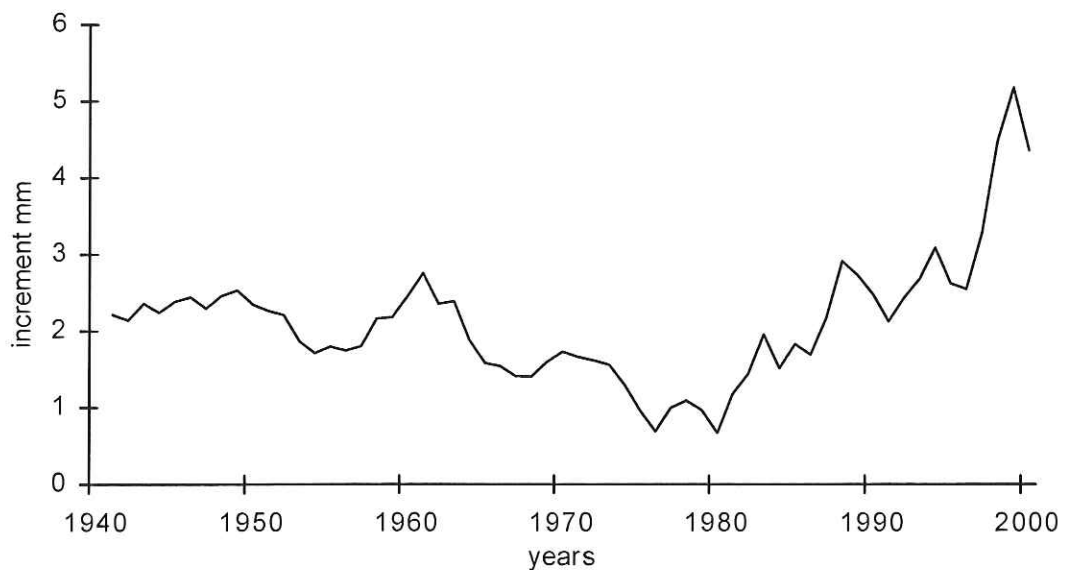


Fig. 2: The radial dbh increment of 15 fir trees from a selected stand in the Sudeten Mts. damaged in the past by industry emissions. Free crowns of trees in the damaged stand can be quickly reconstructed – the dbh increment increased nearly three times.

Abb. 2: Der Radialzuwachs des BHD von 25 Tannen aus einem ausgewählten Bestand in den Sudeten, der in der Vergangenheit durch die industriellen Emissionen geschädigt worden war. Freie Kronen der Bäume sind in diesem Bestand wiederhergestellt – der radiale BHD-Zuwachs hat sich nahezu um das Dreifache erhöht.

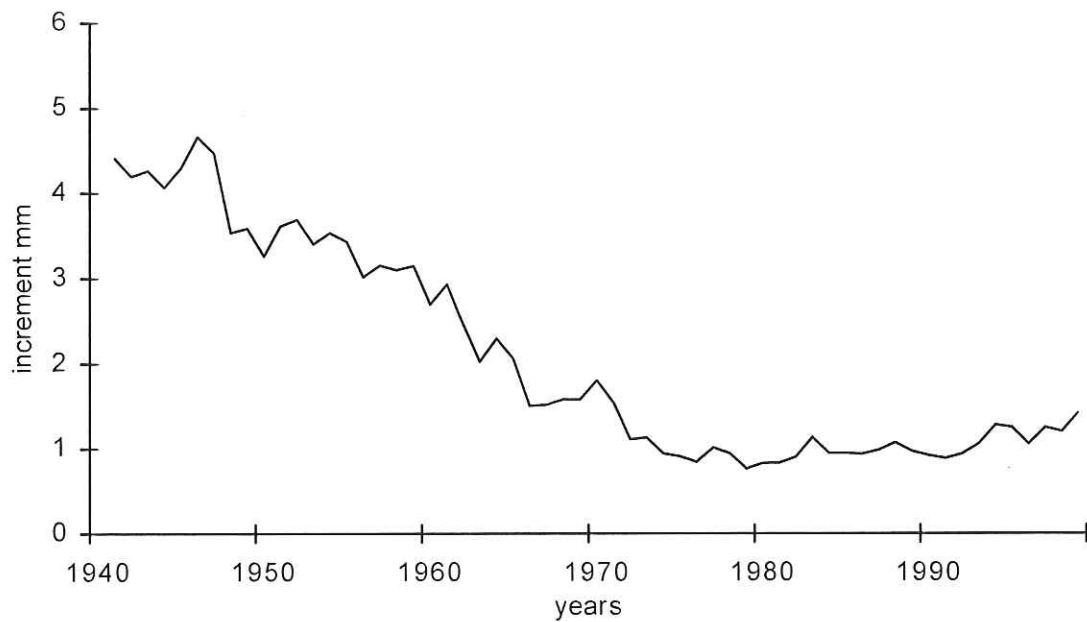


Fig. 3: The radial dbh increment of 15 fir trees from a chosen mixed stand in Beskidy Mts. Predominance of beech and spruce trees caused a real disturbance in the improvement vitality of the fir trees.

Abb. 3: Der radiale Zuwachs des BHD von 15 Tannen aus einem ausgewählten Mischbestand im Beskidengebirge. Die vorherrschenden Buchen und Fichten machen eine wirkliche Verbesserung der Vitalität der Tannen unmöglich.

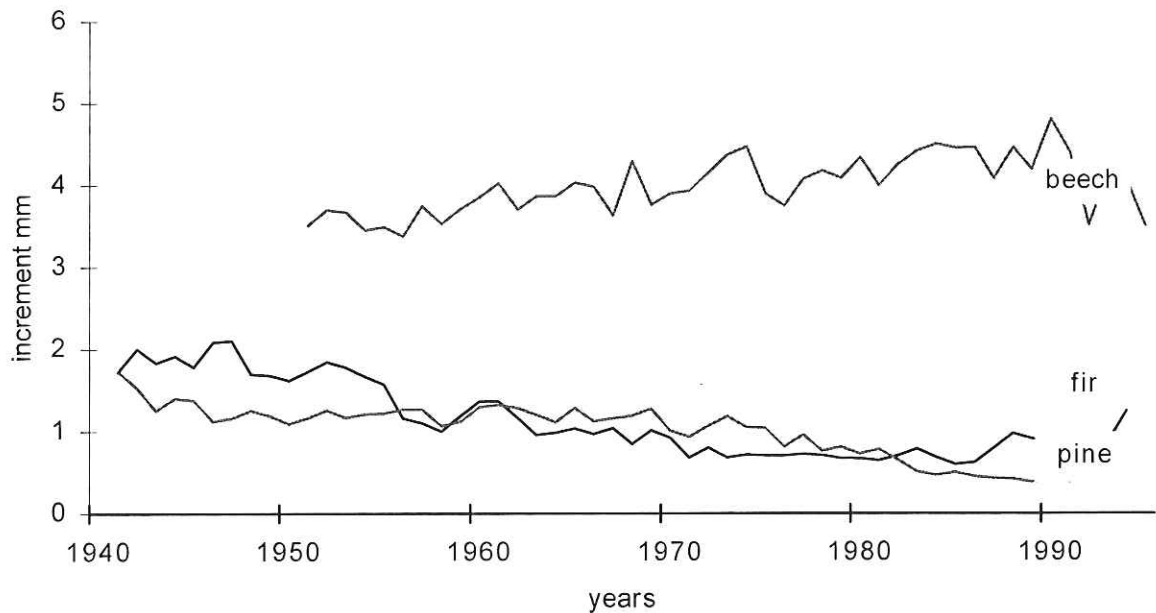


Fig. 4: The radial dbh increment of 15 fir, beech and pine trees from a selected mixed stand in the Ojców National Park. Predominance of the beech and spruce trees caused a real disturbance in the improvement of the vitality of the fir trees.

Abb. 4: Der Radialzuwachs des BHD von 15 Tannen, Buchen und Kiefern aus einem ausgewählten Mischbestand im Ojców National Park. Die vorherrschenden Buchen und Fichten machen eine wirkliche Verbesserung der Vitalität der Tannen unmöglich.

Tab. 2: Thickness ring increments of silver fir in selected plots (Fig. 1-4) and the increment dynamic factors.

Dieke der Zuwachsringe der Tannen aus ausgewählten Versuchsflächen (Abb. 1-4) und Zuwachsdynamikfaktoren.

Fig.	Locality	Species composition and age	Stand density	dbh of chosen trees cm	Mean thickness ring increments in the years:			Increment factors:	
					1951-60	1971-80	after 1990	quotient of the columns 7 and 6	quotient of the columns 8 and 7
					mm				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ojców National Park	60% fir 130 10% beech 130 10% pine 130 20% beech 60	60% 20%	53	2,53	1,72	3,95	0,68	2,29
2	Sudeten Mts.	80% fir 120 20% spruce 120	60%	43	2,02	1,15	32,8	0,57	2,85
3	Beskydy Mts.	40% beech 70 40% spruce 70 20% fir 70	80%	37	2,28	1	1,03	0,31	1,14
4	Ojców National Park	40% beech 120 30% pine 120 10% fir 120 20% beech 60	80%	41	1,44	0,7	0,96	0,49	1,36

4 Other observations

1. Silver fir and beech in single mixed stands in the Forest District Myślenice (Beskydy Mts.), compartment 217a:

According to the forest management plans the trend of stands composition was as follows:

- in 1974: - 60% fir, 30% beech and 10% spruce,
- in 1988: - 50% fir and 50% beech,
- at present: - 70% beech and 30% fir.

On the sample plot (2001 – 0.25 ha) stated:

<i>Species:</i>	<i>Fir</i>	<i>Beech</i>
Age	80	70 (!)
Mean dbh (cm)	26	21
dbh range (cm)	15-37	7-47
Mean height (m)	21	20
Number of trees	55	164
Crown closure		0,9

2. Silver fir stand with single beech trees in the Forest District Myslenice, compartment 292b; on the sample plot (2001 – 0.10 ha) stated:

<u><i>Species:</i></u>	<u><i>Fir</i></u>	<u><i>Beech</i></u>
Age	38	38 (!)
Mean dbh (cm)	14	32 (!)
Dbh range (cm)	7-26	23-41
Mean height (m)	13	19
Number of trees	138	5
Share of volume	70%	20%
Crown closure		1.0

3. Forest District Myślenice, compartment 136i:

There is a part of beech stand in the age of about 70 years and mean height 20–23 m with some “underwood” of fir, height about 1–3 m in the same as beech age. It was a single mixed beech and fir stand earlier.

4. Silver fir and Norway spruce in a single mixed stand in the Forest District Ujsoły (Beskidy Mts.), compartment 30f:

According to the forest management plans the trend of stands composition was as follows:

- in 1970: - 60% fir and 40% spruce, and
- in 1994: - 70% spruce and 30% fir.

On the sample plot (2001 – 0.25 ha) stated:

<u><i>Species:</i></u>	<u><i>Fir</i></u>	<u><i>Spruce</i></u>
Age	65	60 (!)
Mean dbh (cm)	22	36 (!)
Dbh range (cm)	14-42	22-54
Mean height (m)	23	31 (!)
Number of trees	145	53
Crown closure		0,9

5. Forest District Jeleśnia (Beskidy Mts.), compartment 132f:

On the sample plot (2002 – 0.10 ha) stated:

<u><i>Species:</i></u>	<u><i>Fir</i></u>	<u><i>Spruce</i></u>
Age	43	35 (!)
Stand composition %	40	60
Mean dbh (cm)	13	15 (!)
Dbh range (cm)	7-30	7-30
Mean height (m)	14	15
Number of trees	110	134
Crown closure		1.0

The stands (pos. 1–5) are situated on the very rich mountain sites.

5 Conclusions

The recovery of the vitality of the silver fir in the mountain area (and maybe over the entire natural range of the silver fir species area) actually became widespread. At the present moment we may think that the events of the weak increment of silver fir are mostly caused by incorrectness of silviculture.

That incorrectness of silviculture is noticeable, *e.g.* by single fir tree mixture in the mixed stands. The growth of beech and spruce trees is in most cases quicker than the growth of fir trees in these stands. That is why fir trees, mainly in stands on the rich mountain sites, can compete in their growth only between themselves. Is that possible only in the pure fir stands, or in cluster mixed stands? The cluster of the fir trees in the mixed stands ought to have areas at minimum 11–20 a – in accordance with the classification of BAUER (1968) & SCAMONI (1967). Inside the fir tree cluster could not even be single beech or spruce trees.

6 References

- BAUER, W. (1968): *Waldbau als Wissenschaft*. BLV München – Basel – Wien.
- KONTIC, R.; NIEDERER, M.; NIPPEL C.A. & WINKLER-SEIFERT, A. (1986): Jahrringanalysen an Waldbäumen zur Darstellung und Interpretation von Waldschäden (Wallis, Schweiz). *Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf*.
- SCAMONI, A. (1963): *Einführung in die praktische Vegetationskunde*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- SCHMID-HAAS, P. (1989): Der Nachweis der Ursache des Tannensterbens an einem Beispiel. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 108, pp.244-254.
- ZAWADA, J. (1984): Przyrostowa charakterystyka stanu zdrowotnego jodeł w Polsce (Growth characterization of health condition of fir forest in Poland). Materials from the Second National Symposium “Biological Reactions of Trees to Industrial Pollution”, Poznań.
- ZAWADA, J. (1994): Analiza przyrostowa jodeł z trzech drzewostanów Nadleśnictwa Jeleśnia. (An analysis of the growth of common silver fir (*Abies alba* Mill.) in three tree stands of the Jeleśnia Forest District). Materials from the Third National Symposium “Biological Reactions of Trees to Industrial Pollution”, Poznań.
- ZAWADA, J. (2001): Przyrostowe objawy rewitalizacji jodły w lasach Karpat i Sudetów oraz wynikające z nich konsekwencje hodowlane (Incremental symptoms in revitalization of silver fir in the forests of Carpathian and Sudeten Mts. and their silvicultural consequences). *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A nr 922*.

Address of the author:

Dr. Jerzy Zawada

Forest Research Institute, Dept. Forest Management in Mountain Regions, ul Fredry 39
PL-30-605 Kraków (Poland)

e-mail: zxzawada@cyr-kr.edu.pl

Wuchscharakteristika und Vitalität der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in einem ungleichaltrigen Bestand im Zlatar-Gebirge

MILIVOJ VUČKOVIĆ, VOJSLAV STAMENKOVIĆ, BRANKO STAJIĆ & MIHAILO RATKNIĆ

Keywords: *Abies alba*, growth performance, vitality, uneven-aged stand, Zlatar Mts.

Abstract

Title of the paper: Characteristics of silver fir (*Abies alba* MILL.) growth and vitality in an uneven-aged stand in the Zlatar Mountains.

The stand under study is at an elevation of 1.200 m and belongs to the forest community – *Abieto picetum fagetosum*. It is an uneven-aged mixed stand on medium deep acid brown soil on parent rock – phyllites. In 1986, a significant degradation of the stand vitality occurred. A great number of trees had too small and thinned crowns, with clear symptoms of biological regression. Also about 15% of the largest-diameter trees had too large and thinned crowns. The common characteristic trait of such trees was the decreased diameter increment (less than 50% of the increment of trees with well-structured crowns). Aiming at the rehabilitation and improvement of stand conditions in the period 1986-1990, about 35% of the total number of trees were felled. The new result (2001) showed considerably better conditions regarding tree vitality and almost the same timber volume ($527 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) and a higher volume increment for $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($11 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). In addition, the consequence of the above measures carried out in the stand was also a numerous and good quality offspring.

It is known that the causes of forest devitalisation are numerous, with various mutual interactions and non-uniform methods and intensities. The method and effects of their action greatly depend on the stand conditions, first of all the number of trees, available growth space, and their crown quality and increment potential. Consequently, the monitoring of the stand conditions and the detailed analysis of individual growth elements and their interrelationships are very significant. This is the base of early detection of devitalisation and the undertaking of timely prevention measures.

Schlagwörter: *Abies alba*, Wuchseigenschaften, Vitalität, ungleichaltriger Bestand, Zlatar-Gebirge

Zusammenfassung

Der Untersuchungsbestand liegt auf einer Meereshöhe von 1.200 m und gehört der Waldgesellschaft *Abieto picetum fagetosum* an. Es handelt sich um einen ungleichaltrigen Mischbestand auf mitteltiefer saurer Braunerde auf Grundgestein „Phyllit“. 1986 trat eine deutliche Abnahme der Bestandesvitalität auf. Eine große Anzahl von Bäumen wies zu kleine und schütterere Kronen mit eindeutigen Symptomen einer biologischen Zurückentwicklung auf. Zudem hatten 15% der Bäume mit den größten Durchmessern zu große und schütterere Kronen. Das gemeinsame charakteristische Merkmal solcher Bäume war ein verringerter Durchmesserzuwachs (weniger als 50% des Zuwachses der Bäume mit gutgeformten Kronen). Mit dem Ziel der Wiederherstellung bzw. Verbesserung der Bestandesbedingungen im Zeitraum 1986-1990 wurden etwa 35% der insgesamt vorhandenen Bäume gefällt. Das neueste Ergebnis (2001) zeigt beträchtlich verbesserte Bedingungen bezüglich der Baumvitalität und auf nahezu den gleichen Holzvorrat ($527 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) wie auch auf einen höheren Volumenzuwachs von $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($11 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) auf. Zudem stellte sich als Folge der im Bestand durchgeführten Maßnahmen eine zahlenmäßig große und qualitativ hochwertige Nachkommenschaft ein.

Bekanntermaßen gibt es zahlreiche Gründe für die Schwächung des Waldes mit vielerlei gegenseitigen Wechselwirkungen und uneinheitlichen Wirkungsweisen und Intensitäten. Die Art und die Auswirkungen ihrer Wirkung hängt größtenteils von den Bestandesbedingungen, an erster Stelle der Baumzahl, verfügbarem Wuchsraum sowie dem Kronenzustand und dem Zuwachspotenzial ab. Demzufolge sind die Erfassung der Bestandesbedingungen und die detaillierte Analyse der einzelnen Wuchselemente sowie deren Wechselwirkung von großer Bedeutung. Dies ist die Grundlage zur Früherkennung der Schwächung und die Aufnahme von rechtzeitigen Präventivmaßnahmen.

1 Einleitung

Die Nadelwälder in Serbien befinden sich im Bereich der Gebirge und umfassen insgesamt 8% der Waldfläche. Unter den Nadelbaumarten dominieren die Kiefernarten (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus peuce*, *Pinus heldreichii* usw.), während die Tanne (*Abies alba*) nur einen kleinen Anteil von rund 1-2% einnimmt. Die Tannenwälder, rein oder gemischt mit Buche, Fichte, Kiefer und anderen Baumarten, gehören zu den schönsten Wäldern Serbiens. Sie sind vorwiegend ungleichaltrig, aber stellenweise gibt es kleinflächig gleichaltrige Bestände.

Zu dem besonderen ökologischen, ästhetischen und ökonomischen Wert der Tanne steht die Tannenverteilung in Serbien im totalen Missverhältnis. Deshalb soll die Sorge um ihre Erhaltung und geeignete Behandlungsstrategien der Tannenbestände eine wichtige forstliche Aufgabe sein.

Das Zlatargebirge zählt zu den schönsten Gebirgen in Serbien. Es befindet sich in Westserbien und ist durch schöne Tannenwälder und Wälder mit anderen Nadelbaumarten gekennzeichnet. Die höchste Bergspitze ist der Golo Brdo (1.627 m).

2 Material und Methoden

Die Tannenversuchsfläche im Zlatar-Gebirge wurde von PROF. STAMENKOVIĆ und PROF. MILOJKOVIĆ im Jahre 1975 begründet. Die letzten vollständigen Angaben über diese Versuchsfläche wurden vor 12 Jahren veröffentlicht (STAMENKOVIĆ *et al.* 1990).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Untersuchung in einem Tannenbestand dargestellt, die die Tannenwälder des Zlatar-Gebirges charakterisieren. Die Versuchsfläche ist 1,1 ha groß, und sie ist der Waldgesellschaft *Abieto picetum fagetosum* zuzuordnen. Der Untersuchungsbestand wächst auf mittel- bis tiefgründiger saurer Braunerde in 1.200-1.250 m ü. NN. Die geologische Unterlage ist Phyllit, die Neigung beträgt 10-15°, die Exposition ist westlich.

In der Baumschicht herrscht die Tanne vor. Vereinzelt finden sich Fichte (20%) und Buche. Im Zwischenstand dominiert der Tannennachwuchs, der im Unterstand auch stellenweise in Erscheinung tritt. An Bodenvegetation sind *Chardamine glandulosa*, *Sanicula europaea*, *Fragaria vesca*, *Luzula luzuloides*, *Galium schultesii*, *Euphorbia amygdaloides*, *Chamaenerion angustifolium*, *Hieracium silvaticum*, *Lonicera nigra* usw. vertreten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Wuchscharakteristika und die Vitalität der Weißtanne aufgrund der Bestandesstruktur, Kronengrößen und Dickenzuwachs bearbeitet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Das Untersuchungsmaterial aus langfristigen Beobachtungen erlaubt die Analyse der Wuchscharakteristika und der Vitalität der Weißtanne.

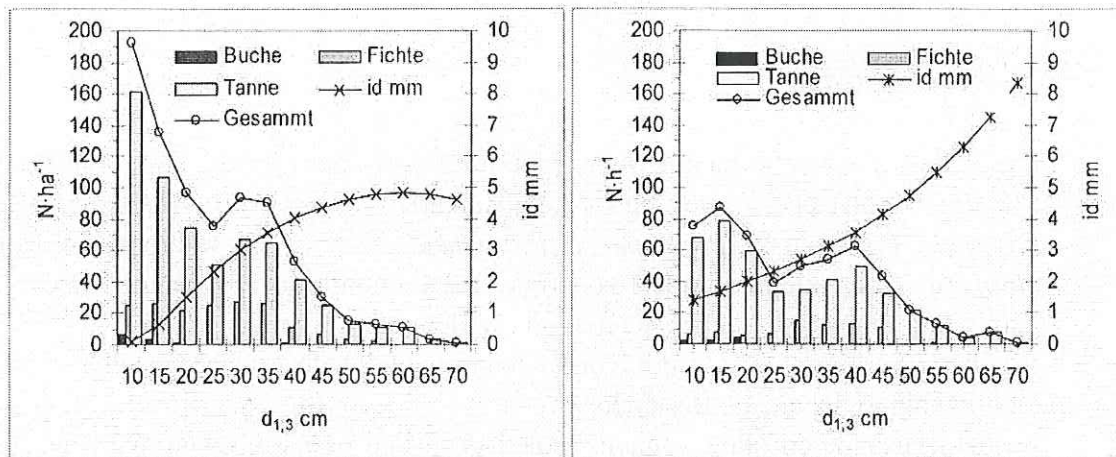


Abb. 1: (links) Stammzahlenverteilung und laufender Dickenzuwachs der Tanne 1986.

Fig. 1: (on the left) Distribution of tree number and current diameter increment of silver fir in 1986.

Abb. 2: (rechts) Stammzahlenverteilung und laufender Dickenzuwachs der Tanne 2001.

Fig. 2: (on the right) Distribution of tree number and current diameter increment of silver fir in 2001.

Die erreichbaren Höhen und Durchmesser der einzelnen Tannen betragen über 35 m bzw. 85 cm. Bei den meisten der untersuchten Stämme wurden Maximalwerte des laufenden Dicken- und Höhenzuwachses bei etwa 35 Jahren erreicht. Bei den Stämmen, die lange Zeit unter dem Kronenschirm wuchsen, fand die Kulmination des laufenden Dicken- und Höhenzuwachses bei ca. 100 Jahren statt.

Wenn man über Vitalität spricht, muss man den „Vitalitätszustand“ zunächst begrifflich abgrenzen und aussagekräftig beschreiben. Laut SCHÜTZ *et al.* (1986) ist die Vitalität als die aufbauend wirkende Kraft im Lebensablauf des Baumindividuums zu verstehen. In dieser Arbeit wird die Vitalität der Tannen aufgrund mit bloßem Auge sichtbaren Symptomen (besonders in den Baumkronen) wie auf Grund des Dickenzuwachses der Stämme definiert, weil bekannt ist, dass der Charakter des Zuwachses ein besonders guter biologischer Hinweis auf die Vitalität eines Baumes ist.

Aufgrund der Messungen des Untersuchungsbestandes wie auch nach dem Augenschein der Tannen wurde 1986 festgestellt, dass viele Bäume eine Tendenz zur Verschlechterung der Kronenqualität (zu enge, kurze und verlichtete Kronen) zeigten. Zum gleichen Schluss kam man aufgrund der Betrachtung der Charakteristika des Dickenzuwachses der Stämme (Abb. 1). Die Stämme aus unteren Durchmesserklassen hatten einen besonders kleinen Dickenzuwachs. Die Bäume aus höheren Durchmesserstufen verzeichneten auch eine Stagnation bzw. Abnahme des Dickenzuwachses. Insbesondere gilt diese Erscheinung für Bäume mit großen und verlichteten Kronen. Dies weist auf die Tatsache hin, dass das

Zuwachspotenzial vieler Bäume vermindert ist und dass die Tendenz zur Verschlechterung der Kronenqualität und der Vitalität der Bäume in Zukunft ernstliche Probleme hervorrufen kann, obwohl man das aufgrund von Stammzahlen, Grundfläche, Volumen und laufendem Volumenzuwachs pro Hektar nicht schließen konnte. In dem Untersuchungsbestand betrug damals die Stammzahl pro Hektar 813, die Grundfläche $47 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, der Vorrat und der Volumenzuwachs 550 m^3 bzw. $9,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tab. 1, Abb. 1).

Aus zahlreichen waldwachstumskundlichen Untersuchungen ist bekannt, dass enge Zusammenhänge zwischen den Kronenparametern (Kronenbreite, relative und absolute Kronenlänge, ...) und dem Durchmesser der Bäume bestehen (TOMA 1940; SPIECKER 1991). Die Gewinnung der Kronenmesswerte zur Schätzung der Zuwachsleistung und der Vitalität von Bäumen und Beständen stellte daher eine wichtige Frage der ertragskundlichen Forschung dar (z.B. WECK 1951; SCHÖPFER 1961).

Tab. 1: Basisangaben über den untersuchten Bestand.
Basic data of the stand under study.

		1986				2001			
		<i>Ta</i>	<i>Fi</i>	<i>Bu</i>	Σ	<i>Ta</i>	<i>Fi</i>	<i>Bu</i>	Σ
N		638	164	11	813	441	76	8	525
	%	79	20	1	100	85	14	1	100
G	m^2	37	10	-	47	34	6	-	40
	%	79	21	-	100	85	15	-	100
V	m^3	441	109	-	550	442	85	-	527
	%	80	20	-	100	84	16	-	100
Iv	m^3	7,1	2	-	901	9,2	1,8	-	11
	%	78	22	-	100	84	16	-	100
d_g	cm	27,3	27,7	-	-	31,4	32,6	-	-
h_g	m	22,2	23,8	-	-	26,2	26,2	-	-

In der vorliegenden Arbeit wurden auch durchschnittliche Zusammenhänge zwischen der Kronenbreite, der Kronenlänge, dem Lichtkronenanteil und den Durchmessern analysiert (Abb. 3). Im Hinblick auf starke Korrelationszusammenhänge zwischen Durchmessern und verschiedenen Kronenparametern wurde die größte Bedeutung denjenigen Kronparametern gegeben, die für eine optische Einschätzung geeignet sind und die den Dickenzuwachs wesentlich beeinflussen.

Die Wuchselemente in Abb. 3 wurden mit der auf der folgenden Seite angegebenen Funktion von TODORVIĆ ausgeglichen.

a	
$h = (29,9693) \cdot \left(\frac{d}{121,399} \right)^{(0,979715 + 0,005502 \cdot d)^{(-14,4292)}} \quad R = 0,95$	$S_L = (0,000619) \cdot \left(\frac{d}{0,042} \right)^{(0,218112 + 0,003025 \cdot d)^{(-0,373099)}} \quad R = 0,89$
$h_{bmax} = (0,1256) \cdot \left(\frac{d}{0,7211} \right)^{(0,567472 + 0,004498 \cdot d)^{(-0,859599)}} \quad R = 0,91$	$S_L = \text{Stammlänge};$ $h_{bmax} = \text{die Höhe der größte Kronenbreite}$

Die relative Kronenlänge ist eine bedeutende Größe zur Beurteilung des Zuwachses, der Vitalität und der Qualität von Nadelbäumen. So stellt SPIECKER (1986) enge, nahezu lineare Zusammenhänge zwischen relativer Kronenlänge und dem Durchmesserzuwachs von Fichten und Tannen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes fest und empfiehlt die Kronenlänge als Schätzgröße für das Wuchspotenzial und die Vitalität von Bäumen in Plenterwäldern. Auch die Kronenlänge ist ein geeigneter Ausdruck der Vitalität von Nadelbäumen. Nach SCHÜTZ *et al.* (1986) konnte zur Formulierung eines Vitalitätsindex von Tannen ein hochsignifikanter Einfluss der Kronenlänge auf die Vitalität festgestellt werden. Die relative Kronenlänge ist nicht nur ein Indikator für das Zuwachsreaktionsvermögen. Sie kann gezielt manipuliert werden, um ein gefordertes Wachstum zu erreichen.

Im Untersuchungsbestand wird eine deutliche Abhängigkeit zwischen der relativen Kronenlänge und dem Durchmesser in Brusthöhe festgestellt. Die relativen Kronenlängen betragen weniger als 20%, im Bereich des schwachen Durchmessers bis über 40% bei den stärksten Bäumen. Der relative Lichtkronenanteil (% der Gesamtkronenlänge) zeigt keine deutliche Abhängigkeit vom Durchmesser in Brusthöhe. Die Abb. 3 lässt erkennen, dass der relative Lichtkronenanteil fast in allen Durchmesserstufen ca. 60% beträgt.

Die Unterschiede im Dickenzuwachs zwischen den sozialen Baumklassen (B.L.I - Oberstand, B.L.II - Zwischenstand und B.L.III - Unterstand) sind ebenfalls deutlich zu erkennen. Der Durchmesserzuwachs zeigt im Zeitraum bis 1993 eine Stagnation bzw. eine geringe Abnahme des Zuwachses bei allen Stämmen. Die Tannen mit großen Kronenschirmflächen haben einen guten Grundflächenzuwachs. Mit der Vergrößerung der Kronenschirmfläche nimmt der absolute Volumenzuwachs pro Stamm zu. Damit wurde bestätigt, dass eine Kronenvergrößerung den Dickenzuwachs eindeutig beeinflusst. Dies entspricht der Beobachtung von MITSCHERLICH (1978), der feststellte, dass die Kronenschirmflächenerweiterung eine lineare Zunahme der Volumenzuwachseleistung hervorruft. Untergeordnete Tannen können relativ breite, jedoch kurze Kronen haben, wobei ihr Zuwachspotenzial überschätzt wird. Umgekehrt ist bei seitlich eingegengten Tannen mit relativ guten Kronenlängen das Zuwachspotenzial verringert.

Dies kann man abwenden, wenn man das Zuwachspotenzial in Abhängigkeit von der Kronenmantelfläche betrachtet und wenn wir den Wuchsraum als Produkt der Kronenschirmfläche und der Baumhöhe benutzen.

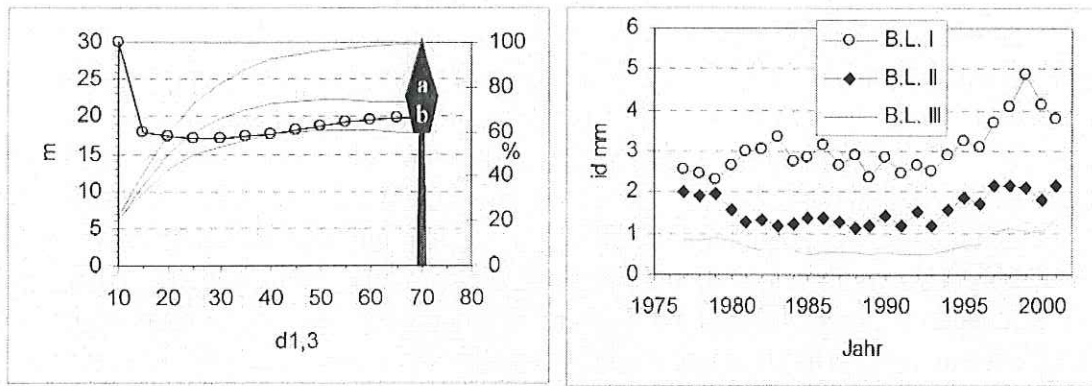


Abb. 3: (links) Höhenkurve, Stamm- und Kronenlänge und % der Lichtkrone der Gesamtkronenlänge.
Fig. 3: (on the left) Height curve, crown and stem length and % of the upper part of crown (a) in relation of total crown length.

Abb. 4: (rechts) Diameter Zuwachs (B.L.= biologische Lage der Bäume).
Fig. 4: (on the right) Diameter increment (B.L.= biological position of the trees).

Wenn die Kronenschirmfläche als ein Parameter zur Schätzung der Ausnutzung des Baumwuchsraums bzw. als Parameter zur Schätzung benutzt wird, wie die Kronengröße die Grundflächen-, Volumen- und Volumenzuwachsleistung beeinflussen, so werden andere Zusammenhänge gefunden. Die Vergrößerung der Grundfläche und des Baumvolumens verläuft nicht proportional mit der Vergrößerung ihrer Kronenschirmfläche. Wird ein Grenzwert der Kronenschirmfläche überschritten, tritt eine Verminderung der Grundfläche und des Volumens des Bestandes ein. Im Fall des Untersuchungsbestandes im Zlatar-Gebirge beträgt dieser Grenzwert der Kronenschirmfläche 30 m² (Abb. 5).

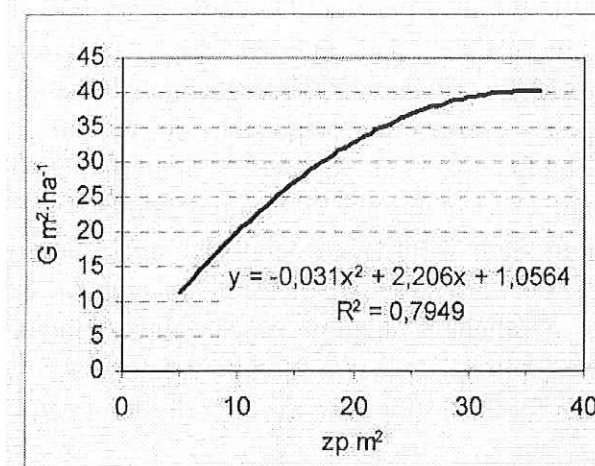


Abb. 5: Zusammenhang zwischen $Gm^2 \cdot ha^{-1}$ und Baumkronenschirmfläche ($zp \cdot m^2$).
Fig. 5: Relationship between $Gm^2 \cdot ha^{-1}$ and area of crown shelter ($zp \cdot m^2$).

Ausgehend von den erwähnten Analysen wurde, um die Verschlechterung der Kronenqualität und Vitalität der Tannen zu erklären, als Kriterium die Reduktion der Baumzahlen festgestellt. Im Zeitraum 1986-1990 wurde die Zahl der Stämme um 35% reduziert. Dadurch wurde eine spezifische waldbauliche Behandlung durchgeführt, die zum Ziel hatte, alle Stämme mit eindeutiger Tendenz hinsichtlich einer Verschlechterung von Baumvitalität und Zuwachspotenzial zu entnehmen wie auch solche Stämme mit großen und unrationellen Kronen, die sich negativ auf den Bestandeszuwachs und die Nachbarentwicklung auswirken. Der auf diese Weise zunehmende Wuchsraum der verbliebenen Bäume sollte eine weitere Kronenreduktion und Kronenverlichtung der meisten Bäumen verhindern und eine regelmäßige Wuchsentwicklung sicherstellen.

Neuere Ergebnisse von 2001 zeigen eine Reihe von bedeutenden positiven Veränderungen, die als Folge der durchgeführten Bestandesbehandlung eingetreten sind (Abb. 2 und Abb. 4; Tab. 1). Die Baumzahl hat sich in allen Durchmesserstufen verändert, am meisten verringerte sich die Anzahl der dünnen Bäume. Insgesamt ist die Baumzahl von 813 auf 525 pro Hektar zurückgegangen. Aufgrund der im Verlauf des Jahres 2001 durchgeführten Messungen wurde geschlossen, dass im Bestand noch 50 Stämme eingewachsen sind. Die große Zahl der Bäume (besonders von jungen Stämmen) hat die Krone revitalisiert. In dem größeren Teil des Bestandes wurde zahlreicher und qualitativ hochwertiger Tannennachwuchs mit der Tendenz einer weiteren erfolgreichen Entwicklung registriert.

Der Durchmesserzuwachs ist eine wichtige forstliche Größe, welche Vitalität, Qualität und Stabilität von Bäumen charakterisiert (ASSMANN 1961). Das Durchmesserwachstum von Bäumen reagiert auf kurzfristige Veränderungen des Wuchsraums empfindlich und stellt daher einen interessanten Untersuchungsparameter für zahlreiche Fragestellungen in der Waldwachstumskunde dar (SPIECKER 1991). Nach Entnahme einer bestimmten Zahl von Bäumen im erwähnten Zeitraum hat sich der Durchmesserzuwachs deutlich verändert. Die Durchmesserzuwachslinie hat sich aus einer parabolischen Form (1986), die einen geringen Zuwachs im Bereich der schwächeren Durchmesser (unter 1 mm) sowie eine Stagnation des Zuwachses in den größten Durchmesserstufen charakterisiert, in eine Exponentialform (2001) verwandelt. Die Stämme der kleinen und der größten Durchmesserstufen haben verglichen mit den im Untersuchungsbestand zuvor durchgeführten Maßnahmen einen doppelt so großen Zuwachs. Obwohl es zum Teil das Resultat einer „rechnerischen Verschiebung“ ist, sind positive Veränderungen doch das Resultat der Verbesserung von qualitativer Struktur und Wachstumspotenzial der Stämme, die nach den Eingriffen übrig geblieben sind. Schließlich zeigt dies auch die chronologische Analyse des Dickenzuwachses, die bei den Stämmen aller drei sozialen Klassen durchgeführt wurde (Abb. 4) und auf die deutliche Zunahme nach 1993 hinweist. Um eine solche Zuwachszunahme sicherzustellen, ist eine Kronenrevitalisierung notwendig. Aus Tab. 2 ist entsprechend der Angaben für 2001 eine gute Struktur der Kronenqualität zu erkennen.

Tab.2: Kronenparameter nach Baumklassen entsprechend der sozialen Stellung.
Crown characteristics listed according to the tree classes of social positions.

	I B.L.				II B.L.				III B.L.				
	Stammzahl	Summe	Sehr dichte Krone	dichte Krone	verlichtete Krone	Summe	Sehr dichte Krone	dichte Krone	verlichtete Krone	Summe	Sehr dichte Krone	dichte Krone	verlichtete Krone
2002													
N	274	169	71	34	87	20	22	45	164	28	33	103	
%	52	62	26	12	17	23	25	52	31	17	20	63	
I/h		0,35	0,32	0,32		0,37	0,35	0,31		0,39	0,40	0,32	
1986													
N	325	157	58	110	45	7	9	29	214	17	32	165	
%	40	48	18	34	14	16	20	64	66	8	15	77	
I/h		0,31	0,30	0,31		0,32	0,30	0,27		0,29	0,30	0,32	

Mit den durchgeführten Eingriffen wurden recht günstige Bestandesbedingungen geschaffen, womit ermöglicht wurde, dass der Zuwachs auf qualitativ hochwertige Bäume, die zur positiven Reaktion befähigt sind, übergehen kann. Die Folge ist, dass der Bestand 11 Jahre nach den Eingriffen bzw. der Entnahme von 35% der Baumzahl ein nahezu ähnliches Volumen und einen um 20% höher verlaufenden Volumenzuwachs besitzt.

4 Schlussfolgerung

Es ist bekannt, dass die Ursachen der Waldevitalisierung zahlreich und durch verschiedene Interaktionen und die ungleiche Form und Intensität ihres Einflusses charakterisiert sind. Die Einflussform und ihr Effekt hängen insbesondere vom Bestandeszustand ab, vor allem von der Anzahl der Bäume, dem ihnen zur Verfügung stehenden Wuchsraum, der Kronenqualität und des Zuwachspotenzials. Aus diesem Grund sind das Monitoring des Bestandes und die ausführliche Analyse einzelner Zuwachselemente und ihre Zwischenbeziehungen von großer Bedeutung. Dies stellt die Grundlage für die Früherkennung einer Devitalisierung und für rechtzeitige präventive Maßnahmen dar.

5 Literaturverzeichnis

- ASSMANN, E (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien, 490 Seiten.
- MITSCHERLICH, G (1978): Wald, Wachstum und Umwelt. Band 1, .2 Auflage, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M..

- SCHÖPFER, W (1961):** Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden Württemberg, 10, 124 Seiten.
- SCHÜTZ, J.-PH.; GRUNDER, K. & MANDALLAZ, D (1986):** Die Vitalität der Weißtanne und ihre Abhängigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernährungskundlichen und waldbaulichen Variablen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105, pp.406-420.
- SPIECKER, H. (1986):** Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950-1984. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 157.Jg., pp.152-164.
- SPIECKER, H. (1991):** Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea* (MATT.) L. und *Quercus robur* L.) Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden Württemberg, 72, 155 Seiten.
- STAMENKOVIĆ, V.; VUČKOVIĆ, M. & PETKOVIĆ, J. (1990):** Proizvodnost prirodnih sastojina jele i smrče na području regiona Užice. Unapređenje šuma i šumarstva regiona T. Užice – 2. Beograd, 271 pages.
- TOMA, G. (1940):** Kronenuntersuchungen in langfristigen Kieferndurchforstungsflächen. *Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen*, 72, pp.305-340.
- WECK, J. (1951):** Über die Eignung von Kronenmesswerten als Weiser für die Zuwachspotenz von Bäumen und Beständen im Wirtschaftswald. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 6.Jg., pp.469-473.

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Milivoj Vučković

Prof. Dr. Vojislav Stamenković

Ing. Branko Stajić

Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet

(University of Belgrad, Faculty of Forestry)

Kneza Visaslava 1

YU-11030-Beograd (Serbia and Montenegro)

e-mail: yuckom@Eunet.yu

Dr. Mihailo Ratknic

JP "Srbijasume" – Institut of Forestry

Kneza Visaslava 3

YU-11030-Beograd (Serbia and Montenegro)

e-mail: mratknic@Eunet.yu

Dendroökologische Untersuchungen an Beständen der Weisstanne (*Abies alba* MILL.) mit Mistelschäden (*Viscum album*)

ION BARBU

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, mistletoe, parasitism, damage, dying away

Abstract

Title of the paper: Dendroecological research on silver fir (*Abies alba* MILL.) stands damaged by mistletoe (*Viscum album*).

Studying the dying-away phenomenon of silver fir stands in the 1980's, we found out that a great part of trees are strongly affected by the hemi-parasite *Viscum album ssp. abietis* that is a mistletoe species, which can bring about the death of the tree. This study presents, on the basis of dendroecological research methods, the morphology of attack in function of age and stand parameters, the influence of ecological factors in the dynamics of the attack and the physiological effects of attack on the branches and the trunk of trees.

Mistletoe is of great economic importance because it is the most destructive pathogen on silver fir timber, especially in the regions at the border of the southern and eastern natural areas in Europe. In this paper the area of infected stands in Romania, the evolution of infection and the morphology of mistletoe and of affected trees on the basis of dendrological studies on mistletoe and silver fir wood is discussed.

Based on the dendroecological studies, the author describes the different stages in the evolution of attack from the contamination to the death of the tree. Analyzing trees attacked by mistletoe in different ecological conditions (climate, soil, stand structure, atmospheric deposition) the author has differentiated two types of attack evolution:

- Fast evolution in the regions where the aridity index is <40 and a high variability of drought and rainy seasons on the soil type Albicluvisol and Rendzina and in even-aged stands under a polluted climate.
- Slow evolution in the regions where the aridity index is >50 on brown to acidic brown soils, in uneven-aged and mixed stands (silver fir, beech and spruce).

After 10 years of monitoring of different stands in different ecological conditions, the author proposes a scheme for the estimation of the health status of trees and the prognosis of evolution in the future of each tree, according to its biometrical characteristics. Forest management decisions in the silver fir stands affected by mistletoe are developed on the basis of this scheme.

Another important conclusion, which was developed after the present researches, is the tendency of the extension of areas with silver fir mistletoe especially at altitudes of 700-900 m where 50-100 years ago (according to forest management plans information) only few trees were affected by this parasite.

Schlagwörter: Weisstanne, *Abies alba*, Mistelbefall, Tannensterben, Parasitismus

Zusammenfassung

Über die Schädlichkeit der Mistel (*Viscum album ssp. abietis*) wurde in Rumänien nicht sehr häufig berichtet (BARBU 1985, 1991, 1994). KRAMER (1992) stellte fest, dass Misteln in den Kronen hauptsächlich älterer Weißtannen (*Abies alba* MILL.) verbreitet sind. Im Allgemeinen kommt *Viscum album ssp. abietis* im gesamten östlichen und südöstlichen Verbreitungsgebiet der Weißtanne mit einer deutlichen Schwerpunktbildung im Süden in Italien und Griechenland vor. Erwähnenswert ist auch eine gewisse Häufung im Nordost-Areal in Polen und Rumänien, dies hauptsächlich in den Randlagen des natürlichen Verbreitungsgebiets. In Rumänien verbreitet sich der Mistelbefall seit den letzten 20 Jahren kontinuierlich hinsichtlich Fläche und Intensität (BARBU 1991). Der Befallsanteil bei den Bäumen ist sehr hoch, er liegt um 80-85% auf 450-700 m Meereshöhe und beträgt rund 30-40% bei 750-900 m am Rande der Ostkarpaten. Auch im Innenbereich des Karpatenbogens (Cristian in der Nähe von Braşov) ist die Zahl der befallenen Tannen bei einer Meereshöhe von 530-650 m sehr hoch (63-75%).

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.161-170.

1 Verbreitung der Tannenmistel in Rumänien

Die Verbreitung der Weißtannenmistel als Parasit ist grundsätzlich an ihre Wirtspflanze gebunden. *Viscum album ssp. abietis* ist ausschließlich auf Tannen zu finden, dies allerdings nicht über das gesamte Verbreitungsareal hinweg, sondern zumeist nur am Rande des Tannenareals in einer Höhe zwischen 400-900 m ü NN. Häufiger verbreitet ist die Mistel in den Ostkarpaten, dem Karpatenbogen und den Südwestkarpaten im Banat (BARBU 1994).

In den Tälern der inneren Karpaten, wo die besten Tannenbestände wachsen (Bistritza Tal, Moldova Tal, Dorna, Bistricioara, Suha), kommt die Mistel nicht vor. An den Siebenbürgener Hängen der Karpaten liegt der Anteil der betroffenen Bäume bei 5-13% (Vişeu Tal) und Tibleş-Gebirge (Forstamt Lapuş und Groşii Tibleşului). In der Mulde von Braşov (Kronstadt) ist bei Cristian und Codlea das Ausmaß des Befalls der Weißtannen am ausgeprägtesten, eine Ausweitung der betroffenen Zone wurde bereits in den letzten Jahrzehnten festgestellt.

2 Material und Methode

Im Hinblick auf die Morphologie des Mistelbefalls wurden unter Berücksichtigung der inneren und äußeren Merkmale der Tanne 56 Bäume gefällt und untersucht. Die Bäume waren in mehreren Beständen (80-150 Jahre) mit unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen ausgewählt worden.

Auf der Grundlage der morphologischen Merkmale wurde mittels spezifischer Inventuren auf in den Ostkarpaten lokalisierten Transekten (Forstamt Mălini und Voronet – Forstdirektion Suceava) die Häufigkeit der mistelbefallenen Tannen hinsichtlich der Verbreitungsdynamik des Mistelbefalls registriert. Insgesamt wurden 1.015 Bäume in sechs Transekten im Forstamt Mălini (stark exponierte Lage) und 412 Bäume im Forstamt Voronet in vier Transekten (schwach- bis mittelexponierte Lage) untersucht und in verschiedene Befallsstadien eingeteilt.

3 Anatomische und morphologische Ergebnisse

Anatomische Untersuchungen zur Befallsdynamik unterstützen die Nachforschungen zur Verbreitungstendenz der Mistel. Aus diesem Grunde war eine Erfassung von morphologischen Außenmerkmalen vorgenommen worden (BARBU 1986, 1991). Die Entwicklungsstadien des Mistelbefalls der Tanne sind in Tab.1 dargestellt. Die Verbreitung der Mistel hängt von den physiologischen Eigenschaften der Wirtspflanze wie auch von den ökologischen Rahmenbedingungen ab (Abb. 1).

Tab. 1: Entwicklungsstadien des Mistelbefalls (*Viscum album ssp. abietis*) der Tanne.
Developmental stages of mistletoe (Viscum album ssp. abietis) attack on silver fir.

1	Initialstadium:	Vergleichbare Mengenanteile von Innen- und Außensystem der Mistel. Baumalter beim Befall: 5–15 Jahre.
2	Jugendstadium:	Mistelbüsche fallen unter der Einwirkung von Schnee oder Eis ab. Neue kleine Büsche bilden sich aus der Rinde heraus. Das Innensystem (Haustorialsystem innerhalb der Wirtspflanze) verbreitet sich sehr stark weiter aus der Rinde heraus. Kohorten von Senkerwurzeln, den Rindensaugwurzeln ($2-60/\text{dm}^2$) gelangen in das Kambium.
3	Mittelstadium:	Wenn mehr als $40-50$ Senker/ dm^2 oder ältere Senker, die das wasserleitende Holz bereits durchdrungen haben, vorhanden sind, rufen diese eine starke Deformation der Äste am Stammansatz oder auf dem Stamm hervor. (Die Senker saugen mit ihren Seitenflächen Wasser und Nährsalze aus dem wasserleitenden Holz).
4	Endstadium:	Sind die Senker bis in das Kernholz eingedrungen, sterben diese mit der Zeit ab und hinterlassen im Holzkörper radial verlaufende Löcher. Durch diese Löcher dringt ein Teil des Wassers in das Kernholz und bildet einen pathologischen Nasskern. Sind mehr als 70% der Kernholzfläche vernässt, stirbt entweder der obere Kronenbereich oder der auswärts liegende Ast ab. Die Geschwindigkeit des Vertrocknens der Krone hängt von der Trockenheit der Luft, der Wasserversorgung aus dem Boden sowie von der Phänophase ab. Nach Austrocknen des oberen Kronenbereichs kann der Baum völlig absterben, aber er kann auch eine neue Krone ausbilden. Dieses hängt von den Kronenparametern und von ökologischen Faktoren ab.

Der Mistelbefall der Tanne erfolgt über Beeren, die von Vögeln wie der Misteldrossel (*Turdus viscivorus*) verbreitet werden. Nach unseren Beobachtungen genügt es, nur die anfängliche Infektion durch die Vögel festzustellen. Die vorwiegende Verbreitung auf dem Einzelbaum Baum erfolgt durch die Selbstverbreitung von oben nach unten. Die Früchte fallen nach unten und haften auf den Ästen oder auf dem Astansatz am Stamm fest. Die Samen sind von einer klebrigen Schleimhülle umgeben. Im Magen der Vögel verlieren sie ihre äußere Hülle, wobei die stark klebrige Schleimschicht freigelegt wird. In einem Jahr (1996) betrug die Anzahl der an einem Astquirl gefundenen Samen 75–80 bei einer Baumhöhe von 30 m (Stammalter am Quirl: 26 Jahre).

Die Samenkeimung verläuft unter dem Schutz von Schleim, welcher einen trockenen und resistenten Mantel um den Samen bildet. Dieser schützt den Samen für 6-9 Monate gegenüber trockener Luft. Laboruntersuchungen in trockener Atmosphäre (35–40% Luftfeuchtigkeit, Temperatur 22–24 °C) belegten, dass nach sechs Monaten mehr als 70%

der auf der Rinde anhaftenden Samen noch lebten und 56% bereits 3-8 mm lange Keime ausgebildet hatten.

Das Einnisten in die Rinde tritt erst nach 1–3 Jahren ein. Der beste Kontakt zwischen Mistelkeimling und äußerer Tannenrinde findet ausschließlich im Bereich der lebenden Krone im oberen und mittleren Kronenbereich statt. Hier keimen mehr als 70% der Samen, dabei dringt das Primärhaustorium (primäre Senkerwurzel) in die Rinde ein. Nach „Bewurzelung“ in den darauffolgenden 1–5 Jahren in der Rinde, was von ökologischen und physiologischen Parametern abhängt, beginnt die Entwicklung des Innensystems in der Rinde.

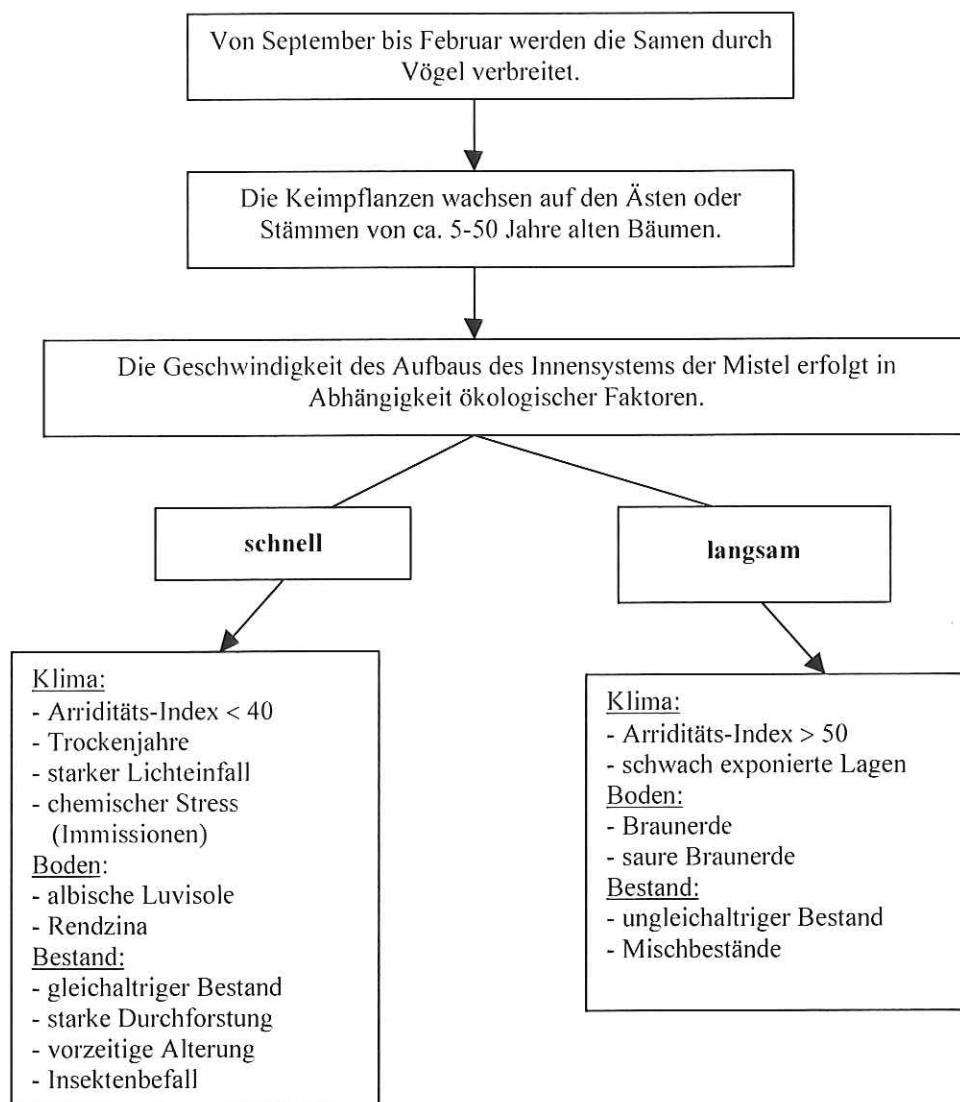


Abb. 1: Dynamik des Mistelbefalls in Tannenbeständen in Verbindung mit ökologischen Faktoren.
Fig. 1: *Developmental stages of mistletoe attack on silver fir stands in conjunction with ecological factors.*

In der ersten Phase des Befalls nimmt die junge Mistelpflanze Wasser und Mineralsalze aus der Rinde auf, während die Blätter über die Photosynthese Kohlenhydrate erzeugen.

In Abb. 3 sind die Abschnitte des Initialbefalls der Mistel bei der Tanne kurz dargestellt. Im ersten Entwicklungsstadium nimmt die Mistel einen Teil des Saftstroms über die Senker aus dem Holz auf. In den weiteren Entwicklungsstadien entwickelt sich zunehmend mehr Innenpflanzen- als Außenpflanzenkörper. Obwohl manchmal - insbesondere nach Perioden mit Eisbehang - die Mistelbüsche abfallen, verbreitet sich der Innenkörper in den Folgejahren in der Rinde weiter und bildet hauptsächlich neue Stränge von Haustoren.

Das Innensystem in der Rinde ist meist in den Siebzellen über dem Kambium verbreitet. Es ist anzunehmen, dass sich der Parasit in den letzten Entwicklungsstadien nur ganz wenig aus selbst erzeugten Photosyntheseprodukten ernährt, sondern wohl eher Kohlenhydrate dem Wirtsbaum entzieht. Mit biochemischen und physiologischen Untersuchungen ist diese Hypothese noch zu überprüfen.

Die Befallsintensität und die Geschwindigkeit der Befallsentwicklung ist mit der physiologischen Tätigkeit des Wirtsbaums sowie klimatischen und Bodenzustandsparametern gekoppelt, jedoch weniger mit dem Baumalter nach 60–70 Jahren. Es fällt auf, dass in mittelalten Beständen in stark betroffenen Lagen Bäume im Alter von 60–90 Jahren mehr befallen sind als Alterbestände auf der gleichen Meereshöhe, jedoch in nicht exponierten Lagen. Die Erklärung für eine pathologischen Nasskernbildung und für das durch Mistelbefall verursachte Tannensterben ist bei BARBU (1991) skizziert.

Die Ergebnisse der Inventur zu den Entwicklungsstadien des Mistelbefalls in Beständen der Weißtanne in den Ostkarpaten sind in den beiden Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Häufigkeit der neu befallenen Bäume (Stadium 1 + 2) an den Bäumen, die auf einer Meereshöhe von über 700 m wachsen, ansteigt.

Der zunehmende Befall von Tannenbeständen hauptsächlich in den Gebieten, in denen seit den letzten 10–15 Jahren hohe Konzentrationen an Schwefelsäure gemessen wurden, lässt sich mit einer derartigen Hypothese in Verbindung bringen (BARBU 1991, 1994).

In Abb. 4 ist die Einschätzung des Gesundheitszustands der Bäume und die Prognose der Entwicklung des Gesundheitszustands in Verbindung mit dem Mistelbefall schematisch dargestellt.

In diesen Zonen, d.h. dem Nord- und Osthang der Ostkarpaten wurden vor 30–35 Jahren (STĂNESCU & SĂVULESCU 1963; STĂNESCU 1965) die ertragsstärksten Tannenbestände aus ganz Rumänien beschrieben mit einer Höhe von über 40 m, einem Massenvolumen von mehr als 600 m³/ha und einer Ertragsleistung von 10–15 m³/a/ha. Bei gleichen Standortbedingungen waren diese Bestände im Alter von 80–100 Jahren in einem guten Zustand, obwohl in der letzte Jahrhundert mehrere Trockenperioden (stärker als die Trockenperioden zwischen 1980–1990) registriert wurden. Die Anteile von Dürrebbäumen war für die Waldbewirtschaftung und die Dauer des „Tannensterbens“ für einen Zeitraum von nicht länger als 1–2 Jahre tolerabel. Der Zeitraum des Tannensterbens von 1982 bis 1991 war der längste, und er verursachte nur in den Nordost-Karpaten auf einer Fläche von ca. 12.000 ha mehr als 500.000 fm an Dürrebbäumen. In den zurückliegenden 5–8 Jahren nahm die Intensität des Tannensterbens ab, jedoch wurden die betroffenen Bestände stark geschädigt oder gar zerstört.

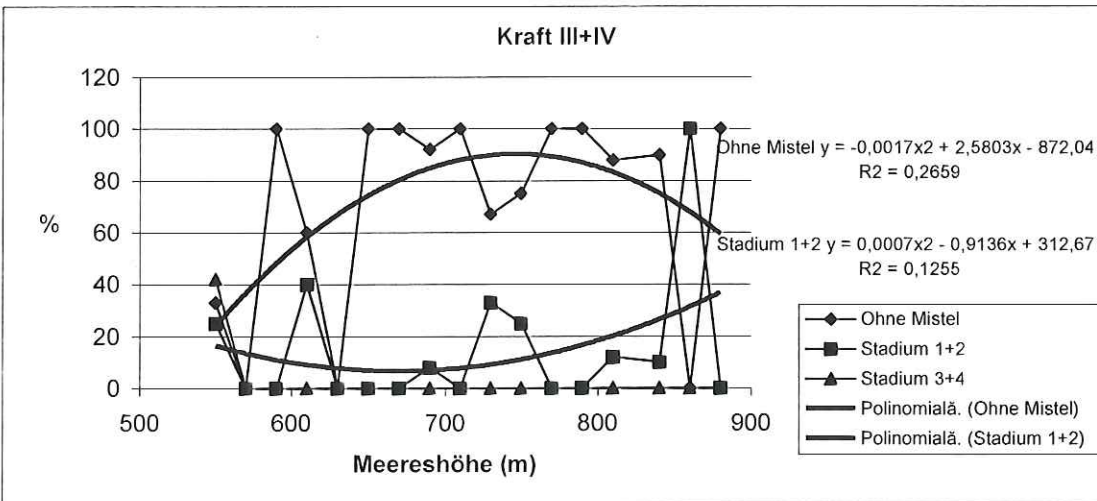
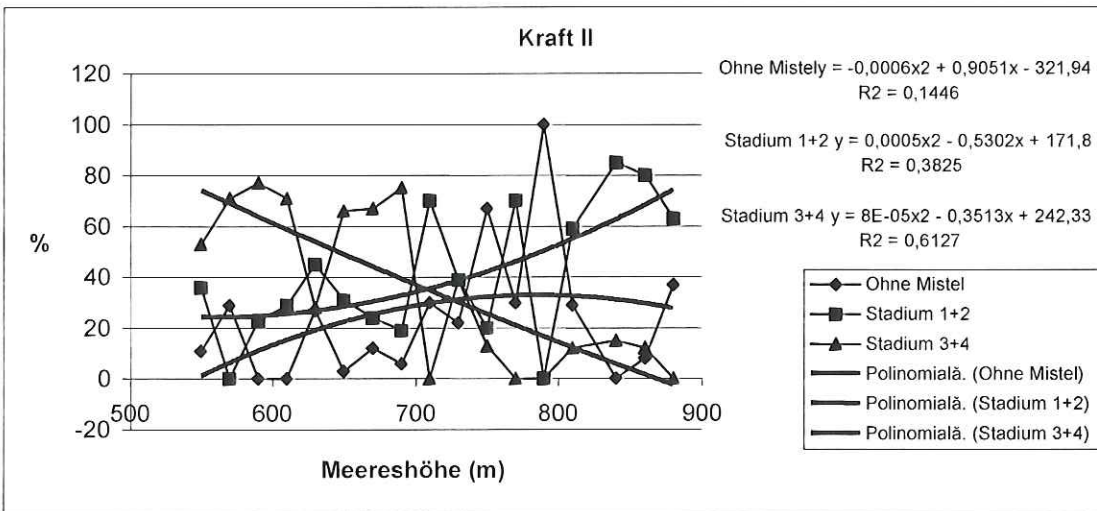
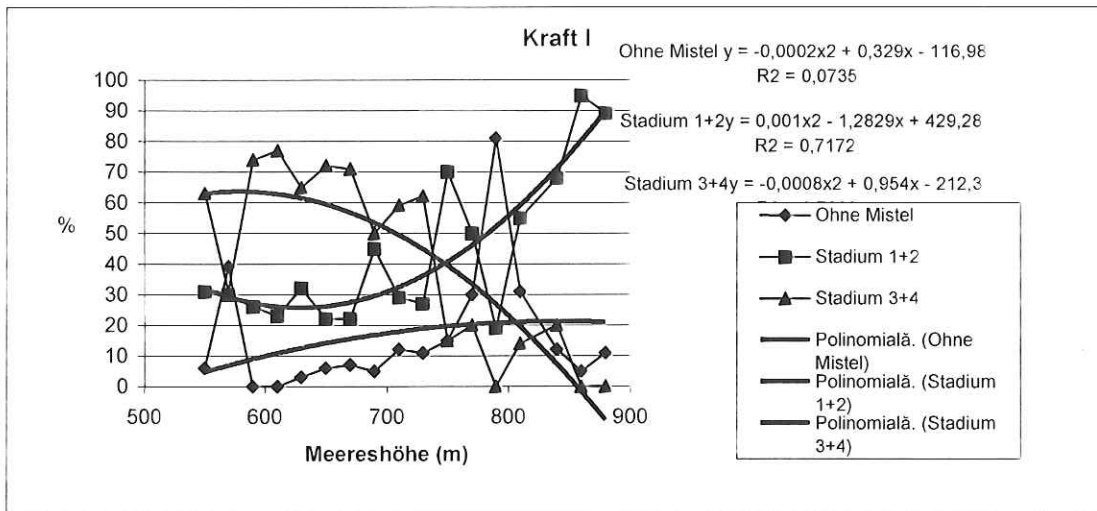


Abb. 2: Anteil der von Mistel befallenen Tannen in Abhängigkeit von der Meereshöhe, Baumklasse nach KRAFT und Befallsstadien (1 = Initialstadium, 2 = Jugendstadium, 3 = Mittelstadium, 4 = Endstadium) auf einem Transekt in den Nordost-Karpaten (stark exponiert) Forstamt Mălini U.P. III Abt. 4,5,6. Forstdirektion Suceava.

Fig. 2: Frequency of silver fir trees attacked by mistletoe infestation in relation to the elevation above sea level, the social class according to KRAFT and the stage of attack (1 = initial stage, 2 = youth stage, 3 = middle stage, 4 = final stage) in a transect in the North-east Carpathians.

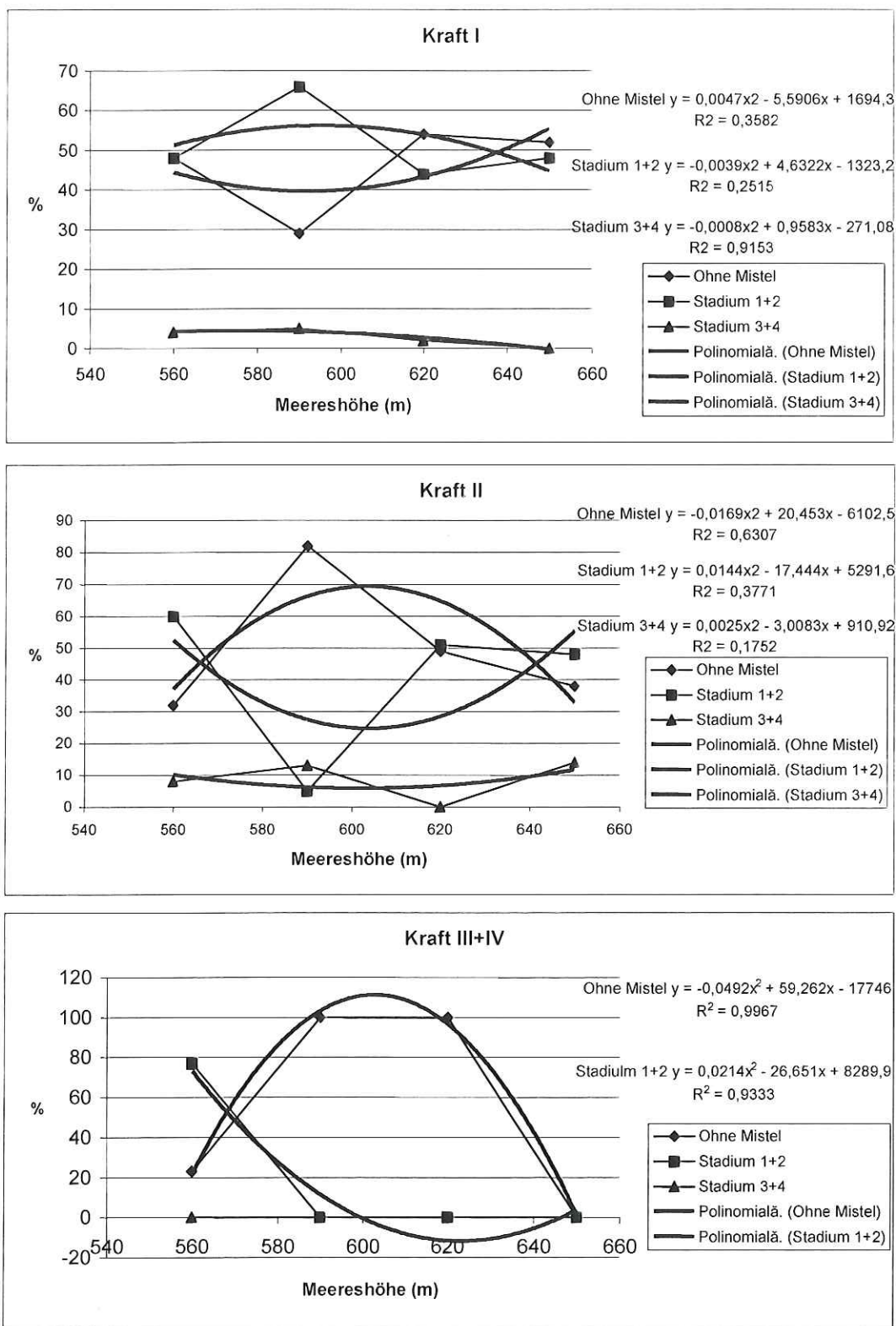


Abb. 3: Häufigkeit der von Mistel befallenen Tannen in Abhängigkeit von der Meereshöhe, Baumklasse nach KRAFT und Befallsstadium (1 = Initialstadium, 2 = Jugendstadium, 3 = Mittelstadium, 4 = End-stadium) auf dem Transekt in den Nordost-Karpaten (schwach bis mittel exponiert) Forstamt Gura Humorului U.P. II Forstdirektion Suceava.

Fig. 3: Frequency of silver fir-trees attacked by mistletoe infestation in relation to the elevation above sea level, the social tree classes according to KRAFT and the stage of attack (1 = initial stage, 2 = youth stage, 3 = middle stage, 4 = final stage) in a transect in the North-east Carpathians of low exposition. Forest District Gura Humorului, Forest direction Suceava.

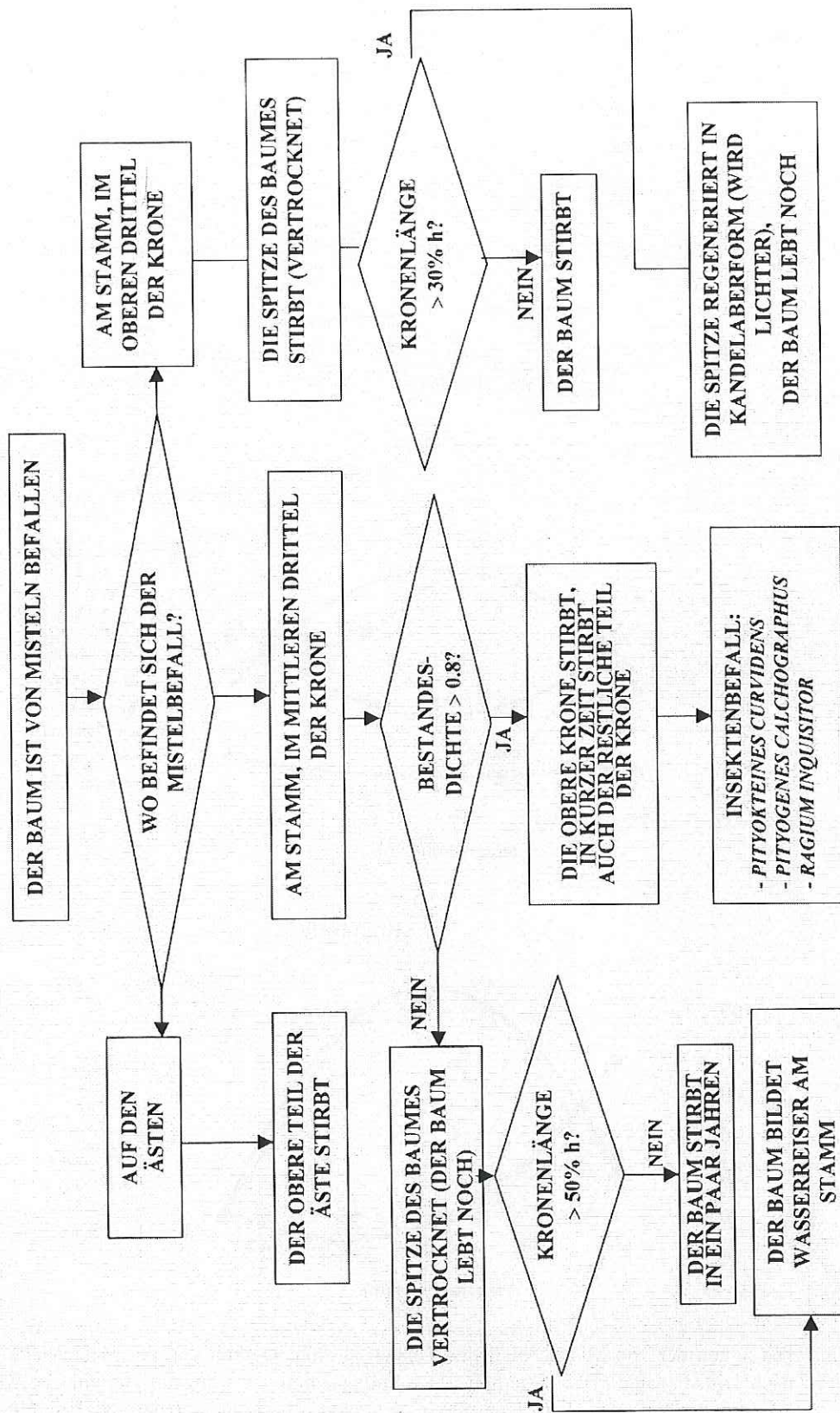


Abb. 4: Schema zur Bewertung des Gesundheitszustands von Tannen nach Mistelbefall.
 Fig. 4: Flow chart for estimating the health status of silver fir trees infested by mistletoe.

In den letzten Jahren hat die Konzentration der Säureionen in den Niederschlägen jedoch abgenommen (vgl. Tab. 2). Wahrscheinlich ist dies eine Folge des wirtschaftlichen Rückgangs in den ehemaligen sozialistischen Ländern und/oder der Umweltpolitik der CEE-Länder hinsichtlich ihrer drastischen Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen (CEE, Council for Environmental Education).

Tab. 2: Vergleich zwischen den jährlichen mittleren Depositionsmengen (im Freiland gemessen) in verschiedenen Regionen Europas (DE VRIES 2000) und in Rumänien (BARBU et. al. 2001) für den Zeitraum 1997–2000.

Comparison of the annual mean values of atmospheric deposition registered in the open field in different regions of Europe (DE VRIES 2000) and in Romania (BARBU et. al. 2001) in the period 1997-2000.

Region	Nr. der Versuchsfläche	Jahr	Flux der Depositionen [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$]						
			S-SO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	Ca	Mg	K	Na
Nord/Boreal	44	1997	2,77	1,51	1,27	2,50	1,94	1,29	7,75
Nord/Boreal temperat	25	1997	4,72	3,51	3,08	8,60	5,16	1,60	6,60
West/Atlantik	53	1997	7,33	3,99	6,03	8,00	4,51	2,07	16,44
Central/Ost	240	1997	10,18	5,52	8,25	7,40	3,65	3,86	4,58
Süd/ Mediterran	39	1997	7,36	4,17	5,78	9,50	4,66	4,29	9,20
Rumänien Nord	4	1997	6,6	2,2	6,4	9,9	0,76	4,9	2,3
		1998	7,9	3,2	9,8	9,7	1,3	9,2	3,6
		1999	6,5	2,0	8,0	9,2	0,58	5,2	3,4
		2000	7,3	1,5	6,8	11,5	0,63	4,0	3,0
Rumänien Süd	3	1997	14,2	3,8	10,0	26,1	1,2	4,7	3,0
		1998	12,6	6,2	11,6	17,4	5,6	5,6	6,8
		1999	10,5	5,9	9,3	18,9	2,4	10,5	4,8
		2000	12,8	2,4	13,9	25,1	11,8	9,5	12,3

Diese Zone befindet sich in der am stärksten belasteten Region in Europa. Kontinuierliche chemische Analysen der Niederschläge ergeben für den Nordostrand der Ostkarpaten eine Belastung, die auf Schwefel und Stickstoff (NO₃⁻, NH₄⁺) bezogen mit Nass- und Trockendeposition 40-60 kg/ha/Jahr beträgt (BARBU 1994, 1997). Die stärkste Belastung wurde am Rand der Nordost-Karpaten gemessen, wobei der größte Anteil aus „Importen“ von SO₂-haltiger Luft insbesondere durch West- und Nordwestluftströmungen aus den Bereichen stammt, wo sich in 250–300 km das Schwarze Dreieckland mit riesiger Kohlenreserve (5% Schwefel) und vielen Kraftwerken mit 200–300 m hohen Schornsteinen befindet.

4 Literaturverzeichnis

- BARBU, I. (1991):** Moartea Bradului. Simptom al degradării mediului (in rumänisch). Ed. Ceres București, 276 Seiten.
- KRAMER, W. (1992):** Die Weisstanne in Ost- und Südosteuropa. Eine Zustandsbeschreibung. Gustav Fischer Verlag, 492 Seiten.
- BARBU, I. (1994):** Cercetări privind reconstrucția ecologică a arboretelor de brad afectate de Uscare anormală (in rumänisch). ICAS, 186 Seiten.
- BARBU, I. (1997):** Intensive monitoring of atmospheric deposition in forest ecosystems in Romania. ICAS, 58 Seiten.
- BADEA, O.; GEAMBASU, N.; PATRASCOIU, N.; BARBU, I. & BOLEA, V. (1998):** Forest condition monitoring in Romania 1990–1996. Office National des Forets (ONF) , Département des Recherches Techniques (ed.), ISBN 2-84207-153-0. 62 Seiten.
- STANESCU, V. & SAVULESCU, AL. (1963):** Contribuții la cunoașterea ecologiei bradului. Vol. Lucrări științifice (in rumänisch). Inst. Politehnic Brașov, Facultatea de Silvicultură. Vol. VI., pp.151–175.
- STANESCU, V. (1965):** Cercetări tipologice în brădetele și brădetele amestecate din Carpați. Lucrări științifice (in rumänisch). Inst. Polit. Brașov., Fac. de silvicultură, Vol. VII., pp.107-124.

Anschrift des Autors:

Dr. Ion Barbu

Forschungsanstalt für Waldbau der Fichte,

Calea Bucovinei Nr. 73

RO-5950 Campulung Moldovenesc Suceava (Rumänien)

e-mail: barbu.ion@icassv.ro

The effect of bark-stripping by red deer on growth features of European silver fir (*Abies alba* MILL.)

MACIEJ PACH

Keywords: *Abies alba*, red deer, bark-stripping, height and volume increment, annual ring width

Abstract

The studies, which were carried out in 10 sample plots in stands of fir, located in the Forest Experimental Station in Krynica (Beskid Sądecki Mts.), southern part of Poland, indicated that 64% of all analyzed trees showed decrease of height increment and 56% decrease of volume increment after injury. The lower average volume increments, for the 3 and 5 years periods after bark-stripping, appeared in the case of the longer wounds. It was found that only in the first year after damage annual ring widths, in the middle of wounds, were lower than those before damage. Average percentage ring widths from the 3 and 5 years after injury were higher only in the case of the higher percentage of wounded circumference and relative wound surface of trunks.

The impact of bark-stripping on growth features of Fir is hardly significant and is mostly limited to the first few years following injury.

Schlagwörter: *Abies alba*, Rotwild, Rindenschälen, Höhen- und Volumenzunahme, Jahrringbreite

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Der Einfluss der Rotwildschälwunden auf die Zuwachsmerkmale der Weißtanne (*Abies alba* MILL.).

Die Untersuchungen wurden an 10 Probeflächen in Tannenbeständen, die in der Forstlichen Versuchsstation in Krynica (Beskiden-Sądecki-Gebirge) im südlichen Polen liegen, durchgeführt. Bei 64% aller untersuchten Bäume wiesen die Ergebnisse auf einen Rückgang im Höhenzuwachs sowie bei 56% auf eine Abnahme im Massenzuwachs hin. Niedrigere Massenzuwächse traten für den 3- und 5-jährigen Zeitraum nach dem Rindenschälen bei größeren Schälwunden auf. Es konnte ermittelt werden, dass nur im ersten Jahr nach der Schädigung die Jahrringbreiten in der Mitte der Schälwunden geringer waren als diejenigen vor der Schädigung. Die durchschnittlichen prozentualen Ringbreiten aus der Zeit von 3 und 5 Jahren nach der Verletzung waren bei einem prozentual größeren Umfang sowie einer größeren relativen Schädfläche auf der Stammoberfläche größer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass auf der unbeschädigten Stammseite mehr aktives Kambium gebildet wurde und so der Ausfall auf der geschädigten Seite ausgeglichen wird.

Der Einfluss des Rindenschälens auf Wuchsmerkmale der Tanne ist kaum signifikant und beschränkt sich zumeist auf die ersten wenigen Jahre nach der Verletzung.

1 Introduction

The regeneration of European silver fir (*Abies alba* Mill.), which is one of the main tree species in the forests of Carpathian Mts., is often threatened by damage by wild animals. One of the most serious problems is bark stripping by deer (UECKERMAN 1956; MCINTYRE 1972; WELCH *et al.* 1987, 1988, 1997, 1998; GILL 1992a, 1992b; REIMOSER & GOSSOW 1996). This damaging has been observed in the forests of the Forest Experimental Station in Krynica (Beskid Sądecki Mts.) over the last 30 years.

Reports concerning the influence of bark-stripping on the growth and vitality of European silver fir are difficult to find. Therefore the aim of this study was to determine the impact of the bark-stripping intensity on the growth features of fir trees.

2 Sites and methods

The fieldwork was carried out in 10 sample plots (0,1–0,25 ha) situated in fir stands of the Forest Experimental Station in Krynica (Beskid Sądecki Mts.), southern part of Poland (*cf.* Fig. 1).

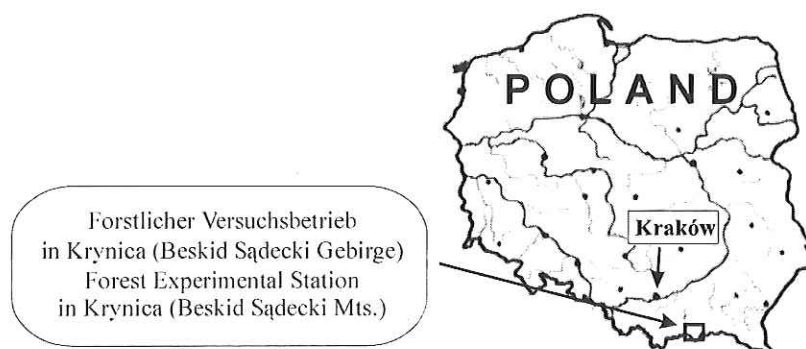


Fig. 1: Location of the Forest experimental station in Krynica (Poland).

Abb. 1: Lage der Forstlichen Versuchsstation in Krynica (Polen).

Within each plot 50 wounded fir trees were chosen, on which precise wound measurements were made (Fig. 2).

On the basis of these measurements relative values of wound width (to circumference – SW), of wound length (to tree height – DW), and of wound surface (to trunk surface – PW) were calculated. The wound surface was determined by using the equation as given by WELCH *et al.* (1988).

For each selected tree height, DBH and girth of the trunk at the middle of wound were recorded. After felling five selected wounded trees, annual internode lengths starting from the top of tree were measured. Stem discs at the base of the tree, at regularly spaced distances (1 m) from the base and at the middle of wound were extracted in order to perform stem analysis. The tree height was calculated from the measurements of internode

lengths or as a result of interpolation. The tree volume was calculated on the basis of the HUBER equation (cross-sectional area at the midpoint). Both height and volume of a tree were determined for each year of tree growth. Using the results from stem analysis several growth indices were determined.

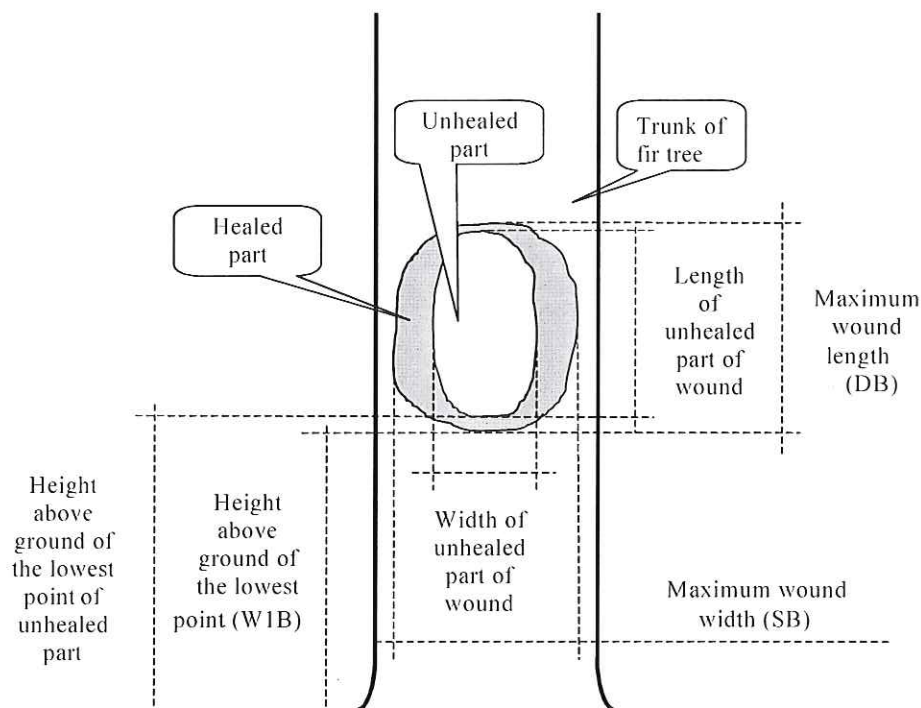


Fig. 2: Measurements of the wounds on each studied fir tree.

Abb. 2: Vermessungen der Schälwunden für jede untersuchte Tanne.

Discs were also cut at a height of 2,5 m above ground level and at the middle of wounds. The annual growth rings were studied in 4 directions at right angles to each other from the outside of the discs. It was possible to determine the average annual ring widths from 3 (Wb3) and 5 (Wb5) years before and after (Wa3 and Wa5) injury and their percentage values.

During the computing works several statistical procedures were used as follows: SZAPIRO-WILK test, FISHER-SNEDECOR test, PEARSON AND SPEARMAN correlation coefficients, MANN-WHITNEY's U test, and t-test.

3 Results

3.1 Height increment

The decrease of height increment in the first years after bark-stripping was recorded on 32 firs (64% of all studied trees). The average absolute value of the decrease was calculated as 11 cm (32% of earlier increment) (Fig. 3). The difference between height increment before and after bark-stripping was statistically significant. After 3 – 4 years following injury height increment returned to normal.

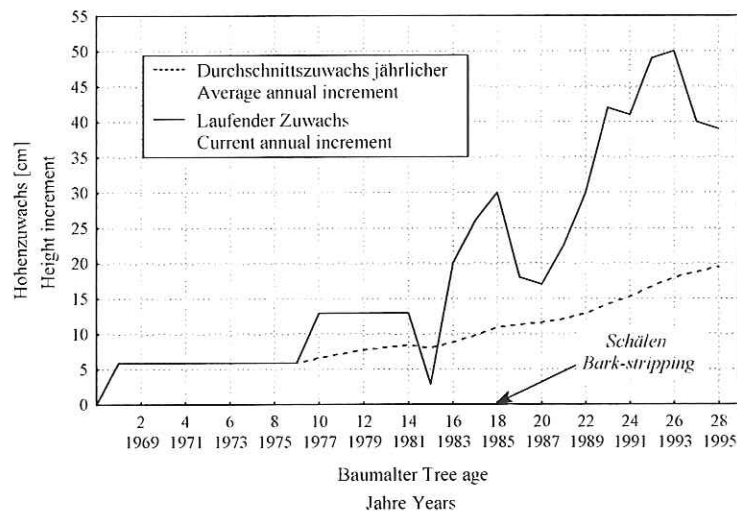


Fig. 3: Average and current annual height increment of wounded firs.
Abb. 3: Laufender und durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs geschädigter Tannen.

3.2 Volume increment

The decrease of volume increment in the first years after bark-stripping was recorded on 28 fir trees (56% of all studied trees). The average absolute value of the decrease was determined on 205 cm³ (30% of earlier increment) (Fig. 4). The difference between the volume increment before and after bark-stripping was statistically significant. Similar to height increment after 3-4 years following injury, volume increment returned to normal.

The decrease of both height and volume increment was observed on 19 firs (38% of all studied trees).

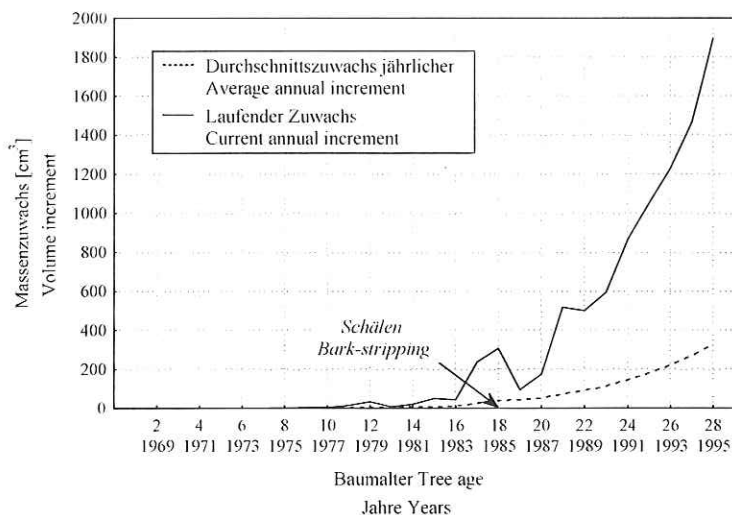


Abb. 4: Laufender und durchschnittlicher jährlicher Massenzuwachs geschädigter Tannen.

Fig. 4: Average and current annual volume increment of wounded firs.

Tab. 1: Dependence of average annual height and volume increment from 3 and 5 years period after bark-stripping, of wound features and their position on the trunk.

Abhängigkeit des durchschnittlichen Höhen- und Massenzuwachses, gerechnet für 3 und 5 Jahre nach dem Schälen, von den Merkmalen der Schälwunden und ihrer Lage auf dem Stamm.

Features Merkmal	Ha3			Ha5			Va3			Va5		
	N	R	P	N	R	P	N	R	P	N	R	P
PEARSON correlation; PEARSON Korrelation												
SW	44	-0,019	0,904	38	-0,021	0,899	44	-0,112	0,468	38	-0,082	0,625
W1B	50	0,199	0,165	43	0,137	0,382	50	0,559	0,000	43	0,508	0,001
W1W	50	0,051	0,724	43	0,047	0,765	50	-0,118	0,414	43	-0,112	0,474
W2B	50	0,210	0,143	43	0,218	0,161	50	0,360	0,010	43	0,346	0,023
PW	44	-0,043	0,783	38	-0,045	0,786	44	-0,121	0,435	38	-0,079	0,635
SPEARMAN correlation; SPEARMAN Korrelation												
SB	44	-0,022	0,887	38	-0,133	0,426	44	0,510	0,000	38	0,494	0,001
DB	50	-0,107	0,458	43	-0,029	0,854	50	-0,233	0,103	43	-0,242	0,117
DW	50	-0,176	0,223	43	-0,044	0,781	50	-0,603	0,000	43	-0,565	0,000
W2W	50	-0,076	0,601	43	0,017	0,912	50	-0,738	0,000	43	-0,664	0,000
PB	44	-0,131	0,398	38	-0,186	0,262	44	0,019	0,902	38	-0,014	0,934

Ha3 - Average height increment from 3 years after bark-stripping

Durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs, gerechnet für 3 Jahre nach dem Schälen

Ha5 - Average height increment from 5 years after bark-stripping

Durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs, gerechnet für 5 Jahre nach dem Schälen

Va3 - Average volume increment from 3 years after bark-stripping

Durchschnittlicher, jährlicher Massenzuwachs gerechnet für 3 Jahre nach dem Schälen

Va5 - Average volume increment from 5 years after bark-stripping

Durchschnittlicher, jährlicher Massenzuwachs gerechnet für 5 Jahre nach dem Schälen

SB - Absolute wound width
Absolute Schälwundenbreite

W1B - Absolute height above ground of the lowest point
Absolute Höhe über den Boden des niedrigsten Punktes der Schälwunde

SW - Relative wound width

W1W - Relative height above ground of the lowest point

Relative Schälwundenbreite

Relative Höhe über den Boden des niedrigsten Punktes der Schälwunde

DB - Absolute wound length

W2B - Absolute height above ground of the highest point

Absolute Schälwundenlänge

Absolute Höhe über den Boden des höchsten Punktes der Schälwunde

DW - Relative wound length

W2W - Relative height above ground of the highest point

Relative Schälwundenlänge

Relative Höhe über den Boden des höchsten Punktes der Schälwunde

PB - Absolute wound surface

N - Number of cases

Absolute Schälwundefläche

Zahlenstärke

PW - Relative wound surface

R - Correlation coefficient

Relative Schälwundefläche

Korrelationskoeffizient

P - Calculated probability

Berechnete Wahrscheinlichkeit

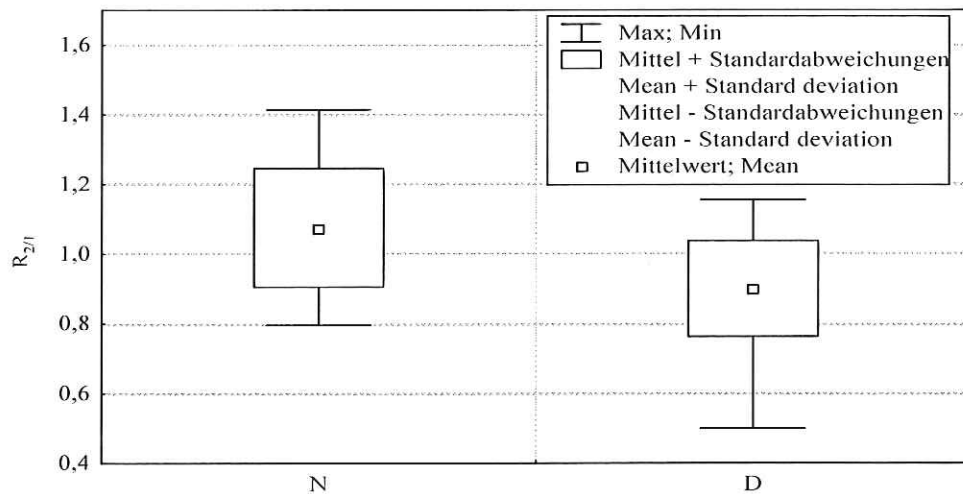
The analysis indicated that the average annual height and volume increments, for the 3 and 5 years periods after bark-stripping, depended on wound lengths and their position on the tree trunks. The longer the wound, the lower the average volume increment during 3 (Va3) and 5 (Va5) years after bark-stripping. (Tab.1).

There was no influence of the development phase of the wounded trees and the type of shelter above them on height and volume increment response of injured fir trees.

3.3 Annual ring width

3.3.1 At 2,5 m above ground level

The difference between annual ring widths before (R_1) and after (R_2) bark-stripping, measured on discs cut at a height of 2,5 m above ground, was not found to be statistically significant. Lower diameter increment after bark-stripping was recorded in the case of a wound starting lower on the tree trunk. The value, which is better to analyze is the ratio R_2 to R_1 ($R_{2/1}$), which does not depend on the width variability of different trees. A statistically significant difference between the mean values of the ratio $R_{2/1}$ was found for fir trees, which showed a normal and decreased volume increment after bark-stripping. Lower values of $R_{2/1}$ were related to trees, which showed decreased volume increment following injury (Abb. 5).



Baume, mit dem normalen (N) und verringerten (D) Massenzuwachs nach dem Schälen
Trees, with normal (N) and decreased (D) volume increment after bark-stripping

Fig. 5: Means, standard deviations, and maximum and minimum values of the ratio $R_{2/1}$ of firs with decreased (D) and normal (N) volume increment after bark-stripping.

Abb. 5: Mittel, Standardabweichungen, minimale und maximale Verhältniswerte $R_{2/1}$ bei Tannen mit dem normalen (N) und verringerten (D) Massenzuwachs nach dem Schälen.

3.3.2 In the middle of wounds

It was found that only in the first year after damage annual ring widths in the middle of wounds were lower than those before bark-stripping. Average annual ring widths, 3 and 5 years after damage, were found to be wider than those from the same periods before wound appearance (Fig. 6). All the differences were statistically significant ($p < 0,01$). Average percentage ring widths from 3 and 5 years after bark-stripping were higher only in the case of the higher percentage of wounded circumference (SW) and relative wound surface of trunks (PW). It indicates that more active cambium on the undamaged side of the trunk created wider annual rings to compensate for lack of conductive tissue on other parts of the trunk.

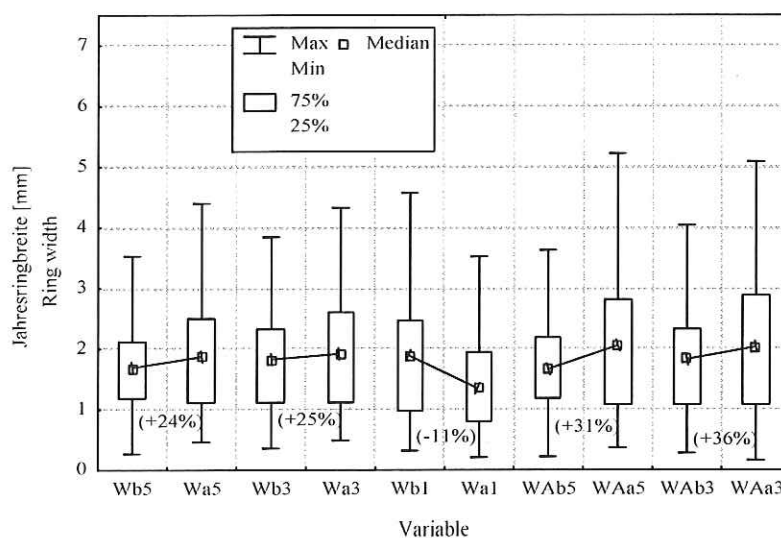


Fig. 6.: Medians, semi-interquartile ranges, and minimum and maximum values of average annual ring widths from 1, 3 and 5 year periods before and after bark-stripping.

Abb. 6: Mediane, Quartilabstände, minimale und maximale Werte der durchschnittlichen Jahresringbreite für 1,3 und 5 Jahre vor und nach dem Schälen.

4 Conclusions

On the basis of the results of these studies it can be concluded that the influence of bark-stripping on the growth features of fir is hardly significant. The impact is mostly limited to the first few years following injury, after which growth returns to normal.

This is convergent to the observations, which were done on European silver fir by LICHTENWALD (1995), on Norway spruce by ROEDER & KNIGGE (1972), on Douglas-fir by REIJNDERS & VAN DEN VEEN (1974), on Scots pine by SZCZERBIŃSKI (1963) and on Sitka spruce by WELCH & SCOTT (1998).

5 References

- GILL, R.M.A. (1992a): A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry*, 65, pp.145-169.
- GILL, R.M.A. (1992b): A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry*, 65, pp.363-388.
- LICHTENWALD, G. (1995): Überwallung, Vitalität und Länge der Jahrestriebe an geschälten Jungtannen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 50.Jg., p.759.
- MCINTYRE, E.B. (1972): Bark-stripping – a natural phenomenon. *Scottish Forestry*, 26, pp.43-50.
- REIJNDERS, P.J.H. & VAN DE VEEN, H.E. (1974): Over de oorzaken en effecten van "schillen" door edelherten en over de relatie tussen roodwildbeheer en bosbeheer in de Nederlandse situatie. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift*, 46.Jg., pp.113-138.
- REIMOSER, F. & GOSSOW, H. (1996): Impact of ungulates and its dependence on the silvicultural system. *Forest Ecology and Management*, 88, pp.107-119.
- ROEDER, A. & KNIGGE, W. (1972): Sind Rotwildschälchäden wirklich so schwerwiegend? *Forstarchiv*, 43Jg. pp.109-114.
- SZCZERBIŃSKI, W. (1963): Wpływ spalowania sosny zwyczajnej przez grubą zwierzynę łowną na stosunki przyrostowe drzew. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk*, T. 15, pp.297-339.
- UECKERMAN, E. (1956): Untersuchungen über die Ursache des Schälens des Rotwildes. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 2, pp.123-131.
- WELCH, D. & SCOTT, D. (1998): Bark stripping damage by red deer in a Sitka spruce forest in western Scotland IV. Survival and performance of wounded trees. *Forestry*, 71, pp.225-235.
- WELCH, D.; SCOTT, D. & STAINES, B.W. (1997): Bark stripping damage by red deer in a Sitka spruce forest in western Scotland III. Trends in wound condition. *Forestry*, 70, pp.113-120.
- WELCH, D.; STAINES, B.W., SCOTT, D. & CATT, D.C. (1987): Bark stripping damage by red deer in a Sitka spruce forest in western Scotland. *Forestry*, 60, pp.249-262.
- WELCH, D.; STAINES, B.W.; SCOTT, D. & CATT, D.C., (1988): Bark stripping damage by red deer in a Sitka spruce forest in western Scotland II. Wound size and position. *Forestry*, 61, pp.245-254.

Address of the author:

Dr. Maciej Pach

Agricultural University, Faculty of Forestry
Department of Silviculture
Al. 29 Listopada 46,
PL-31-425 Kraków (Poland)

e-mail: rlpach@cyf-kr.edu.pl

Unterschiedliche Disposition von Weisstannen-Provenienzen (*Abies alba* MILL.) für die Gefährliche Weisstannentrieblaus (*Dreyfusia nordmanniana* ECKST.)

BRIGITTE COMMARMOT

Keywords: *Abies alba*, *Dreyfusia nordmanniana*, provenances

Abstract

Title of the paper: Susceptibility of different provenances of silver fir (*Abies alba* MILL.) to silver fir woolly aphid (*Dreyfusia nordmanniana* ECKST.).

In spring 2000 a survey of *Dreyfusia nordmanniana* infestation was carried out within the research plot Bourrignon in the Swiss Jura mountains that is part of the *Abies alba* provenance trial initiated by IUFRO. There were significant differences in *Dreyfusia* infestation between different provenances. The Bulgarian provenance Ribarica showed hardly any symptoms of *Dreyfusia* attack, and from the Romanian provenance Lapus less than 5% of the trees were infested. The provenances Gariglione from Calabria and Aude Moyenne from the Pyrenees also had less damaged trees (13-15%) than the average. Most provenances from Central Europe had an infestation rate of 40-50%; the local provenance Bassecourt even showed a rate of 70%. The low infestation rate of Aude Moyenne might be due to its poor growth and weak vitality, which makes it less attractive to *Dreyfusia*. We suspect that the provenances Ribarica, Lapus and Gariglione have a genetically based low susceptibility or even resistance to *Dreyfusia nordmanniana*. Other factors cannot be excluded but might be secondary.

Schlagwörter: *Abies alba*, *Dreyfusia nordmanniana*, Provenienzversuch

Zusammenfassung

Im Frühjahr 2000 wurde in der im Rahmen des IUFRO-Weisstannen-Provenienzversuches angelegten Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura der Befall durch *Dreyfusia nordmanniana* erfasst. Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede in der Befallshäufigkeit verschiedener Provenienzen. Die bulgarische Herkunft Ribarica war praktisch nicht befallen, und auch bei der rumänischen Herkunft Lapus zeigten weniger als 5% der Tannen Schadsymptome. Eine unterdurchschnittliche Befallshäufigkeit von 13-15% wiesen auch die Provenienzen Gariglione aus Kalabrien und Aude Moyenne aus den französischen Pyrenäen auf. Bei den mitteleuropäischen Provenienzen lag die Befallsrate mehrheitlich zwischen 40% und 50%, bei der lokalen Provenienz Bassecourt sogar bei 70%. Während die Herkunft Aude Moyenne möglicherweise durch ihre geringe Baumhöhe vor einem Befall geschützt und wegen ihrer geringeren Vitalität für die Triebblaus weniger attraktiv war, wird bei den Herkünften Ribarica, Lapus und Gariglione eine genetisch bedingte Resistenz bzw. geringe Befallsdisposition gegenüber *Dreyfusia nordmanniana* vermutet. Andere Faktoren können nicht ganz ausgeschlossen werden, dürften jedoch eine untergeordnete Rolle spielen.

1 Einleitung

In den Jahren 1998 und 1999 stieg der Befall von Weisstannen durch *Dreyfusia nordmanniana* in der ganzen Schweiz stark an (MEIER *et al.* 1999, 2000). Betroffen war auch die Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura, welche im Rahmen des IUFRO-Weisstannen-Provenienzversuches von 1982 angelegt worden war. Bereits im September 1996 hatten wir dort an einzelnen Tannen einen ersten Befall durch die Gefährliche Weisstannentrieblaus festgestellt. Dieser hat sich in den folgenden Jahren deutlich ausgebreitet. Bei einer Begehung im Frühjahr 1999 haben wir beobachtet, dass der Befall innerhalb der Fläche sehr unterschiedlich war und einzelne Provenienzen offenbar weniger Schadsymptome aufwiesen als andere. Diese Beobachtung veranlasste uns im April 2000, die Schadsymptome detailliert anzusprechen, um die Hypothese zu prüfen, dass verschiedene Weisstannenprovenienzen gegenüber *Dreyfusia nordmanniana* unterschiedlich anfällig sind.

2 Material und Methode

Die 1,8 ha grosse Versuchsfläche Bourrignon liegt an einem Südhang in einer Höhenlage von 830 m ü. M. Sie ist mit 11 Weisstannen-Provenienzen aus Deutschland, Frankreich, Italien, Rumänien, Bulgarien, der Slowakei und der Schweiz bepflanzt (Tab. 1).

Tab. 1: Weisstannen-Provenienzen in der Versuchsfläche Bourrignon.
Provenances of Abies alba in the experimental plot in Bourrignon.

Nr.	Herkunft	Land	Wuchsgebiet	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Höhe (m ü.M.)
2	Agiez	CH	Jurasüdfuss, Waadt	46°43'	6°29'	625
6	Tschlin	CH	Engadin, Graubünden	46°56'	10°29'	1.280
7	Leuk	CH	Zentralalpen, Wallis	46°19'	7°38'	1.250
10	Beggingen	CH	Randen, Schaffhausen	47°45'	8°33'	850
11	Bassecourt	CH	Jura (JU)	47°21'	7°14'	550
32	Siegsdorf	D	Oberbayern	47°49'	12°39'	760 - 900
43	Aude Moyenne	F	Pyrenäen	42°45'	2°27'	800-1.040
52	Gariglione	I	Kalabrien	39°15'	16°27'	1.600-1.760
53	Stara Voda	SK	Erzgebirge	48°46'	20°37'	750
59	Lapus	RO	Maramures, Nordkarpaten	47°43'	24°04'	650 - 950
60	Ribarica	BG	Stara planina	42°48'	24°31'	1.100

Der Versuch wurde als Blockversuch mit drei Wiederholungen angelegt. Die Pflanzung erfolgte im Herbst 1986. Die Provenienzen wurden innerhalb der drei Blöcke zufällig in Gruppen von 150-180 Pflanzen verteilt (Parzellengrösse ca. 500 m²). Die Herkünfte Lapus und Ribarica wurden nur in zwei Blöcken gepflanzt.

Bis zur Aufnahme im Frühjahr 2000 (Alter 18) fand keine Durchforstung statt. Hingegen nahmen die Pflanzenzahlen infolge natürlicher Mortalität und versehentlich bei der Pflege abgeschnittener Tannen seit der Nachpflanzung 1987 durchschnittlich um 18% ab. Die niedrigste Ausfallrate wiesen die Herkünfte Lapus und Ribarica mit knapp 9% auf, die höchste Tschlin und Aude Moyenne mit 32% bzw. 36%. Bei den Herkünften Agiez, Gariglione, Beggingen, Leuk, Bassecourt und Stara Voda waren 14%, bei der Herkunft Siegsdorf 25% Ausfälle zu verzeichnen (Abb. 1).

Die Tannen waren im Durchschnitt 1,69 m hoch, 10% waren grösser als 2,89 m. Die höchste Tanne hatte eine Höhe von 5,2 m. Die grösste Durchschnittshöhe wiesen die Provenienzen Lapus und Ribarica mit 2,16 m bzw. 2,13 m auf, überdurchschnittlich hoch waren auch die Tannen der Herkunft Gariglione mit einer Mittelhöhe von 1,94 m. Am geringwüchsigsten war Aude Moyenne mit einer Mittelhöhe von 1,08 m (Abb. 2).

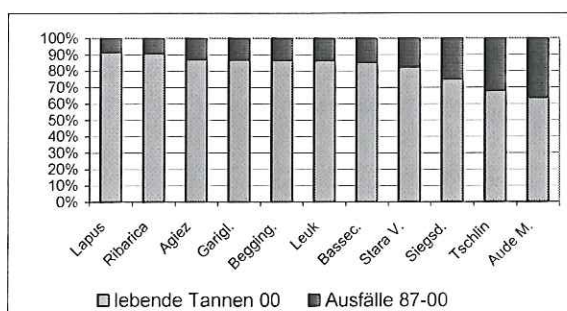


Abb. 1: Ausfallrate der Tannen 1987-2000.
Fig. 1: Mortality of silver fir from 1987–2000.

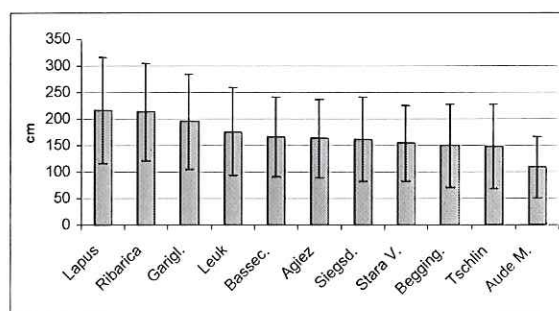


Abb. 2: Mittelhöhen der Provenienzen (Alter 18).
Fig. 2: Mean height of the provenances (age of 18).

Die durch *Dreyfusia nordmannianae* verursachten Schäden wurden an jeder Tanne einzeln beurteilt. Dabei wurden auf Empfehlung von BEAT FORSTER (WSL Birmensdorf) fünf Schadstufen unterschieden (Tab. 2).

Tab. 2: Anspracheschlüssel für Triebblausbefall (nach B. Forster, WSL)
Code for the assessment of damage by Dreyfusia nordmannianae (according to B. Forster, WSL)

Schadstufe	Symptome
0	keine Symptome
1	flaschenbürstenartig verkrümmte Nadeln an Jahrestrieben, z.T. reduziertes Wachstum
2	Gipfeltrieb tot oder absterbend, flaschenförmig angeschwollen oder verkrümmt
3	Gipfel dürr; zahlreiche tote Seitentriebe; z.T. Ersatztrieb Bildung und Kronenverbuchung
4	Baum tot (mit flaschenförmigen Verdickungen an Trieben oder Triebverkrümmungen)

3 Ergebnisse der Befallsansprache

Im April 2000 wiesen 36,2% aller Tannen sichtbare Veränderungen an Nadeln oder Trieben durch *Dreyfusia nordmannianae* auf, wobei rund die Hälfte davon nur schwache Befallssymptome (Schadstufe 1) zeigten. Nur vereinzelte Bäume waren infolge Triebblausbefall abgestorben.

Zwischen den Herkünften gab es deutliche Unterschiede. Die bulgarische Herkunft Ribarica war praktisch nicht befallen, und auch von der rumänischen Herkunft Lapus zeigten weniger als 5% der Tannen Schadsymptome. Eine unterdurchschnittliche Befallshäufigkeit von 13-15% wiesen auch die Provenienzen Gariglione aus Kalabrien und Aude Moyenne aus den französischen Pyrenäen auf. Bei den mitteleuropäischen Provenienzen lag die Befallsrate mehrheitlich zwischen 40% und 50%, bei der lokalen Provenienz Bassecourt sogar bei 70% (Abb. 3).

Am häufigsten und stärksten befallen waren Tannen mit einer Höhe von 1,5-2,5 m (fast die Hälfte der Pflanzen mit Schadsymptomen). Tannen kleiner als 1 m und grösser als 3,5 m zeigten deutlich seltener Befallssymptome (Abb. 4). Dieser Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Triebblausbefall war, mehr oder weniger ausgeprägt, bei den meisten Provenienzen festzustellen.

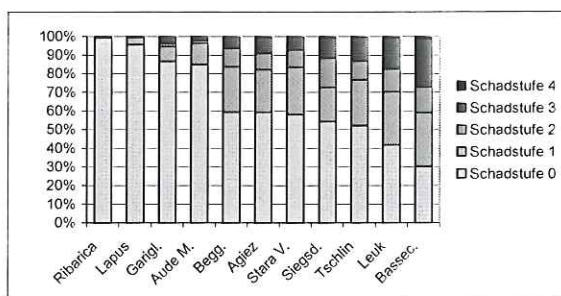


Abb. 3: Triebblausbefall nach Provenienzen (Anteil Tannen pro Schadstufe).

Fig. 3: *Dreyfusia* infestation of the different provenances (percentage of trees per damage class).

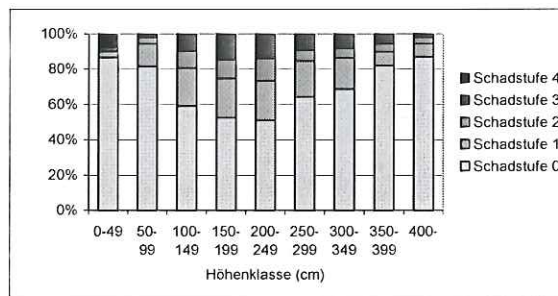


Abb.4: Triebblausbefall nach Höhenklassen (Anteil Tannen pro Schadstufe).

Fig. 4: *Dreyfusia* infestation of different height classes (percentage of trees per damage class).

Die drei Blöcke unterschieden sich nur gering bezüglich der mittleren Befallsrate. Diese reichte von 34% in Block 3 bis 39% in Block 1. Block 2 lag mit 36% dazwischen. Hingegen variierte die Befallshäufigkeit einiger Provenienzen von Parzelle zu Parzelle beträchtlich. So waren z.B. von der Herkunft Siegsdorf (32) in Block 1 nur 23% der Pflanzen befallen, während es in Block 2 und Block 3 mit 60% bzw. 51% zwei- bis dreimal so viele waren. Bei der Herkunft Tschlin (6) war es gerade umgekehrt: den stärksten Befall wies sie in Block 1 mit 65% auf, den kleinsten in Block 3 mit 29%. Auch die meisten anderen Herkünfte wiesen (unterschiedlich gerichtete) Unterschiede in der Befallshäufigkeit von Block zu Block auf.

Parzellen mit starkem Triebblausbefall waren sowohl am Rand als auch im Zentrum der Versuchsfläche zu finden, ebenso solche mit sehr geringem und solche mit schwachem Befall (Abb. 5).

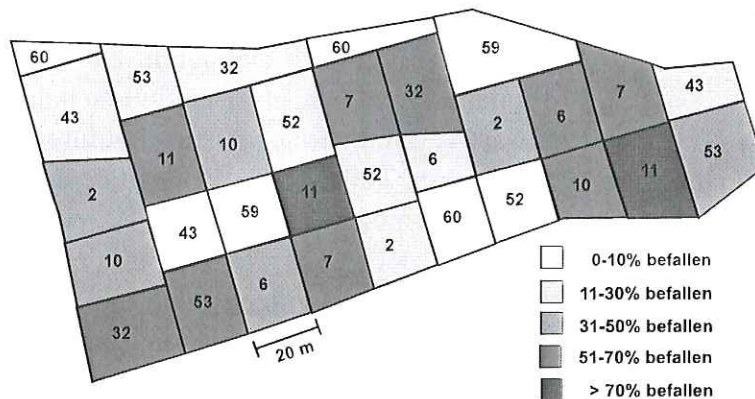


Abb. 5: Befallsgrad der einzelnen Parzellen (Zahl in der Parzelle = Provenienzznummer).

Fig. 5: Degree of infestation of the different plots (number within the plot = provenance number).

4 Diskussion

Die Gefährliche Weisstannentriebblaus befällt bevorzugt nicht überschirmte Jungtannen in warmen, trockenen, besonnten Lagen bis etwa 1.400 m ü.M. (STEFFAN 1972; KITZBERGER 1996; NIERHAUS-WUNDERWALD & FORSTER 1999). Sie fand in der südexponierten Versuchsfläche Bourrignon ideale Bedingungen für ihre Entwicklung und Ausbreitung. Überraschend ist der deutliche Unterschied in der Befallsstärke der verschiedenen Provenienzen, insbesondere die Tatsache, dass von den (süd-)osteuropäischen Herkunft Ribarica und Lopus praktisch keine (<1% bzw. 5%) und von den beiden Herkunft aus Kalabrien und den französischen Pyrenäen mit 13-15% viel weniger Pflanzen von der Triebblaus beschädigt sind als von den mitteleuropäischen Herkunft. Bei diesen liegt die Befallsrate mehrheitlich zwischen 40% und 50%, bei der lokalen Provenienz Bassecourt sogar bei 70%. Für diese Unterschiede gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten:

- **Lage der Provenienz innerhalb der Versuchsfläche:** Die Wahrscheinlichkeit des Neubefalls einer Tanne steigt mit ihrer Nähe zu einem Befallsherd und dessen Grösse. Die Verbreitung der Läuse erfolgt hauptsächlich passiv durch den Wind während der Fortpflanzungsperioden im Frühling und Sommer (KITZBERGER 1996; NIERHAUS-WUNDERWALD & FORSTER 1999). Nach KITZBERGER (1996) findet die intensivste Übertragung innerhalb 30 m von der Befallsquelle statt. Zudem nimmt die Befallsdisposition eines Baumes bei grösserer Lichtexponiertheit zu. Die Tatsache, dass die Befallsrate einzelner Herkunft von Parzelle zu Parzelle teilweise beträchtliche Unterschiede aufwies, könnte darauf hinweisen, dass der Infektionsdruck innerhalb der Versuchsfläche nicht überall gleich stark war oder Tannen am Rande der Fläche durch den angrenzenden Bestand geschützt waren. Allerdings lässt die Lage der stark bzw. wenig befallenen Parzellen keine Muster erkennen. Leider ist nicht bekannt, von wo der Triebblausbefall ausgegangen ist.

- **Unterschiede in Wachstum und Vitalität der Provenienzen:** Der Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Triebblausbefall entspricht den Beobachtungen anderer Autoren. So schreibt KITZBERGER (1996), dass die Befallsdichte im Gradationsgebiet mit zunehmender Baumhöhe bis etwa 3 m ansteigt. Bei etwa 4 m nimmt sie deutlich ab und ist bei höheren Bäumen praktisch Null. Offenbar kann sich die Weisstannen-Triebblaus bei grösseren Tannen nicht mehr erfolgreich etablieren. Die Gründe dafür sind allerdings unklar. Dass auch Tannen, die kleiner als 1 m sind, seltener befallen waren als solche mit 1,0-3,5 m Höhe, ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die hohe Begleitflora mit Himbeeren, Brombeeren, Tollkirsche, Weiden und anderen Arten die Verbreitung der Läuse durch den Wind behinderte und somit die kleineren Tannen vor einem Befall schützte. Daneben spielt jedoch auch die Vitalität der Tannen eine Rolle. Nach KITZBERGER (1996) sind kümmernde, schlechtwüchsige Bäumchen mit geringer Trieblänge und solche, die unter Wasserstress stehen, für die Triebblaus weniger attraktiv als vitale Individuen. Diese beiden Faktoren dürften ein wesentlicher Grund für den unterdurchschnittlichen Befall der Herkunft Aude Moyenne sein. Diese war dank ihrer Durchschnittshöhe von nur 1,1 m einem geringeren Infektionsrisiko ausgesetzt als die anderen Provenienzen. Die Herkunft Aude Moyenne hat sich auf der Versuchsfläche Bourrignon zudem von Anfang an als wenig vital erwiesen (COMMARMOT 1995), mit einer auch in der Periode 1993-99 noch hohen Mortalität. Der geringe Befall der Herkünfte Ribarica, Lapus und Gariglione kann jedoch kaum mit der Baumhöhe erklärt werden. Zwar wiesen diese drei Provenienzen bisher das beste Höhenwachstum auf. Bei einer Mittelhöhe von 1,95- 2,16 m erreichten jedoch nur 5-10% ihrer Bäume eine bei der Weisstannentriebblaus nicht mehr beliebte Baumhöhe von mehr als 3,5 m.
- **Unterschiedlicher Austriebszeitpunkt:** Die Larven der Weisstannentriebblaus überwintern grösstenteils im zweiten Entwicklungsstadium, festgesaugt an der Stamm- und Triebrinde. Nach der dritten Häutung entwickeln sie sich zu flügellosen Weibchen, die je nach Befallsstadium 100 bis über 500 Eier ablegen (NIERHAUS *et al.* 1999). Die Eiablage beginnt Ende März und kann sich bis in den Juni hineinziehen. Aus den Eiern gehen zwei unterschiedliche Junglarventypen hervor: einerseits die Rindensauger, die sich bis zum Herbst als Latenzlarven an der Stamm- und Triebrinde festsaugen, ohne sich zu häuten und fortzupflanzen, andererseits die Ende April/Anfang Mai als erste schlüpfenden Nadelsauger, die zu den jungen Maitrieben wandern und dort durch ihre Saugtätigkeit an der Unterseite der jungen Nadeln die typischen Schadbilder verursachen. Die Nadelsauger entwickeln sich weiter und bringen nach einigen Häutungen im Sommer eine zweite Larvengeneration hervor. Es ist denkbar, dass der Austriebszeitpunkt der Tanne die Entwicklung der Nadelsauger beeinflusst, die mit der zweiten Larvengeneration den Befall wesentlich verstärken können. Allerdings differierten die Austriebszeitpunkte der verschiedenen Tannen-Provenienzen auf der Versuchsfläche Bourrignon in den Jahren 1989-90 nur um wenige Tage, während zwischen dem Austrieb der ersten und letzten Pflanzen derselben Herkunft mehrere Wochen vergingen (COMMARMOT 1992). Auch war die Austriebsreihenfolge der Provenienzen nicht in jedem Jahr gleich. Der Einfluss des Austriebszeitpunktes dürfte deshalb gering und eher eine mögliche Erklärung für die unterschiedliche Befallsstärke der einzelnen Tannen derselben Provenienz sein.

- **Genetisch bedingte unterschiedliche Befallsdisposition:** Mehrere Autoren vermuten, dass einzelne Wirtspflanzen eine genetisch fixierte unterschiedliche Befallsdisposition bzw. Resistenz gegenüber der Tannentrieblaus aufweisen (STEFFAN 1972; EICHHORN 1968). So werden nicht nur verschiedene Tannenarten von der Weisstannentrieblaus gemieden, man findet auch immer wieder einzelne offensichtlich resistente Individuen inmitten einer Gruppe stark befallener Tannen. Eine Pilotuntersuchung von HUSSENDÖRFER (2000) zur Frage, ob die Widerstandsfähigkeit einzelner Tannen gegenüber Lausbefall von genetischen Faktoren abhängt, ergab deutliche Hinweise darauf, dass diesen eine grosse Bedeutung zukommt. So stellte er bei einem Tannenkollektiv ohne Trieblausbefall eine höhere genetische Variabilität in Form von Heterozygotie und genetischer Diversität fest als bei einem Kollektiv mit sehr starkem Befall.

Verschiedene Untersuchungen zur genetischen Variation der Weisstanne haben gezeigt, dass sich Populationen aus Ost- und Südosteuropa wie auch solche aus Kalabrien von mittel- und westeuropäischen Tannenpopulationen unterscheiden (BERGMANN *et al.* 1990; KONNERT 1995; KONNERT & BERGMANN 1995; LONGAUER 1995). Sowohl bei kalabrischen wie auch bei ost- und südosteuropäischen Populationen war genetische Vielfalt höher, während die genetische Diversität infolge einer ungleichmässigeren Verteilung der Allele (viele seltene Allele) meist geringer war. Das Vorhandensein einer Vielzahl auch seltener Allele wird im Hinblick auf eine langfristige Erhaltung der Anpassungsfähigkeit einer Population auf sich ändernde Umweltbedingungen als wichtig erachtet (BERGMANN *et al.* 1990; LARSEN 1994). Die genetischen Unterschiede zwischen Herkunftsgruppen aus (Süd-)Osteuropa, Kalabrien sowie West- und Mitteleuropa werden mit den eiszeitlichen Refugialgebieten der Weisstanne und ihrer nacheiszeitlichen Wanderungsgeschichte erklärt, im Falle der südosteuropäischen Herkünfte auch mit einer vermuteten Introgression zwischen *Abies alba* und *Abies cephalonica*. Dies ist insofern interessant, als *Abies cephalonica* nicht oder höchstens sehr selten (in Parkanlagen) von *Dreyfusia nordmanniana* befallen wird (STEFFAN 1972). Auf welchen morphologischen oder physiologischen Eigenschaften eine Resistenz gegenüber der Trieblaus beruht, ist unbekannt. Tannenprovenienzen aus Ost- und Südosteuropa wie auch solche aus Kalabrien lassen sich jedoch auch bezüglich biochemischer und morphologischer Eigenschaften von mitteleuropäischen Herkunftsgruppen trennen (AAS *et al.* 1994; WOLF 1992, 1994). Deutliche Unterschiede gibt es z.B. im Monoterpenmuster der Nadelharze (WOLF 1992). Monoterpene besitzen insektenabweisende und fungizide Eigenschaften und spielen eine wichtige Rolle im passiven und aktiven Abwehrsystem der Nadelbäume. Ob sie auch einen Einfluss auf den Trieblausbefall haben, wäre abzuklären. Wir vermuten, dass die beiden (süd-)osteuropäischen Herkünfte Ribarica und Lopus eine genetisch bedingte hohe Resistenz gegenüber *Dreyfusia nordmanniana* besitzen, bzw. Eigenschaften, welche sie für die Trieblaus unattraktiv machen. Dies dürfte (in geringerem Ausmass) auch für die kalabrische Provenienz Gariglione zutreffen. Herkünfte aus dem östlichen und südlichen Verbreitungsgebiet der Weisstanne zeigten auch in Provenienzversuchen in Dänemark im Vergleich zu mitteleuropäischen Provenienzen eine "grössere Resistenz" gegenüber der Weisstannentrieblaus (LØFTING 1954).

Interessant ist, dass die Gefährliche Weisstannentrieblaus noch 1966/67 nicht nur in den Rhodopen, sondern auch in den anderen Weisstannengebieten des Balkans (Jugoslawien, Bulgarien, Rumänien) fehlte, obwohl sie sich nach ihrer Einschleppung nach Mitteleuropa um 1840 und ihrem Übergang auf *Abies alba* in Mittel- und Westeuropa sehr rasch ausgebreitet hatte und mit Pflanzenmaterial auch nach Skandinavien, England und Nordamerika verschleppt worden war (EICHHORN 1969). Ob dies mit einer geringeren Disposition der (süd)-osteuropäischen Weisstannen-Provenienzen für den Trieblausbefall zusammenhängt oder ob die Ausbreitung nach Osten nur eine Frage der Zeit ist, wie EICHHORN vermutete, kann nicht beurteilt werden. Es erstaunt jedoch, dass die aus dem Kaukasus stammende Trieblaus so viel später nach Ost- und Südosteuropa einwandern sollte. Über die heutige Verbreitung von *Dreyfusia nordmanniana* in diesen Gebieten ist uns nichts Genaueres bekannt.

Es wird interessant sein zu beobachten, wie der Trieblausbefall auf der Versuchsfläche Bourrignon in den nächsten Jahren fortschreitet und ob und wie lange die Herkünfte Ribarica, Lopus, Gariglione oder auch Aude Moyenne einem zunehmenden Befallsdruck widerstehen können.

5 Folgerungen

Aufgrund unserer Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass es eine genetisch bedingte unterschiedliche Befallsdisposition von Weisstannen-Provenienzen für die Weisstannentrieblaus (*Dreyfusia nordmanniana*) gibt. Sollten sich unsere Ergebnisse auch in anderen Untersuchungen bestätigen, kann durch Wahl entsprechender Provenienzen das Risiko eines Trieblausbefalls in Tannenkulturen (insbesondere auch Christbaumkulturen) deutlich vermindert werden. Besonders empfehlenswert sind aufgrund unserer bisherigen Erfahrungen die Herkünfte Ribarica aus Bulgarien sowie Lopus aus Rumänien. Diese zeichnen sich gegenüber anderen Provenienzen nicht nur durch eine äusserst geringe Disposition für einen Trieblausbefall aus, sondern auch durch eine geringe Mortalität und gute Wuchsleistung. Wie weit dies auch für andere südost- und osteuropäische Provenienzen gilt, bleibt abzuklären. Weitere Untersuchungen (auch genetischer Art) sind erwünscht.

Als beste Prävention gegen einen Trieblausbefall empfehlen wir jedoch nach wie vor die natürliche Verjüngung der Tanne unter Schirm (wobei eine zu frühe Freistellung zu vermeiden ist) sowie ihr Aufwachsen in ungleichaltrigen Beständen.

6 Literaturverzeichnis

- AAS, G.; KIRCHER, F. & MAIER, J. (1994): Untersuchungen zur geographischen Variation morphologischer Merkmale von *Abies alba* MILL. In: H. Wolf (Hrsg.): Weisstannen-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* MILL. Landsberg am Lech, ecomed (contributiones biologiae arborum, Vol. 5), pp.11-29.
- BERGMANN, F.; LARSEN, J.B. & GREGORIUS, H.R. (1990): Genetische Variation in verschiedenen Arealen der Weisstanne *Abies alba* MILL. In: H.H. Hattmer (Hrsg.): Erhaltung forstlicher Genressourcen. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 98, pp.130-140.
- COMMARMOT, B. (1992): Internationaler Weisstannen-Herkunftsversuch in der Schweiz. In: B. Prpic & Z. Seletkovic (Hrsg.): 6. IUFRO-Tannensymposium, Zagreb 24.-27. September 1990. Forstliche Fakultät Universität Zagreb, pp.79-90.
- COMMARMOT, B. (1995): Internationaler Weisstannen-Herkunftsversuch. Entwicklung der Herkünfte bis zum Alter 12 auf der Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura. In: W. Eder (Hrsg.): 7. IUFRO-Tannensymposium vom 31.10.-4.11.1994 in Altensteig, Deutschland, pp.59-68.
- EICHHORN, O. (1968): Problems of the population dynamics of silver fir woolly aphids, Genus *Adelges* (= *Dreyfusia*, *Adelgidae*). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 61(2), pp.157-214.
- EICHHORN, O. (1969): Natürliche Verbreitungsareale und Einschleppungsgebiete der Weisstannen-Wolläuse (Gattung *Dreyfusia*) und die Möglichkeiten ihrer biologischen Bekämpfung. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 63(2), pp.113-131.
- HUSSENDÖRFER, E. (2000): Ergebnisse einer Pilotstudie zu genetischen Ursachen des Befalls durch die Tannen-Trieblaus (*Dreyfusia spec.*). Unveröffentlicht.
- KITZBERGER, P. (1996): Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmanniana* ECKST. 1890): Präventiver Waldschutz auf waldbaulich-ökologischer Grundlage zur Vermeidung von Schäden an der Tannenverjüngung. Wien, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, 102 Seiten.
- KONNERT, M. (1995): Ergebnisse isoenzymatischer Untersuchungen bei der Weisstanne als Entscheidungshilfe für forstliche Massnahmen. In: W. Eder (Hrsg.): 7. IUFRO-Tannensymposium vom 31.10.-4.11.1994 in Altensteig, Deutschland, pp. 30-43.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995): The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196, pp.19-30.
- LARSEN, J.B. (1994): Die Weisstanne (*Abies alba* Mill.) und ihre waldbaulichen Probleme im Lichte neuerer Erkenntnisse. In: H. Wolf (Hrsg.): Weisstannen-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* Mill. Landsberg am Lech, ecomed (contributiones biologiae arborum, Vol. 5), pp.1-10.
- LØFTING, E.C.L. (1954): Danmarks Ædelgranproblem. I. del: Proveniensenvalg. *Forstl. forsøgsvaes. Dan.*, 21, pp.337-381.

- LONGAUER, R. (1995):** Genetic differentiation and diversity of European silver fir in the Eastern part of its natural range. *In: W. Eder (Hrsg.): 7. IUFRO-Tannensymposium vom 31.10.-4.11.1994 in Altensteig, Deutschland.* pp.155-166.
- MEIER, F.; ENGESSER, R.; FORSTER, B. & ODERMATT, O. (1999):** Forstschutz-Überblick 1998. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: 24 Seiten.
- MEIER, F.; ENGESSER, R.; FORSTER, B. & ODERMATT, O. (2000):** Forstschutz-Überblick 1999. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: 24 Seiten.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D. & FORSTER B. (1999):** Zunehmendes Auftreten der Gefährlichen Weisstannentrieblaus. Biologie und Empfehlungen für Gegenmassnahmen. *Wald und Holz*, 10/99, pp.50-53.
- STEFFAN, A.W. (1972):** Unterordnung Aphidina, Blattläuse. *In: W. Schwenke: Die Forstschädlinge Europas.* Hamburg Berlin, Paul Parey. Bd. 1, p.162ff.
- WOLF, H. (1994):** Die Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz verschiedener Herkünfte der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). *In: H. Wolf, (Hrsg.): Weisstannen-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei Abies alba* Mill. Landsberg am Lech, ecomed (contributiones biologiae arborum, Vol. 5), pp.45-78.
- WOLF, H. (1992):** Untersuchungen zur genetischen Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät, der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, 116, 201 Seiten.

Anschrift der Autorin

Brigitte Commarmot
 Eidgenössische Forschungsanstalt WSL
 Zürcherstrasse 111
 CH-8903 Birmensdorf (Schweiz)

e-mail: commarmot@wsl.ch

Zur Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen (1992-2002)

DIRK-ROGER EISENHAEUER, SVEN IRRGANG & SABINE HERING

Keywords: Starting position, general ecological and silvicultural conditions, targets, recommendations for silvicultural realization, check-up on success

Abstract

Title of the paper: Reintroduction of silver fir in Saxony (1992-2002).

Towards the end of the last century silver fir (*Abies alba*) became nearly extinct at the northern boundary of its natural habitat in Saxony. However, approximately since 1990 intensive efforts have been made once again to reintroduce this tree species mainly in the Saxon lower mountain ranges in connection with the ecological reorientation of silviculture. The success of such endeavors requires the **continuity** of this silvicultural system as well as the regulation of the hoofed game population, by which restocking of all tree species will become **lastingly** possible without fencing.

Favorable conditions to reintroduce silver fir have arisen from forest management, which actually abandoned the clear felling system, but also from the profound decrease of SO₂ immission, which led to a revitalization of spruce stands. This development can be strengthened by compensation liming and melioration liming of planting plots in connection with underplanting. In this way natural regeneration of pioneer tree species will be favoured, too.

Taking into account the prognosis of regional climatic changes, silver fir planting should be concentrated on sites having at least an average water supply and being located in medium or higher altitudes. Places of water supply below average as well as such of lower altitudes (lowland and hilly country) do not qualify for the reintroduction of silver fir.

The check-up on success showed a relatively high proportion of losses and stressed the necessity to support the development of silver fir plantings by opening up the sheltering spruce stands to a sufficient degree. In addition, a separation of silver fir rejuvenation from that of beech and spruce is recommended, either by a small spatial pattern or by time.

Schlagwörter: Ausgangssituation, ökologische und waldbauliche Rahmenbedingungen, Ziele, Empfehlungen zur waldbaulichen Umsetzung, Erfolgskontrolle

Zusammenfassung

Nachdem die Weißtanne an der Nordgrenze ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Sachsen am Ende des vergangenen Jahrhunderts vom Aussterben bedroht war, setzten seit etwa 1990 mit dem ökologisch orientierten Waldbau erneut intensive Bemühungen zur Wiedereinbringung dieser Baumart, vor allem im Bereich der sächsischen Mittelgebirge, ein. Der Erfolg dieser Bemühungen wird im wesentlichen von der *Kontinuität* dieses Waldbausystems und einer Regulation der Schalenwildbestände abhängen, die *dauerhaft* eine Waldverjüngung aller Baumarten ohne Zaunschutz ermöglicht.

Neben der Abkehr der Waldbewirtschaftung vom schlagweisen Hochwald sind durch den radikalen Rückgang der SO₂-Immissionen und die damit verbundene Revitalisierung der Fichtenbestände günstige Voraussetzungen für die Wiedereinbringung der Weißtanne entstanden. Kompensationskalkungen und meliorative Pflanzplatzkalkungen im Rahmen von Voranbauten verstärken diese Entwicklung und fördern zudem die natürliche Verjüngung von Pionierbaumarten.

Prognostizierte regionale Klimaveränderungen sollten zu einer Konzentration des Weißtannenbaus auf mindestens durchschnittlich wasserversorgte Standorte der mittleren und höheren Berglagen führen.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.189-200.

Standorte mit unterdurchschnittlicher Wasserversorgung sowie der Tief- und Hügellandbereich sollten von der Wiedereinbringung der Weißtanne weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Erfolgskontrolle zeigte neben relativ hohen Ausfallraten die Notwendigkeit, die Entwicklung der Weißtannenbauten durch hinreichende Auflichtungen des Fichtenbestandes über den Verjüngungselementen zu fördern. Gleichzeitig wird eine kleinflächige und/oder zeitliche Trennung zur Verjüngung von Buche und Fichte empfohlen.

1 Ausgangssituation

1.1 Anteil der Weißtanne an der Baumartenzusammensetzung

Die Weißtanne gehört zu den Hauptbaumarten in den natürlichen Waldgesellschaften der sächsischen Mittelgebirge. Hier war sie noch im 17. Jahrhundert mit einem Flächenanteil von einem Drittel an der Baumartenzusammensetzung beteiligt. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts verringerte sich dieser auf 0,03%. Am Ende des 20. Jahrhunderts wurden in Sachsen nur noch ca. 2.000 adulte Weißtannen nachgewiesen (LEONHARD 1993; LLAMAS GOMEZ 1995), überwiegend in genetisch isolierten Einzelvorkommen. Die Baumart ist damit *in Sachsen* vom Aussterben bedroht.

Die Geschichte des Rückgangs der Weißtanne in den sächsischen Wäldern während der vergangenen 400 Jahre wird durch zahlreiche Veröffentlichungen belegt (u.a. KIENITZ 1936; REINHOLD 1942; MEYER 1955, 1956; HEMPEL 1979). Diese Entwicklung ist eng mit der zunehmenden anthropogenen Intervention in die Waldökosysteme verbunden. Die zunächst unregelmäßige Deckung des immensen Holzbedarfs im 17. Jahrhundert verbunden mit vielfältigen Nebennutzungen, folgte die Anpassung des Waldzustandes an Anforderungen, die sich mit der industriellen Revolution herausbildeten. Letzteren entsprach ein hoher Bedarf an Massensortimenten von Fichte und Kiefer. In Verbindung mit der Einführung landwirtschaftlich geprägter Ordnungsprinzipien folgten Veränderungen der Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur – im Mittelgebirge entstanden großflächige und gleichaltrige Fichtenforsten (THOMASIU 1995). In der Fortsetzung dieses Prozesses bedingten extreme Immissionsbelastungen, besonders in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts, tiefgreifende, zum Teil irreversible Veränderungen der Geotope. Dem folgte der Zusammenbruch der am stärksten disponierten Fichtenforstökosysteme.

Überhöhte Reh- und vor allem Rotwildbestände als Folge einer „Hege“, die eher als „stationäre Wildzucht“ im Walde zu bezeichnen ist, verhinderten die erfolgreiche natürliche und später die künstliche Verjüngung der Weißtanne wie auch der anderen Baumarten des Bergmischwaldes. Darüber hinaus war durch den extremen Verbissdruck das Aufkommen von Pionierbaumarten nach Störungen in der Bestandesstruktur weitestgehend ausgeschlossen (EISENHAUER *et al.* 2001). Der Waldzustand und die ökologischen Ansprüche der Weißtanne divergierten folglich bis zum Beginn der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts.

1.2 Die natürliche Verbreitung der Weißtanne in Sachsen

Der potenzielle Verbreitungsschwerpunkt der Weißtanne liegt in den verschiedenen Ausprägungen des *Hainsimsen-(Tannen-Fichten)-Buchenwaldes* der mittleren Berglagen mit feuchtem bis mäßig feuchtem Klima. Die Dominanz der Weißtanne würde hier einer hochsteten Mischbaumart entsprechen. In den Hoch- und Kammlagen der sächsischen Mittelgebirge bedingen *kürzere Vegetationsperioden* und *zunehmender Wärmemangel* einen abnehmenden Anteil der Weißtanne an der Baumartenzusammensetzung. Diese Tendenz wurde durch die zunehmende kontinentale Prägung des Mittelgebirgsklimas als Folge der Kahlschlagswirtschaft und der immissionsbedingten flächigen Auflösung der Fichtenbestände noch verstärkt.

In den *unteren Berglagen* und im *Tiefland* wird die Verbreitung der Weißtanne vor allem durch *Spätfröste* und die *mangelnde Wasserversorgung* begrenzt. Mit geringer Dominanz kommt sie als Begleitbaumart im Waldmeister- und Hainsimsen-Eichen-Buchenwald vor. Im nordostsächsischen Tiefland sind vereinzelte nördliche Arealvorposten der Weißtanne (Tieflandsrelikte) in Fichten-Stieleichenwäldern auf mineralischen Nassstandorten anzutreffen (Tab. 1).

1.3 Ergebnisse der regionalisierten Klimaprognose und mögliche Auswirkungen auf die Verbreitung und Wiedereinbringung der Weißtanne

Durch das Landesamt für Umwelt und Geologie wurde eine *regionalisierte* Prognose der Klimaänderungen in Sachsen initiiert (ENKE & KÜCHLER 2001). Diese Studie basiert auf dem ECHAM 4 Modell und geht als Hauptszenario von einer *50-jährigen Laufzeit* und einer *Verdoppelung des CO₂-Gehalts* der Atmosphäre aus.

Die Ergebnisse sind *regional* und in *Abhängigkeit von der Jahreszeit* anwendbare Szenarien für die Entwicklung von Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen. Damit ist eine entscheidende Voraussetzung gegeben, um die Auswirkungen einer wahrscheinlichen Klimaänderung auf Waldökosysteme zu prognostizieren. Letzteres erfolgte durch die Sächsische Landesanstalt für Forsten unter Berücksichtigung der Dynamik des Ressourcenbedarfs von unterschiedlich strukturierten Wald-Phytozönosen in repräsentativen Geotopen (IRRGANG 1999, 2000, 2001).

Die Ergebnisse der regionalen Klimaprognose werden grundlegend durch einen *Anstieg der Minimum- und Maximum-Temperaturen* charakterisiert. Die Temperaturzuwächse sind im Winter stärker ausgeprägt als im Sommer und erreichen mit 3-4 °C die höchsten Werte im Frühjahr. Gleichzeitig wird eine *Verminderung und veränderte jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge* als wahrscheinlich angenommen. Während die Niederschlagsmengen im Winter unverändert bleiben, ist mit den bedeutendsten Rückgängen im *Frühjahr (-9 bis -14 mm / Monat)* und *Sommer (-12 bis -13 mm / Monat)* zu rechnen. Gleichzeitig wird eine *Zunahme von extremen Witterungsereignissen* prognostiziert (ENKE & KÜCHLER 2001).

Unter der Annahme eines *moderaten Temperaturanstiegs von 2 °C*, welche dem *unteren* Niveau der regionalisierten Klimaprognose entspricht, würde eine Verschiebung des

Tannen-Fichten-Buchenwaldes und damit auch des Verbreitungsschwerpunktes der Weißtanne in die Hoch- und Kammlagen der sächsischen Mittelgebirge erfolgen (IRRGANG 2002).

In den *unteren und mittleren* Berglagen würden standörtlich differenzierte Ausprägungen eines hochkollinen Eichen-Buchen-(Kiefern)-Waldes dominieren. Die Weißtanne käme noch auf den besser wasserversorgten und/oder klimatisch begünstigten Mikrostandorten vor. In diesen Waldgesellschaften könnten standörtlich bedingter physiologischer Stress, eine erhöhte Disposition gegenüber Phytophagen wie *Choristoneura murinana* (HB.), *Dreyfusia nordmanninae* (ECKST.), *Pityokteines spinidens* (REITT.) und *Pityokteines curvidens* (GER.) die biozönotische Valenz der Weißtanne bis zu deren vollständigen Ausscheiden verringern. Gegenwärtig sind die genannten Phytophagen vor allem in den stärker kontinental geprägten Querceto-Fageten von Bedeutung.

Das geringe Adaptationsvermögen mittel- und nordosteuropäischer Weißtannenpopulationen an Umweltveränderungen, welches anhand genetischer Analysen nachgewiesen werden konnte (LARSEN 1994), muss in diesem Zusammenhang besondere Berücksichtigung finden.

In den sächsischen Mittelgebirgen erfordern daher selbst die Auswirkungen moderater Klimaveränderungen auf die Waldökosysteme eine *Modifikation* des Umbaus der vorherrschenden Fichtenforsten. Ziel ist die Verbesserung der *Elastizität* künftiger Waldökosysteme gegenüber *möglichen* Klimaveränderungen wie auch die Einschränkung von *aktueller* Investitionsrisiken. In diesem Zusammenhang *ist die Wiedereinbringung der Weißtanne in den mittleren und höheren feuchten Berglagen zu konzentrieren* und andererseits in den unteren Berglagen und im Tiefland deutlich einzuschränken. In den aktuellen waldbaulichen Empfehlungen wird diese standörtliche-klimatische Differenzierung bereits weitgehend berücksichtigt (EISENHAUER 2000; EISENHAUER & HERING 2000).

Für die Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen wären *kontinental* geprägte Ökotypen mit möglichst ausgeprägter Trockenresistenz von besonderem Interesse. Vor dem Hintergrund prognostizierter Klimaveränderungen wäre für die Wiedereinbringung der Weißtanne in die Waldökosysteme der sächsischen Mittelgebirge eine *ökophysiologisch* untersetzte Provenienzforschung von besonderem Interesse.

1.4 Entwicklung der Immissionsbelastung

Eine erfolgreiche Wiedereinbringung der Weißtanne mit dem Waldumbau von Fichten-Forstökosystemen in den sächsischen Mittelgebirgen ist an stabile Bestandesstrukturen gebunden, die ein ausgewogenes Bestandesklima gewährleisten *und* es ermöglichen, die Konkurrenz der Fichtenverjüngung *weitgehend* durch die Konkurrenz des Oberbestandes zu regulieren.

Im Vergleich zu den Alttannen ist der negative Einfluss von SO₂-Immissionen auf den Assimilationsapparat und das Wachstum juveniler Tannen eher gering und wird bei weitem durch den Einfluss von Frostereignissen auf der Freifläche, nach der Auflösung des Fichten-Oberbestandes übertroffen (BALCAR 1991).

Tab. 1: Verbreitung der Weißtanne in Sachsen – Geotope und natürliche Waldgesellschaften mit Beteiligung der Weißtanne (ohne Tiefland und mäßig trockene untere Berglagen).
Natural range of silver fir in Saxony – geotopes and natural forest communities with silver fir (lowland and moderately dry hilly regions not included).

Klimastufe	Höhe [m ü. NN]	Klimamerkmale					Boden		Natürliche Waldgesellschaft	Dominanz der Weißtanne	
		Durchschnittliche Niederschläge [mm]		Durchschnittliche Temperatur [°C]			Trophie	Wasserversorgung			
		Jahr	V-IX	Jahr	V-IX	Jahresamplitude					
Uk	350–500	650–700	350–400	6.5–7.8	14–15	18–19	mäßig bis kräftig	unterdurchschnittlich bis überdurchschnittlich	<i>Waldmeister-Buchenwald</i>	<i>Mischbaumart</i>	
							kräftig	überdurchschnittlich			
							kräftig	durchschnittlich bis überdurchschnittlich			
Uf / Uff	300–500	700–900	400–450	6.5–8.2	15	18.0–18.5	mäßig / ziemlich arm	unterdurchschnittlich bis überdurchschnittlich	<i>Hainsimsen-Eichen-Buchenwald</i> <i>(Tannen-) Höhenkieferwald</i>	<i>Begleitbaumart</i>	
							arm				
Mm	450–700	650–800	350–450	6.0–7.0	13	18–19	kräftig	unterdurchschnittlich bis überdurchschnittlich	<i>Waldmeister-Buchenwald</i>	<i>Mischbaumart</i>	
							mäßig	mineralische Nassstandorte	<i>Wollreitgras-Fichtenwald</i>		
								überdurchschnittlich bis durchschnittlich	<i>Hainsimsen-(Tannen-) Fichten-Buchenwald</i>		
								unterdurchschnittlich	<i>Tannen-Höhenkieferwald</i>		
ziemlich arm / arm	durchschnittlich unterdurchschnittlich	<i>Beerstrauch-Fichtenwald</i> <i>Tannen-Höhenkieferwald</i>	<i>Begleitbaumart</i>								
Mf	450–700	800–1.000	400–500	5.2–7.0	12–13	17.5–18.5	reich / kräftig	unterdurchschnittlich bis überdurchschnittlich	<i>Waldmeister-(Tannen-) Buchenwald</i>	<i>Mischbaumart</i>	
							mäßig		<i>Hainsimsen-Tannen-(Fichten-) Buchenwald</i>		
							ziemlich arm			<i>Tannen-Höhenkieferwald</i>	<i>Begleitbaumart</i>
							arm			<i>Wollreitgras-Fichten- bis Wollreitgras-Fichten-Buchenwald</i>	
Hf	650–850	850–1.100	400–500	4.5–5.8	11	17–18	mäßig		<i>Wollreitgras-Fichten- bis Wollreitgras-Fichten-Buchenwald</i>	<i>Begleitbaumart</i>	

Mit der radikalen Reduzierung der SO₂-Immissionen seit Beginn der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts (Abb. 1, Quelle: LfUG 2002) und der gleichzeitigen Durchführung von *Kompensationskalkungen* konnte eine deutliche *Revitalisierung* der Fichtenbestände eingeleitet werden. In diesem Zusammenhang belegen Vergleiche zwischen gekalkten und ungekalkten Fichtenbeständen die positive Wirkung der Kalkung (LEUBE 2002).

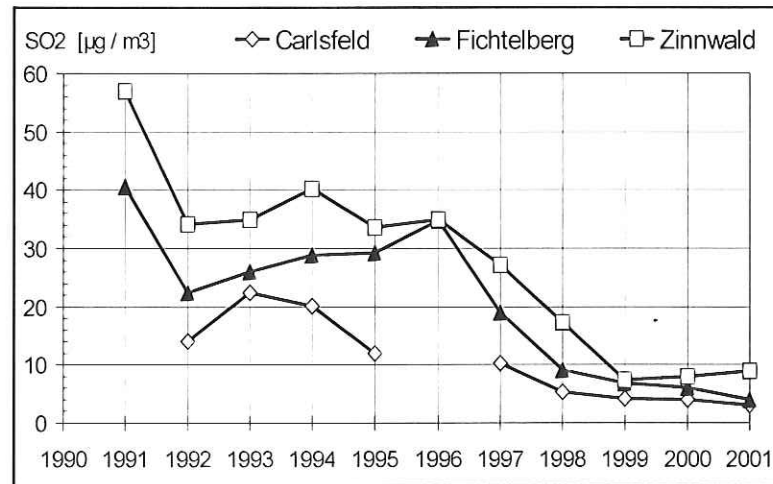


Abb. 1: Entwicklung der Jahresmittel der SO₂-Konzentration der Luft in den Kammlagen des Erzgebirges.
Fig. 1: *Development of the annual average of the SO₂ concentration in the air of the ridge region of the Erzgebirge (Ore Mountains).*

Dieser Prozess ist eine entscheidende Voraussetzung für die langfristige *Überführung* der Fichtenforsten in ökologisch stabile Waldökosysteme, die aufgrund ihrer Baumartenzusammensetzung und Struktur den synökologischen Ansprüchen der Weißtanne gerecht werden.

1.5 Ziele und Wege des aktuellen Waldumbaus

Mit der Abkehr vom schlagweisen Hochwald als Waldbausystem zur Bewirtschaftung der Fichtenforsten und der Hinwendung zum ökologisch orientierten, naturnahen Waldbau setzte seit etwa 1990 eine Entwicklung ein, dass die Weißtanne, nachdem sie in den sächsischen Wäldern nahezu ausgestorben war, wieder zu einer waldbaulich und wirtschaftlich bedeutenden Baumart werden könnte. Der Erfolg aktueller Bemühungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne wird auch von der *Kontinuität* dieses Waldbausystems in seiner konzeptionellen Ausrichtung und *praktischen Umsetzung* entschieden.

Ziel des Waldumbaus auf der Einzelfläche sind die *Erneuerung* bzw. der Erhalt stabiler Waldökosysteme und die Dauerhaftigkeit von Wirkungen, die von diesen ausgehen. Die *Verminderung von Betriebsrisiken*, die *Einschränkung des Energie-Inputs* und damit des *waldbaulichen Aufwandes* stehen hierzu im engen Zusammenhang. Bei gleichzeitiger Ausnutzung aller Möglichkeiten für eine biologische Rationalisierung sind jedoch zunächst erhebliche waldbauliche Investitionen notwendig, um diese Ziele zu erreichen. Die Weißtanne ist neben der Rotbuche die bedeutendste Baumart für den Waldumbau in den

sächsischen Mittelgebirgen. Ihr Anteil an der Baumartenzusammensetzung soll hier *langfristig* auf ca. 10% erhöht werden.

Die *Wege* des Waldumbaus im Mittelgebirge bewirken dabei eine Annäherung des Zustandes der vorhandenen Ökosysteme an die ökologischen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wiedereinbringung der Weißtanne. Hierbei ist zunächst die *Stabilisierung der Fichtenforsten* durch Kronenpflege an allen regenerationsfähigen Bäumen zur Einschränkung des Risikos struktureller Einbrüche und mit diesen einhergehenden abrupten Änderungen des Bestandesklimas von grundsätzlicher Bedeutung.

Die Effizienz von Kompensationskalkungen und meliorativen Pflanzplatzkalkungen wird vor allem durch das Ankommen und Aufwachsen von *Pionierbaumarten* wie Eberesche, Birke, Aspe und Salweide bestimmt, die erheblich zur *Stabilisierung der Stoffkreisläufe* und somit zur *biologischen Bodenmelioration* beitragen (BARTELD *et al.* 1999). Darüber hinaus entstehen hierdurch erste Ansätze einer vertikalen Strukturierung der Fichtenforsten. Dieser Prozess wie auch ein erfolgreicher Voranbau der Weißtanne ist von einer Regulation der Reh- und Rotwildbestände abhängig, die sich an der Elastizität und Stabilität von Waldökosystemen orientiert.

Vergangene Versuche zur Wiedereinbringung der Weißtanne scheiterten neben waldbaulichen Fehlern vor allem an überhöhten Reh- und Rotwildbeständen, oder präziser an neofeudalen jagdlichen Egoismen an denen auch Teile der staatlichen Forstverwaltungen partizipierten. Auch heute ist absehbar, dass die dauerhafte Wiedereinbringung der Weißtanne nur durch einen Waldbau ohne Zaun möglich ist. Verbiss- und Schälenschutz bewirken lediglich einen befristeten Zeitgewinn für die jagdliche Lösung waldbaulicher Probleme. Die Tatsache, dass einige Forstämter bereits heute die Weißtanne bei tolerierbarem Risiko ohne Zaunschutz anbauen, zeigt, dass dieser Weg durchaus realistisch ist.

Kleinflächige und langfristige Erntenutzungs- und Verjüngungsverfahren unter Schirm schaffen mit der räumlichen und zeitlichen Entkopplung des Voranbaus und/oder der Naturverjüngung von Baumarten des Bergmischwaldes günstige Voraussetzungen für die Wiedereinbringung der Weißtanne. Dem entspricht auch ein langfristiger, zeitlich gestaffelter Nutzungsprozess, der sich an *individuellen* Zielstärken orientiert.

Mit der waldbaulichen Entwicklung in Sachsen ist seit Beginn der neunziger Jahre unmittelbar eine erneute Chance für die Weißtanne verbunden.

2 Ergebnisse vergangener und aktueller waldbaulicher Aktivitäten zur Wiedereinbringung der Weißtanne

Die Altersstruktur der Weißtannenvorkommen im Landes- und Kommunalwald Sachsens zeigt die geringen Erfolge von waldbaulichen Aktivitäten zur Wiedereinbringung der Weißtanne, die auf eine kurze Dauerwaldära, die beginnende standortsgemäße Waldwirtschaft in den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts und die Vorratspflegeära der fünfziger und sechziger Jahre zurückzuführen sind.

Nachdem mit Beginn der siebziger Jahre die Weißtanne unter dem Einfluss der Einführung sogenannter industriemäßiger Produktionsmethoden und zunehmender Umweltbelastungen von der Forstwirtschaft weitgehend aufgegeben wurde, sind mit dem ökologisch orientierten Waldbau seit Beginn der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts wiederum intensive waldbauliche Bemühungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen verbunden (Abb. 2).

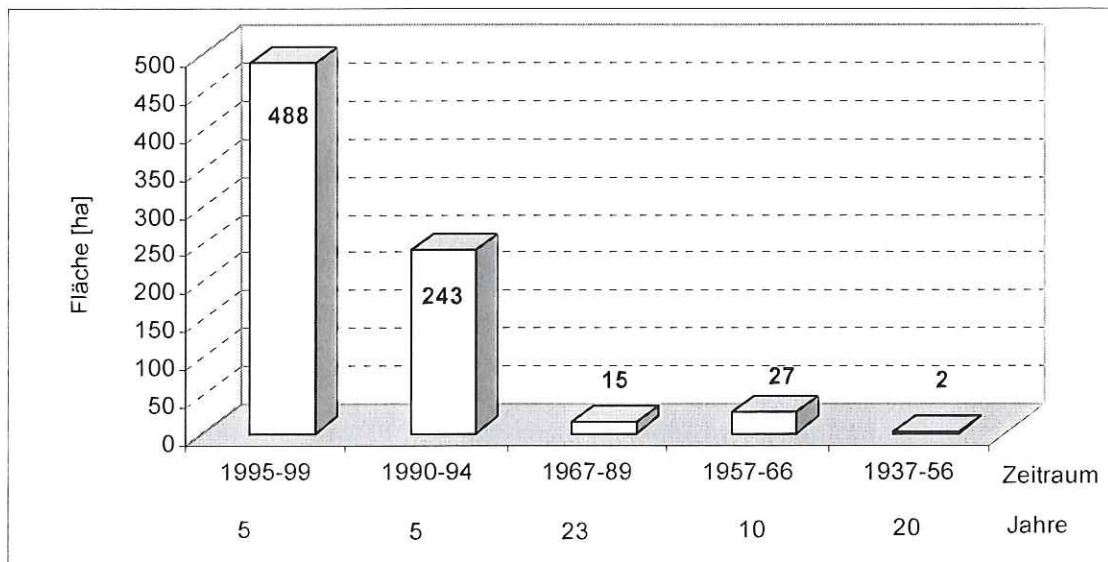


Abb. 2: Altersstruktur der Weißtannenvorkommen im Landes- und Kommunalwald Sachsens (Stand 01.01.2000).

Fig. 2: Age distribution of silver fir stands in state and communal forests of Saxony (date: 01-01-2000).

Nach einer stetigen Zunahme der Anbaufläche bis etwa 1998 ist inzwischen bereits ein Rückgang des Weißtannenbaus zu verzeichnen. Diese Entwicklung hat verschiedene Gründe. Zunächst ist der Anteil von Fichtenbeständen, in denen *ohne* Produktionsverluste mit dem Waldumbau begonnen werden könnte, begrenzt. Zum anderen wird deutlich, dass ein Waldumbau und damit auch die Wiedereinbringung der Weißtanne im Zaun nur noch im begrenzten Umfang finanzierbar ist – was vor allem die Möglichkeiten des sogenannten passiven Voranbaus im Bereich dauerhafter punktueller Störungen in Fichtenbeständen (Wurf- und Käferlöcher) einschränkt. Bereits heute zeichnet sich wiederholt ab, dass die Kontinuität eines Waldbaus mit der Weißtanne neben der Kontinuität des Waldbausystems letztendlich durch eine Regulation der Schalenwildbestände entschieden wird, welche *dauerhaft* die Verjüngung *aller* Baumarten ohne Zaun ermöglicht.

Die Intensität der Wiedereinbringung der Weißtanne in den einzelnen Wuchsgebieten zeigt neben dem Schwerpunkt in den sächsischen Mittelgebirgen die Einbeziehung des gesamten Hügelland- und Tieflandareals, wenn auch mit deutlich geringeren Flächenanteilen (Abb. 3). Auf den Anbau in diesem Grenzbereich der ökologischen Valenz der Weißtanne sollte gerade am Nordrand der natürlichen Verbreitung in Sachsen künftig verzichtet werden.

In den Jahren 1996 und 2001 erfolgte durch die Sächsische Landesanstalt für Forsten anhand einer repräsentativen Stichprobe auf der Grundlage von 190 Einzelflächen eine Erfolgskontrolle an den seit 1990 durchgeführten Weißtannenbauten. Hierbei wurde ein *durchschnittlicher* Pflanzenausfall von 33% ermittelt. Nach diesen anfänglichen Verlusten wurden 94% der verbleibenden Pflanzen auf der Grundlage eines entsprechenden Boniturschemas (HERING & EISENHAEUER 2001) als vital eingestuft. Ein Einfluss von Standortmerkmalen wie Klimastufe, Feuchte- und Nährkraftstufe auf Pflanzenausfälle, Vitalität und Höhenwachstum konnte in diesem Zusammenhang nicht nachgewiesen werden.

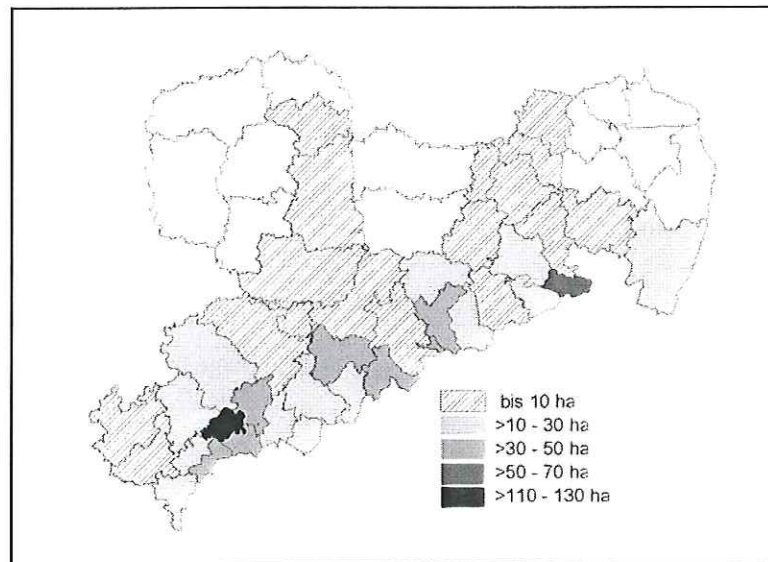


Abb. 3: Aktuelle Intensität der Wiedereinbringung der Weißtanne in den sächsischen Forstämtern, Wuchsgebieten und Wuchsbezirken.

Fig. 3: Actual extent of reintroduction of silver fir in Saxon forest districts, growth zones, and growth districts.

Ausfallraten, Wachstum und Vitalität der Tannen wurden vor allem durch die vertikale und horizontale Bestandesstruktur und nicht zugelassene Pflanzenherkünfte beeinflusst. In Anbauten auf der Freifläche in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges betragen die *mittleren* Ausfälle 69%. In den unteren Berglagen wurden in dieser Situation Ausfälle von 42% ermittelt.

In Abhängigkeit von der Höhenlage wurden die geringsten Ausfälle und die höchste Vitalität der Weißtanne bei Kronenschlussgraden zwischen 0,4 und 0,6 über Verjüngungselementen von 5–10 a ermittelt. Dieser Auflichtungsgrad entspricht etwa den Empfehlungen für den Voranbau der Rotbuche (Abb. 4), die auf den Ergebnissen ökophysiologischer Untersuchungen basieren (IRRGANG *et al.* 1999). In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass eine kleinflächige Trennung des Voranbaus von Weißtanne und Rotbuche empfohlen wird.

Auch die Erfolgskontrolle bestätigte Reh- und Rotwild als häufigste Ursache für die Gefährdung der Weißtannenbauten (54 Flächen). Darüber hinaus traten Vitalitätsverluste durch Insekten wie *Mindarus abietinus* und *Oligoninchus ununguis* auf (28 Flächen).

Zudem verursachten waldbauliche Fehler wie Wärmemangel durch zu dichten Oberbestand oder eine erhebliche Konkurrenz durch die Verjüngung von Fichte und Buche nach zu starker Auflichtung und/oder der Einbringung der Tanne in vorhandene Buchen- bzw. Fichtenverjüngung eine geringe Vitalität der Weißtanne. Schäden durch Pilze oder die Konkurrenz der Bodenvegetation waren eher von untergeordneter Bedeutung.

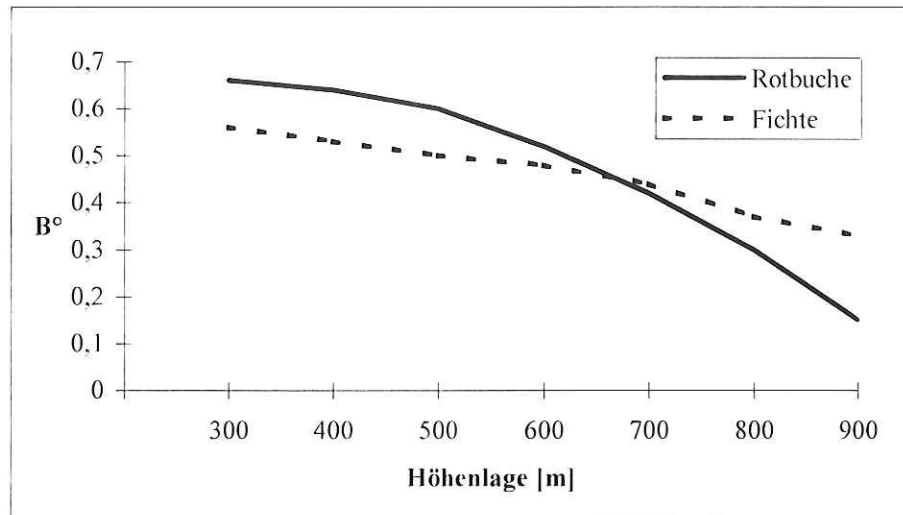


Abb. 4: Auflichtung über Verjüngungselementen von Rotbuche (Weißtanne) und Fichte in Fichtenbeständen in Abhängigkeit von der Höhenlage.

Fig 4: *Opening-up of spruce stands above rejuvenating beech (silver fir) and spruce as related to altitude.*

Mit der Erfolgskontrolle wurde ein repräsentatives praxisbegleitendes Versuchsfächensystem aufgebaut (EISENHAUER 2000). Ziel ist die Optimierung der Auswahl geeigneter Biotope und waldbaulicher Verfahren für die Wiedereinbringung der Weißtanne unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Gleichzeitig sollen in Verbindung mit periodischen Erfolgskontrollen *nachvollziehbare und quantifizierbare waldbauliche Erfahrungen für die Praxis* geschaffen werden.

3 Literaturverzeichnis

- BALCAR, V. (1991):** Vyvoi pokusnych vysadeb jedle belokore pod vlivem imisi. (Die Entwicklung von Versuchsanbauten der Weißtanne unter Immissionseinfluss).
- BARTELT, D.; NEBE, W. & LEUBE, F. (1999):** Biogeochemisches Potenzial ausgewählter Baumarten auf meliorierten, immissionsbeeinflussten Standorten des Erzgebirges. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten Graupa, Heft 18/1999, 40 Seiten.
- EISENHAUER, D.-R. (2000):** Empfehlungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten Graupa, Heft 22/2000, 50 Seiten.

- EISENHAUER, D.-R. & HERING, S. (2000):** Empfehlungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Forsten (Hrsg.), Druckhaus Dresden, 20 Seiten.
- EISENHAUER, D.-R.; BÄUCKER, B. & HELBIG, M. (2001):** The importance of stand succession for elasticity and conversion of damaged spruce forests and birch pioneer woods. *Journal of Forest Science*, 47, pp.117-127.
- ENKE, W. & KÜCHLER, W. (2001):** Klimaprognose für Sachsen – Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mittels des statistischen Verfahrens der Wetterlagen-Klassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen. Dresden (Unveröffentlichter Bericht).
- HEMPEL, W. (1979):** Die Verbreitung der wildwachsenden Gehölze in Sachsen. *Gleditschia*, 7, pp.43-72.
- HERING, S. & EISENHAUER, D.-R. (2001):** Wachstum und Vitalität der Weißtanne in Mittelgebirgslagen Sachsens. *AFZ/Der Wald*, 56.Jg., pp.1161-1164.
- IRRGANG, S. (1999):** Kiefern-Waldumbauversuche der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) – Konzeption und bisherige Ergebnisse. *Forst und Holz*, 54, pp.323-330.
- IRRGANG, S. (2000):** Modellierung der Wasserhaushaltssituation in Kiefernforst-Wald-ökosystemen. Wasserhaushaltsdynamiken für den Waldumbau – simuliert mit WAHMWU, dem Wasserhaushaltsmodell für den Waldumbau. Vortrag zum Kolloquium am 21.11.2000 an der LAF Graupa.
- IRRGANG, S. (2001):** Wasserhaushaltsmodellierung für den Kiefern-Waldumbau. Vortrag zum BMBF-Fachkolloquium Themenschwerpunkt Wasserhaushalt – „Ökologie des Waldumbaus, Dynamik in Strukturen und Prozessen“. Kolloquium an der BFH in Eberswalde am 13./14.03.2001.
- IRRGANG, S.; HERING, S. & EISENHAUER, D.-R. (1999):** Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten Graupa, Heft 19/1999, 67 Seiten.
- IRRGANG, S. (2002):** Klimaänderung und Waldentwicklung in Sachsen – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft. *Forstarchiv*, 73.Jg., Heft 4/2002, pp.137-148.
- KIENITZ, E. (1936):** Wandlungen des Holzartenbildes im sächsischen Staatswald seit dem 16. Jh.. Mit Ausblicken auf die Pollenanalyse. Tharandter Forstliche Jahresberichte, 87, pp.824-853.
- LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (LfUG) (2002):** Daten aus dem Messnetz.(<http://internetlfug.smul.sachsen.de>).
- LARSEN, J.B. (1994):** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) und ihre waldbaulichen Probleme im Lichte neuer Erkenntnisse. In: H. Wolf (1994): Weißtannen-Herkünfte. Ecomed-Verlagsgesellschaft Landsberg am Lech, pp.1-10.
- LEONHARD, U. (1993):** Zur Situation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen und Maßnahmen der forstlichen Generhaltung. *Forstarchiv*, 64, pp.83-87..
- LLAMAS GOMEZ, L. (1995):** Genetik und Waldbau der Weißtanne - Untersuchungen über ökologisch-genetische Anpassungsvorgänge bei der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in unterschiedlich immissionsbelasteten Regionen unter besonderer Berücksichtigung des Erzgebirges (Teil A). Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Graupa Heft 5/1995, Teil 2, pp.4-64.

- LEUBE, F. (2002):** Waldzustandsbericht 2002. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (im Druck).
- MEYER, H. (1955):** Hat die Bärenfelser Wirtschaft die Rückgängigkeit der Tanne (*Abies alba* Mill.) aufzuhalten vermocht? *Forst und Jagd*, 5, pp.342-343.
- MEYER, H. (1956):** Das Verlustkonto der Edeltanne (*Abies alba* Mill.). *Forst und Jagd*, 6, pp.276-280.
- REINHOLD, F. (1942):** Die Bestockung der kursächsischen Wälder im 16. Jahrhundert. Staatliches Forsteinrichtungsamt Dresden. Druckerei v. Baensch Dresden.
- THOMASIUS, H. (1995):** Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten. 48 Seiten.

Anschrift der Autorin und der Autoren:

Dr. Dirk-Roger Eisenhauer

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
Referat 74
Archivstr. 1
D-01097 Dresden

e-mail: Dirk.Eisenhauer@smul.sachsen.de

Dr. Sven Irrgang

Dr. Sabine Hering

Landesforstpräsidium Graupa
Referat Waldbau
Bonnewitzer Str. 34
D-01796 Pirna, OT Graupa

e-mail: Sven.Irrgang@lfp.smul.sachsen.de

e-mail: Sabine.Hering@lfp.smul.sachsen.de

Distribution, conditions and management policy Problems of mixed fir forests in Serbia

STANIŠA BANKOVIĆ, MILAN MEDAREVIĆ,
DAMJAN PANTIĆ & NENAD PETROVIĆ

Keywords: Silver fir, *Abies alba*, distribution area in Serbia, management problems

Abstract

The total forest area in the Republic of Serbia is 2 360 400 ha. State forest occupies in central Serbia 778.983 ha. Total volume of this category of forest is 97 056 530 m³, and total volume increment is 2 354 128 m³. Fir in total volume and total volume increment in state forest takes up 4.7%.

Fir appears in four different forest types:

(1) Beech and fir forest type *Abietum-fagenion moesiaca* (JOVANOVIĆ 1976.) on brown soils and leached variant brown soils. (2) Spruce, fir and beech forest type (*abieti-picenion*) on humus acid (district) brown soils, terra fusci and whitewashed terra fusci. (3) Spruce, beech and fir forest type (*ericeto-abieti-picetosum*) (MATIĆ & POPOVIĆ 1960) on brown soils serpentinite. (4) Spruce and fir (*abieti-picetum serbicum*) (MATIĆ & POPOVIĆ 1978) on humus acid brown and brown podsollic soils.

Average timber volume in fir forest stand is 332 m³/ha, and average volume increment is 7,87 m³/ha, which is 70% of the possible nature potential of those forests.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, Verbreitungsgebiet in Serbien
Bewirtschaftungsprobleme

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Verbreitung, Bedingungen und Bewirtschaftungspraktiken in Tannen-Mischwäldern in Serbien.

Die Gesamtwaldfläche der Republik Serbien umfasst 2 360.400 ha. Der Staatswald nimmt in Zentralserbien 778.983 ha an Fläche ein. Der Gesamtvorrat dieser Waldkategorie beträgt 97 056.530 m³. Der gesamte Massenzuwachs ist 235.412 m³. Die Tanne hat mit der Gesamtmasse und dem Gesamtmassenzuwachs im Staatswald um 4,7% zugenommen.

Die Tanne tritt in vier verschiedenen Waldtypen auf:

(1) Buche/Tannen-Waldtyp (*Abietum-fagenion moesiaca*) (JOVANOVIĆ 1976) auf Braunerden und ausgeaugten Braunerdenvarianten. (2) Fichte/Tanne/Buchen-Waldtyp (*Abieti-picenion*) auf humussauren Braunerden, Terra fusca-Böden und weißgewaschenen Terra fusca-Böden. (3) Fichte/Buche/Tannen-Waldtyp (*Ericeto-abieti-picetosum*) (MATIĆ & POPOVIĆ 1960) auf braunerdigem Serpentin. (4) Fichte/Tannen-Waldtyp (*Abieti-picetum-serbicum*) (MATIĆ & POPOVIĆ 1978) auf humussauren Braunerden und podsolischen Braunerden.

Der durchschnittliche Holzvorrat im Tannenwald beläuft sich auf 332 m³/ha, und der durchschnittliche Massenzuwachs beträgt 7,87 m³/ha, was 70% des möglichen natürlichen Potenzials dieser Wälder bedeutet.

1 Introduction

Total area of forests in Serbia is 2 360.400 ha. Total volume is 257 296 850 m³, current volume increment 7 184.968 m³. Average volume is 109 m³/ha. average current volume increment 3.04 m³/ha.

Total area of forests in central Serbia is 1 781.135 ha, of which mixed forests of fir and accessory tree species (state owned) are 36.913 ha. Fir occurs in mixture with beech; beech and spruce; and spruce with the presence of other species of the altitudinal belt above 700 m. Fir very rarely builds pure stands, most frequently of the minimal area.

The percentage of fir in privately owned timber supply in Serbia is also modest, mainly in the complexes of forests adjacent to the forests in state ownership.

2 Natural distribution of fir

Fir in Serbia ranges in high mountain massifs, and the most significant sites are in the west, on the mountains Tara, Zlatibor (Murtenica), Zlatar, Čemerno, Golija, Mokra Gora, Prokletije, Šar Planina, Kopaonik, and Goč, Veliki Jastrebac, and in the east Stara Planina. The northernmost site is Rtanj and Malinik.

Within the basic coenoecological coordinate system of fir, there are two forest complexes of the total of seven defined complexes in Serbia (JOVANOVIĆ & JOVIĆ 1981; JOVIĆ *et al.* 1991). These complexes are:

1. Complex (belt) of mesophillic beech and beech coniferous types of forests
2. Complex (belt) of frigoriphillic coniferous types of forests.

Within the first complex, eight coenoecological groups of forest types have been defined, of which two groups include the forests of fir and accessories:

1. Forests of beech and fir (*Abieti-fagenion moesiaca* (JOVANOVIĆ 1976.) on brown soils and leached varieties of brown soils. These forests cover the area of 10.777 ha, and they are distributed in eleven forest regions and in two National Parks.

This coenoecological group of forest types has been completely typologically investigated in individual complexes. In the region of Goč, eleven types of forests have been defined¹ in the framework of these forests:

- 701 - forest type of fir and beech (*Abieti-fagetum typicum*) on deep to very deep acid brown soils on granodiorites and quartzdiorites;
- 702 - Forest type of fir and beech (*Abieti-fagetum typicum*) on medium deep acid brown soils on granodiorites and quartzdiorites;
- 703 - Forest type of fir and beech with drymetosum (*Abieti-fagetum drymetosum*) on skeletal acid brown soils on granodiorites and quartzdiorites;
- 704 - Forest type of fir and beech (*Abieti-fagetum typicum*) on deluvium (along the streams);

¹ Forest type includes forests parts of identical ecological and development-productive characteristics.

- 705 - Forest type of fir and beech (*Abieti-fagetum pauperum*) on deep to very deep acid brown soils on schists and metamorphic rocks;
 - 721 - Forest type of fir and beech with drymetosum (*Abieti-fagetum drymetosum*) on humus siliceous and shallow acid brown soil on schists and metamorphic rocks;
 - 722 - Forest type of fir and beech (*Abieti-fagetum pauperum*) on medium deep eutric and dystric brown soils;
 - 723 - Forest type of fir and beech (*Abieti-Fagetum luzuletosum*) on extremely acid and podzolized acid brown soils on quartzites;
 - 727 - Forest type of fir and beech (*Abieti-Fagetum serpentanicum caricetosum silvaticae*) on deep brown to leached brown soils on serpentinites;
 - 728 - Forest type of fir and beech (*Abieti-Fagetum serpentanicum typicum*) on typical brownised and on skeletal brown soils on serpentinites;
 - 729 - Forest type of fir and beech (*Abieti-Fagetum quercetosum daleshamphi*) on skeletal brown soils on serpentinites.
2. Forests of spruce, fir and beech (*Abieti - Picenion*, Br. - Bl. 39) on humus, acid (dystric) brown soils, *Terra fusci* and bleached *Terra fusci*.

These forests cover the area of 20.957 ha, ranging in seven forest regions in Serbia and in two National Parks, in high mountain lands. The most significant sites of these forests are on the mountains Tara, Golija and Zlatar.

Within this coenoecological group of forest types, forest types have not been sufficiently investigated and defined. On Kopaonik, as a special group of ecological units, there are forests of beech, fir and spruce (*Piceo-abieti-fagetum* (JOVANOVIĆ & MIŠIĆ 1983.) on humus acid brown soils and brown podzolic soils (Jović & Tomić 1990). On Tara, there is a similar group of ecological units (ČOLIĆ 1965), predominantly on limestone parent rock, which dominates in this mountain massif.

Within the ecological units in these forests, there are especially valuable rare and relic ecological units with Serbian spruce. They are mixed relic forests of Serbian spruce, spruce and fir, beech and Austrian pine (*Omoricae-piceeto-abieto-fageto-pinetum mixtum*) on skeletal brown soil and diluvial deposit on serpentinite.

Within the complex of frigoriphillic forest types, there are the following forests:

1. Forests of spruce, fir and beech (*Ericeto-abieti-picetosum* (MIŠIĆ & POPOVIĆ 1960) on mull-moder rankers and brown soils on serpentinite. This group of ecological units is found on the slopes of Kozje Stene on Kopaonik, on extreme sites (Jović & Tomić 1990). The spatial distribution of these forests is small.
2. Forests of spruce and fir (*Abieti-picetum serbicum* (MIŠIĆ & POPOVIĆ 1978) on humus acid brown and brown podzolic soils occur in five forest regions, National park Kopaonik and slightly on Tara. The most significant sites of these forests are on Zlatar, Mokra Gora, Golija and Kopaonik. Total area of these forests in Central Serbia is 5.173 ha.

3 Condition of fir forests in Serbia

It has been mentioned that the percentage of fir in total growing stock in Serbia is modest. Compared to the total volume it is 2.3% and the total current volume increment is 2.3%. These forests are characterized by a significant production potential, which is pointed by the present values of the main production parameters.

Total volume of fir in mixed forests of fir and beech; fir, spruce and beech; fir and spruce in central Serbia is 4 583.674 m³, which is 37.4% compared to the total volume of these forests. It can be noted that the percentage of fir in mixed forests of fir and beech; fir and spruce in the relative parameters is uniform, accounting for 41.2%. In mixed forests of fir, spruce and beech fir percentage is somewhat lower, *i.e.* 34.9%.

To evaluate really the above facts, it is necessary to consider the optimal proportion of the mixture. It was thought that the optimal condition in mixed forests of conifers and broadleaves (spruce, fir and beech) is the mixture ratio 70:30 (MILETIĆ & MILOJKOVIĆ 1958, 1960).

This was explained by the necessary presence of beech in these forests in order to keep the soil productivity, maintenance of bioecological stability. The higher percentage of beech was not allowed because the productivity was related to the dominant production of conifers.

Today, this opinion has been corrected, because we know the high productivity of beech, and the percentage of beech of 30% is the optimum prescribed only in the most productive types of forests. So in the main types of fir-beech forests on Goč (JOVIĆ *et al.* 1990) the following optimal proportion of the mixture has been defined:

<i>Forest type</i>	<i>Optimal mixture</i>		<i>V_n</i>
	Fir	Beech	
701	70	: 30	550
702	60	: 40	500
704	70	: 30	500
705	60	: 40	550
721	60	: 40	421

Starting from the following tables (Tab. 1 and Tab. 2) and by comparing the data with the defined optimal norms, we can conclude as follows:

Average volume is far below the defined optimum for individual types and from this aspect, production potential is used 50-75%. The percentage of fir is far below the optimum and ranges from 53-100% in individual forest districts.

The difference in volume, and $V_w < V_n$, has weed as a present condition in the major part of the complex, and because of the lower forest stock it has also lower bioecological stability.

The positive occurrence in these forests is the spreading of fir and spontaneous lowering to the lower positions on Goč and Veliki Jastrebac.

Tab. 1: Growing stock in mixed forests of fir in Serbia.
Gesamtvolumen in gemischten Tannemwäldern in Serbien.

mixed forests of fir and beech									
V m ³				Iv m ³					
Fir	beech	other	total	fir	beech	other	total		
1 366.296.6	1 836.091.1	115.493.0	3 317.880.7	31.289.4	40.798.6	2.776.7	74.864.7		
mixed forests of fir, spruce and beech									
V m ³				Iv m ³					
Fir	beech	spruce	other	total	fir	beech	spruce	other	total
2 579.447.8	1 814.929.3	2 762.017.8	227.879.7	7 384.274.6	61.308.5	37.186.0	68.519.4	5.620.3	172.634.2
mixed forests of fir and spruce									
V m ³				Iv m ³					
fir	spruce	beech	other	total	fir	spruce	beech	other	total
638.910.6	841.994.8	28.043.4	48.480.6	1 557.429.4	17.689.7	23.239.1	761.7	1.537.0	43.227.5

Tab. 2: Average values of main production parameters in mixed forests of fir and beech.
Durchschnittliche Werte des Vorrats und des Zuwachses in gemischten Tannen-Buchen-Wäldern.

Forest region	Area (ha)	V m ³ /ha				Iv m ³ /ha				Pi
		fir	beech	other	total	fir	beech	other	total	
Nišavsko	68.11	99	144	5	248	2.74	3.87	1.12	6.73	2.71
Limsko	613.14	185	102	8	295	4.69	2.34	0.22	7.25	2.46
Golijsko	1.123.46	104	146	10	266	2.37	3.12	0.40	5.89	2.21
Gornjeibarsko	897.53	160	128	18	308	4.86	2.61	0.45	7.92	2.57
Kuršumlijsko	67.66	63	116	1	180	1.25	2.29	0.03	3.57	1.98
Vrnjačka banja	712.74	118	242	6	366	2.72	4.75	0.13	7.60	2.08
Goč	2.357.57	136	169	8	313	2.96	3.72	0.17	6.85	2.19
Donjeibarsko	3.656.11	120	188	10	318	2.32	4.02	0.24	6.59	2.07
Timočko	92.10	155	89	30	274	4.91	2.04	0.71	7.66	2.80
Rasinsko	210.11	117	198	-	315	2.12	3.15	-	5.27	1.67
Tarskožlatiborsko	212.03	179	94	22	295	4.62	3.37	0.58	8.57	2.91
Kopaonik	244.21	129	244	10	383	3.28	6.37	0.25	9.89	2.58
Loznica	521.80	61	166	8	235	1.98	5.92	0.32	8.22	3.50
Tara	3.30	30	121	81	232	0.48	1.88	1.27	3.63	1.56
Total:	10.779,87	127	170	11	308	2,90	3,79	0,26	6,95	2,26

Tab. 3: Average values of main production parameters in mixed forests of fir, spruce and beech.
Durchschnittliche Werte des Vorrats und des Zuwachses in gemischten Tannen-Buchen-Fichten-Wäldern.

Forest region	Area (ha)	V m ³ /ha					Iv m ³ /ha					Pi
		fir	spruce	beech	other	total	fir	spruce	beech	other	total	
Nišavsko	577.62	35	112	1.102	1	250	0.73	1.92	1.97	0.02	4.64	1.86
Limsko	2.665.21	159	118	59	11	347	4.53	3.27	1.75	0.31	9.86	2.84
Golijsko	5.713.70	51	196	57	5	309	1.28	4.81	1.11	0.15	7.35	2.38
Gornjeibarsko	3.244.30	51	157	68	4	280	1.43	4.05	1.45	0.12	7.05	2.52
Kuršumlijsko	44.02	91	84	26	19	220	1.99	1.98	0.54	0.44	4.95	2.25
Tara	6.644.76	218	71	124	23	436	4.75	1.73	2.22	0.45	9.16	2.10
NP Kopaonik	1.005.97	36	180	154	-	370	0.77	4.22	3.52	-	8.52	2.30
Tarskožlatiborsko	1.061.15	178	95	64	1	338	4.19	2.08	1.91	0.45	8.63	2.55
Total:	20.956,73	123	132	87	11	353	2,93	3,27	1,77	0,27	8,24	2,33

Tab. 4: Average values of main production parameters in mixed forests of fir and spruce.
Durchschnittliche Werte des Vorrats und des Zuwachses in gemischten Tannen-Fichten Wäldern.

Forest region	Area (ha)	V m ³ /ha					Iv m ³ /ha					Pi
		fir	spruce	beech	other	total	fir	spruce	beech	other	total	
Limsko	2.366.65	109	170	4	13	296	3.08	4.78	0.13	0.44	8.43	2.85
Golijsko	645.99	92	130	13	13	248	2.74	3.58	0.39	0.35	7.06	2.85
Gornjeibarsko	1.408.57	141	112	6	3	262	3.93	3.16	0.14	0.07	7.30	2.79
Kuršumljisko	1.20	98	44	1	-	143	0.83	1.00	-	-	1.83	1.28
NP Kopaonik	575.37	167	314	-	3	484	4.37	8.38	-	0.05	12.8	2.64
Tarskož-latiborsko	176.35	143	91	2	36	272	3.14	1.84	0.03	0.70	5.71	2.10
Tara	2.96	298	95	-	281	804	6.76	5.07	-	6.42	18.2	2.27
Total:	5.177.09	123	163	6	9	301	3.42	4.49	0.15	0.29	8.35	2.77

In the forests of fir, spruce and beech (Tab. 1 and Tab. 3) the approximate optimum is still related to the normal volume (V_n) of 500 m³/ha (at the best sites) and the optimal proportion of the mixture is 70:30 for conifers (fir and spruce) (MILOJKOVIĆ 1960, 1990). The typical structure in these forests is the selection structure.

Average values of volume in these forests are far from the defined optimum and range within the limits 50-87%.

The percentage of fir (and also beech) in the majority of the complexes is insufficient, and the most critical situation is in the National Park Kopaonik and on Mt. Golija. The most favourable condition occurs on the mountains Tara, Zlatar and Murtenica.

The low average level of volume in these forests results in the partial presence of weed species blackberry (*Rubus sp.*) and black alder (*Sambucus nigra*), and consequently this results in reduced bioecological stability.

In the belt of fir and spruce forests (Tab. 1 and Tab. 4) we most frequently meet the structural forms closer to group-selection uneven-aged structure, sometimes even a two-storied stand. Here, the approximately optimal volume was not defined in the previous period, but we can accept as quite reliable the volume defined in the previous forest complexes - about 500 m³/ha.

Compared to this optimum, the average volume in individual forest complexes is between 50 % and 97%. The percentage of fir in the total volume is from 34.5% to 54.0%, which can be considered as favourable. The low level of volume in these forests also has the consequence – the partial presence of weed species and at some places the endangered bioecological stability.

The values of current volume increment, although very high as compared to the general average in Serbia, and rarely below 5 m³/ha, are considerably lower than potential values per individual forest complexes. The productive potential, in this sense is generally utilized about 60-70% of the potential.

Health condition of fir in our forests can be considered as average and changeable in time. In the last period in some complexes, the decline of fir trees was reported. This is best proved by the fact that on Mt. Goč on the area of 2.500 ha in the period 1988–1998, the volume of about 25.000 m³ was felled as the unforeseen yield, felled because of tree dying.

4 Management problems in fir forests in Serbia

Management problems in mixed fir forests are the result of previously determined main characteristics of these forests.

The modest percentage of fir in the growing stock, according to the principal parameters, draws our attention to fir conservation and protection within the limits of its present range of distribution.

A higher percentage of fir in the presented growing stock is a priority and a long-term task of forest management in these forests. It is especially necessary to elevate the percentage of fir in the forests of fir, spruce and beech in the forest regions of Golija, Gornji Ibar region and Tara-Zlatar region.

The spontaneous spreading of the natural range of fir to the lower belts of beech and its support by the corresponding management measures of the selective character is also a very important special objective of forest management. In this sense, it is necessary to initiate (artificially) the widespreading of fir towards the belt of spruce forests.

The underplanting of thinned parts in these forest complexes, considering the domination of beech in the growing stock of Serbia, and also the domination of spruce (at the global level in Europe), should be carried out by fir and if possible by the adequate valuable broadleaves.

Fir, as a rare and very valuable species, should also be introduced to the higher positions of pure beech forests in the aim of their improvement and remedy of the present condition.

In the assessment of harvesting (felled volume) in these forests, fir-harvesting plans should be reduced to the lowest possible limit of the sanitary and silvicultural character, on account of the main accessory species - beech and spruce.

5 Conclusion

Fir forests in Serbia are predominantly mixed forests. Depending on the altitudinal zone, fir occurs in mixture with beech, beech and spruce or only with spruce, rarely on more xerothermic sites with Scots pine and Austrian pine.

The percentage of fir in the growing stock of Serbia by area is 0.1%. Because of its insufficient presence in the growing stock, fir (*Abies alba*) can be considered as a rare and very valuable species. At the same time, by its presence, fir improves the forest types in which it occurs and indicates the degree of conservation of the natural potential in general, especially in the case of the relic communities, such as *Omoricae-piceto-abieto-pinetum mixtum* (MIŠIĆ).

Fir is the indicator of the productive ability of the site, especially in the well-conserved forest ecosystems.

The forests in which fir is present are generally rather thin so that their production potential is utilised only 60 - 80%. The presence of weed species in the thin parts makes these forests biologically labile.

Fir in Serbia shows a high degree of vitality, because most often it regenerates naturally.

The phenomenon of fir spreading to the lower positions has been reported especially on the mountains Goč and Veliki Jastrebac.

The main objectives of long-term management in fir forests are:

- to conserve the forest mixture:
- to increase the percentage of fir in the existing growing stock:
- to increase the growing stock of fir in general and gradually to attain the optimal condition:
- to underplant the thin parts exclusively by fir.

The utilization of fir in our forests should be reduced to the lowest possible degree – by the measures of moderate intensity of sanitary silvicultural character.

6 References

- GAJIĆ, M. *et al* (1992):** Vegetacija nacionalnog parka Tara. Nacionalni park Tara, Bajina Basta.
- JOVIĆ, N. & TOMIĆ, Z.(1980):** Ekolosko biološka i razvojno proizvodna (tipološka) klasifikacija suma i sumskih stanista nacionalnog parka Kopaonik ,Priroda Kopaonika –zastita i koriscenje, zbornik radova, institut za turizam PMF, Beograd.
- JOVANOVIĆ, B. & JOVIĆ, N. (1981):** Osnovne sumsko-ekoloske-proizvodne celine u Srbiji i kompleksi tipova suma Srbije, Beograd.
- JOVIĆ, D.; BANKOVIĆ, S. & MEDAREVIĆ, M. (1991):** Proizvodne mogućnosti jele i bukve u najzastupljenijim tipovima na planini Goc. Glasnik Sumarskog fakulteta br.73., Beograd.
- JOVIĆ, D. *et al* (1992):** Šumski fond Srbije, Sumarstvo i prerada drveta u Srbiji kroz vekove, SNTM., Beograd.
- MEDAREVIĆ, M.; BANKOVIĆ, S. & PANTIĆ, D. (2001):** Stanje suma nacionalnim parkovima Srbije, Zastita prirode 53/1, Zavod za zastitu prirode Srbije, Beograd.
- MILOJKOVIĆ, D. (1962):** Jedna nova metoda kontrolne metode ,Glasnik Sumarskog fakulteta br.26, Beograd.
- MISIĆ, V. & JOVANOVIĆ, B. (1983):** Mesovite sume bukve, jele i smrce(Piceeto-abietifagetum mesiacum sl.): u Srbiji i njen znacaj, Zastita prirode 36, Beograd.
- MISIĆ, V. & POPOVIĆ, M. (1954):** Bukove i smrceve sume Kopaonika-prethodno saopstenje ,Arhiv bioloskih nauka 6(1-2), Beograd.

Address of the authors:

Staniša Banković, D.Sc.; Milan Medarević, D.Sc.; Damjan Pantić, M.Sc. and Nenad Petrović, B.Sc.

University of Beograd, Faculty of Forestry
Kneza Visislava 1
YU-11030 Beograd
Serbien und Montenegro

e-mail: npet20@ptt.yu

Natural regeneration of Macedonian fir (*Abies Borisii-regis* MATTF.) and factors which influence this process

NIKOLA NIKOLOV, JANE ACEVSKI & VLATKO ANDONOVSKI

Key words: Macedonian fir, *Abies Borisii-regis*, natural regeneration, expansion, heavy metals, needle analyses

Abstract

The research on natural regeneration of Macedonian fir and factors which influence this process was carried out in the natural stands of this species in 3 national parks of the Republic of Macedonia (Pelister, Mavrovo and Galicica).

Parallel method was used to compare the current results with those from 50 years ago in the same localities. According to the obtained results, the following conclusions were made:

- The Macedonian fir has a great expansion in the beech and oak forest high belt.
- The natural regeneration of the Macedonian fir has good vitality.
- The Macedonian fir is very aggressive in invading new areas and in relation to other tree species

In order to exclude the influence of indirect human factors over the process of natural regeneration of the Macedonian fir, the presence of heavy metals (needles) was studied. This study was done within the period of 5 years, and it included the following heavy metals: Copper-*Cu*, plumb-*Pb*, Cadmium-*Cd*, Zinc-*Zn*, and Cobalt-*Co*.

The obtained results show that the presence of all these heavy metals in the needles has no influence on the natural regeneration of the Macedonian fir.

Schlagwörter: Macedonische Tanne, Naturverjüngung, Verbreitung, Schwermetalle, Nadelanalysen

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Die natürliche Verjüngung der Macedonischen Tanne (*Abies Borisii-regis* MATTF.) und Einflussfaktoren auf diesen Prozess.

Es wurden Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Macedonischen Tanne und Faktoren, die diesen Vorgang beeinflussen, in den natürlichen Vorkommen dieser Art in drei Nationalparks der Republik Macedonien (Pelister, Mavrovo, Galicica) durchgeführt. Zum Vergleich der jetzigen Ergebnisse mit jenen von vor 50 Jahren an den gleichen Örtlichkeiten wurde die Parallelmethode angewandt.

Entsprechend der erzielten Ergebnisse wurden nachstehende Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Macedonische Tanne hat die größte Ausbreitung im oberen Buchen- und Eichenwaldgürtel.
- Die natürliche Verjüngung der Macedonischen Tanne besitzt eine gute Vitalität.
- Die Macedonische Tanne ist sehr aggressiv beim Eindringen in neue Gebiete wie auch im Vergleich zu anderen Baumarten.

Um den Einfluss von indirekten anthropogenen Faktoren auf den Prozess der natürlichen Verjüngung der Macedonischen Tanne auszuschließen, wurden Untersuchungen auf die Anwesenheit von Schwermetallen (Nadeln und Boden) vorgenommen. Diese Studie erfolgte über einen Zeitraum von fünf Jahren, und sie betraf die folgenden Schwermetalle: Kupfer-*Cu*, Blei-*Pb*, Cadmium-*Cd*, Zink-*Zn* und Kobalt-*Co*.

Die erhaltenen Ergebnisse verdeutlichen, dass das Vorhandensein von allen diesen Schwermetallen in den Nadeln keinen Einfluss auf die natürliche Verjüngung der Macedonischen Tanne hat.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.209-212.

1 Results and Discussion

The group of conifers in Macedonia is consisting of 14 species within the frame of the families (*Taxaceae*, *Pinaceae* and *Cupressaceae*) and five genera (*Taxus*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*, and *Juniperus*), and within this group the Macedonian fir (*Abies Borisii-regis* MATTF.) is among the wider distributed and economically most important tree species.

According to the 1996 Statistical Year Book of the Republic of Macedonia, the area covered with pure Macedonian fir stands in Macedonia is very small and it is only 3.124 ha, but its representation in the mixed coniferous and broad-leaved stands is very high.

Despite the fact that the area covered with pure Macedonian fir stands is small, this species with its representation in the other mixed coniferous and broad-leaved stands as well as with its total timber volume, is ranking second behind the Austrian pine. The Macedonian fir occupies 10% of the total area covered by coniferous species in the Republic of Macedonia.

The Macedonian fir in the three National Parks (Mavrovo, Galicica and Pelister) is currently occurring in the mixed beech and fir forests (*Ass. Abieti fagetum macedonicum*), (see Fig. 1). The pure Macedonian fir forests (*Fago abietetum meridionale*) are very rare and they are occurring on very small areas. In the last 30–50 years these forests were protected, so the human factor (uncontrolled cutting) is eliminated, *i.e.* the negative anthropogenic influence. The Macedonian fir now is expanding with its natural regeneration very strongly on lower and higher altitudes. With this expansion the Macedonian fir is entering into the neighboring forest associations (Tab. 1), which makes them to be now mixed forests, and at the same time they are improving their quality.

Tab. 1: Macedonian fir forest associations within the three national parks
Macedonische Tannenwaldgesellschaften in den drei Nationalparks.

National Park:	Forest associations where the Macedonian fir is present	Forest associations where the Macedonian fir is expanding
Galicica	1. <i>Abieti-Fagetum macedonicum</i>	1. <i>Clamintho grandiflorae-Fagetum</i> 2. <i>Festuco heterophyllae-Fagetum</i> 3. <i>Seslerio-Fagetum</i>
Pelister	1. <i>Abieti-Fagetum</i> 2. <i>Fago abietetum meridionale</i>	1. <i>Digitali viridiflorae-Pinetum peuces</i> 2. <i>Gentiano luteae-Pinetum peuces</i> 3. <i>Calamintho grandiflorae-Fagetum</i>
Mavrovo	1. <i>Abieti-Fagetum</i> 2. <i>Fago abietetum meridionale</i> 3. <i>Abieti-Picetum scardicum</i>	1. <i>Orno-Quercetum petraea</i> 2. <i>Calamintho grandiflorae-Fagetum</i> 3. <i>Ostryo-Fagetum</i>

Tab. 2: Contents of heavy metals in the Macedonian fir needles in the national park "Pelister".
Schwermetallgehalte in den Nadeln der Macedonischen Tanne im Nationalpark „Pelister“.

	year	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg
tree with dieback symptoms	1992	1,217	2,8	\	5,262	\
tree with dieback symptoms	1993	1,161	2,8	\	6,172	\
tree with dieback symptoms	1994	1,427	2,66	\	5,136	\
tree with dieback symptoms	1995	1,371	2,38	\	6,788	\
tree with dieback symptoms	1996	1,399	3,09	\	6,578	\
tree without dieback symptoms	1992	1,189	3,22	\	6,844	\
tree without dieback symptoms	1993	1,413	2,94	\	7,362	\
tree without dieback symptoms	1994	1,329	2,66	\	6,914	\
tree without dieback symptoms	1995	1,441	2,52	\	7,236	\
tree without dieback symptoms	1996	1,287	2,8	\	7,306	\

Tab. 3: Contents of heavy metals in the fir needles in the region of Resen.
Schwermetallgehalte in Tannennadeln aus der Region Resen.

	year	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg
tree with dieback symptoms	1992	1,665	2,52	\	16,333	\
tree with dieback symptoms	1993	1,609	2,94	\	14,765	\
tree with dieback symptoms	1994	1,301	2,1	\	14,499	\
tree with dieback symptoms	1995	1,259	1,96	\	10,622	\
tree with dieback symptoms	1996	1,637	3,09	\	15,325	\
tree without dieback symptoms	1992	1,399	2,8	\	9,895	\
tree without dieback symptoms	1993	1,301	2,66	\	8,817	\
tree without dieback symptoms	1994	1,581	2,38	\	8,901	\
tree without dieback symptoms	1995	1,315	3,64	\	9,601	\
tree without dieback symptoms	1996	1,833	1,96	\	10,426	\

In order to check the influence of the human factor caused by air pollution, we conducted the analysis of heavy metal contents (copper-*Cu*, plumb-*Pb*, Cadmium-*Cd*, Zinc-*Zn*, and Cobalt-*Co*) in the fir needles within the period of five years (1992-1996). The measurements of the heavy metal contents were performed by using the atomic absorber type "Varian".

From the Tab. 2 and Tab. 3, we can see that the heavy metal contents in the needles are far below the allowed limit, and some of them are not present at all.

According to our investigations it can be concluded that under unchanged environmental factors, the human factor (uncontrolled cutting) was the main reason for reducing the previous range of the distribution of the Macedonian fir. This can be confirmed by the fact that when protecting these forests for a short period of 30-50 years, they expanded and returned to their previous range of distribution.

Tab. 4: Contents of heavy metals in the fir needles in the region of Mavrovo.
Schwermetallgehalte in Nadeln der Region Mavrovo.

	year	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg
tree with dieback symptoms	1992	1,007	2,52	\	9,237	\
tree with dieback symptoms	1993	1,217	2,8	\	9,447	\
tree with dieback symptoms	1994	1,077	2,52	\	9,083	\
tree with dieback symptoms	1995	1,455	3,09	\	9,181	\
tree with dieback symptoms	1996	1,455	2,38	\	7,529	\
tree without dieback symptoms	1992	0,951	2,38	\	3,89	\
tree without dieback symptoms	1993	1,161	3,09	\	4,59	\
tree without dieback symptoms	1994	1,245	2,66	\	4,954	\
tree without dieback symptoms	1995	1,007	2,66	\	4,326	\
tree without dieback symptoms	1996	1,133	2,8	\	5,304	\

2 References

- ANONYMOUS (1996):** Statistical Year Book of the Republic of Macedonia - State statistical office, Skopje, Macedonia
- EM, H. (1961):** Distribution of the Macedonian fir. Forestry Review No. 6, Skopje, Macedonia.
- EM, H. (1974):** Forests of Macedonian fir in the Republic of Macedonia – Fago-Abietetum meridionale Em 74, Year Book of the Faculty of Agriculture and Forestry, Skopje, Macedonia
- NIKOLOV, N. (1998):** Influence of some climatic factors and the air pollution on the forest dieback process in the Republic of Macedonia. Doctoral thesis, Skopje.

Address of the authors:

Nikola Nikolov, Ph.D.; Jane Acevski, Ph.D. and Vlatko Andonovski, Ph.D.
 University Ss. Kiril and Metodij,
 Faculty of Forestry
 P.O. Box 235
 MK-1000 Skopje
 Republic of Macedonia

e-mail: silva@unet.com.mk

Zum Wachstum der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Thüringen (Deutschland)

WOLFGANG HENKEL & ANKA NICKE

Keywords: European silver fir, *Abies alba*, historic development, growth studies, silvicultural management

Abstract

Title of the paper: On the growth of silver fir (*Abies alba* MILL.) in Thuringia (Germany).

The tree species silver fir which was declared dead in the 1960s and '70s for Thuringia (and also Saxony) has withstood not only the biotic and abiotic factors, but has also survived the clear cutting system [silver fir inventory (HENKEL 1995)].

Silver fir is irreplaceable in our forests not only because of its shade tolerance, but in particular because of its soil-tending, stand-stabilizing and socio-cultural effects. Is this also true for the yield? Working together in the past six years with the Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg, four silver fir experimental plots for long-term observation and six sampling plots including a total of 16 parcels were established and studied. The selected spruce-fir mixed stands are in most cases about 100 years old. The results of the yield surveys of the upper story as well as the vitality and crown structure are summarized. The growth performance of the silver fir stands strongly depends on their location in relationship to the Thüringer Mts. (windward/lee effect). 100-year-old silver fir in the spruce-fir mixed forests on the windward side of the Thuringian Forest (Thüringer Wald) attain a circumference (dg) of about 40 cm at a mean height quality class of 30 (II Bon.) and a mature crop of 450-550 m³/ha. Individual trunk dimensions of 70 cm to more than 80 cm are possible in windward areas. The mean sample trees (about 100 years old) from the stands on the lee side are on an average 3-6 m shorter and up to 15 cm smaller in diameter.

The volume performance of silver fir at the northern border (compare MEIER 1957) cannot of course be so easily compared to that of the fir optimum in the southern German regions. The silvicultural basic conditions in Saxony and Thuringia are different. The conditions are not as favorable. For this reason the silver fir at the northern border need more warmth for growth performance. And more warmth means silviculturally more light and less shade in the tending of the stands.

Using a selection forest and/or all aged type treatment, it is highly possible to attain greater silvicultural successes, i.e. likewise higher growth performance with the silver fir at the north border.

The radial increment of this tree species ascertained from the analysis of trunks and bore chips has increased again to a very high level since the 1980s. The revitalization of silver fir addressed by HENKEL (1995, 1999, 2000) and confirmed by crown studies carried out by graduate students, can thus be proven through growth behavior. The test results obtained show that active protection and conservation of the tree species silver fir is definitely meaningful in forestry practice.

Schlagwörter: Weißtanne, *Abies alba*, geschichtliche Entwicklung in Thüringen, waldwachstumskundliche Untersuchungen, waldbauliche Behandlung

Zusammenfassung

Die schon in den 1960er und 70er Jahren für Thüringen (wie auch in Sachsen) totgesagte Baumart Weißtanne hat nicht nur den biotischen und abiotischen Faktoren getrotzt, sondern auch die Kahlschlagwirtschaft überlebt [Tanneninventur (HENKEL 1995)].

Die Weißtanne ist neben ihrer Schattenertragnis vor allem wegen ihrer bodenpfleglichen, bestandsstabilisierenden und landeskulturellen Wirkung in unseren Wäldern nicht zu ersetzen. Ist sie es auch vom Ertrag? Im Zusammenhang mit der Erstellung von Diplomarbeiten an der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg wurden in den letzten 6 Jahren 4 langfristig zu beobachtende Weißtannen-Versuchsflächen und 6 Probeflächen mit insgesamt 16 Parzellen angelegt und untersucht. Die ausgewählten Fichten-Tannen-Mischbestände sind in den meisten Fällen ca. 100 Jahre alt. Die Ergebnisse der

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.213-223.

ertragskundlichen Aufnahmen des Oberstandes sowie der Vitalitäts- und Kronenansprache werden im Überblick dargestellt. Die Wuchsleistung der Weißtannenbestände ist stark von ihrer Lage zum Thüringer Gebirge (Luv-/Leeeffekt) geprägt. Die Weißtanne erreicht im Alter von 100 Jahren in den Fichten-Tannen-Mischwäldern im Luv des Thüringer Waldes bei Mittelhöhenbonitäten von 30 (III. Bon.) Mitteldurchmesser (dg) von ca. 40 cm sowie Vorräte von 450 bis 550 m³/ha. Einzelstammdimensionen von 70 bis über 80 cm sind in den Luvgebieten möglich. Die Bestände im Lee sind (etwa im Alter von 100 Jahren) durchschnittlich etwa 3-6 m niedriger und im Mittelstamm bis zu 15 cm schwächer.

Die Volumenleistungen der Tanne am Nordrand (vgl. MEYER 1957) sind selbstverständlich nicht so ohne weiteres vergleichbar mit denen im Tannenoptimum in süddeutschen Regionen. Die waldbauliche Ausgangslage ist in Sachsen und Thüringen eine andere. Die Verhältnisse sind ungünstiger. Deshalb beansprucht die Tanne zu hohen Wachstumsleistungen am Nordrand mehr Wärme. Und mehr Wärme bedeutet waldbaulich mehr Licht, weniger Schatten bei ihrer Bestandserziehung.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden bei einer plenterwald- und/oder femelartigen Behandlung größere waldbauliche Erfolge, d.h. gleichfalls höhere Wuchsleistungen mit der Tanne am Nordrand zu erzielen sein.

Die anhand von Stamm- und Bohrspananalysen ermittelten Radialzuwächse dieser Baumart steigen mit Beginn der 1980er Jahre wieder auf ein sehr hohes Niveau an. Die von HENKEL (1995, 1999, 2000) angesprochene und von den Diplomanden anhand durchgeführter Kronenansprachen bestätigte Revitalisierung der Tanne ist damit auch im Zuwachsverhalten nachweisbar. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass aktiver Schutz und Erhalt der Baumart Weißtanne durch pflegende Eingriffe in der forstlichen Praxis unbedingt sinnvoll sind.

1 Einführung

An der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft (TFS) in Schwarzburg werden meist praxisbezogene Diplomarbeiten geschrieben. Auf dem Fachgebiet der Wachstums- und Ertragslehre sind u.a. sehr interessante Arbeiten zu seltenen Baumarten wie Vogelkirsche, Elsbeere, Eibe, Winterlinde und Weißtanne entstanden. Erste Untersuchungsergebnisse zur Baumart Weißtanne, die in Thüringen und Sachsen nur noch in geringem Umfang vorkommt, werden hier kurz vorgestellt.

Die Weißtanne erreicht im nördlichen Vorland des Thüringer Gebirges ihre nördliche natürliche Verbreitungsgrenze. Auf den katastrophalen Rückgang der Weißtanne aus den thüringischen Wäldern, dieser aus ökologischen, kulturhistorischen und ästhetischen Gründen so wertvollen Baumart, haben sich neben ihrer genetischen Verarmung bzw. zumindest genetischen Einengung wohl am stärksten die langjährige Kahlschlags- und Reinbestandswirtschaft, überhöhte Wilddichten und weiter Witterungsextreme sowie Sekundärschädlinge ausgewirkt. Während in Sachsen bei der Tanneninventur 1995 (BRAUN & LLAMAS GOMEZ 1994) lediglich ca. 2.000 Altannen gezählt wurden, nimmt sie in Thüringen nach HENKEL (1995a) bei der Tanneninventur 1993 immerhin noch eine Bruttofläche von 7.211 ha mit ca. 233.000 Tannen insgesamt und ca. 90.000 Tannen, die älter als 20 Jahre sind, ein. Dieser Anteil von nicht einmal 1% soll im Zusammenhang mit dem auch in Thüringen begonnenen Waldumbau langfristig auf 10% erhöht werden.

Nach diesen, Anfang der 1990er Jahre in Sachsen und Thüringen durchgeführten Weißtanneninventuren, konzentrieren sich weitere Untersuchungen auf Fragestellungen zu genetischer Struktur, Variation und Diversität sowie zur Herkunftszertifizierung von ausgewählten Tannen-Populationen (u.a. LLAMAS GOMEZ & BRAUN 1995; KONNERT 1995; HENKEL *et al.* 1997; HOSIUS & LEINEMANN 1998). Über die Gesamtheit der durchgeführten wissenschaftlichen und praktischen Arbeiten mit der Weißtanne in Thüringen wird in einem anderen Vortrag berichtet. In Sachsen beschäftigten sich in den letzten Jahren WICKEL (1995) und HARTIG & LINDNER (1999), jüngst ANONYMUS (2000), HERING &

EISENHAUER (2001b) mit dem „Waldbau“ der Weißtanne. in Thüringen vor allem HENKEL (1995a, 1996a, 1999a).

Interessante Aussagen zu den „Erfolgen“ und leider auch „Misserfolgen“ des Waldumbauprogramms, speziell zu den Weißtannen-Voranbauten der 1990er Jahre in sächsischen und thüringischen Forstämtern liefern die Ergebnisse von Tharandt und Schwarzbürger Diplomarbeiten (u.a. LINDNER 1997 [Univ.]; JOCHMANN 1999 [FH], BECKER 2001 [FH] und MAGNON 2001 [FH]).

Waldwachstumskundliche Untersuchungen an der Tanne wurden in den letzten Jahrzehnten in Thüringen nicht durchgeführt.

2 Untersuchungsmaterial und –methoden

In Thüringen existierten bis 1994 keine langfristig beobachteten Weißtannen-Versuchsflächen, wenn man von einer im Forstamt Schmiedefeld gelegenen, langfristig durch das jetzige Dezernat Waldwachstum der LFA Eberswalde betreuten, ursprünglichen „Herzynischen Bergmischwald“-Versuchsfläche in Rennsteignähe absieht, auf der wohl nur noch eine Altanne nach der letzten periodischen Inventur stockt.

Interessant ist auch noch eine einmalige repräsentative Zuwachs- und Ertragskundliche Untersuchung eines Tannen-Fichten-(Buchen)-Mischbestandes mit Gleichschlusscharakter aus der Mitte der 1950er Jahre im heutigen FA Leutenberg, über die MEYER (1957) berichtete.

Die damals im Ergebnis getroffenen Schlussfolgerungen haben höchste aktuelle Bedeutung.

Die einzige Ertragskundliche Versuchsfläche mit einzelnen Weißtannen liegt im Forstamtsbereich Neuhaus und wurde von MEYER (1956) als „Waldumbaufläche“ der Sächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Tharandt angelegt und wird vom Institut für Waldwachstum und Forstliche Informatik bis heute betreut. Auf eine 1996 dort angefertigte standorts- und waldwachstumskundliche Diplomarbeit von Herrn SCHMIDT kann hier nur verwiesen werden.

Die erste langfristige Weißtannen-Versuchsfläche wurde von EHRLING (1994) im heutigen Forstamt Schwarzburg, Revier Mellenbach, angelegt. Die aus zwei Durchforstungsparzellen bestehende Versuchsanlage liegt im Thüringer Schiefergebirge auf ca. 530 m Höhe über NN.

Der zweite dauerhaft angelegte Versuch befindet sich im Luv des Thüringer Waldes im Forstamt Theuern. Neben den dort befindlichen zwei Parzellen untersuchte JUNGKLAUS (1996) über 2.000 Altannen des Waldteiles Dornthal.

SPENGLER (1996) konzentrierte sich in der von ihm angelegten Versuchsparzelle eines Fichten-, Tannen- und Buchenmischbestandes im Lee des Thüringer Schiefergebirges (FoA Neuhaus, Revier Schmiedefeld) neben den Ertragskundlichen Aufnahmen des Altbestandes vor allem auf eine intensive Untersuchung der Verjüngung sowie Boden-, Vegetations- und Lichtuntersuchungen (hemisphärische Fotos mit Fish-Eye-Objektiv aufgenommen) analysierte er die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Weißtannenverjüngung.

KOCH (1999) wendete sich mit dem NSG „Maientännig“ (FoA Kranichfeld) einem Tannenvorkommen auf Muschelkalk der Randplatten des Thüringer Beckens außerhalb des Hauptverbreitungsgebietes in Thüringen (Thüringer Gebirge) zu. Auch auf dieser langfristig angelegten Versuchsfläche wird sowohl der Ober- als auch der Unterstand intensiv untersucht.

Die Ergebnisse von MATTHÄI (1999), der ertragskundliche Aufnahmen einschließlich Radialzuwachs- sowie Verjüngungsuntersuchungen in 9 Probeflächen im Thüringer Wald durchführte, vervollständigen das Bild zum Wachstum und Ertrag der Weißtanne. Die von Studenten der TFS untersuchten bzw. neu angelegten Versuchs- und Probeflächen sind auf der Wuchsgebietskarte Thüringens (siehe Abb. 1) dargestellt und in Tab. 1 genauer charakterisiert. Auf die Ergebnisse der Untersuchungen der Verjüngung soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Einerseits wird der Umfang der Veröffentlichung zu groß, andererseits gewinnen diese Daten erst als Zeitreihe an Wert.

Radialzuwachs- sowie Verjüngungsuntersuchungen in 9 Probeflächen im Thüringer Wald durchführte, vervollständigen das Bild zum Wachstum und Ertrag der Weißtanne von Studenten der TFS untersuchten bzw. neu angelegten Versuchs- und Probeflächen sind auf der Wuchsgebietskarte Thüringens (siehe Abb. 1) dargestellt und in Tab. 1 genauer charakterisiert. Auf die Ergebnisse der Untersuchungen der Verjüngung soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Einerseits wird der Umfang der Veröffentlichung zu groß, andererseits gewinnen diese Daten erst als Zeitreihe an Wert.

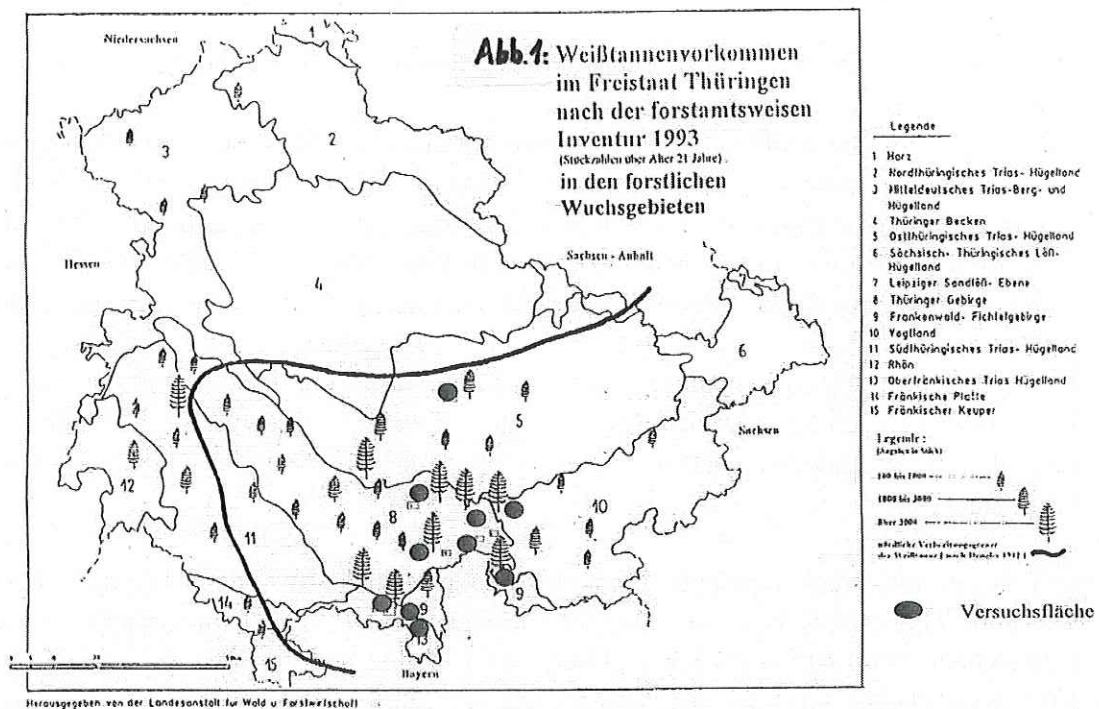


Abb. 1: Weißtannenvorkommen Thüringens mit Wuchsgebieten (aus HENKEL 1995), Lage der Versuchsflächen.

Fig. 1: Silver fir occurrences in Thuringia including growth areas (according to HENKEL 1995); Location of the experimental plots.

Tab. 1: Übersicht der bearbeiteten waldwachstumskundlichen Versuchs- und Probeflächen zur Weißtanne in Thüringen.
An overview of the experimental and sample plots for growth and yield established for silver fir in Thuringia.

Name Anlage/Jahr	Wuchsgebiet/Forstamt	Standortgruppe bzw. -einheit, Höhenlage	Bodenform, Inklination, Exposition	Jahresniederschlag, Temperatur, Vegetationszeit	Bestand	Status
Mellenbach 1993 EHRLING	Thüringer Gebirge, FoA Schwarzburg	Mf M2 510-530 m ü. NN Lee (Übergang)	Schiefer-Braunerde 25° W/SW-Hang	N= 975 mm T= 6,7 °C	GFI-WTA-Mb 62/72 Jahre	Langfristige Vfl. 3 Parzellen (Durchforstungsversuch)
Dornthal 1995 JÜNGKLAUS	Oberfränkisches Trias-Hügelland, FoA Theuern	Uff R 1/2 500 m ü. NN, Luv	Lößlehm-Parabraunerde Ebene	N= 885 mm T= 6,4 °C V= 182 Tage	GFI-WTA-Lbh-Mb 94 Jahre	Langfristige Vfl. 2 Parzellen
Grenzanne 1996 SPENGLER	Thüringer Gebirge FoA Neuhaus	Mm M2 665 m ü. NN Lee/Luv	Schiefer-Braunerde 25° O/SO-Hang	N= 850 mm T= 5,5 °C	GFI-WTA-Mb 94 Jahre	Langfristige Vfl. 1 Parzelle
Maientännig 1998 KOCH	Ostthüringer Trias-Hügelland, FoA Kranichfeld	Uk R 1 470 m ü. NN	Terra fusca Ebene	N= 618 mm T= 7,5 °C	GFI-WTA-Mb 100 Jahre	Langfristige Vfl. 2 Parzellen (Nul- u. Behandlung)
Buchleite 1998 MATTHÄI	Oberfränkisches Trias-Hügelland, FoA Sonneberg	Uff M1/2 430-400 m ü. NN Luv	Lehm-Braunerde 25° N-Hang bzw. Ebene	N= 920 mm T= 6,2 °C V= 197 Tage	GFI-WTA-Mb 99 Jahre, 86 Jahre	Probefläche 2 Parzellen (Hang/Plateau)
Eihnes 1998 MATTHÄI	Oberfränkisches Trias-Hügelland, FoA Theuern	Uff K2 400 m ü. NN Luv	Lößlehm-Parabraunerde Ebene	N= 885 mm T= 7,3 °C V= 190 Tage	WTA-GFI-Mb 99/63 Jahre	Probefläche
Schwarzbach 1998 MATTHÄI	Thüringer Gebirge, FoA Marktglöitz	Mm MG3 520-450 m ü. NN Lee	Schiefer-Braunerde 25° S-Hang	N= 745 mm T= 7,5 °C V= 217 Tage	GKI-WTA-GFI-Mb 112 Jahre	Probefläche
Steinbachleite 1998 MATTHÄI	Frankenwald-Fichtelgebirge u. Steinwald, FoA Marktglöitz	Mf MG2 bis MG3 410-500 m ü. NN Lee	Schiefer-Braunerde 25° N/W-Hang	N= 745 mm T= 7,5 °C V= 217 Tage	GFI-WTA-Mb 102 Jahre	Probefläche
Utental 1998 MATTHÄI	Thüringer Gebirge, FoA Marktglöitz	Mf MG2 430-500 m ü. NN Lee	Schiefer-Braunerde 20° N/W-Hang	N= 745 mm T= 7,5 °C V= 217 Tage	GFI-WTA-Mb 102 Jahre	Probefläche 2 Parzellen (Ober- u. Unterhang)
Hölltal 1998 MATTHÄI	Thüringer Gebirge FoA Neuhaus	Mm MG3 720-680 m ü. NN Lee	Schiefer-Braunerde 15° S/SW-Hang	N= 838 mm T= 5,9 °C V= 194 Tage	GFI-WTA-GKI-Mb 49 u. 52/54 Jahre	Probefläche 2 Parzellen (gepflegt/ungepflegt)

N: durchschnittlicher Jahresniederschlag; T: mittlere Jahrestemperatur; V: Vegetationszeit (T>5° C); Altersangaben: Stand 2000
 Langfristige Vfl.: dauerhafte Versuchsanlage mit einzelstammweiser Kennzeichnung und Aufnahme

3 Ergebnisse

3.1 Geschichte

Zur geschichtlichen und aktuellen Situation der Weißtanne an ihrer nördlichen Arealgrenze in Thüringen und Sachsen ist im forstlichen Schrifttum und auch anderswo mehrfach berichtet worden. Wir möchten hier die bereits vielfach aufgezählten Ursachen für den Tannenrückgang nicht noch einmal „nachbeten“, um Abstumpfung zu vermeiden. Vielmehr wollen wir es an dieser Stelle mit einem Hinweis auf eine Erhebung des Instituts für Forstliche Ertragskunde Tharandt aus der Mitte der 1950er Jahre bewenden lassen, die den Weißtannenrückgang an ihrer Nordgrenze bis in die späten 80er Jahre des 20. Jahrhunderts treffend kennzeichnet. Die anhaltende Rückgängigkeit der Tanne wird durch diese Erhebung schlaglichtartig wie folgt beleuchtet: „.....“ (zitiert bei MEYER 1957, S. 848).

„Die Ta ist hier im übrigen seit 100 Jahren nur noch sporadisch vertreten und rückgängig Nach der letzten Bodenbenutzungserhebung vom Jahre 1937 betrug die Tannenfläche des Landes Sachsens noch 348 ha. Anfang 1955 war diese Tannenfläche einschließlich der auf reduzierte Fläche umgerechneten eingesprengten Ta auf 160 ha zurückgegangen, das sind 0,03 % der gesamten Holzbodenfläche Sachsens mit etwa 465.000 ha. Thüringen hatte 1937 noch 1.523 ha an Tannenfläche. Diese ist bis zum o.g. Zeitpunkt auf 550 ha zurückgegangen. Ihr Anteil an der Waldfläche Thüringens mit etwa 511.000 ha betrug nur noch 0,1%. Das bedeutet, dass die Ta am Nordrand schon seit einigen Jahrzehnten als Hauptholzart aus dem Walde ausgeschieden ist. Die bedauerliche Folge davon ist, dass die Wirtschaftler die Erfahrung über die Technik ihrer waldbaulichen Behandlung allmählich einbüßen und durch Misserfolge beim Anbau und, entmutigt durch die sichtbaren Rückgängigkeitserscheinungen, schließlich resignierend die Ta als abgeschriebene Holzart verbuchen. So etwa ist heute die Lage am Nordrand.“

Gegen solche und andere, ähnliche fatalistischen Einstellungen in der damaligen Zeit haben sich verantwortungsbewusste, engagierte thüringische Forstleute mit Wort und Tat bekannt und eingesetzt. Stellvertretend für sie seien die folgenden Namen genannt: FRIEDRICH HASELHUHN, HERMANN KRAUS, GÜNTHER WEISS, HUBERT MÜLLER, RAINER HAUPT sowie WOLFGANG HENKEL. Nicht zuletzt muss dazu auch noch HERMANN MEYER aus Sachsen mit genannt werden.

Die von JUNGKLAUS (1996) für das Dornthal sehr intensiv recherchierte geschichtliche Entwicklung der Weißtanne ist typisch für ganz Thüringen. Mit dem Übergang zur reinen Schlagwirtschaft war der Tannenrückgang im 18. und 19. Jahrhundert programmiert. Seit den 1930er Jahren des 20. Jahrhunderts erscheinen in den Bestandesbeschreibungen der Forsteinrichtung zunehmend Hinweise auf kränkelnde bzw. absterbende Tannen. Den Höhepunkt des rapiden Tannenabganges kann man zwischen 1965 bis 1975 datieren. Besonders betroffen war der Stangen- und schwache Baumholzbereich. Ältere Tannen zeigten meist nur noch wenige Nadeljahrgänge. Es wurden bereits seit den 30er Jahren kaum noch Tannen angebaut bzw. verjüngt. So fehlen heute vor allem die jungen und mittelalten Bestände. Die älteren Tannen zeigen nach einer gewissen Zeit der Stagnation in den letzten 15 bis 20 Jahren eine Erholung und Revitalisierung (siehe auch HENKEL 1995a, 1999b, 2000). Nach 1990 sind in Thüringen verstärkt Voranbauten meist unter einem Fichtenschirm eingebracht worden. Die sehr gut ankommende Naturverjüngung zeigt das mögliche Potential an Weißtannenmischungen. Allerdings führen waldbauliches Fehl-

verhalten und zu hohe Wilddichten häufig zum Verlust der Voranbauten und/oder Verjüngungen. Vergleichbare Untersuchungen von JOCHMANN (1999) in Sachsen zeigen, dass dies kein ausschließlich „Thüringer Problem“ ist.

3.2 Alter / Baumartenanteile

Die Ergebnisse der Aufnahmen aller Versuchsflächen sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Die Mehrzahl der Versuche (8 Flächen mit insgesamt 12 Parzellen) ist mit ca. 100-jährigen Altbeständen bestockt. Weitere 2 Flächen (5 Parzellen) wurden in mittelalten (ca. 50-jährigen) Bestockungen angelegt.

In den Versuchsflächen ist die Tanne zumeist mit Fichte (*Picea abies*) gemischt. Außerdem kommen zum Teil Kiefer (*Pinus sylvestris*) sowie mit geringen Anteilen Laubbaumarten (Bergahorn, Eberesche, Buche, Birke) als Mischbaumarten vor. Der Grundflächenanteil der Weißtanne schwankt je nach Parzelle zwischen 15% und 77%. Den höchsten Anteil (77%) hat sie auf der Parzelle I der Versuchsfläche Dornthal. Generell ist erkennbar, dass die Parzellen im Luv des Thüringer Gebirges höhere Weißtannenanteile als die Flächen in den Leegebieten haben.

3.3 Höhe / Bonität

Auch bei den ermittelten Bonitäten bestehen signifikante Unterschiede zwischen den „Luv-“ und „Leeflächen“. Die Weißtanne erreicht im Luv mit einer durchschnittlichen Mittelhöhenbonität von 30 bessere Wuchsleistungen. Mit zunehmenden Leeinfluss gehen die Bonitäten bis auf 24 zurück. Die geringste Bonität (21) erreicht die Weißtanne auf dem extrem steilen Südhang im Forstamt Marktgörlitz. In Thüringen (FEA 1998) wird auch die Tanne anhand der Fichtenertragstafel nach WENK *et al.* (1984) (M-System) bonitiert.

Der Vergleich der Höhenmittelwerte (siehe Tab. 2) beweist eindeutig die höhere Wuchsleistung der Fichte gegenüber der Tanne. In annähernd gleichaltrigen Fichten-Tannen-Mischbeständen ist die Fichte in ihrer Höhenleistung um etwa 3-6 m besser. Einzige Ausnahme bildet die Versuchsfläche „Maientännig“ mit einer geringeren (Fichte +1,8 m höher) Differenz zwischen Fichte und Tanne. Die Ursache dafür ist im Standort zu suchen. Das relativ geringe Niederschlagsangebot (s. Tab. 1) auf dem Muschelkalkplateau (Bodentyp: Terra fusca) kann die Tanne mit ihrem Wurzelsystem besser erschließen als die Fichte. Am Beispiel der Versuchsfläche „Ehnes“ zeigt sich, dass erst bei einem Wuchsvorsprung der Tanne von ca. 40 Jahren (im Alter 100 Jahre) Tanne und Fichte im Mittel gleich hoch sind.

3.4 Durchmesser

Die Differenzen im Mitteldurchmesser (vgl. Tab. 2) sind z.T. noch gravierender mit Unterschieden bis zu 15 cm. Sie sind vor allem dort so groß, wo die Pflege der Bestände vernachlässigt oder überhaupt nicht durchgeführt wurde (siehe z.B. „Mellenbach“).

Tab. 2: Ergebnisse (WTA/GFI) der Aufnahme aller Weißtannen-Versuchsflächen (TFS).
Results (silver fir/Norway spruce) of a survey of all silver fir experimental plots.

Versuchsfläche	Baumart	Alter (Jahre)	BA-Anteil (%)	Bonität	hg (m)	dg (cm)	N (Stück/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)
Mellenbach I „freie Hdf“	WTA	64	73	28	19,4	21,8	656	24	245
	GFI	55	17	36	25,8	35,8	56	6	68
	LBH	55	10	27	14,8	16,0	172	4	25
Mellenbach II B-Grad	GFI	55	54	36	25,8	35,9	468	21	252
	WTA	64	41	27	19,2	20,9	208	16	158
	LBH	55	5	28	15,3	17,6	76	2	14
Mellenbach III Null-Fläche	GFI	55	65	35	24,3	31,8	360	28	331
	WTA	64	32	27	18,8	19,2	484	14	134
	LBH	55	3	28	16,8	23,0	32	1	11
Dornthal I	WTA	115	77	29	30,1	42,1	196	27	396
	GFI	100	8	34	33,6	64,6	10	3	38
Dornthal II	WTA	115	68	29	28,6	39,0	241	29	409
	GFI	100	20	31	31,6	48,0	50	9	119
Grenztanne	GFI	90	78	33	31,8	42,9	169	24	366
	WTA	90	17	32	30,0	40,8	37	5	69
	RBU	90	5	26	23,8	36,1	11	1	15
Maientännig I Null-Fläche	GFI	99	88	28	28,2	33,3	416	36	483
	WTA	99	12	26	26,3	30,6	67	5	59
Maientännig II Durchforstung	GFI	99	80	26	25,5	30,7	382	28	349
	WTA	99	20	24	24,2	31,4	93	7	83
Buchleite I Hang	WTA	97	64	30	29,9	36,2	180	18	277
	GFI	97	36	34	33,1	38,2	92	11	160
Buchleite II Plateau	GFI	84	68	34	31,1	43,1	166	24	333
	WTA	84	32	30	26,2	35,1	120	12	152
Ehnes	WTA	97	46	30	29,0	37,7	150	18	250
	GFI	61	43	37	29,2	33,2	188	16	215
	LBH	97	11	1,0	27,5	27,5	38	4	58
Schwarzbach	GFI	112	39	27	27,0	33,3	122	10	125
	WTA	112	34	21	23,5	32,9	104	9	103
	GKI	112	27	23	24,0	33,9	78	7	78
Steinbachleite	GFI	100	72	31	31,0	39,3	213	26	375
	WTA	100	28	27	26,9	36,0	98	10	136
Utental I Oberhang	GFI	100	84	31	30,6	36,0	286	29	402
	WTA	100	16	25	24,7	30,1	74	5	65
Utental I Unterhang	GFI	100	84	29	29,0	37,7	298	33	428
	WTA	100	16	25	25,4	27,6	102	6	82
Hölltal I gepflegt	GFI	47	85	29	15,8	18,4	1.124	29	241
	WTA	47	15	26	12,3	14,3	320	5	34
Hölltal II ungepflegt	GFI	50	67	29	16,2	19,3	928	27	230
	WTA	52	22	24	12,3	14,2	604	10	65
	GKI	50	11	26	15,2	16,7	204	5	34

Die dargestellten Durchmesserverteilungen (Abb. 2 und Abb. 3) verdeutlichen diese Aussagen. Die Verteilungskurven der Tanne liegen in fast allen Parzellen im schwächeren Durchmesserbereich.

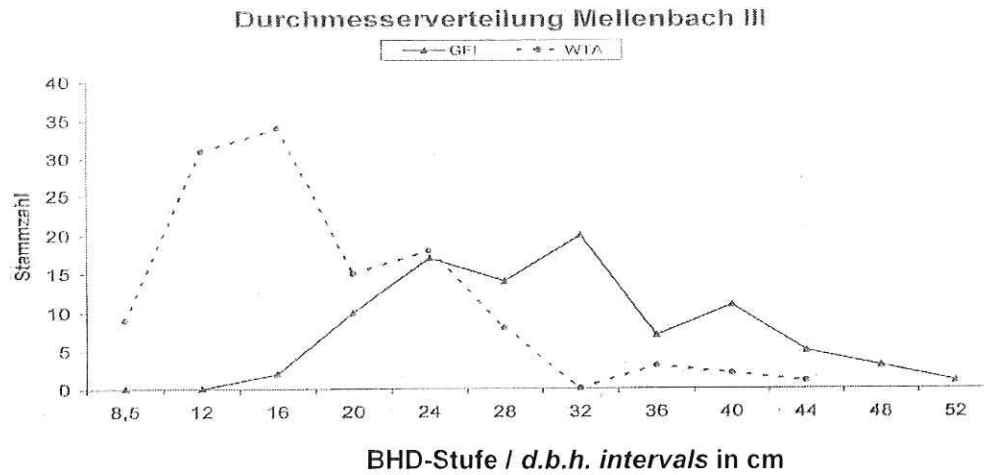


Abb. 2: Durchmesser- und Stammzahlverteilung der Versuchsfläche Mellenbach III (Nullfläche).
Fig. 2: Diameter distribution on the experimental plot Mellenbach III (reference plot).

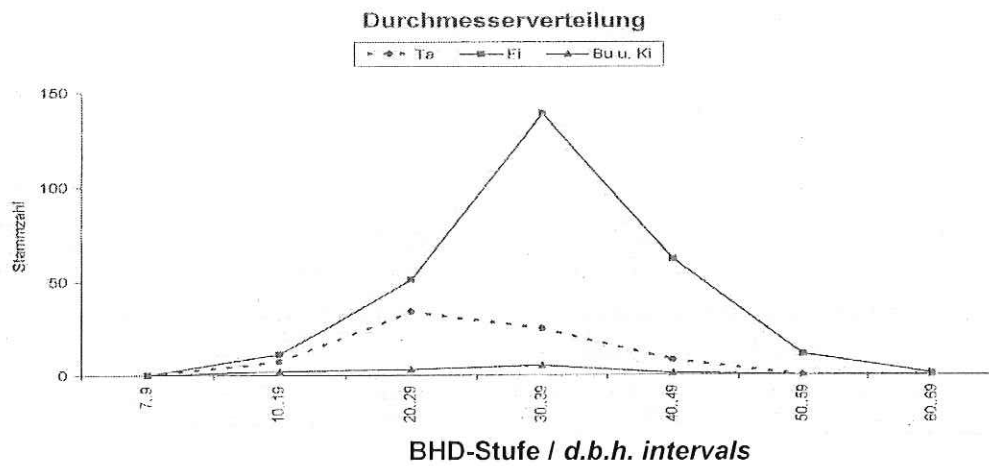


Abb. 3: Durchmesser- und Stammzahlverteilung der Probestfläche Utental.
Fig. 3: Diameter distribution on the experimental plots Utental.

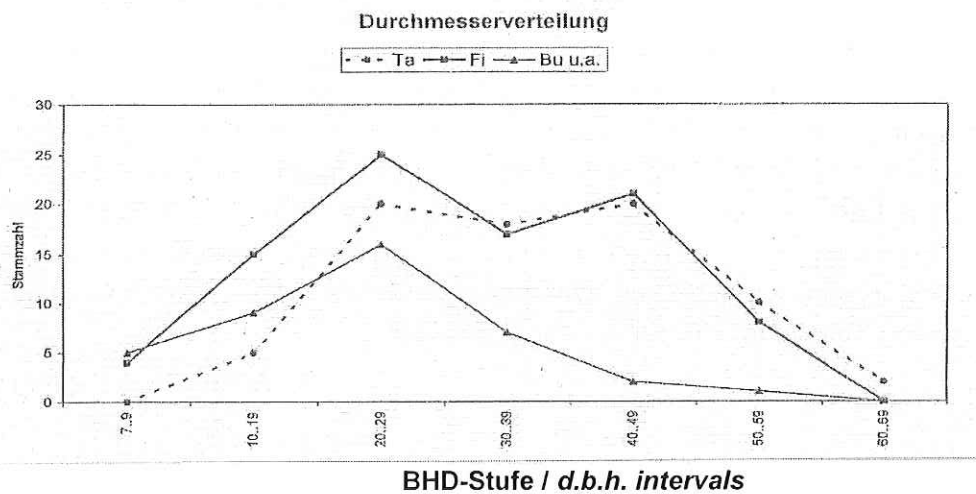


Abb. 4: Durchmesser- und Stammzahlverteilung der Probestfläche Ehnes (Luv).
Fig. 4: Diameter distribution on the experimental plot Ehnes (windward).

Tendenziell erkennbar ist jedoch, dass in den Beständen in Luvlagen die Unterschiede in der Lage der Verteilungskurven von Fichte und Tanne geringer sind, z.T. keine Unterschiede in der Lage mehr bestehen. In Abb. 4 wird das ganz deutlich, da hier zusätzlich der Altersvorsprung der Tanne zum Tragen kommt. In diesen Gebieten (Luv) erreicht die Weißtanne in 100 Jahren mittlere Durchmesser von ca. 40 cm. In gepflegten Beständen (siehe „Dornthal“) können Maximalwerte des Brusthöhendurchmessers von über 80 cm auftreten. Auch in Leegebieten sind Einzelstämme mit 60-70 cm BHD Weiser für das potentielle Leistungsvermögen dieser Baumart.

Die mittleren h/d-Verhältnisse der Bestände betragen sowohl für Fichte als auch Tanne ca. 0,7 bis 0,9. In den mittelalten Beständen, die bis zur Versuchsanlage ungepflegt waren, sind die Werte (unabhängig von der Baumart) am höchsten, liegen aber unter 1,0.

3.5 Grundfläche / Vorrat

Die ca. 100-jährigen Fichten-Tannen-Mischbestände haben mit Grundflächen zwischen 30 und 40 m²/ha immerhin Vorräte von 450 bis 550 m³/ha. Einzige Ausnahme ist der Fichten-Tannen-Kiefern-Bestand am Südhang („Schwarzbach“), der außerdem für eine Voranbaumaßnahme 1995 aufgelichtet wurde und einen Vorrat von ca. 300 m³/ha hat.

3.6 Zuwachs

Die wenigen Stammanalysen (jeweils 2 Fichten und 2 Tannen in den Versuchen „Mellenbach“ und „Dornthal“) sind sicher nicht ausreichend für eine Verallgemeinerung. Jedoch zeigen sie sehr eindrucksvoll, dass die Tanne bei ausreichend Lichtgenuss (vor allem zu erreichen durch Pflege!) die gleiche Wachstumsleistung wie die Fichte erreicht (Abb. 5a, b, c). Die zum Zeitpunkt der Fällung vorwüchsige Tanne („Dornthal“, Parzelle I, Nr. 271) weist ab einem Alter von 20 Jahren den annähernd gleichen Höhen- und Durchmesserwachstumsgang wie die ebenfalls vorwüchsige Fichte (Nr. 148) auf. Dagegen verdeutlicht Abb. 6, wie stark sich die leider noch viel zu oft in der Praxis anzutreffende Meinung, die Tanne müsste „dunkel“ stehen, im Volumenzuwachs auswirkt. Die abgebildete Entwicklung des Volumenzuwachses der vorwüchsigen Fichte („Mellenbach“ Nr. 232) und der von ihr unterdrückten Tanne (Nr. 233) bedarf sicher keiner weiteren Erläuterung.

In 7 Versuchen (d. h. alle außer „Mellenbach“, „Grenzanne“ und „Hölltal“) wurden an ca. 90 Fichten bzw. Tannen Radialzuwachsbohrungen durchgeführt. Der jährliche Durchmesserzuwachs der letzten 30 Jahre wird analysiert. Wenn hier auch nicht auf alle Einzelheiten eingegangen werden kann, so zeigen sowohl die Abb. 7 („Dornthal“) wie auch die Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10) (Vergleich der verschiedenen Flächen sowie der Baumarten mit Luv- und Leeinfluss) sehr deutlich den Effekt der Revitalisierung der Tannen in den letzten 15 bis 20 Jahren. Die heute etwa 100-jährigen Tannen erreichen immerhin durchschnittlich jährliche Durchmesserzuwächse von 4 mm bis 6 mm, die starken (>50 cm) Tannen im Dornthal sogar 8 mm/Jahr.

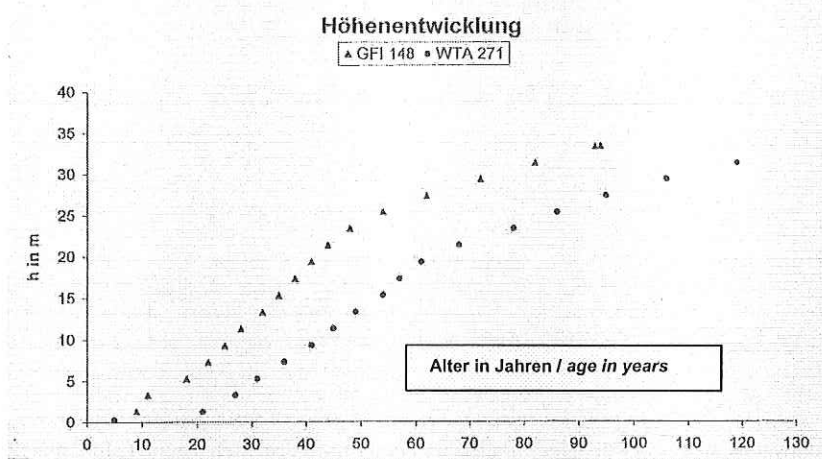


Abb. 5a: Höhenentwicklung einer Tanne und Fichte (Versuchsfläche Dornthal).

Fig. 5a: Height growth of a silver fir and a spruce tree (experimental plot Dornthal).

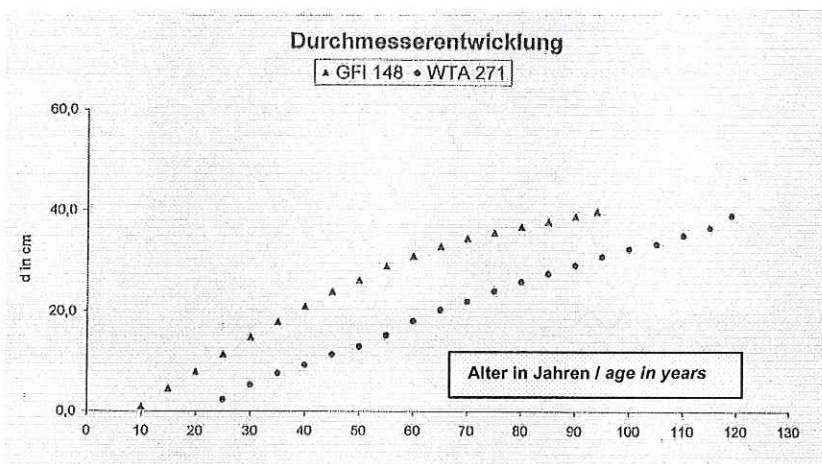


Abb. 5b: Durchmesserentwicklung einer Tanne und Fichte (Versuchsfläche. Dornthal).

Fig. 5b: Diameter development of a silver fir and a spruce tree (experimental plot Dornthal).

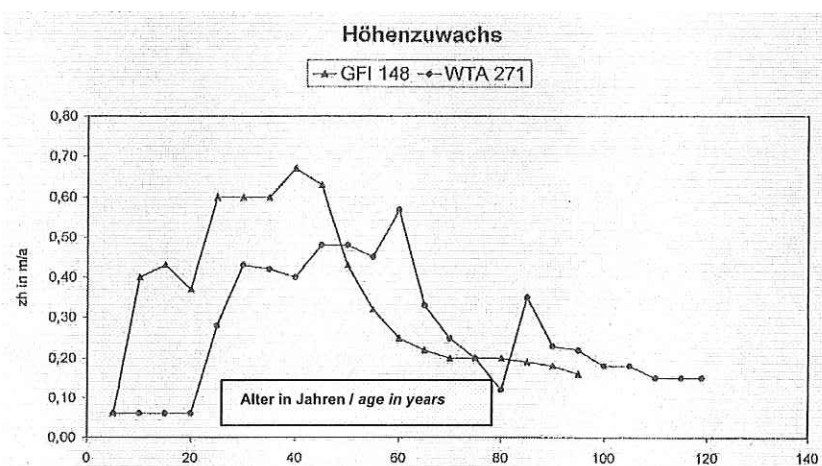


Abb. 5c: Durchschnittlich jährlicher Höhenzuwachs einer Tanne und Fichte (Versuchsfläche Dornthal).

Fig. 5c: Mean annual height growth of a silver fir and a spruce tree (experimental plot Dornthal).

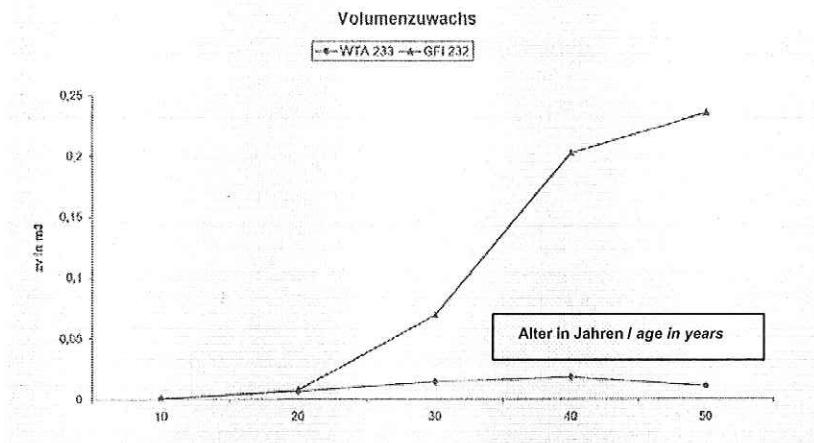


Abb. 6: Volumenzuwachs einer vorwüchsigen Fichte und einer unterdrückten Tanne (Mellenbach).
Fig. 6: Volume increment of a spruce leading in growth and a subordinate silver fir tree (Mellenbach).

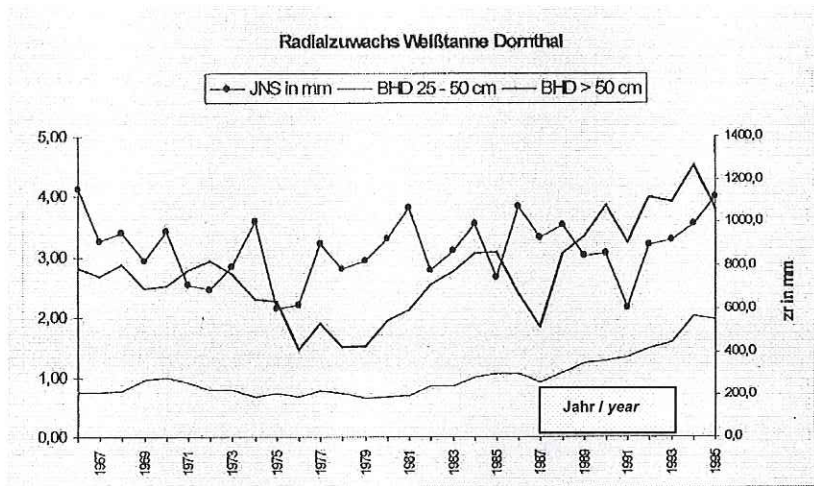


Abb. 7: Radialzuwachs der Tanne (Versuchsfläche Dornthal) und Jahresniederschlagssumme.
Fig. 7: Radial increment of silver fir (experimental plot Dornthal) and sum of annual precipitation.

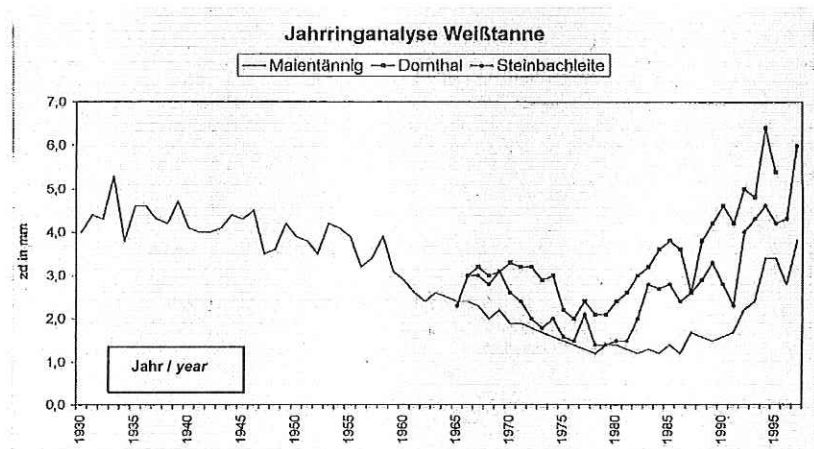


Abb. 8: Durchschnittlicher Durchmesserzuwachs der Weißtanne (verschiedene Versuchsflächen).
Fig. 8: Mean diameter increment of silver fir (different experimental plots).

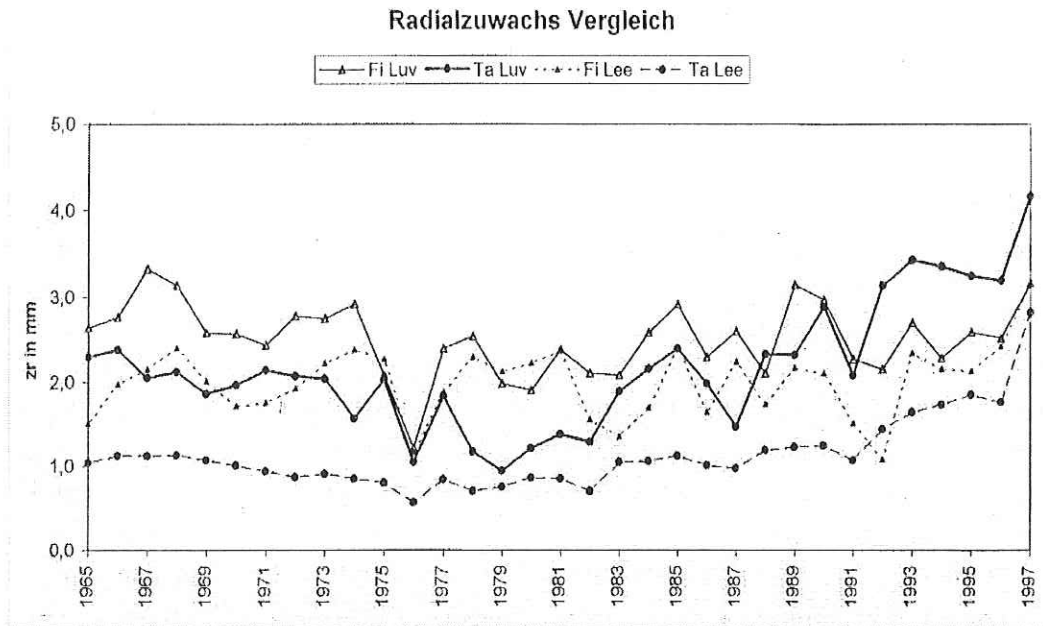


Abb. 9: Einfluss von Luv/Lee auf den Radialzuwachs der Tanne und Fichte (Matthäi 1999).

Fig. 9: Influence of windward / lee on the radial increment of spruce and silver fir (MATTHÄI 1999).

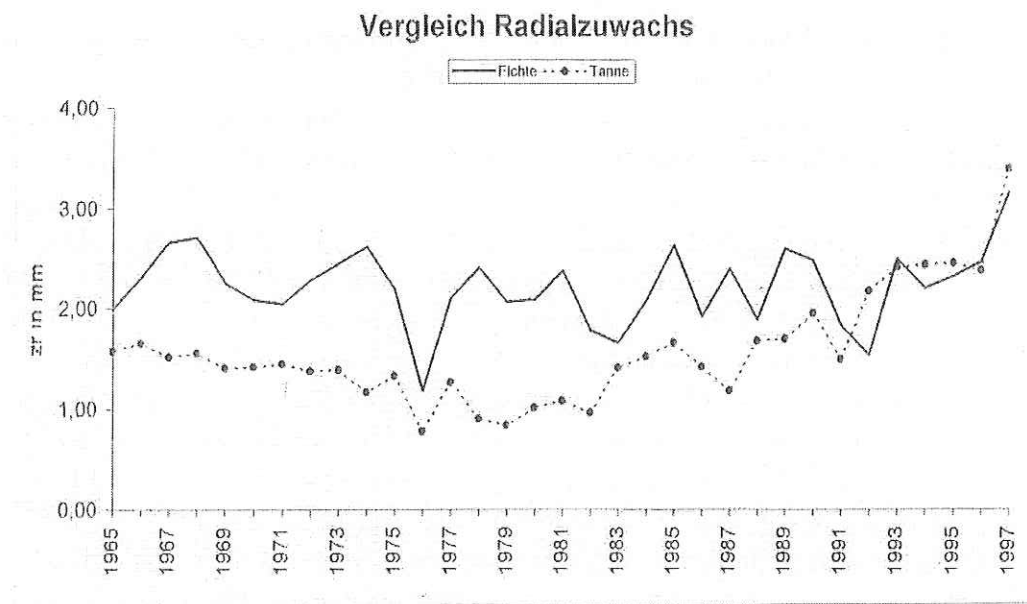


Abb. 10: Vergleich des Radialzuwachses von Fichte und Tanne; alle Probestellen (MATTHÄI 1999).

Fig. 10: Comparison between the radial increments of spruce and silver fir on all experimental plots (MATTHÄI 1999).

3.7 Vitalität / Kronenform

Die Weißtanneninventur (HENKEL 1995a) ergab, dass die häufigsten Kronenformen der Tanne in Thüringen die kurze Storchennestkrone bzw. die schmale Kegelkrone mit spitzem Wipfel mit jeweils ca. 30% sind. Die Untersuchungsergebnisse der Diplomanden sind zu unterschiedlich, um eine Verallgemeinerung vornehmen zu können. Alle Kronenformen treten auf. Die Ergebnisse bezüglich der Kronenlänge und –ausprägung lassen nur tendenzielle Aussagen zu. Die Weißtannen haben vor allem kurze bzw. mittellange Kronen und sind sowohl normal als auch eingeklemmt oder einseitig ausgeprägt (jeweils ca. 30%). Bei der Festlegung der Vitalitätsklassen werden die meisten Tannen (ca. 60%) in die Klasse „normal“ eingestuft. Die Ansprache des Gesundheitszustandes über Benadelungsstufen (nach WSE) zeigt, dass die Tannen i.d.R. schwach (Stufe 1) bis mittelstark (Stufe 2) geschädigt sind, wobei die Mehrzahl in den Bereich von 25% bis 35% Nadelverlust einzuordnen ist. Diese Erhebungen wurden nicht in allen Parzellen durchgeführt. Für Thüringen insgesamt hat HENKEL (1995a) detailliert gezeigt, dass mit zunehmendem Alter der Weißtanne die Nadelverluste höher sind. Als durchschnittliche Werte aller Tannen (außer der I. Altersklasse) entfallen nach baumbezogener Betrachtungsweise ca. 20% auf die Vitalitätsstufe 0, etwas weniger als 10% auf die Stufe 3 und jeweils ungefähr ein Drittel auf die Stufen 1 und 2. In Sachsen dagegen (LLAMAS GOMEZ & BRAUN 1995) sind 64% stark (Stufe 3) und 30% mittelstark (Stufe 2) geschädigt.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die schon in den 1960er und 70er Jahren für Thüringen (und auch Sachsen) totgesagte Baumart Weißtanne hat nicht nur den biotischen und abiotischen Faktoren getrotzt, sondern auch die Kahlschlagwirtschaft überlebt. In Thüringen gibt es nach der 1993 durchgeführten Tanneninventur (HENKEL 1995a) noch mindestens 90.000 mittelalte und alte Tannen sowie ca. 233.000 Tannen insgesamt. Ihre Vitalität hat sich in den letzten Jahren zunehmend gesteigert und ist besser als die der Fichte. Die verstärkte Wiedereinbringung über Voranbauten und Naturverjüngung seit Beginn der 90er Jahre lassen uns auf eine Erhöhung des Tannenanteiles hoffen. Die Frage der ausreichenden genetischen Variation/Vielfalt und damit der Anpassungsfähigkeit und Angepasstheit der Weißtanne Thüringens wurde dazu umfassend bearbeitet (u. a. HOSIUS 1994; BERGMANN 1996). Der größte Risikofaktor bei der Wiedereinbringung dieser wertvollen Baumart ist nach wie vor die überhöhte Wilddichte. Untersuchungen von HARTIG & LINDNER (1999) zur Wiedereinbringung der Weißtanne im Sächsischen Erzgebirge von 1957 bis 1985 mahnen die heutigen Enthusiasten zur Nüchternheit. Von den über eine halbe Million eingebrachten Tannen existieren heute lediglich 5%, wobei nur 1% ohne bzw. mit geringen Schäden aufzufinden ist. Zu ähnlichen – nachdenkenswertem - Ergebnissen kommt JOCHMANN (1999) in ihrer Diplomarbeit für die Voranbauten der 1990er Jahre in einem sächsischen Forstamt. Nur 50% der über Voranbauten eingebrachten Weißtannen sind nach nicht einmal 10 Jahren noch vorhanden.

Die Weißtanne ist jedoch neben der Schattenerträgnis vor allem wegen ihrer bodenpfleglichen, bestandesstabilisierenden und landeskulturellen Wirkung in unseren Wäldern nicht zu ersetzen. Insbesondere dann nicht, wenn die waldbauliche Zielsetzung der Landes-

forstverwaltung in strukturierten Mischbestockungen besteht. Oftmals ist die Weißtanne deshalb die Alternativbaumart. Ist sie es auch vom Ertrag? Dazu lagen bis 1994 fast keine Untersuchungen für Thüringen vor. Im Zusammenhang mit der Erstellung von Diplomarbeiten an der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg wurden in den letzten sechs Jahren vier langfristig zu beobachtende Weißtannen-Versuchsflächen und sechs Probestellen mit insgesamt 16 Parzellen angelegt und untersucht. Außerdem wurde 1996 die 1956 von MEYER angelegte Waldumbaufläche „Lindig“ des Institutes für Waldwachstum und Informatik Tharandt von SCHMIDT (1996) intensiv standorts- und waldwachstumskundlich bearbeitet. Die ausgewählten Fichten-Tannen-Mischbestände sind in den meisten Fällen ca. 100 Jahre alt. Die Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahmen des Oberstandes sowie der Vitalitäts- und Kronenansprachen werden im Überblick dargestellt. Die Wuchsleistung der Weißtannenbestände ist stark von ihrer Lage zum Thüringer Gebirge (Luv-/Leeeffekt) geprägt. Die Weißtanne erreicht im Alter von ca. 100 Jahren in den Fichten-Tannen-Mischbeständen im Luv des Thüringer Waldes bei Mittelhöhenbonitäten von 30 (II. Bon.) Mitteldurchmessern (dg) von ca. 40 cm sowie Vorräte von 450-550 m³/ha. Einzelstammdimensionen von 70 cm bis über 80 cm sind in den Luvgebieten möglich. Die Bestände im Lee sind (etwa im Alter von 100 Jahren) durchschnittlich etwa 3-6 m niedriger und bis zu 15 cm schwächer im Mittelstamm.

Die Volumenleistungen der Tanne am Nordrand (vgl. auch MEYER 1957) sind selbstverständlich nicht so ohne weiteres vergleichbar mit denen im Tannenoptimum in süddeutschen Regionen. Die waldbauliche Ausgangslage ist in Sachsen und Thüringen eine andere. Die Verhältnisse sind ungünstiger. Hierauf hatte auch bereits MEYER (1957) hingewiesen: „Wo hier genügend Niederschläge fallen, fehlt die notwendige Wärme. Wo Wärme ein Optimumfaktor ist, mangelt es an Niederschlägen. Das Makroklima ist rauer, die Sonnenscheindauer geringer.“ Deshalb beansprucht die Tanne zu hohen Wachstumsleistungen am Nordrand mehr Wärme. Und mehr Wärme bedeutet waldbaulich mehr Licht, weniger Schatten bei ihrer Bestandenserziehung. Auch das ist nicht neu, sondern hierauf wurde ebenfalls schon mehrfach hingewiesen (HENKEL 1993b, 1995a, 1996a, 1999a; ANONYMUS 2000; ESCHER 2000, HERING & EISENHAUER 2001b, u.a.). Man fragt sich nur, wann wird dies in der forstlichen Praxis nun endlich einmal überall praktiziert? Das kann und darf doch nicht allein der Natur / allein dem Schirm überlassen werden. Zu beachten ist noch, dass es sich hier im wesentlichen um Gleichschlussbestände handelt mit m.o.w. starker Beeinträchtigung der Tannenkronen durch die Fichtenkronen im Gegensatz zu süddeutschen Plenterwaldbeständen. Leider ist die Vorgeschichte der thüringischen Bestände nicht mehr lückenlos nachzuvollziehen.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit, so auch MEYER (1957) werden mit einer plenterwald- und / oder femelartigen Behandlung größere waldbauliche Erfolge, d.h. gleichfalls höhere Wuchsleistungen mit der Tanne am Nordrand noch zu erzielen sein.

Die anhand von Stamm- und Bohrspananalysen ermittelten Radialzuwächse dieser Baumart steigen seit Beginn der 1980er Jahre wieder auf ein sehr hohes Niveau an. Die von HENKEL (1995a, 1999b, 2000) angesprochene und von den Diplomanden anhand durchgeführter Kronenansprachen bestätigte Revitalisierung der Tanne ist damit auch im Zuwachsverhalten nachweisbar. Gleichzeitig zeigen die Auswertungen der Kronenansprache, dass die Tanne vielfältig in ihrer Kronenform und -ausprägung ist. Sehr häufig ist zu beobachten, dass die Tanne nicht nur dem Wild, sondern auch der Dunkelheit (im Irrglauben, sie muss unbedingt im Schatten stehen) „geopfert“ wird. Hinzu kommt, dass

das Fällen einer Tanne zugunsten einer anderen „nicht übers Herz gebracht wird“. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass aktiver Schutz und Erhalt der Baumart Weißtanne durch pflegende Eingriffe in der forstlichen Praxis sinnvoll, ja für sie hier existenznotwendig sind.

Dazu erscheint die Herleitung ökologischer Wachstumsmodelle/Wuchsreihen z.B. nach LOCKOW (2000) auch für die Bewirtschaftung der Weißtanne gerade in Thüringen zweckmäßig, ja unerlässlich als objektive Entscheidungshilfen für die Praxis zum vorgesehenen Waldumbau (Optimalstandorte für nachhaltige Weißtannenwirtschaft und forstliche Anbaugrenzen dieser Baumart, Durchforstungsempfehlungen u.a.m.). Sie haben sicherlich überdies weitreichend betriebswirtschaftliche Auswirkungen, wenn auch die Tanne am Nordrand ihre Hauptbedeutung als „**Korsettstange**“ hier auf den ihr zusagenden Standorten in den Bergmischwäldern wieder erhalten soll.

5 Literaturverzeichnis

- ANONYMUS (2000):** Empfehlungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 22, 49 Seiten.
- BECKER, A. (2001):** Die Wiedereinbringung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in die Hintere Sächsische Schweiz. Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- BRAUN, H. & LLAMAS GOMEZ, L. (1994):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Sachsen. *Der Wald, Berlin*, 44(11), pp.387–392.
- EHRLING, B. (1994):** Anlage einer langfristigen ertragskundlich-waldbaulichen Versuchsfläche aus Gemeiner Fichte (*Picea abies* (L.) KARSTEN) und Weißtanne (*Abies alba* MILL.). – Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- ESCHER, A. (2000):** Auswertung eines Weißtannen-Provenienzversuches im Beginn des Dickungsstadiums im Erzgebirge. TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Diplomarbeit.
- HARTIG, M. & LINDNER, H (1999):** Weißtanne im Sächsischen Erzgebirge. *AFZ/Der Wald*, Heft 1/99, pp.8-11.
- HENKEL, W. (1993a):** Tanne in Thüringen. Der Thüringer Waldumbau braucht ein Tannennachzuchtprogramm. *Der Wald, Berlin*, 43(11), pp.370–371.
- HENKEL, W. (1993b):** Bedeutung und Verbreitung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Thüringen. In: Jahresbericht des Thüringer Forstvereins e.V. für das Jahr 1992. Mitteilungen des Thüringer Forstvereins e.V. 5.
- HENKEL, W. (1995a):** Zur Situation der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) an ihrer nördlichen Arealgrenze im Freistaat Thüringen. – Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha, Heft 8/1995.
- HENKEL, W. (1995b):** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) im Freistaat Thüringen (Deutschland). In: Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannensymposiums der WP 1.01-08 (alt), WP 1.05-16 (neu), 1995, pp.164-166.
- HENKEL, W. (1996a):** Einführung in das Tagungsthema des Tannenkolloquiums am 30./31.05.1996 in Schwarzburg. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha, Heft11/1996, pp.49-55.

- HENKEL, W. (1996b):** Die Weißtanne in Thüringen – Tannenkolloquium. *AFZ/Der Wald*, 19/1996, pp.1042-1046.
- HENKEL, W. (1999a):** Optimierung des Weißtannen-Verjüngungsbetriebes in Thüringen. *AFZ/Der Wald*, Heft 1/99, pp.12–15.
- HENKEL, W. (1999b):** Das Phänomen der Auto-Revitalisierung der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) – dargestellt an Kronenbildern. Mitteilungen des Thüringer Forstvereins e.V., Sonderdruck 3/1999, pp.59–70.
- HENKEL, W. (2000):** Beobachtungen zur Auto-Revitalisierung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.). Proceedings of the 9th International European Silver Fir Symposium, May 21-26, 2000 in Skopje (Republic of Macedonia), pp.12–19.
- HENKEL, W.; KONNERT, M. & HOSIUS, B. (1997):** Genetische Untersuchungen an der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Thüringen mit waldbaulichen Konsequenzen. In: Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums. Schriften aus der IUFRO und der Forsttechnischen Universität Sofia 1997, pp.37–52.
- HERING, S. & EISENHAUER, D.-R. (2001a):** Wiedereinbringung der Weißtanne. *AFZ/Der Wald*, Heft 22/2001, pp.1157-1159.
- HERING, S. & EISENHAUER, D.-R. (2001b):** Wachstum und Vitalität der Weißtanne in Mittelgebirgslagen Sachsens. *AFZ/Der Wald*, Heft 22/2001, pp.1161-1164.
- HOSIUS, B. & LEINEMANN, L. (1998):** Biochemisch-genetische Analysen an ausgewählten Saatgutbeständen der Weißtanne in Thüringen mit dem Ziel der Herkunftszertifizierung und Feststellung der Zugehörigkeit zur „Thüringer Lokalrasse“. Abschlussbericht zum Projekt, unveröffentlichtes Manuskript.
- JOCHMANN, CH. (1999):** Untersuchungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) im Sächsischen Forstamt Bärenfels – Zustandanalyse 2-7-jähriger Voranbauten. Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- JUNGKLAUS, B. (1996):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) auf dem Dornthal, Anlage einer langfristigen ertragskundlich-waldbaulichen Versuchsfläche. Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- KONNERT, M. (1995):** Genetische Untersuchungen in Weißtannenvorkommen (*Abies alba* MILL.) aus Thüringen. Interner Untersuchungsbericht der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei (unveröffentlicht).
- LINDNER, H. (1997):** Waldbauliche Analyse von Maßnahmen zur Einbringung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) im Westerzgebirge von 1952 bis 1990. TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Diplomarbeit.
- LLAMAS GOMEZ, L. & BRAUN, H. (1995):** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung ihrer genetischen Konstitution. In: Genetik und Waldbau der Weißtanne, Teil 1. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 5/95, pp.5-19.
- LOCKOW, K.-W. (2000):** Möglichkeiten und Grenzen der Strukturierung naturnaher Waldaufbauformen auf der Grundlage ökologischer Wuchsreihen von Eiche/Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland. Forschungsvorhaben im Rahmen des Programms der Bundesregierung „Forschung für die Umwelt“. Teilbereich: Zukunftsorientierte Waldwirtschaft, Landesforstanstalt Eberswalde, Dezernat Waldwachstum.
- MAGDON, M. (2001):** Untersuchungen zur Verjüngung der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) im Thüringer Forstamt Marktgölitz. Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.

- MATTHÄI, M. (2001):** Ertragskundliche Untersuchungen in Fichten-Tannen-Mischbeständen in Thüringen. Schwarzburg. Fachhochschule für Forstwirtschaft. Diplomarbeit.
- MEYER, H. (1957):** Analyse eines Tannen-Fichten-(Buchen)-Gleichschlussbestandes an der Nordgrenze seines Naturareals. *Archiv für Forstwesen*, 11/12, pp.848-860.
- MÜLLER, H. (1985):** Die Weißtanne (*Abies alba* MILL.) im Schwarzatal. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen*, Nr. 22, pp.57–65.
- NICKE, A. (2000):** Das Wachstum der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Thüringen. Vortrag zur Tagung „Waldwachstum“ im Juni 2000 in Kaiserslautern. DVFFA. Sektion Ertragskunde.
- SCHMIDT, CH. (1996):** Strukturanalyse und Wurzeluntersuchungen in der Waldaufbau-Versuchsfläche „Wulst“ (FoA Neuhaus/Rennweg). Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- SPENGLER, O. (1997):** Untersuchungen der Weißtannennaturverjüngung eines Mischbestandes mit autochthonem Tannenvorkommen (*Abies alba* MILL.) im Revier Schmiedefeld. Schwarzburg, Fachhochschule für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- WICKEL, A. (1995):** Waldbauliche Strategien zur Wiedereinbringung der Weißtanne in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Graupa. Heft 5/95, pp.70–74.

Anschriften des Autors und der Autorin:

Dr. Wolfgang Henkel

Lowetscher Strasse 1/0505

D-99089 Erfurt

fon & fax: +49-361-7 92 23 02

Dr. Henkel war bis zu seiner Pensionierung am 31. Mai 1996 Waldbaureferent in der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei in Gotha (Thüringen).

Prof. Dr. Anka Nicke

Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft

D-07427 Schwarzburg

Dozentur für Forstvermessung, Holzmesskunde, Waldwachstum und Forsteinrichtung

e-mail: fh-schwarzburg@forst.thueringen.de

Development-productive characteristics of even-aged fir stands in the most represented forest types on Mt. Goč

STANIŠA BANKOVIĆ, MILAN MEDAREVIĆ,
DAMJAN PANTIĆ & NENAD PETROVIĆ

Keywords: Development, productivity, even-aged stands, fir, Mt. Goč

Abstract

The production potential of even-aged fir stands was studied in the most represented forest types on Goč. The productivity of these stands is very high – especially forest type 701 (at the age of 123 years, even-aged fir stand reached the volume of 823.1 m³/ha and current volume increment of 18.6 m³/ha) and forest type 705 (at the age of 130 years, even-aged fir stand reached the volume of 846.6 m³/ha and current volume increment of 17.5 m³/ha). Based on the production potential of the site and the achieved values of the main production parameters, the rotation of even-aged fir stands should range between 120 and 150 years, depending on the typology.

Schlagwörter: Entwicklung, Produktivität, gleichaltrige Bestände, Tanne, Goč

Zusammenfassung:

Titel des Beitrags: Entwicklungsproduktive Eigenschaften von gleichaltrigen Tannenbeständen in den auf Mt. Goč meistvertretenen Waldtypen.

Das Produktionspotenzial von gleichaltrigen Beständen wurde in den am Goč am häufigsten vertretenen Waldtypen untersucht. Die Leistungsfähigkeit dieser Bestände ist sehr hoch – insbesondere Waldtyp 701 (im Alter 123 Jahre, gleichaltriger Tannenbestand erreichte einen Vorrat von 803,1 m³/ha mit einem derzeitigen Zuwachs von 18,6 m³/ha) und Waldtyp 705 (Alter 130, gleichaltriger Tannenbestand erzielte einen Vorrat von 846,6 m³/ha mit einem gegenwärtigen Zuwachs von 17,5 m³/ha). Auf der Grundlage des Produktionspotenzials des Standorts und den erzielten Werten der Hauptproduktionsparameter sollte die Umtriebszeit von gleichaltrigen Tannenbeständen zwischen 120 und 150 Jahren entsprechend der Typeneinteilung liegen.

1 Introduction

Pure fir stands within the Goč-Gvozdac forests of the Faculty of Forestry differ significantly by their structural characteristics, although they are all of the same (virgin forest) origin, as reported by several authors (MILOJOVIĆ & MIRKOVIĆ 1955; MILOJKOVIĆ 1959; MILOJKOVIĆ *et al.* 1991; BANKOVIĆ 1971; JOVIĆ *et al.* 1991, 1994). Their different structural characteristics mainly point to two cases:

- natural stands with a structure similar to even-aged stands, and
- natural stands with a structure similar to selection stands.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.231-237.

The differences in the stand internal structure, without anthropogenic interventions, occur very often in nature, primarily as the consequence of the differences between the regeneration methods of virgin forest types. *"It is known that virgin forests undergo the phases of development, so the main cause of different structural characteristics of the stands of virgin forest origin must be searched in the methods of their regeneration and development"* (MILOJKOVIĆ 1959.).

In natural stands, the complete regeneration of tracts often comes after some natural catastrophes. In these cases, even-aged stands are formed with equal structure and age. The occurrence of even-aged stands on small tracts was also recorded in the Faculty of Forestry forests "Goč-Gvozdac".

2 Problem

The research of structural and development and production characteristics of even-aged (pure or mixed) fir stands has not been sufficiently paid attention to so far. The study of the above characteristics of even-aged fir stands will enhance the knowledge on the biological characteristics of this tree species. The differences between the (spatial) conditions of tree development in even-aged stands and selection (all-aged) stands show that it is justified to study separately the structural and development-production characteristics of this stand form.

The study and the definition of forest types, as the bio-ecological base of modern forest planning and management, along with ecological characteristics, must also include the development-productive characteristics of the stands and trees of autochthonous species. The typological study of the Mt. Goč forests was mainly performed in all-aged stands of fir and beech. The study of development-production characteristics of even-aged stands will supplement the already performed typological investigations of all-aged fir and beech stands on Goč.

The thorough knowledge of all the significant characteristics of the basic classification units (forest types) is the necessary base of modern forest planning and management. This includes primarily: optimal stand form; mixture proportions (final proportion and the proportion during the stand development); the relations of the main species and the associate tree species during the stand development; optimal size, structure, value, and stability of wood volume production; as well as other characteristics significant for the realization of biologically and economically optimal production of wood volume.

To get the reliable solutions of the above very significant issues, it is necessary to study and monitor the relation between the realized timber volume and production effects and the decision on the length of rotation of all forest types which include even-aged fir stands.

3 Results

The results of monitoring and recording the changes of even-aged fir stands development and productivity on permanent sample plots¹ will be presented separately per forest types (from the superior to the inferior, but it should be noted that their rank was determined based on ecological-production parameters of fir and beech all-aged selection stands).

3.1 701 - Fir and beech (*Abieti-fagetum typicum*) forest type on deep to very deep acid brown soils on granodiorites and quartz-diorites

The results of ecological study and the hypothesised production potential of the soil under this forest type are confirmed by the basic development-productivity parameters on the permanent sample plot **SPP XXVII/c**:

Tab. 1: Permanent sample plot SPP XXVII/c.
Dauerbeobachtungsfläche SPP XXVII/c.

T	dg	hg	Dg	Hg	V	∑v	Iv	piv
God	cm	m	cm	m	m ³	m ³	m ³	%
100	32.6	25.7	56.2	31.5	518.2			
						39.6	15.4	2.4
110	37.8	27.4	60.4	32.8	636.2			
						34.3	19.5	2.6
118	42.3	29.6	63.7	34.0	754.3			
						24.2	18.6	2.3
123	45.3	30.3	65.0	34.9	823.1			

Legend:

- T** age,
- Dg** mean stand diameter per basal area,
- Hg** mean stand height per basal area,
- Dg** mean stand diameter per basal area of 20% largest-diameter trees,
- Hg** mean stand height per basal area of 20% largest-diameter trees,
- V** volume stands per 1 ha,
- ∑v** volume of felled trees between two measurements,
- Iv** current volume increment per 1 ha,
- piv** volume increment percentage

The data recorded on the above permanent sample plot offer the elements for the following conclusions:

- Production parameters indicate that the even-aged fir stand in this forest type achieves a high level of timber production (it should be emphasised that at the age of 123 years, current volume increment reaches 18.6 m³/ha).

¹ The main ecological-productive characteristics of the permanent sample plots and their typological classification were reported by BANKOVIĆ (1981) and JOVIĆ *et al.* (1985).

- The presented data confirm the conclusions of the previous research of selection fir and beech stands in this forest type (JOVIĆ *et al.* 1991) that the production potential on this site is optimally utilised at a very high standing volume.
- The comparison of the productive parameters of this even-aged stand with those in selection stands of this forest type shows a considerable similarity (on the permanent sample plot **SPP XXVIII** the volume at the last measurement amounted to 765.2 m³/ha, current volume increment 15.7 m³/ha, volume increment percentage 2.0%, and on the permanent sample plot **SPP XXVII/b** the volume at the last measurement was 16.9 m³/ha, current volume increment 14.7 m³/ha, volume increment percentage 1.7%).
- The considerable values of major production parameters (current volume increment and increment percentage) show that the rotation in this forest type should be longer than 130 years (further study of this even-aged stand development should show at which age fir increment potential decreases, *i.e.* the optimal rotation of fir from the aspect of productivity in this forest type).

3.2 705 - Fir and beech (*Abieti-Fagetum pauperum*) forest type on deep to very deep acid brown soils on schists and contact metamorphic rocks

By its ecological characteristics, the site productivity of this forest type should be lower than the previously analyzed forest type. This is indicated by the data of the comparative study of the selection stand production characteristics (JOVIĆ. *et al.* 1985). However, in even-aged fir stands, both forest types have very similar production parameters which is indicated by the study data of the stand on permanent sample plot **SPP I**:

Tab. 2: Permanent sample plot SPP I
Dauerbeobachtungsfläche SSP 1.

T	dg	hg	Dg	Hg	V	Σv	Iv	piv
god	cm	m	cm	m	m ³	m ³	m ³	%
104	32.4	25.8	48.0	29.2	567.0			
						7.6	22.0	3.4
108	34.4	27.4	50.1	29.9	647.4			
						34.3	19.2	2.4
118	39.9	31.0	60.3	33.7	805.1			
						168.5	17.5	1.8
130	47.0	33.6	63.3	35.3	846.6			

Based on the above data, it can be concluded as follows:

- Production parameters indicate that even-aged fir stand in this forest type achieves a high level of timber production.
- In general, according to production potentials (the values of volume and volume increment in the compared stands), the even-aged fir stand in this forest type is not inferior than in the previous forest type (the only difference between these two forest types is that in the previous forest type, at the age of 123 years, there is still a tendency

of current volume increment increase, and in this forest type, after the maximum in the period between the ages of 104 and 108 years, current volume increment decreases).

- Even-aged stand has a higher productivity than the selection stands in this forest type (on the permanent sample plot **SPP XX**, the volume at the last measurement was 698.1 m³/ha, current volume increment 15.0 m³/ha and volume increment percentage 2.1%, and on permanent sample plot **SPP XIX** the volume at the last measurement was 698.1 m³/ha, current volume increment 18.8 m³/ha and volume increment percentage 2.7%).
- The high values of the basic production parameters (current volume increment and the percentage of volume increment) at the age of 130 years indicate that the rotation in this forest type should not be shorter than 130 years.

3.3 721 - Fir and beech (*Abieti-Fagetum drymetosum*) forest type on humus siliceous and shallow acidic brown soils on schists and metamorphic rocks

Site productivity of this forest type, assessed based on the data on production characteristics of the study even-aged stand in the permanent sample plot **SPP XXX**, is considerably lower compared to the previously analysed forest types:

Tab. 3: Permanent sample plot SPP XXX.
Dauerbeobachtungsfläche SSP XXX.

T	dg	hg	Dg	Hg	V	Σv	Iv	piv
god	cm	m	cm	m	m ³	m ³	m ³	%
105	28.3	22.0	41.6	26.6	467.5	60.3	11.9	2.3
115	31.2	23.4	45.0	28.8	526.2	43.6	10.1	1.8
123	32.9	24.1	48.2	29.6	563.4	23.2	9.3	1.6
128	33.6	24.9	50.0	30.1	586.7			

Based on the above tabular data, we can conclude as follows:

- In the conditions of full stock, even-aged fir stand in this forest type still attains a high level of production.
- Selection stands have higher productivity than even-aged stands in this forest type (the volume at the last measurement on permanent sample plot **SPP II** was 693.4 m³/ha, current volume increment 16,5 m³/ha, volume increment percentage 2.4%).
- Based on site productivity and the attained values of the main production parameters, rotation in even-aged fir stands in this forest type should be about 130 years.

3.4 728 - Fir and beech (*Abieti-Fagetum serpentinicum typicum*) forest type on typical brownish soils and on skeletal brown soils on serpentinite

Site productivity of this forest type is considerably lower than compared to the previously presented forest type. This is shown by the study data of the even-aged stands on permanent sample plot **SPP XXIX**.

Tab. 4: Permanent sample plot SPP XXIX.
Dauerbeobachtungsfläche SPP XXIX.

T	dg	hg	Dg	Hg	V	Σv	Iv	piv
god	cm	m	cm	m	m ³	m ³	m ³	%
110	23.1	17.8	37.6	24.1	298.8			
						5.8	8.8	2.3
120	25.2	18.4	40.5	25.3	381.0			
						-	8.2	1.8
128	26.9	18.9	43.2	25.9	446.6			
						-	7.5	1.6
133	27.5	19.4	44.1	26.2	484.1			

The above data, along with the site production potential, lead to the following conclusion:

- Site production potential of even-aged fir stand in this forest type is almost twice lower compared to the former two forest types, and about 20% lower than the previous type.
- Even-aged stands have higher productivity than selection stands in this forest type (the volume at the last measurement on permanent sample plot **SPP XXIV** was 409.7 m³/ha, current volume increment 9.2 m³/ha, volume increment percentage 2.2%).
- Based on site productivity and the attained values of the main production parameters, rotation in even-aged fir stands in this forest type should be about 130 years. The protective character of these forests must be born in mind.

3.5 729 - Fir and beech (*Abieti-Fagetum quercetum daleschamphi*) forest type on skeletal brown soil on serpentinite

The wide range of productivity of this forest type is shown by the data of the study even-aged fir stand on the permanent sample plot **SPP XXV** (it grows on the upper limit of this tree species range on brown soils on serpentinite).

Tab. 5: Permanent sample plot SPP XXV.
Dauerbeobachtungsfläche SPP XXV.

T	dg	hg	Dg	Hg	V	Σv	Iv	piv
god	cm	m	cm	m	m ³	m ³	m ³	%
100	20.2	14.7	31.0	19.6	224.5			
						16.7	5.3	2.0
110	21.3	15.6	33.0	21.1	260.8			
						4.8	4.8	1.6
118	21.9	16.2	34.5	22.4	294.4			
						-	4.4	1.4
123	22.1	16.7	35.2	23.0	316.4			

4 References

- JOVIĆ, D. *et al* (1992):** Šumski fond Srbije. Sumarstvo i prerada drveta u Srbiji kroz vekove, SNTM.. Beograd.
- JOVANOVIĆ, B. & JOVIĆ, N. (1981):** Osnovne sumsko-ekoloske-proizvodne celine u Srbiji i kompleksi tipova suma Srbije, Beograd.
- MISIĆ, V. & POPOVIĆ, M. (1954):** Bukove i smrceve sume Kopaonika-prethodno saopštenje ,Arhiv bioloskih nauka 6 (1-2), Beograd.
- MISIĆ, V. & JOVANOVIĆ, B. (1983):** Mesovite sume bukve, jele i smrce(Piceeto-abietifagetum mesiacum sl.): u Srbiji i njen znacaj. Zastita prirode 36, Beograd.
- JOVIĆ, N. & TOMIĆ, Z. (1980):** Ekolosko bioloska i razvojno proizvodna (tipoloska) klasifikacija suma i sumskih stanista nacionalnog parka Kopaonik ,Priroda Kopaonika –zastita i koriscenje, zbornik radova, institut za turizam PMF, Beograd.
- JOVIĆ, D.; BANKOVIĆ, S. & MEDAREVIĆ, M. (1991):** Proizvodne mogucnosti jele i bukve u najzastupljenijim tipovima na planini Goc, Glasnik Sumarskog fakulteta br.73., Beograd.
- MEDAREVIĆ, M.; BANKOVIĆ, S. & PANTIĆ, D. (2001):** Stanje suma nacionalnim parkovima Srbije, Zastita prirode 53/1, Zavod za zastitu prirode Srbije, Beograd.
- GAJIĆ, M. *et al* (1992):** Vegetcija nacionalnog parka Tara, Nacionalni park Tara, Bajina Basta.
- MILOJKOVIĆ, D. (1962):** Jedna nova metoda kontrolne metode ,Glasnik Sumarskog fakulteta br.26, Beograd.

Address of the authors:

Staniša Banković, D.Sc.; Milan Medarević, D.Sc.; Damjan Pantić, M.Sc. and Nenad Petrović, B.Sc.

University of Beograd, Faculty of Forestry
Kneza Visaslava 1
YU-11030 Beograd (Serbia and Montenegro)

e-mail: npet20@ptt.yu

Changes in the structure of the virgin forest preserve Trstionica¹

DALIBOR BALLIAN & TODOR MIKIĆ

Keywords: Virgin forest Trstionica, Bosnia-Herzegovina, Dinaric Alps, tree species distribution, succession, growing stock, management plan

Abstract

Maintaining the virgin forests still present and their study allow a better and safer management of the nature forests in Bosnia and Herzegovina that are important for forest economic purposes. The virgin forest Trstionica under study belongs to the European beech-silver fir-Norway spruce forest community (*Piceo-Abieti-Fagetum*), which is the most spread forest community in the Dinaric Alps region (*Piceo-Abieti-Fagetum*). According to the vegetation-ecological subdivision of Bosnia and Herzegovina, this virgin forest is located in the interior Dinaric Alps, in the Eastern Bosnian plateau, region Ozren–Okruglica. For the virgin forest under study we presented the portioning of the growing stock and the number of trees per hectare at four surveying dates in the past 39 years (1963–2001). The objective of this inspection was to elaborate management plans in the forest district area and the data obtained when performing surveying actions in the year 2002.

The results demonstrated a steady increase of the growing stock as well as a permanent change of the numbers of trees per hectare. On the base of these results we can make the statement that the best kind of management in this European beech-silver fir-spruce-forest community is selection forest (Plenterwald). The utilization of sites with shallow soils requires special attention. These should be used in future as protection forests.

Schlagwörter: Urwald Trstionica, Bosnien-Herzegowina, Dinarische Alpen, Baumarten verteilung, Sukzession, Holzvorrat, Pflegeplan

Zusammenfassung

Titel des Beitrags: Strukturveränderungen im Urwaldreservat Trstionica.

Die Erhaltung der noch vorhandenen Urwälder und deren Untersuchung ermöglichen eine bessere und sichere Bewirtschaftung der forstwirtschaftlich wichtigen Naturwälder in Bosnien-Herzegowina. Der untersuchte Urwald Trstionica gehört der Buche-Tanne-Fichte-Wald-Gesellschaft (*Piceo-Abieti-Fagetum*) an, der meist verbreiteten Waldgesellschaft im Dinarischen Alpenraum. Entsprechend der vegetations-ökologischen Gliederung Bosniens und der Herzegowina gehört dieser Urwald zu den inneren Dinarischen Alpen, zum Gebiet der ostbosnischen Hochebene, der Region Ozren–Okruglica. Für den untersuchten Urwald stellten wir die Verteilung des Holzvorrates und die Stammzahl pro Hektar an vier Terminen in den vergangenen 39 Jahren (1963–2001) dar. Ziel der Datenerhebung war es, die Bewirtschaftungspläne im Gebiet des Forstamtes und die Daten mit den Vermessungen im Jahre 2002 auszuarbeiten.

Die Ergebnisse zeigten eine stetige Zunahme der Holzvorräte sowie eine ständige Änderung der Stammzahl pro Hektar. Auf Grund der Ergebnisse können wir feststellen, dass die beste Bewirtschaftungsart in dieser Buche-Tanne-Fichte-Waldgesellschaft der Plenterwald ist. Besondere Berücksichtigung bei einer Nutzung müssen Standorte mit flachgründigen Böden finden. Diese sollten zukünftig als Schutzwälder genutzt werden.

¹Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 50/03, S.238-247.

1 Introduction

Virgin forests develop without the influence of men (PRPIĆ *et. al.* 1996, 2001) or under the insignificant influence of mankind (LEIBUNDGUT 1982). It is therefore necessary to achieve a balance between the forest community and the game that uses its vegetation for nutrition in order to allow natural regeneration of virgin forests. Since these requirements are met, the virgin forests in Bosnia and Herzegovina fall into a group of being best preserved. The reasons could also be found in the somewhat delayed development of forestry and consecutive unavailability of communications and exploitation.

In Bosnia and Herzegovina before the last war, there were five preserved virgin forests, Peručica, Janj, Lom, Trstionica, and Plješevica. Out of these five the most famous is Peručica covering the area of 1.434 ha. It has been given particular attention not only locally but also on a broader, European scale. Numerous investigations were carried out and a large number of scientific papers were published, most of them being phytocenologic, and other studies by DRINIĆ (1956), FUKAREK (1962, 1964a, 1964b), LEIBUNDGUT (1982), PINTARIĆ (1978), and STEFANOVIĆ (1970, 1988). Some investigations from Janj and Lom were recently reported by MAUNAGA *et. al.* (2001).

According to their vegetation all virgin forests in Bosnia and Herzegovina belong to forest communities of European beech, silver fir and Norway spruce (*Piceo-Abieti-Fagetum*), which can be most commonly found in the area of the Dinaric Alps. Thus, out of the total of 1.266.000 ha of high forests, 630.000 ha (50%) are covered with European beech, silver fir and Norway spruce (PINTARIĆ 1997), and 3% of this vegetation community belongs to virgin forests.

2 Description of the object

Virgin forest Trstionica is located by the spring of the Trstionica river, in the mountain massif between the rivers Bosna and Krivaja, in the management unit Gornja Bukovica - Trstionica, compartment 52, forest enterprise "Ribnica" Kakanj, covering the area of 30,50 ha. The virgin forest hides some old trunks in the final stage of dissolution that in no way disrupt the structure of the virgin forest. However, during the period of the most recent war in Bosnia and Herzegovina, the structure of one part of the virgin forest was slightly disrupted by construction of the war route necessary to provide supply for the region of Tuzla. The road is now closed and the virgin forest is separated into two parts with the disrupted rain forests structure.

According to ecological and vegetation regionalization of Bosnia and Herzegovina, this virgin forest falls into the area of the interior Dinaric Alps, the region of the Eastern Bosnian highlands, with a slope inclination of 20- 25%, at 1.005-1.112 m altitude above sea level. The geological surface is composed of lime and verphene sediments (shale and quartz sandstone), with distric cambisol on acidic silicate rocks. The climate is changed continental with a mean annual temperature of 7,1 °C and mean-range temperatures in the vegetation period of 13,4 °C, as well as with 804 mm rainfall, 50% of which occurs during the vegetation period. The length of the vegetation period is 162 days according to the closest meteorological station (Pržići). The real and the potential vegetation of the forest contain the wood of European beech and silver fir with Norway spruce (*Piceo-Abieti-*

Fagetum). Since this virgin forest is located at the edge of the region, Central Bosnia and the Zavidovići-Teslić area most probably influence it.

In the eastern part the trees are of greater dimensions, which represents a typical optimal stage of a virgin forest (KORPEL' 1995). In central, western and southern parts of this area in smaller valleys and within deeper profiles of the soil, separate trees of greater dimensions can be found there which was determined by multiple visits to the forests.

3 Materials and methods

In this paper we used the data obtained in the previous studies of measurements of the virgin forests preserves, since there were no substantial follow-up studies reported in the previous period. All measurements were done with the aim to work out the plan for managing economically the forests in the region of Ribnica Forestry in Kakanj, and these studies are scientifically well founded. The oldest available data come from 1963 when the measurement was done with the method of tracks, while the data from 1972, 1985 and 2001 were obtained by the method of measurements with concentric circles. The available data relate only to the total volume per ha and to its species, as well as the number of trees per ha which so far is sufficient for presenting the current situation and the development of the habitat of the forest in the future.

The measurement of the vertical and the horizontal profiles have been done in 2002 at the transect set up for this measurement. The transect connects the highest and the lowest point of the segment. The length of the transect is 840 m with tree experimental plot (Fig. 3): its width is 10 m, and it entirely represents the structure of the virgin forest with all stages and phases present. Along the transect all trees were marked with numbers which will allow regular follow-ups of development of the virgin forest, which however was not the case in the past. Processing of the taxation data was done on three different surfaces of the transect, each 1.500 m² surface, with horizontal and vertical profile.

4 Results of the investigation and discussion

If we are following the structure of the volume of the virgin forest from 1963 in Fig. 1, we can see that the volume was accumulated in the mid-thickness classes in European beech and also in silver firs. In the firs it is visible that there is a relatively big volume in trees thicker than 80 cm that are the mature trees. For a number of trees the situation is different, thus we have a typical Liocourt structure both in beech and in fir which is visible in Fig. 2, and which points at a typical selection structure of the virgin forest. The result for a typical Liocourt structure of a number of trees was obtained for Croatian virgin forests of Ćorkova uvala and Devčića tavani (KRAMARIĆ & IUCULANO 1989; PRPIĆ & SELETKOVIĆ 1996).

With a total volume of 446,2 m³/ha in 1963 (Tab. 1) this complex, according to KORPEL' (1995), was in its initial phase, that is, at the stage of ingrowing, which is visible from the number of plants in lower thickness classes (Fig. 2). For this evaluation of the volume the measurement of the deviation error was not done.

Besides European beech and silver fir in this stand, Norway spruces and valuable deciduous trees such as elm trees (*Ulmus montana* STOKES) were also registered to a

smaller extent, which therefore did not have significant influence on the structure of the habitat.

Tab. 1: Volume and the number of trees per ha over one year of measurement.
Die Holzmasse und die Baumzahl pro ha im Jahr der Messung.

Species	Wood mass per ha					Number of trees per ha			
	years of measurements					years of measurements			
	1963	1972	1985	2001	2002	1963	1985	2001	2002
Silver fir	235,9	259	327	387,8	298,6	184	423	336	451
Norway spruce	4,9	0	0	6,6	27,8	10	0	6	13
European beech	198,3	274	296	306,5	347,9	242	299	304	278
Elm/sycamore	7,1	10	0	1,9	0	1	0	0	0
Total	446,2	543	623	702,8	674,4	437	722	646	742

The evaluated volume in 1972 was 543 m³/ha with an error of 4,1%, and the current volume growth for the period between 1963 and 1972 was 10,75 m³/ha annually. This volume shows that the habitat was at the initial stage, that is, at the phases of the ingrowth. For this year of changes we do not have a number of trees, which makes it difficult to bring conclusions about necessary selective structures. However, the structure of volume per ha viewed through thickness classes showed that this is a typical selective structure of the complex (Fig. 1). This is apparent because the greatest resources of the habitat volume are in the trees of mean range trunks, and smaller resources are in the classes with bigger and smaller diameter. In this year of measurements there were no registered spruces, while valuable deciduous trees participated with 10 m³/ha.

In 1985 the total evaluated volume was 623 m³/ha (Tab. 1), which is an average enlargement of 6,15 m³/ha per year of the current volume growth in the period 1972-1985. The relative error was not evaluated for this change, while the volume obtained by the total evaluation was 640,5 m³/ha. The average volume per ha continues to grow, but the habitat is still in the initial phase, that is, the stage of ingrowth. The volume does not contain spruce and valuable deciduous trees, since in the year of growth they were not registered. The average number of trees per ha was 722 (*cf.* Tab. 1) as obtained by total measurements. If we take a look at Fig. 2 and Fig. 3, where the structure of a number of trees is presented, we can observe that in the class 21-30 cm in fir and in beech, we have a lower number of trees than it could be expected according to Liocourt structure. In European beech in class 6-10 cm we also registered smaller number of trees. By comparing the number of trees per ha with the situation from 1963, it was apparent that the number of trees increased for 285 per ha, and this number needs to be taken with reserves, since in 1963 we did not have a thickness class of 6 cm to 10 cm, which is normally most commonly found among the trees.

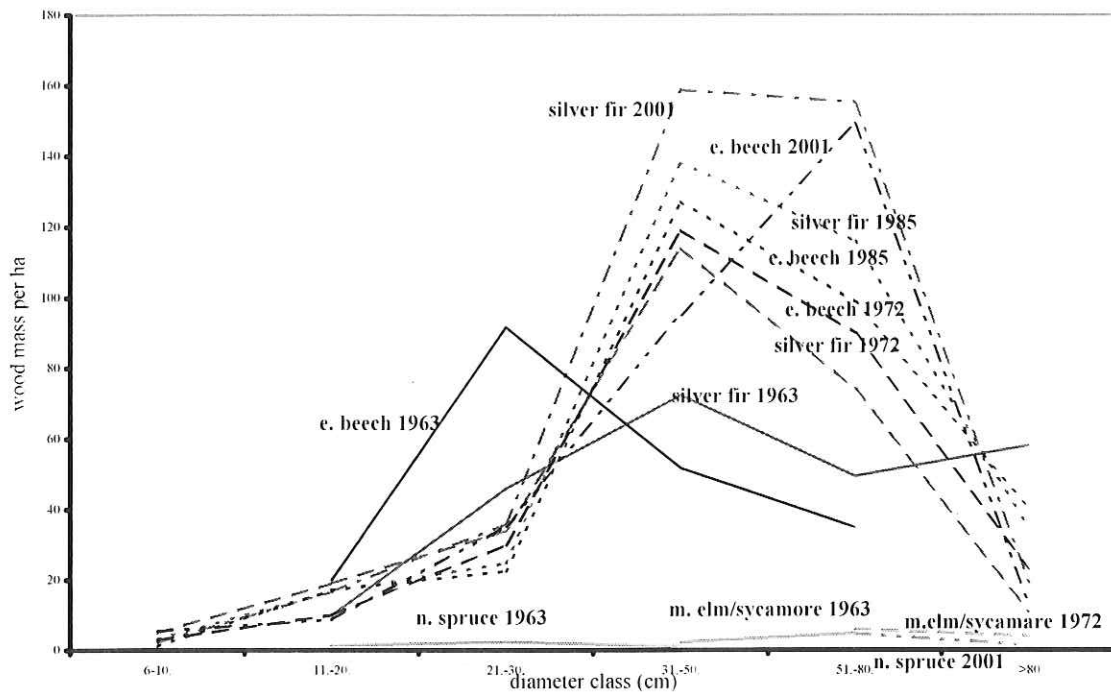


Fig. 1: The structure of the volume according to thickness classes.

Abb. 1: Die Struktur der Holzmasse nach Stärkeklassen.

Based on the most recent measurements in 2001, the total estimated volume per ha was 702,8 m³ (Tab. 1) with a relative error of evaluation for all kinds of 12,51%, that is, with the current growth for 1985-2001 of 4,89 m³/ha per year. The volume continued to grow

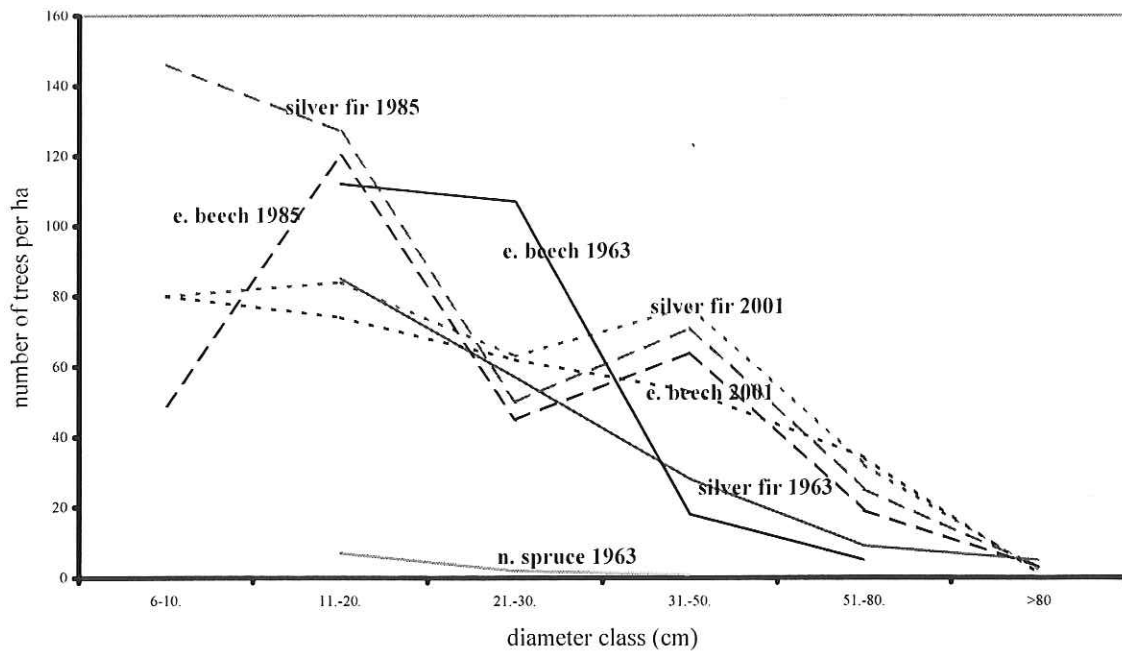


Fig. 2: The structure of the number of trees according to thickness classes.

Abb. 2: Die Struktur der Stammzahl nach Stärkeklassen.

between the last two measurements. The structure continued to be in the initial stage, that is the phase of ingrowth. The main bearers of the volume were the trunks with a thickness of 31 cm to 80 cm (Fig. 1). In the structure of the number of trees significant changes were reported and the curve thus deviated from the typical curve for selection in virgin forests, and showed a slightly milder decrease since the equalization of certain number of trees in specific classes was registered. Thus the greatest number was reported for a fir tree which falls into thickness classes of 11-20 cm, and classes 31-50 cm had more trees than classes 21-30 cm (Fig. 2), while European beech had a slightly more favorable structure.

By watching the progress of the average volume per ha for each separate species, we can see that silver fir showed a constant good growth (Fig. 1), while the beech in the later period came to a stage of stagnation. While the beech had a greater volume per ha in 1972 (Tab. 1), in 1985 silver fir outreached the beech, and in 2001 it dominated with its presence in the habitat. This shows that there are significant differences in the ecology of the species, as well as in the lifetime of distinct species. For spruce and valuable deciduous trees, we could not bring valid conclusions since their presence was scarce and insufficient.

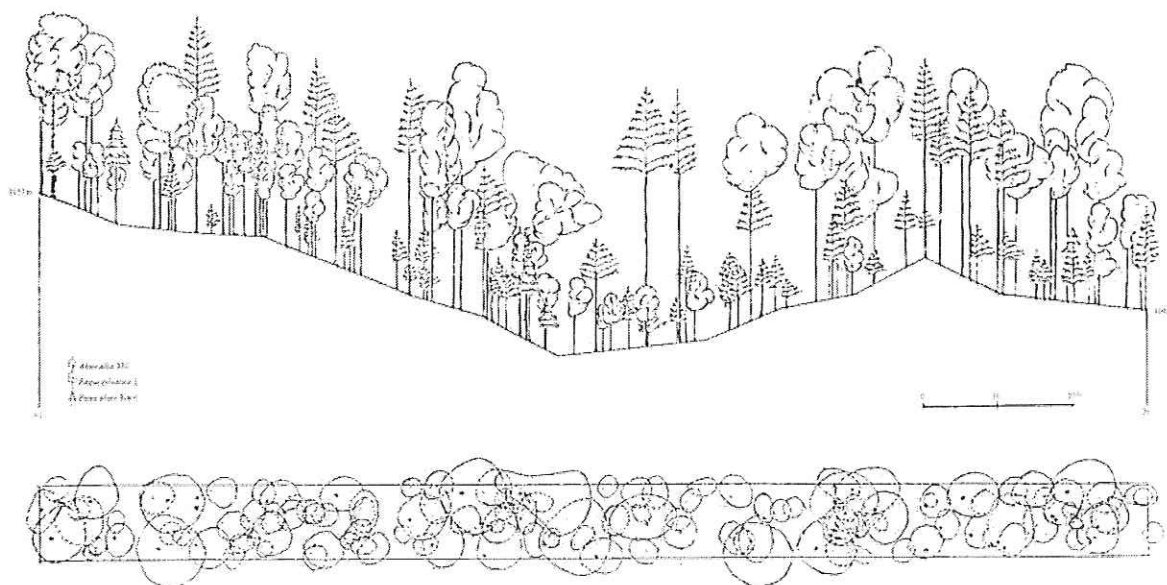


Fig. 3: Profile of stand in the virgin forest Trstionica, experimental plot 3.

Abb. 3: Das Profil der Probestfläche 3 im Urwald Trstionica.

If we observe the number of trees per ha, based on the year of measurements (Tab. 1), we shall notice a sharp increase of the number of trees between 1963 and 1985, particularly for silver fir. The situation is somewhat different between last two measurements when there was a certain decrease of a number of trees of silver fir reported, while beech showed an insignificant increase in growth. By observing the total number of trees per ha at average, we can see an apparent stagnation in the most recent period of investigations. It can be clearly seen in Fig. 2 from the measurements of 2001, when the number of plants in certain classes came to a balance. This can be explained by an increase of the covering of the

ground by tree crowns as the result of withering of younger plants, which come into a lower thickness classes. Therefore the stand in 1963 was around 0,6, in 1972 and 1985 it was about 0,9, and in 2001 approximately 0,92. In his investigation DRINIĆ (1956) reported that for investigated rain forests, the number of plants depending on the standing varied between 408 to 523 trees. The participation of silver fir in the habitat varied between 0,5 in 1963, up to 0,69 in 1972; in 1985 it was 0,52, and in 2001 it was 0,55. European beech followed the participation of fir, and in 1963 it was 0,5, and in 1972 about 0,27, while in 1985 it was 0,48 and in 2001 it was 0,43.

Due to the absence of permanent trial plots in the virgin forest habitat, we were not capable of following with more sophistication and subtlety the movements of the volume structure and the number of the trees. However, in virgin forests it is possible to observe different micro-locations – that differ according to ecological characteristics of the soil, which is typical of the area of the Dinaric Alps that influence the structure of the virgin forests. DRINIĆ (1956) reported in his paper that the volumes vary between 400 m³/ha and 1.335 m³/ha depending on the standing of the trial locality, with the current ingrowth between 4,2 and 8,6 m³/ha per year.

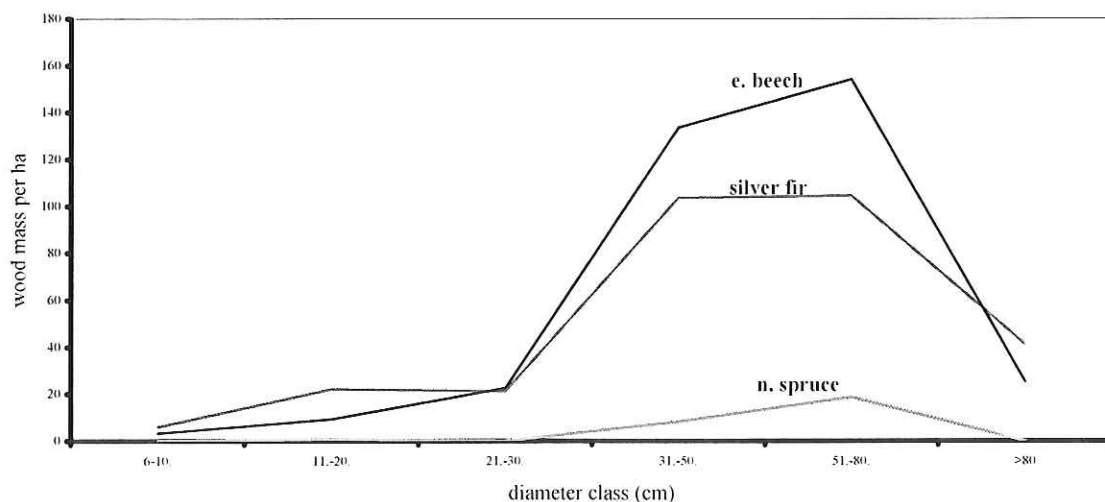


Fig. 4: The structure of the volume according to thickness classes on the experimental plots.

Abb. 4: Die Struktur der Holzmasse nach Stärkeklassen auf den Probeflächen.

This investigation at certain micro-locations, transects, had a volume of 612,94 m³/ha to 705,79 m³/ha (Fig. 4) with an average of 674,41 m³/ha and with an average tree number of 742 per ha (Fig. 5, Tab. 1). At certain micro-locations, particularly on shallow soils where geological changes occur for several times, there can be observed smaller frontal diameters of the trees and the height, which results in smaller volumes and greater number of trees as was reported for experimental plot trees (612,94 m³/ha, 886 trees per ha). These habitats are usually located at ridges and southern expositions, and beech prevails on these sites. According to PRPIĆ & SELETKOVIĆ (1996) these places, in the case of deforestation, are exposed to strong aquatic erosion, and cultivation measures with the aim of protection of the soil should be applied appropriately, as they will guard the soil from erosion and will

preserve the ideal climate in the forest which in consequence will keep the quality of the trees and prolong their lives.

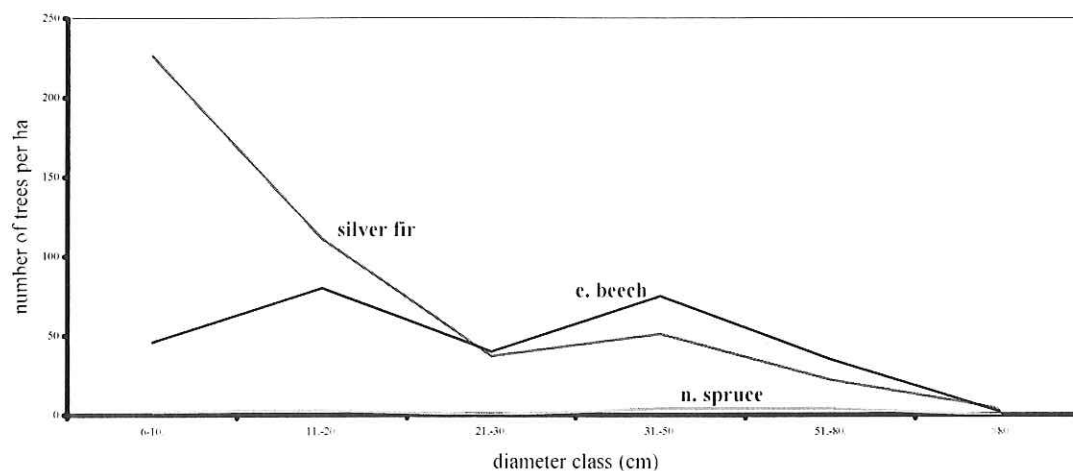


Fig. 5: The structure of the number of trees according to thickness classes on the experimental plots.

Abb. 5: Die Struktur der Stammzahl nach Stärkeklassen auf den Probeflächen.

At deeper soil with more nutrients and water locations, the stand is prevailed by silver fir that achieves greater dimensions, while European beech falls behind in numbers when compared to the fir. On these locations withering of the trees is much more evident because their average life span is shorter than at more extreme micro-locations. In all parts of the virgin forest, the process of natural renewal replaces the phase of decomposition without interruptions, and it is apparent that changes of this kind occurred since silver fir in younger stages started to prevail (Tab. 1). The investigated habitat in this case has a structure, which partially varies from the selection structure, as reported by DRINIĆ (1956), and that is a consequence of an entire sequence of micro-location conditions (KORPEL' 1996) as well as an average life span of certain species (PRPIĆ *et. al.* 2001). On the basis of the presented data it is evident that the entire habitat is in its initial stage and the ingrowth stage, and that further investigation will show further expectations from this unique virgin forest.

5 Conclusion

In the virgin forest of Trstionica, we have a typical occurrence of micro-locations in a limited small area, which brings about the selection structures within the virgin forest. The most significant differences in the micro-locations are reflected in different types and depths of the soil, as well as in the occurrence of the extreme micro-locations. This shows that trees in an extreme habitat need to be managed and treated in a special manner in order to allow the continuity of the renewal.

In all the years of measurement we have observed a partially selected structure, which partially deviates from the Liocourt structure, particularly in the last year of the measurements, which is a consequence of the constant development and the changes in the

stand, and also of the influence of the micro-locations. The reason for deviations can also be the difference in measuring procedures in the virgin forest, and based on the appearance of the habitat, at micro locations we can expect grouped selective structures. The changes of species have also been reported.

The preserved structure of this forest can represent in the future a very significant object for education of new experts in forest raising, and it points at the reports that forests of European beech and silver fir (*Piceo-Abieti-Fagetum*) need to be managed solely by selection method.

This forest also represents a significant genetic base for investigating genetic structures of the most significant species of forests in Bosnia and Herzegovina, since such a structure in other areas, particularly in economically valuable forests, is significantly disrupted by influence of men.

Further investigation will be directed towards following the development studies and phases in a virgin forest, as well as by carrying out detailed pedologic and phytocenologic studies.

Besides the significant data contained in this study as well as other papers on virgin forests in Bosnia and Herzegovina, further studies should concentrate on the elaboration of the methodology for such investigations as based on the Forest Reserves Research Network COST Action E4 method.

6 References

- DRINIĆ, P. (1956):** Taksacioni elementi sastojina jele, smrče i bukve prašumskog tipa u Bosni. *Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta*, Sarajevo, 1.Bd, pp.107-160.
- FUKAREK, P. (1962):** Prašumski rezervat Peručica. *Narodni šumar*, Sarajevo, pp.10-12.
- FUKAREK, P. (1964a):** Prašuma Peručica nekad i danas (I). *Narodni šumar*, Sarajevo, 9 10, pp.433-456.
- FUKAREK, P. (1964b):** Prašuma Peručica nekad i danas (II). *Narodni šumar*, Sarajevo, 1-2, pp.29-50.
- LEIBUNDGUT, H. (1982):** Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern-Stuttgart.
- KOROEL', Š. (1995):** Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart-Jena-New York.
- KORPEL', Š. (1996):** Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. *Šumarski list*, Zagreb, 3-4, pp.203-209.
- KRAMARIĆ, Ž. & IUCULANO, T. (1989):** O strukturi i normalitetu šume bukve i jele na primjeru prašume Čorkova uvala. *Šumarski list*, Zagreb, 11-12, pp.581-589.
- MAUNAGA, Z.; GOVEDAR, Z.; BURLICA, Č.; STANIVUKOVIĆ, Z.; BRULIĆ, J., LAZAREV, V. & MATARUGA, M. (2001):** Plan gazdovanja za šume sa posebnom namjenom u strogim rezervatima prirode Janj i Lom. Studija šumarskog fakulteta u Banja Luci.
- PINTARIĆ, K. (1978):** Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 33.Jg., 24, pp.702-707.
- PINTARIĆ, K. (1997):** Forestry and forest reserves in Bosnia and Herzegovina. COST Action E4 -Forest reserves research network, Ljubljana, pp.1-15.

- PRPIĆ, B. & SELETKOVIĆ, Z. (1996):** Istraživanja u hrvatskim prašumama i korištenje rezultata u postupku s prirodnom šumom. *In: B. Mayer (ed.). Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Šumarski fakultet u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, pp.97-104*
- PRPIĆ, B.; MATIĆ, S.; VUKELIĆ, J. & SELETKOVIĆ, Z. (2001):** Bukovo jelove prašume hrvatskih Dinarida. *In: B. Prpić (ed), Obična jela (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, Zagreb, pp.479-492.*
- STEFANOVIĆ, V. (1970):** Jedan pogled na recentnu sukcesiju bukovo-jelovih šuma prašumskog karaktera u Bosni. *Radovi Akademije nauka i umjetnosti BiH, Sarajevo. XV-4, pp.141-150.*
- STEFANOVIĆ, V. (1988):** Prašumski rezervati Jugoslavije, dragulji iskonske prirode. *Biološki list, Sarajevo, 9-10, pp.1-5.*
- STEFANOVIĆ, V.; BEUS, V.; BURLICA, Č.; DIZDAREVIĆ, H. & VUKOREP, I. (1983):** Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Šumarski fakultet u Sarajevu, Posebna izdanja: br. 17, Sarajevo, p.51.

Address of the authors:

Ballian Dalibor, M.Sc.

M.Sc. Todor Mikić

Šumarski Fakultet (Faculty of Forestry) Sarajevo

Zagrebačka 20

BIH-71000 Sarajevo (Bosnia-Herzegovina)

e-mail: balliand@bih.net.ba

Structural variability in the primeval forest Slatioara – Oriental Carpathian (mixed stand of spruce-fir-beech)

RADU CENUSĂ

The old-growth forest Slatioara is one of the older and known forest reserves from Romania. It is located at an altitude of 790-1.353 m, and it is constituted by a complex of mixed stands comprising Norway spruce, silver fir and beech.

In a forest unit (37 B) of 17.2 ha, located at 1.100–1.250 m altitude, a systematic network of experimental plots of 500 m² was established with the objective to study the structural variability of the forest ecosystem. Based on this inventory, it was possible to make evident the spatial distribution of the developmental phases. In this way all phases of forest cycle were identified, characterized by specific structural parameters, which have distinct value.

- **Initial phase** fills 18.3% of surface having the greatest extent, in which spruce represent 85%, silver fir 2% and beech 13%. Average volume is 554 m³/ha.
- **Early optimal phase** is spread on 12.7% of the surface. General composition is 88% spruce, 6% fir and 6% beech. Average volume is 685 m³/ha.
- **Optimal phase** represents 14.1% of the surface. Spruce accounts for 79%, fir 12% and beech 9% of total tree number. Average volume in this phase is 686 m³/ha.
- **Late optimal phase** fill 8.4% of surface composed by 87% spruce, 2% fir and 11% beech. Average volume is 588 m³/ha.
- **Terminal phase** represents 9.1% of the surface sampled with 88% spruce, 5% fir, 7% beech and a volume of 976 m³/ha.
- **Terminal phase with regeneration** fills 16.9%. Spruce accounts for 73%, fir 10% and beech 17% of total tree number. Average volume is 784 m³/ha.
- **Degradation phase** fills 4.2% of surface and the composition is represented by spruce 95%, fir 2% and beech 3% comprising a volume of 642 m³/ha.
- **Degradation phase with regeneration** represents 7.0% of surface. The participation of spruce in the composition is 90%, fir 6% and beech 4%. Average volume is 735 m³/ha.
- **Regeneration phase** represents 7.0% of the surface by 71% spruce, 13% fir and 16% beech and a volume of 427 m³/ha.

The structural parameters and spatial distribution of developmental phases were used for computing a stability index to the action of different disturbance factors and by these, for the estimation of the global stability index. The mechanisms of stability in natural forest ecosystems are based on the static resistance and the reaction capacity of different structural phases, which can be studied only in primeval forest.

Strukturvielfalt im Urwald von Slatioara – Ostkarpaten (Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand)

RADU CENUSĂ

Der Urwald von Slatioara ist eines der älteren und bekanntesten Waldreservate in Rumänien. Er liegt auf einer Meereshöhe von 790-1.353 m und besteht aus einem Komplex von Mischbeständen mit Fichte, Tanne und Buche.

In einem auf 1.100-1.250 m gelegenen Waldbereich (37B) von 17.2 ha wurde ein systematisches Netz von Versuchsflächen von 500 m² mit dem Ziel der Erforschung der Strukturvielfalt des Waldökosystems eingerichtet. Mit der vorliegenden Aufnahme war es möglich, die räumliche Verteilung der Entwicklungsphasen aufzuzeigen. Auf diese Art wurden alle Waldzyklen, charakterisiert mit spezifischen Strukturparametern mit Unterscheidungswert, identifiziert.

- **Initialphase:** sie umfasst mit 18.3% die Fläche mit der größten Ausdehnung, auf der die Fichte mit 85%, die Tanne mit 2% und die Buche mit 13% vertreten ist. Das Durchschnittsvolumen beträgt 554 m³/ha.
- **Frühe Optimumphase:** sie ist auf 12.7% der Fläche verteilt. Die Zusammensetzung ist 88% Fichte, 6% Tanne und 6% Buche. Das Durchschnittsvolumen beträgt 685 m³/ha.
- **Optimumphase:** sie stellt 14.1% der Fläche dar. Die Fichte beläuft sich auf 79%, Tanne auf 12% und Buche auf 9% der Gesamtbaumzahl. Das Durchschnittsvolumen beträgt in dieser Phase 686 m³/ha.
- **Späte Optimumphase:** sie umfasst 8.4% der Fläche, bestehend aus 87% Fichte, 2% Tanne und 11% Buche. Das Durchschnittsvolumen beträgt 588 m³/ha.
- **Terminalphase:** sie ist auf 9.1% der Fläche mit 88% Fichte, 5% Tanne, 7% Buche und einem Volumen von 976 m³/ha vertreten.
- **Terminalphase mit Verjüngung:** sie beträgt 16.9%. Fichte nimmt 73%, Tanne 10% und Buche 17% der Gesamtbaumzahl ein. Das Durchschnittsvolumen beträgt 784 m³/ha.
- **Zerfallsphase:** sie umfasst 4.2% der Fläche in einer Zusammensetzung von 95% Fichte, 2% Tanne und 3% Buche mit einem Volumen von 642 m³/ha.
- **Zerfallsphase mit Verjüngung:** sie nimmt 7.0% der Fläche ein. Der Anteil in der Zusammensetzung beträgt für Fichte 90%, für Tanne 6% und für Buche 4%. Das Durchschnittsvolumen beläuft sich auf 735 m³/ha.
- **Regenerationsphase:** sie stellt 7% der Oberfläche mit 71% Fichte, 13% Tanne und 16% Buche sowie einem Volumen von 427 m³/ha ein.

Die Strukturparameter sowie die räumliche Verteilung der Entwicklungsphasen wurden zur Errechnung eines Stabilitätsindex bezüglich der verschiedenen Störfaktoren und mit diesen zur Bestimmung des Gesamtstabilitätsindex verwendet. Die Stabilitätsmechanismen in Naturwaldökosystemen beruhen auf der stationären Widerstandsfähigkeit sowie der Reaktionsfähigkeit unterschiedlicher Strukturphasen, die ausschließlich in Urwäldern untersucht werden können.

Address of the author:

Dr. Radu Cenusă

Forschungsanstalt für Waldbau der Fichte,

Calea Bucovinei Nr. 73

RO-5950 Campulung Moldovenesc Suceava (Rumänien)

e-mail: cenusa.radu@icassv.ro

List of participants / Teilnehmerliste

Austria (Österreich)

Klumpp Raphael Th., Dr., Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur,
Peter-Jordan-Straße 70, A-1190 Wien;
fon: 0043-1-476 54-4063, fax: 0043-1-476544092, e-mail: Klumpp@edv1.boku.ac.at

Schmutzenhofer Heinrich, Dipl.-Ing., IUFRO-Sekretariat Wien,
Hauptstraße 7, A-1140 Wien-Hadersdorf;
fon: 0043-1-877 015 1, fax: 0043-1-877 015 0, e-mail: hschmutz@iufro.org

Bulgaria (Bulgarien)

Aleksandrov Metodi, UOGS - G. St. Avramov, Jundola;
fon: 00359-35 92-30 39, fax: 00359-35 92-30 39

Bardarov Dimitar, Ministry of Agriculture and Forestry,
Hristo Botev Straße 55, BG-1756-Sofia;
fon: 00359-2-987 127 4, fax: 00359-2-981 373 6, e-mail: forest@pe-linx.net

Belitchinov Atanas, UOGS Jundola, Jundola,
fon: 00359-2-3039, fax: 00359-2-8436

Bjalkov Stoicho, Ministry of Agriculture and Forestry,
Hristo Botev Straße 55, BG-1756-Sofia;
fon: 00359-2-988 5842, fax: 00359-2-981 3736, e-mail: sbjalkov@nug.bg

Evtimov Ivan, Eng., University of Forestry, Department of Dendrology,
Kliment Ochridsky Blvd. 10, BG-1756 Sofia;
fon: 00359-2-91 907, fax: 00359-888 900 44, e-mail: ievtimov@ltu.acad.bg

Gagov Velitchko, Prof. Dr., University of Forestry Sofia,
Kliment Ochridsky Blvd. 10, BG-1756 Sofia;
fon: 00359-883 152 74; fax: 00359-2-928 464 8, e-mail: vgagov@ltu.acad.bg

Petrov Kiril, FA Staro Orjahovo, Varna region;
fon: 00359-51412358, fax: 00359-51412345

Plugschieva Meglena, Dr., Staatsministerin im Ministerium für Landwirtschaft und
Forsten, Hristo Botev Straße 55, BG-1756 Sofia;
fon: 00359-2-987 119 2, fax: 00359-2-987 119 3, e-mail: breze@bgnet.bg

Yurukov Stefan, University of Forestry, Department of Dendrology,
Kliment Ochridsky Blvd. 10, BG-1756 Sofia;
fon: 00359-2-901 907, e-mail: yurukovs@ltu.acad.bg

Zhelev Petar, Dr., University of Forestry, Department of Dendrology,
Kliment Ochridsky Blvd. 10, BG-1756 Sofia;
fon: 00359-874 360 35, fax: 00359-2-622 830, e-mail: zhelev@ltu.acad.bg

Zivripanov Ilija, UOGS Jundola
fon: 00359-359 230 39, fax: 00359-359 284 36

Bosnia and Herzegovina (Bosnien-Herzegowina)

Ballian Dalibor, M. Sc., Sumarski Fakultet (Faculty of Forestry) Sarajevo,
Zagrebačka 20, BIH-71000 Sarajevo;
fon: 00387-33-614-003, fax: 00387-33-611-349, e-mail: balliand@bih.net.ba

China

Chuo Ma, Dr., Chinese Academy of Forestry, 12-1-301 An Yuan, An Hui Bei Li,
Beijing 100101;
fon: 0086-10-6496-053, fax: 0086-10-6288-9418, e-mail: machuo@btamail.net.cn

Croatia (Kroatien)

Ivankovic Mladen, Forest Research Institute-Jastrebarsko,
Cyjetno Naselje 41, HR-10450 Jastrebarsko;
fon: 00385-162 730 00, fax: 00385-162 730 35, e-mail: mladeni@sumins.hr

Tikvic Ivica, Dr., Faculty of Forestry, University of Zagreb,
Svetosimunska 24, HR-10000 Zagreb;
fon: 00385-123 524 46, fax: 00385-123 525 20, e-mail: ivica.tikvic@zg.hinet.hr

Czech Republic (Tschechische Republik)

Janeček Vladimír, Ing., Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry,
Kamyzjam, Suchol, CZ-16500 Prague;
fon: 0042-321 679 836, fax: 0042-321 679 836, e-mail: vla+H83djan@centrum.cz

Kobliha Jaroslav, Prof. Dr., Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry,
Kamyzjam, Suchol, CZ-16500 Prague;
fon: 0042-321679836, fax: 0042-321679836, e-mail: kobliha@iol.cz

Souček Jiří, Dr., VULHM, VS Opočno, VGMRI, RS Opočno, Na Olive 550,
CZ-51773 Opočno;
fon: 0042-443 642 391, fax: 0042-443 642 393, e-mail: soucek@vullhmop.cz

Germany (Deutschland)

- Arenhövel Wolfgang, Forstdirektor**, Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Jägerstraße 1, D-99867 Gotha; fon :0049-3621-225-208.
fax: 0049-3621-225-222, e-mail: arenhoew@forst.thueringen.de
- Bark Hubertus, Forstdirektor**, Forstamt Dahn, Weißenburgerstraße 15a.
D-66994 Dahn; fon: 0049-6391-1523, fax: 0049-6391-1835.
e-mail: hubertus.bark@wald-rlp.de (zeitweise)
- Bergmann Fritz, Dr.**, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung.
Georg-August-Universität Göttingen, Büsungenweg 2, D-37077 Göttingen;
fon: 0049-551-3914283, e-mail: BergmannFritz@gmx.de
- Buss Bernhard, Forstdirektor**, Forstamt Osburg, Bergstraße 13, D-54317 Osburg;
fon: 0049-6500-212, fax: 0049-6500-348, e-mail: bernhard.buss@wald-rlp.de
(zeitweise)
- Cremer Eva**, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung
Waldökologie, Wonnhaldestraße 4, D-79100 Freiburg;
fon: 0049-761-401 816 1, e-mail: Eva.Cremer@forst.bwl.de
- Dong Phan Hoang, Dr.**, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz, Abt. Waldwachstum, Schloss, D-67705 Trippstadt,
fon: 0049-6306-911-116, fax: 0049-6306-911-200;
e-mail: phan-hoang.dong@wald-rlp.de
- Eder Walter, Dr.**, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz,
Abt. 5 Forsten, Kaiser-Friedrich-Strasse 1, D-55116 Mainz,
fon: 0049-6131-16-5957; fax: 0049-6131-16-5926;
e-mail: walter.eder@muf.rlp.de
- Eisenhauer Dirk-Roger, Dr.**, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Land-
wirtschaft, Referat 74, Archivstraße 1, D-01097 Dresden; fon: 0049-3501-542315,
fax: 0049-3501-542213, e-mail: Dirk.Eisenhauer@smul.sachsen.de
- Graf von Plettenberg Georg, Forstdirektor**, Forstamt Birkenfeld, Schlossstraße 5,
D-55765 Birkenfeld, fon: 0049-6782-981170, fax: 0049-6782-981171,
e-mail: georg.grafvonplettenberg@wald-rlp.de (zeitweise)
- Heintzen Patrick, Forstamtmann**, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forst-
wirtschaft Rheinland-Pfalz, Abt. Genressourcen und Forstpflanzenenerzeugung,
Schloss, D-67705 Trippstadt; fon: 0049-6306-911-118, fax: 0049-6306-911-200;
e-mail: patrick.heintzen@wald-rlp.de
- Henkel Wolfgang, Dr.**, Lowetscher Straße 1/0505, D-99089 Erfurt;
fon / fax: 0049-361-7922302
- Hering Hendrik, Staatssekretär**, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz,
Kaiser-Friedrich-Strasse 1, D-55116 Mainz; www.muf.rlp.de (zeitweise)

- Hooch Gunter, Forstdirektor**, Forstamt Kusel, Trierer Straße 105, D-66869 Kusel;
fon: 0049-6381-2098, fax: 0049-6381-40864.
e-mail: gunter.hooch@wald-rlp.de (zeitweise)
- Hosius Bernhard, Dr.**, ISOGEN, Heiligenstädter Straße 1, D-37133 Reckershausen;
fon: 0049-5504-8809, fax: 0049-5504-8809, e-mail: hosius@aol.com
- Konnert Monika, Dr.**, Bayerisches Amt für forstliche Saat - und Pflanzenzucht,
Forstamtsplatz 1, D-83317 Teisendorf; fon: 0049-8666-9883-13.
fax: 0049-8666-9883-30 ; e-mail: monika.konnert@foasp-bgl.bayern.de
- Leinemann Ludger, Dr.**, Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung,
Georg-August-Universität Göttingen, Büsgenweg 2, D-37077 Göttingen;
fon: 0049-551-399512, fax: 0049-551-398367, e-mail: lleinem@gwdg.de
- Leonhardt Joachim, Ministerialdirigent**, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Abt. 5 Forsten, Kaiser-Friedrich-Strasse 1, D-55116 Mainz,
fon: 0049-6131-16-5954; e-mail: joachim.leonhardt@muf.rlp.de
- Lück Friedrich-Wilhelm, Oberforstrat**, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt,
Abt. C ‚Waldgenressourcen‘, Forstamtstraße 6, D-34355 Staufenberg-Escherode,
fon: 0049-5543-9408-18, fax: 0049-5543-9408-61, e-mail: nfv-abtc@t-online.de
- Maurer Werner, Dr.**, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung, Schloss,
D-67705 Trippstadt; fon: 0049-6306-911-134, fax: 0049-6306-911-200;
e-mail: werner.maurer@wald-rlp.de
- Neuheisel Ralf, Oberforstrat**, Forstamt Schönau, Hauptstraße 24;
fon: 0049-6393-9216-0, fax: 0049-6393-9216-20, e-mail: ralf.neuheisel@wald-rlp.de
- Röder Axel, Prof. Dr., Leitender Forstdirektor**, Forschungsanstalt für Waldökologie
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Schloss, D-67705 Trippstadt;
fon: 0049-6306-911-110, fax: 0049-6306-911-200; e-mail: axel.roeder@wald-rlp.de
- Ruetz Wolfhard, Dr.**, Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht,
Forstamtsplatz 1, D-83317 Teisendorf; fon: 0049-8666-9883-31,
fax: 0049-8666-9883-30, e-mail: wolf.ruetz@foasp-bgl.bayern.de
- Steiner Wilfried, Dr.**, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. C
, ‚Waldgenressourcen‘, Forstamtstraße 6, D-34355 Staufenberg-Escherode;
fon: 0049-5543-9408-10, fax: 0049-5543-9408-61, e-mail: nfv-abtc@t-online.de
- Stephan Richard, Dr.**, Sieker Landstraße 88, D-22927 Großhansdorf;
fon / fax: 0049-4102-63555, e-mail: r-c.stephan@t-online.de
- Tabel Uwe, Forstdirektor**, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz, Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung, Schloss,
D-67705 Trippstadt; fon: 0049-6306-911-117, fax: 0049-6306-911-200;
e-mail: uwe.tabel@wald-rlp.de

Wehenkel Christian; Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung,
Georg-August-Universität Göttingen, Büsgenweg 2, D-37077 Göttingen,
fon: 0049-36027-70 427, fax: 0049-36027-71 099, e-mail: wehenkel@web.de

Weichel Klaus, Dr., Präsident der SGD Süd Neustadt/Weinstraße,
Friedrich-Ebert-Straße 14, D-67433 Neustadt an der Weinstraße,
e-mail: Dr.Weichel@sgdsued.rlp.de (zeitweise)

Wilhelm Georg, Leitender Forstdirektor, Zentralstelle der Forstverwaltung (ZdF)
bei der SGD Süd, Friedrich-Ebert-Straße 14, D-67433 Neustadt an der Weinstraße,
fon: 0049-6321-99 2838, fax: 0049-6321-99-2904,
e-mail: georg.wilhelm@wald-rlp.de

Wolf Heino, Dr., Landesforstpräsidium Sachsen, Referat 3.2 Forstgenetik
Bonnwitzter Strasse 34, D-01796 Pirna OT Graupa; fon: 0049-3501-542220,
fax: 0049-3501-542213, e-mail: Heino.Wolf@lfp.smul.sachsen.de

Macedonia (Mazedonien)

Acevski Jane, Dr., University Ss. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry,
P.O. Box 235, MK-1000 Skopje; fon: 0038-92-135033, e-mail: silva@unet.com.mk

Andonovski Vlatko, Dr., University Ss. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry,
P.O. Box 235, MK-1000 Skopje; fon: 0038-92-135033, fax: 0038-92-381813,
e-mail: silva@unet.com.mk

Nikolov Nikola, Dr., University Ss. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry,
P.O. Box 235, MK-1000 Skopje; fon: 0038-92-135033,
e-mail: e-mail: silva@unet.com.mk

Poland (Polen)

Mejnartowicz Leon, Prof. Dr., Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology,
PL-62-035 Kórnik;
fon: 0048-618170-033, fax: 0048-618170-166, e-mail: lmejnart@man.poznan.pl

Pach Maciej, Dr., Agricultural University, Faculty of Forestry, Dept. of Silviculture,
Al. 29-Listopada 46, PL-31-425Krakow;
fon: 0048-0-1033-12-411 914 4, ext.565, fax: 0048-0-1033-12-411 971 5,
e-mail: rlpach@cyf-kr.edu.pl

Zawada Jerzy, Dr., Forest Research Institute, Dept. Forest Management in Mountain
Regions, ul Fredry 39, PL-30-605 Kraków;
fon: 0048-126 639 64, fax: 0048-126 639 64, e-mail: zxzawada@cyf-kr-edu.pl

Romania (Rumänien)

Barbu Ion, Dr., Forschungsanstalt für Waldbau der Fichte.

Calea Bucovinei Nr. 73, RO-5950 Campulung Moldovenesc Suceava (Rumänien)
fon: 0040-230-314 747, fax: 0040-230-314 746, e-mail: barbu.ion@icassv.ro

Cenusa Radu, Dr., Forschungsanstalt für Waldbau der Fichte.

Calea Bucovinei Nr. 73, RO-5950 Campulung Moldovenesc Suceava (Rumänien)
fon: 0040-230-314 747, fax: 0040-230-314 746, e-mail: cenusa.radu@icassv.ro

Cenusiu Andra-Nicoleta, University of Oradea, Faculty of Environment Protection,

Department of Silviculture, General Magheru 26, RO-3700 Oradea;
fon: 0040-0259-412550, fax: 0040-0259-416274, e-mail: andra_ceausiu@yahoo.com

Merce Oliver, Eng., Research Institute and Management of Forestry Timisoara,

Alea Padurea Verde nr. 1, RO-1900 Timisoara;
fon 0040-256-220 085, fax: 0040-256-220 085, e-mail: aicas@mail.dnttm.ro

Popa Ionel, Forschungsanstalt für Waldbau der Fichte.

Calea Bucovinei Nr. 73, RO-5950 Campulung Moldovenesc Suceava (Rumänien)
fon: 0040-230-314 747, fax: 0040-230-314 746, e-mail: icas@warpnet.ro

Serbia and Montenegro (Serbien und Montenegro)

Medarević Milan, D. Sc.; University of Beograd, Faculty of Forestry,

Kneza Viseslava 1, YU-11030 Beograd;
fon: 00381-11-553 122, fax: 00381-11-545 485, e-mail npet20@ptt.yu

Petrović Nenad, B. Sc; University of Beograd, Faculty of Forestry,

Kneza Viseslava 1, YU-11030 Beograd;
fon: 00381-11-553 122, fax: 00381-11-545 485, e-mail : npet20@ptt.yu

Ratknic Mihailo, Dr., "Srbijasume", University of Beograd, Institut of Forestry,

Kneza Viseslava 3, YU-11030-Beograd;
fon: 00381-11-553 355, e-mail: mratknic@Eunet.yu

Stajić, Branko, Ing., University of Beograd, Faculty of Forestry,

Kneza Viseslava 1, YU-11030-Beograd;
fon: 00381-11-553-122, fax: 00381-11-545485, e-mail vuckom@EUnet.yu

Stamenković Vojislav, Prof. Dr., University of Beograd, Faculty of Forestry,

Kneza Viseslava 1, YU-11030-Beograd;
fon: 00381-11-553-122, fax: 00381-11-545485, e-mail vuckom@EUnet.yu

Vucković Milivoj, Prof. Dr., University of Beograd, Faculty of Forestry,

Kneza Viseslava 1, YU-11030-Beograd;
fon: 00381-11-553-122, fax: 00381-11-545485, e-mail : vuckom@EUnet.yu

Switzerland (Schweiz)

Commarmot Brigitte, Eidgenössische Forschungsanstalt, WSL.
Züricher-Straße 111, CH-8903 Birmensdorf;
fon: 0041-1-7392280, fax: 0041-1-7392215, e-mail: commarmot@wsl.ch

United States of America (USA)

Hermann Richard K., Prof. Dr. (em.), College of Forestry Oregon, State University,
Corvallis, Oregon, OR 97330 (USA);
fon: 001-503-223-8307, fax: 001-503-243-2016

Teilnahme am Symposium kurzfristig nicht möglich / unable to attend the Symposium

Prof. Dr. Valeriu Enescu

University of Oradea
Faculty of Environment Protection
Department of Silviculture
B. dul Gen. Magheru nr. 26
RO-3700 Oradea (Romania)

Dr. Ing. Ladislav Greguss

Forest Research Institute Zvolen
Lesnicka 11
SK-96923 Stiavnica (Slovakia)

Prof. Dr. Stanislaw Gunia

Ul. Zwirki i Wigary 33 m. 29
PL-02-091 Warszawa (Poland)

Dr. Tom Levanic

Slovenian Forestry Institute,
Dept. of Growth, Increment and Dendrochronology
Vecna pot 2
SLO-1000 Ljubljana (Slovenia)

Dr. Roman Longauer

Forest Research Institute
T.G. Masaryka 22
SK-96053 Zvolen (Slovakia)

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:

50/2003	MAURER (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – <i>Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium</i> am 16.-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	€ 15.--
49/2002	MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15.--
48/2002	JAHRESBERICHT 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	JAHRESBERICHT 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
46/1999	JAHRESBERICHT 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	DELB, BLOCK Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13.--
44/1998	JAHRESBERICHT 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	JAHRESBERICHT 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
42/1997	BÜCKING, EISENBARTH, JOCHUM Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	€ 10.--
41/1997	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis ISSN 0931-9662	€ 10.--
40/1997	SCHRÖCK (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz – <i>Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt</i> - ISSN 0931-9662	€ 8.--
39/1997	JAHRESBERICHT 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

38/1996	AUTORENKOLLEKTIV Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	€ 13,--
37/1996	HUNKE: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	€ 10,--
36/1996	JAHRESBERICHT 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN, WUNN: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	€ 8,--
34/1995	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	€ 8,--
33/1995	EISENBARTH: Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	€ 6,--
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
31/1995	JAHRESBERICHT 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	€ 6,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	€ 6,--
28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	€ 6,--
27/1994	OESTEN, ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
26/1994	JAHRESBERICHT 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--

24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	€ 6,-
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	€ 10,-
22/1993	JAHRESBERICHT 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	€ 6,- vergriffen
20/1992	JAHRESBERICHT 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
19/1991	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931-9662	€ 6,-
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,-
17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,-
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	€ 6,-
15/1991	JAHRESBERICHT 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	€ 6,- vergriffen
13/1990	SCHÜLER Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	€ 6,-
12/1990	JAHRESBERICHT 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	€ 6.--
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13.--
9/1989	JAHRESBERICHT 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	€ 13.--
7/1988	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	€ 6.--
6/1988	JAHRESBERICHT 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	€ 6.--
4/1987	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	€ 6.-- vergriffen
3/1987	BLOCK, FRAUDE, HEIDINGSFELD: Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662	€ 6.--
2/1987	BLOCK, STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6.--
1/1987	JAHRESBERICHT 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen