

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 108 (1957)

Heft: 10-11

Artikel: Die Tannenwälder Kroatiens im pflanzensoziologischen und forstlichen Zusammenhang

Autor: Horvat, Ivo

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767637>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

beherrscht wird. Die Fruchtbarkeit ist eine dynamische Erscheinung und kann nicht der Bodenqualität gleichgesetzt werden. Vielmehr ist sie ein Ausdruck für die schöpferische Energie und davon abgeleitet von ihrer Vitalität. Bei der Bodenentwicklung üben Mikroflora, Bodenfauna und Bodenvegetation einen großen Einfluß aus, welche Aktivität nur durch Bestimmung aller dieser lebenden Komponenten festgestellt werden kann. A. van der Poel

Littérature

1. Deyl, M., 1940: Plants, Soil and Climate of Pop Ivan. Synecological Study from Carpathian Ukraina. Opera botanica čechica, Vol. II, Praha.
2. Franz, H., 1950: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Akademie Verlag, Berlin.
3. Ghilarov, M. S., 1947: Distribution of Humus, Root-systems and Soil Invertebrates within the Soil of the Walnut Forests of the Fergana Mountain Range. Comptes rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS, Vol. LV, n° 1, Ecology p. 49—52.
4. Kubiena, W., 1943: Die mikroskopische Humusuntersuchung. Zschr. für Weltforstwirtschaft 10, 387—410.
5. Zlatnik, A., 1954: Methodik der typologischen Erforschung der čechoslowakischen Wälder. Angewandte Pflanzensoziologie, Veröffentlichungen des Kärtner Landesinstitutes für angewandte Pflanzensoziologie in Klagenfurt. Festschrift Aichinger, II. Band, 1954, S. 916—954.

Die Tannenwälder Kroatiens im pflanzensoziologischen und forstlichen Zusammenhang¹

Von Prof. Dr. Ivo Horvat, Zagreb

Oxf. 182.3 (497.1)

Wenn man irgendwo in Europa von natürlichen und wenig beeinflussten Wäldern sprechen kann, so gilt dies wohl für die Wälder Kroatiens und Bosniens. Diese Wälder zeichnen sich aber neben der Urwüchsigkeit noch durch einen relikten Charakter aus, welcher ihnen ein besonderes Gepräge in der Waldvegetation Europas verleiht. Es wird von Interesse sein, diesen Wäldern, die auch für die Auffassung der mitteleuropäischen Waldvegetation eine große Bedeutung haben, vermehrte Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Tanne (*Abies alba*) in mehr oder weniger reinen Beständen oder größtenteils vereinigt mit der Buche, aber auch mit einer reichen Beimischung der Fichte, bedeckt in Kroatien und Bosnien große Flächen und bildet in wirtschaftlicher Beziehung einen der wichtigsten Vorräte unseres technischen Holzes. Ihre Hauptverbreitung liegt in den Ketten des Dinarischen Hochgebirges; nur in kleineren Enklaven breitet sie

¹ Nach einem im Juni 1955 an der Abt. f. Forstw. der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich gehaltenen Vortrag.

sich bis zu den Randgebieten der Pannonischen Ebene aus und erreicht noch Kozara Medvednica bei Zagreb und Papuk bei Požega. Der Lebensraum der Tanne fällt in das Buchenareal; er ist aber in horizontaler und vertikaler Hinsicht viel enger, so daß die Tanne von allen Seiten von der Buche umgrenzt wird.

In klimatischer Hinsicht zeichnet sich das Gebiet der Tanne durch mäßig warmen und mäßig feuchten Sommer, kalten, schneereichen Winter mit ungefähr 120 Schneetagen und einer Vegetationsperiode von sechs Monaten aus. Die jährlichen Mitteltemperaturen bewegen sich von 5,1° bis 7,9°, die höchsten mittleren Sommertemperaturen von 15,6° bis 17° und die niedrigsten mittleren Wintertemperaturen von —3° bis —6,8°. Die Extreme sind selbstverständlich beträchtlich größer. Die Niederschläge sind ziemlich groß, variieren aber von 1200 bis 3600 mm jährlicher Menge. Es ist bemerkenswert, daß auch die entfernten Stationen im Tannengebiet Südosteuropas, bis nach Bulgarien und Rumänien, die gleichen meteorologischen Werte aufweisen. Die Tanne hat eine untere Wärmegrenze und meidet wegen zu hoher Temperaturen und größerer Trockenheit sowohl den kontinentalen Bergwald als auch den küstenländischen Buchenwald, und wenn sie sich ansiedelt oder sogar unter dem Kronenschutz der Buche einigermaßen entwickelt, geht sie nach Öffnung des Bestandes bald zugrunde. Die langjährigen Versuche, die Tanne in die Gebiete des montanen und litoralen Buchenwaldes einzuführen, sind größtenteils mißlungen.

Die Tanne hat aber auch eine Kältengrenze, die sich je nach der Mächtigkeit des Massivs zwischen 1200 und 1740 m befindet. Mit der Höhe ändert sich zuerst das Verhältnis zwischen Buche und Tanne zugunsten der Buche, weil die Tanne in höheren Lagen nicht mehr konkurrenzfähig ist. Nur in steilen, felsigen Partien, wo die Konkurrenz der Buche ausgeschaltet ist, reicht ihr Verbreitungsgebiet etwas höher hinauf.

Innerhalb dieser klimatisch bedingten Verbreitung entscheiden über die Zusammensetzung des Tannenwaldes die Bodenverhältnisse. In bezug auf die Unterlage ist die Tanne nicht wählerisch und besiedelt gleichgültig die seichten, stark verkarsteten Kalkböden, die mittelgründigen, schwach podsolierten Mineralkarbonatböden sowie die mächtigen, extrem sauren Böden verschiedener Silikatgesteine. Der Wassergehalt des Bodens, die Karbonatmenge, die pH-Werte, der Adsorptionskomplex der Böden usw. sind grundverschieden. Es ist darum begreiflich, daß die von der Tanne gebildeten Waldgesellschaften pflanzensoziologisch nicht einheitlich sein können, sondern verschiedenen Assoziationen angehören.

Nach unseren bisherigen Kenntnissen (Horvat, 1950) können wir in Kroatien drei Tannengesellschaften unterscheiden, und zwar den basophil-neutrophil-schwach-azidophilen Buchen-Tannenwald (*Fagetum*

croaticum abietetosum), den extrem azidophilen Rippenfarn-Tannenwald (*Blechno-Abietetum*) und den basophil-azidophilen Komplex des Reitgras-Tannenwaldes (*Calamagrosteto-Abietetum*). Diese Gesellschaften unterscheiden sich in floristischer, entwicklungsgeschichtlicher und ökologischer Hinsicht, sie weisen aber auch in forstlicher Beziehung große Unterschiede auf. Die Zusammenhänge zwischen floristischer Zusammensetzung, ökologischer Bedingtheit und forstlicher Auswirkung unserer Tannenwälder aufzudecken und zu erklären, war die Aufgabe unserer umfassenden Untersuchungen, an welchen neben dem Autor als Pflanzensoziologe Bodenkundler (Z. Gračani) und Forstwissenschaftler (J. Šafar, B. Zlatarič, D. Klepac, A. Ugrenović und I. Horvat) teilgenommen haben (Horvat, 1950 a).

Die forstwissenschaftlichen Resultate sind größtenteils schon veröffentlicht worden, die bodenkundlichen werden in nächster Zeit erscheinen. An dieser Stelle sollen nun die pflanzensoziologischen Grundlagen dieser Waldgesellschaften und die Zusammenhänge mit ihren Bodeneigenschaften und ihrer forstlichen Leistung geschildert werden.

Kroatischer Buchen-Tannenwald — *Fagetum croaticum abietetosum*

Der Buchen-Tannenwald wurde von Horvat (1937, 1938) als eine besondere Subassoziation des kroatischen Buchenwaldes (*F. cr. abietetosum*) beschrieben. Seitdem hat sich ein großes Aufnahmematerial aus verschiedenen Gebieten des südosteuropäischen Raumes gesammelt, welches unsere Auffassung weitgehend bestätigte, aber auch neue Tatsachen zur klaren Umgrenzung der Gesellschaft brachte.

Der Buchen-Tannenwald der dinarischen Ketten ist allseits von reinen Buchenwäldern umgrenzt: an der Meeresseite von dem litoralen Buchenwald (*F. cr. seslerietosum autumnalis*), an der kontinentalen Seite gegen die Eichenzonen durch den montanen Buchenwald (*F. cr. montanum*) und an der oberen Grenze durch den subalpinen Buchenwald (*F. cr. subalpinum*). In der Mitte befindet sich der Buchen-Tannenwald (*F. cr. abietetosum*), die bestentwickelte, artenreichste zentrale Gesellschaft, in welcher die Buche und die Tanne ausgezeichnete forstliche Leistungen aufweisen. In floristischer Hinsicht sind eben diese Buchen-Tannenwälder besonders artenreich, und von denselben aus kommt es zu einer Verarmung sowohl gegen das Küstenland hin als auch gegen das Hochgebirge.

Obschon unter diesen, von uns als Subassoziationsgruppen aufgefaßten Buchenwäldern floristische, ökologische und sogar forstliche Unterschiede nicht zu leugnen sind, weisen doch alle Ausbildungsformen unseres Buchenwaldes innige Verwandtschaft auf, die in einer Anzahl ausgezeichneter Charakterarten zum Ausdruck kommt. Außerdem zeigen

Abbildung 1

Buchen-Tannen-Wald (*Fagetum
croaticum abietetosum*)
im Snjeznik-Massiv, 960 m

(Foto I. Horvat)

Abbildung 2

Reitgras-Tannenwald (*Calama-
grosteto-Abietetum*)
im Risnjak-Massiv, 1250 m

(Foto I. Horvat)

Abbildung 3

Rippenfarn-Tannenwald
(*Blechno-Abietetum*)
im Risnjak-Massiv, 750 m

(Foto I. Horvat)



diese Wälder, von dem Buchen-Tannenwalde ausgehend, nach allen Seiten gleichmäßige Übergänge, so daß es uns vorteilhafter erschien, sie als eine geographisch reichlich gegliederte, aber floristisch und historisch-genetisch klar umgrenzte Vegetationseinheit zu betrachten, als mehrere selbständige Assoziationen aufzustellen, was in bezug auf die weitere Gliederung der Subassoziationen vielleicht vorteilhafter wäre.

Der kroatische Buchenwald — den Buchen-Tannenwald einschließend — zeichnet sich in allen Schichten durch eine Anzahl bemerkenswerter Arten aus. In der Baumschicht herrschen die Buche und Tanne vor, aber beide können nicht als Charakterarten angenommen werden, wie ich es früher geglaubt habe und wie es eine Anzahl von Forschern noch heute annimmt. Die Buche wie die Tanne — sofern es sich nicht um verschiedene Rassen handelt — haben einen so großen ökologischen und pflanzensoziologischen Bereich, daß sie nicht für unsere basiphil-neutrophile bis schwach azidophile Assoziation als charakteristisch betrachtet werden können. Sie sind aber als die wichtigsten Dominanten für die Gesellschaft von größter Bedeutung. Von andern Bäumen ist stets, aber nicht reichlich, der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) vertreten; er gehört, wie die viel seltenere Bergulme (*Ulmus montana*) und die Esche (*Fraxinus excelsior*), zu den Verbandscharakterarten. Dagegen soll der Spitzahorn (*Acer platanoides*) als Charakterbaum unseres Buchenwaldes aufgefaßt werden. Von weiteren Bäumen kommen noch vereinzelt Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und gemeiner Mehlbeerbaum (*Sorbus aria*) vor.

Sehr reich und üppig ist im kroatischen Buchen-Tannenwald die Strauchschicht entwickelt; darunter sind auch mehrere Charakterarten der Assoziation und des Verbandes vorhanden. Neben dem Jungwuchs der Buche, der Tanne und des Ahorns, seltener auch von Kirsche und Eibe, befindet sich eine Anzahl von Sträuchern, zum Beispiel *Daphne laureola*, *D. mezereum*, *Rhamnus fallax*, *Evonymus latifolius*, *Lonicera alpigena*, *Sambucus racemosa*, *Rosa arvensis* und hie und da auch *Ilex aquifolium*.

Den größten Reichtum weist aber die Krautschicht auf. Als Charakterarten unserer Assoziation möchten wir zuerst die Schaumkräuter, und zwar *Cardamine bulbifera*, *C. enneaphyllos*, *C. savensis*, *C. polyphylla* und *C. trifolia* erwähnen, die nicht selten in einem einzigen Bestande nebeneinander wachsen. Dazu gesellen sich *Neottia-Nidus avis*, *Aremonia agrimonioides*, *Euphorbia amygdaloides*, *Satureja grandiflora*, *Omphalodes verna*, *Festuca silvatica*, *Polystichum lobatum*, *Prenanthes purpurea* und die selteneren *Ruscus hypoglossum*, *Oryzopsis virescens* und *Cypripedium calceolus*. Groß ist die Zahl der Verbands- und Ordnungscharakterarten, von welchen wir nur *Stellaria glochidisperma*, *Galium silvaticum*, *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Asperula odorata*, *Viola silvestris*, *Cicerbita muralis*, *Sanicula europaea*, *Carex*

silvatica, *Mercurialis perennis*, *Actaea spicata*, *Pulmonaria officinalis*, *Lamium orvala*, *Corydalis cava*, *Aconitum vulparia*, *Arum maculatum*, *Polygonatum multiflorum*, *Vicia oroboides*, *Hacquetia epipactis*, *Salvia glutinosa*, *Campanula trachelium* und *Asarum europaeum* erwähnen möchten. Viel kleiner ist aber die Anzahl der Begleiter, unter diesen spielen die größte Rolle zum Beispiel *Cyclamen europaeum*, *Dryopteris filix mas*, *Athyrium filix femina*, *Oxalis acetosella*, *Fragaria vesca* u. a.

Als Differentialarten gegen andere Subassoziationen kommen in erster Linie die Tanne und *Rhamnus fallax* in Betracht. Andererseits fehlen im Buchen-Tannenwald einige bezeichnende Arten des küstenländischen Buchenwaldes (*F. cr. seslerietosum*), zum Beispiel *Sesleria autumnalis*, sowie des montanen Buchenwaldes (*F. cr. montanum*), zum Beispiel *Carpinus betulus*, *Quercus sessiliflora*, *Cornus mas* u. a.; ebenso fehlen die Differentialarten des subalpinen Buchenwaldes (*F. cr. subalpinum*), zum Beispiel *Polystichum lonchitis*, *Ranunculus plataniifolius*, *Adenostyles glabra*, *A. alliariae* u. a.

Der kroatische Buchen-Tannenwald zeigt aber eine weitere Gliederung, die wir bei einer andern Gelegenheit näher besprechen werden. Waldbaulich ist von größtem Interesse die Höhengliederung unserer Gesellschaft: es ist eine niedrigere Höhenstufe (Variante) des Buchen-Tannenwaldes und eine obere zu unterscheiden. In der ersten ist die Tanne mit einer Anzahl wichtiger Arten, zum Beispiel *Daphne laureola*, *Ruscus hypoglossum*, *Ilex aquifolium* reichlicher vertreten, in der höheren Variante herrscht dagegen die Buche gegenüber der Tanne vor.

Die horizontale Verbreitung des kroatischen Buchen-Tannenwaldes ist sehr groß. Westlich reicht er im slowenischen Karstgebiet etwa bis zum Ternovaner Walde, östlich längs der dinarischen Kette bis zum montenegrinischen Hochgebirge, wo V. Blečić (msc.) schon eine neue, ziemlich verwandte Assoziation beschreibt, welche mehrere Arten des kroatischen Buchenwaldes entbehrt, aber eine gleiche pflanzensoziologische Gliederung aufweist.

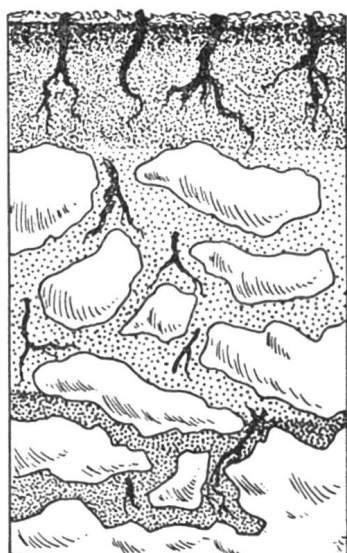
Nach den Arealtypen stellt der Buchen-Tannenwald Kroatiens eine reiche mitteleuropäisch-illyrische Waldgesellschaft dar, welche dem *Abies-Fagus*-Gürtel im Sinne von E. Schmid (1949) anzugliedern ist, aber auch viele Arten des tertiären *Laurocerassus*-Gürtels vereinigt. Der kroatische Buchenwald zeichnet sich durch eine Anzahl tertiärer illyrisch-balkanischer Arten aus und stellt den artenreichsten Buchenwald Europas dar, welcher sogar nach dem Zurückziehen der Gletscher einen wichtigen Entwicklungsherd für die Besiedlung der eisfrei gewordenen Gebiete Mitteleuropas gebildet hat.

Ökologische Verhältnisse. Der Buchen-Tannenwald stockt auf Kalkunterlage, nur an der Medvednica in Nordkroatien haben wir die Gesellschaft auch auf den grünen Schiefern gefunden, und es bleibt zu prüfen, ob das mit den Eigenschaften des Muttergesteins oder mit ver-

hältnismäßig niedrigeren Niederschlägen im Zusammenhang steht. Diese Bestände auf Silikatunterlage sind noch viel artenärmer als die auf Kalk- und Dolomitgesteinen.

Abbildung 4

Bodenprofil des *Fagetum croaticum abietetosum* am Zvirjak bei Fuzine
(nach Z. Gračanin)



A ₀ '	(0–2 cm)	Buchenlaub- und Tannennadelstreu;
A ₀ ''	(2–5 cm)	dunkelbrauner, humoser, mit verdünnter HCl nicht aufbrausender Ton;
A ₁	(8–20 cm)	rötlichbrauner, wurzel- und myzelienreicher Ton, der die ersten Muttergesteinsfragmente enthält. Die Reaktion auf Karbonate negativ;
A ₂		Boden wird skelettiger und rötlicher; von 60 cm an beginnt
BC	(60–80 cm)	sehr skelettreicher, grobsteiniger Horizont mit rötlichem, kalkreichem Ton.

Muttergestein: triadischer Dolomit mit relikter Roterde.

Die Böden des Buchen-Tannenwaldes gehören nach Z. Gračanin (1957) größtenteils den schwach podsolierten braunen Karbonatböden an, aber auch die relikten, podsolierten Roterden sind nicht selten. Im perhumiden Klima Südwestkroatiens befinden sich die Bestände meistens auf mäßig steilen oder doch geneigten Hängen, an welchen ein ständiger Zufluß der Karbonate, der die Versäuerung des Bodens verhindert, möglich ist. Der Kalkgehalt des Bodens, die neutral bis schwach saure Reaktion und die Sättigung des Adsorptionskomplexes mit Basen, sind die ausschlaggebenden Bedingungen für die Entwicklung und Erhaltung unserer Buchen-Tannengesellschaft. Damit in Zusammenhang steht auch die Bodenflora des basophil-neutrophilen Buchen-Tannenwaldes, die in starkem Gegensatz zum extrem azidophilen Rippenfarn-Tannenwald steht.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Buchen-Tannenwaldes liegt in seiner reichen Tierwelt, namentlich in zahlreichen Vögeln, die nach Rucner im angrenzenden Rippenfarn-Tannenwald fehlen oder viel seltener vorkommen. Dieser Reichtum der Vogelwelt steht unserer Meinung nach mit einer besser entwickelten Strauchschicht und insbesondere mit zahlreichen Beerenfrüchtlern in der Strauch- und Krautschicht in Zusammenhang.

Nach Verdrängung des Buchen-Tannenwaldes und unter Anwendung der regelmäßigen Mahd entwickelt sich bei nicht zu dicken Bodenprofilen das basophil-neutrophile *Brometo-Plantaginetum*, eine bunte, artenreiche Wiese mitteleuropäischen Charakters, die dem dunklen Tannenwaldgebiete ein eigenartiges Gepräge verleiht.

Reitgras-Tannenwald (*Calamagrosteto-Abietetum*)

Im einförmigen subalpinen Laubwaldgebiet des kroatischen Hochgebirges, wo auf weiten Flächen das Landschaftsbild von der Buche beherrscht wird, sieht man schon von der Ferne reine Nadelwaldbestände, welche inmitten des Laubwaldes stehen. Es ist der Reitgras-Tannenwald, dessen ungleichförmige, scharf umgrenzte Flächen auf eine eigenartige Ökologie schließen lassen.

Der Reitgras- oder Blockfelsen-Tannenwald nimmt in der Waldvegetation unseres Gebietes eine besondere Stellung ein. Er ist wohl eine der eindrucksvollsten Waldgesellschaften Europas, der unsere üblichen Vorstellungen von einem Tannenwalde ganz umwälzt. Der Reitgras-Tannenwald entwickelt sich nämlich auf Grobblockmaterial, welches die Tanne, in höheren Lagen gemeinsam mit der Fichte, besiedelt. Als große, gewundene Schlangen umarmen die kräftigen Wurzeln beider Arten die zerrissenen Felsblöcke, dringen in die engen, mit wenig Feinerde gefüllten Spalten und Risse des Karstes ein und sprengen durch ihr Wachstum den schon durch die tektonischen Vorgänge zersplitterten Kalkfels. So kommt es zur Entwicklung eines eigenartigen Waldes, welcher in seiner Zusammensetzung die Vertreter der Kalkfelsflora, die kalkliebenden, lichtbedürftigen Waldpflanzen und die extrem azidophilen Arten der Nadelstreuschicht vereinigt. Auf einer nur wenige Zentimeter dicken Streuschicht, die sich auf kompaktem Kalkfels angesammelt hat und ein *pH* von 5,06 aufweist, wachsen bis 0,5 m² breite Polster des Weißmooses (*Leucobryum glaucum*), welche einen starken Gegensatz zu den zerrissenen Kalkblöcken der Umgebung bilden.

In der Baumschicht herrscht die Tanne vor, in der subalpinen Stufe gesellt sich ihr noch die Fichte zu, in niedrigeren Lagen kommt dagegen vereinzelt die Linde vor. Sonst sind die Laubbäume, insbesondere die Buchen, in typischen Ausbildungen der Assoziation äußerst spärlich, und wenn sie erscheinen, so ist ihre Vitalität stark vermindert. Als der wichtigste Bestandteil des subalpinen Reitgras-Tannenwaldes ist aber die Fichte zu betrachten, die mitherrschend auftreten kann, aber doch bessere Lebensbedingungen im subalpinen Fichtenwald (*Piceetum croaticum subalpinum*) findet.

Der Kronenschluß des Waldes ist größtenteils unterbrochen, seltener geschlossen, aber das Licht dringt an steilen Hängen auch seitlich

in den Bestand und verursacht gewöhnlich eine starke Beastung der Bäume. In der Strauchschicht findet man neben dem Nachwuchs der Tanne und der Fichte wenige Sträucher, mit größerer Stetigkeit kommt nur *Daphne mezereum* und *Rosa pendulina*, seltener auch *Salix grandifolia* und *Rubus idaeus* auf. Die wichtigste Rolle kommt dem Wacholder (*Juniperus intermedia*) zu, welcher in vielen Beständen auftritt und nicht nur eine stark aufbauende, sondern auch eine große diagnostische Bedeutung als Charakterart der Assoziation hat. Im Gegensatz zu den wenigen Arten der Baum- und Strauchschicht steht eine reichliche Kraut- und Moosschicht der Assoziation. Als Charakterarten der Assoziation möchten wir neben *Juniperus intermedia* noch *Clematis alpina*, *Cirsium erisithales*, *Goodyera repens* und *Adenostyles glabra* betrachten, weil sie das Optimum ihrer Entwicklung in diesem Tannenwalde aufzeigen. Von andern diagnostisch wichtigen Arten seien die Reitgräser (*Calamagrostis arundinacea* und *C. varia*) erwähnt, die in großer Menge auftreten und die Physiognomie des Waldes bestimmen.

Ziemlich reichlich sind die Arten des *Piceetalia* vorhanden, obzwar sie nicht in so großer Menge vorherrschen wie in den Gesellschaften des *Piceion*-Verbandes. Viele Arten dieser Ordnung befinden sich allerdings nur in der Subassoziaton mit der Fichte, welche die subalpine Stufe bewohnt, zum Beispiel *Homogyne silvestris*, *Laserpitium marginatum*, *Melampyrum vulgatum*, *Lycopodium selago*, *Rhythidiadelphus loreus*, *Hieracium murorum*, *Veronica latifolia*, *Nephrodium dilatatum* und *Peltigera aphtosa*. In einigen Beständen herrscht auch *Erica carnea* vor, welche sonst auf weiten Strecken fehlt.

Von den Begleitern sind besonders reichlich *Valeriana tripteris*, *Asplenium ruta muraria*, *A. trichomanes*, *Solidago alpestris*, *Cicerbita muralis*, *Gentiana asclepiadea*, *Carex digitata*, *Mercurialis perennis*, *Phyteuma spicatum*, *Calamintha grandiflora*, *Polystichum lonchitis*, *Cyclamen europaeum*, *Melica uniflora*, *Anemone nemorosa*, *Cardamine enneaphyllos* und viele andere vorhanden. Reichlich sind auch die Moose vertreten, aber ihr Deckungsgrad ist nicht besonders hoch; zu den häufigsten Arten gehören *Ctenidium molluscum*, *Dicranum scoparium*, *Rhythidiadelphus triqueter*, *Hylocomium splendens*, *Isothecium myurum*, *Neckera crispa*, *Polytrichum attenuatum*, *Scapania aspera* und *Fissidens taxifolius*.

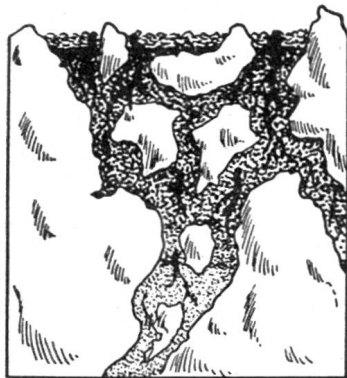
Der Reitgras-Tannenwald gliedert sich in zwei Subassoziationen, eine in den höheren Lagen (*C.-A. piceetosum*) mit *Picea excelsa* und einer großen Anzahl subalpiner Arten. Die zweite Subassoziaton (*C.-A. tilietosum*) ist dagegen durch einige thermophile Pflanzen gekennzeichnet, zum Beispiel *Tilia parviflora*, *Linaria cymbalaria* u. a. Diese Subassoziaton entbehrt zugleich eine Anzahl der *Piceetalia*-Arten.

Der Reitgras-Tannenwald ist im Gorski Kotar prächtig entwickelt, reicht östlich bis zur Plješevica und dem Velebit; spärliche Fragmente

befinden sich nach V. Blečić noch im Pivatal. Viel größere Verbreitung hat diese eigenartige Gesellschaft in den westlichen Gebieten, wo sie nach M. Wraber in ähnlicher Ausbildung bis zum Triglavmassiv reicht. In bezug auf das Artenarealtypenspektrum vereinigt die Assoziation die Bestandteile des Buchenwaldes mit viel reichlicheren Gliedern der *Piceetalia* (Horvat, 1957).

Ökologische Verhältnisse. Der Standort des Reitgras-Tannenwaldes ist grundverschieden vom Standort aller andern Waldgesellschaften im Gebiet und ähnelt einigermaßen dem Standort des Panzerföhrenwaldes der Herzegowina und Montenegros, er ist jedoch feuchter und kälter. Ähnliche Felsblöcke besiedelt in Kroatien nur noch der subalpine Fichtenwald, aber seine Standorte sind noch feuchter und schattiger. Deswegen sind die Felsblöcke im subalpinen Fichtenwald von einem reichen Moostepich überwachsen, und üben dadurch einen freundlicheren Eindruck aus. Der Standort des Reitgras-Tannenwaldes ist trotz großer Niederschlagsmengen doch ziemlich trocken und warm. Die Bodentemperatur zeigt in der Tiefe von 10 cm große Unterschiede gegenüber dem subalpinen Buchenwald, insbesondere aber gegenüber dem subalpinen Fichtenwald. Auch die Lichtmenge ist beträchtlich größer als in den umgebenden Waldgesellschaften, so daß die Lebensverhältnisse sehr extrem sind. Deshalb erreichen im Reitgras-Tannenwald einige thermophile Pflanzen, zum Beispiel *Melittis albida*, die höchste Meereshöhe. Die wichtigste Eigenart des Standortes liegt jedoch im äußerst steilen, steinigen, zerklüfteten Boden, welcher einer natürlichen Bodenbildung und Vegetationsentwicklung trotzt, weshalb der Reitgras-Tannenwald als typische Dauergesellschaft zu betrachten ist. An feuchteren Stellen geht er wohl in den subalpinen Fichtenwald über, aber die normale Entwicklung führt, je nach der Höhe, zu dem Buchen-Tannen- oder dem subalpinen Buchenwald, welche sich aber erst nach einer langdauernden fortschreitenden Bodenbildung einstellen können.

Abbildung 5
Bodenprofil des *Calamagrosteto-Abietetum piceetosum* im Risnjak-Gebirge
nach Z. Gracanin)



- A₀' Bis 2 cm dicke, diskontinuierliche Laub- und Nadelstreuschicht;
die Laubstreu durch Wind angeweht;
- A₀''A₁ absolut skelettige, grobsteinige Schicht mit schwarzer, humoser, durch die Wurzeln dicht verflochtener Feinerde;
- A₂C neben großen Felsblöcken etwas brauner Ton, der bis zum Grunde des Profils reicht; die Reaktion auf Karbonate nur in der Steinnähe positiv.

Muttergestein: dunkle Jurakalke.

Der Boden des typischen Reitgras-Tannenwaldes ist, nach G r a -
č a n i n (1957), ein humusreicher Skelettboden, welcher trotz dem Vor-
herrschen des Kalkes eine Versäuerung aufweist und die Ausbildung
der azidophilen Arten ermöglicht. An kleineren Terrassen, am Scheitel
der Felsen oder besonders in den Eintiefungen entwickelt sich dagegen
eine Schicht des podsolierten braunen Karbonatbodens; gleichzeitig sie-
delt sich auch die Buche an. Sie übt durch ihre kalkhaltige Laubstreu
einen großen Einfluß auf die Zusammensetzung des Reitgras-Tannen-
waldes aus: die Versäuerung wird eingestellt und die azidophilen Arten,
die sich auf saurer Nadelstreu angesiedelt haben, gehen ein. Diese Vor-
gänge gehen jedoch normalerweise nur sehr langsam vor sich und
haben nur eine säkulare Auswirkung: der Reitgras-Tannenwald bleibt
als Dauergesellschaft erhalten, weil das Relief eine tiefgreifende Ände-
rung nicht erfährt. Der an extreme Lebensbedingungen angepaßte Reit-
gras-Tannenwald mit seinem schätzenswerten Holz spielt aber eine
wichtige Rolle in der Biodynamik des Gebirges als Schutzwald steiler,
steiniger Hänge subalpiner Lagen.

Nach Waldzerstörung kommt *Juniperus intermedia* mit Reitgräsern
(*Calamagrostis arundinacea* und *C. varia*) zur Vorherrschaft, aber nicht
selten kommen die schweren Folgen der völligen Vegetationsvernich-
tung zum Vorschein und erwecken ein trauriges Landschaftsbild mit
ständiger Gefahr der Ausbreitung auf die angrenzende Vegetation.

Rippenfarn-Tannenwald (*Blechno-Abietetum*)

Eine besondere Stellung in der Waldvegetation Südwestkroatiens
nimmt der Rippenfarn-Tannenwald (*Blechno-Abietetum*) ein. Meine
erste Begegnung mit diesem prächtigen Walde war am Velebit und an
der Plješevica, wo in einer Höhe von 900 bis 1250 m ein azidophiler
Tannenwald mit viel Fichten zur Entwicklung gelangt. Das Dominieren
der Fichte mit einer großen Anzahl der Verbands- und Ordnungs-
charakterarten des Fichtenwaldes veranlaßte mich zur Vereinigung die-
ser Gesellschaft mit dem *Piceetum croaticum* (*Aremonieto-Piceetum*).
Wir haben, gemeinsam mit B r a u n - B l a n q u e t (1939), diese Ge-
sellschaft als eine besondere Subassoziation beschrieben und den wei-
teren Untersuchungen die endgültige Charakterisierung der Gesellschaft
überlassen. Und wirklich dauerte es nicht lange, bis in niedrigeren
Lagen, im Silikatgebiete von Gorski Kotar, die Gesellschaft in äußerst
prägnanter Ausbildung gefunden wurde. Wir haben diesen reinen Tan-
nenwald auf Silikatunterlage als *Blechno-Abietetum* beschrieben
(H o r v a t, 1950, 1957). Die mit der Fichte gemischten Bestände sollen
aber als eine besondere Subassoziation des Rippenfarn-Tannenwaldes
aufgefaßt werden.

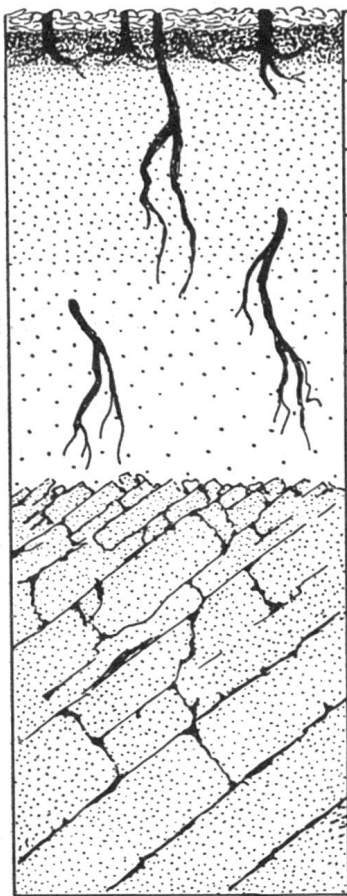
Die schönsten Flächen des Tannenwaldes befinden sich längs der Strecke von Skrad bis Delnice, bei Fužine (Brloško und Mlaka), Mrzla Vodica und Zelin. Es sind wohl die schönsten Tannenwälder im Gebiet, welche, auf Silikatunterlage stockend, sich auf den ersten Blick von den angrenzenden Buchen-Tannenwäldern der Kalkgebirge unterscheiden. Neben der grundverschiedenen floristischen Zusammensetzung unterscheiden sich die zwei nebeneinander stehenden Bestände dieser Assoziationen durch die Struktur des Waldes, die verschiedene Ausbildung der Strauchschicht und die abweichende Physiognomie der Krautschicht. In der Baumschicht herrschen die prächtig entwickelten, vollholzigen Tannen, in einigen Beständen kommt noch die Fichte reichlich dazu. Die Buche ist in der oberen Baumschicht zwar selten, in der unteren Schicht ist sie aber ziemlich reichlich vertreten und kann bei unvernünftiger Zerstörung des Tannenwaldes zur Vorherrschaft gelangen. Von andern Bäumen kommt noch vereinzelt *Sorbus aucuparia* vor. Kein Ahorn, keine Ulme oder Esche findet man im Walde, im Gegensatz zu dem angrenzenden Buchen-Tannenwalde, wo diese Bäume stets vorkommen.

Ein großer Unterschied besteht auch in der Strauchschicht. Neben dem Jungwuchs der Tanne, Buche und Eberesche befinden sich im Walde nur wenige Sträucher, zum Beispiel *Lonicera nigra*, *Rubus idaeus*, hie und da auch *Corylus*. Im Rippenfarn-Tannenwald vermißt man eine reich entwickelte Strauchschicht des basophilen Buchen-Tannenwaldes. Grundverschieden ist auch die Kraut- und Moosschicht, so daß nur wenige mit dem Buchen-Tannenwald gemeinsame Arten zu finden sind. Als regionale Charakterarten sind *Blechnum spicant*, *Aspidium montanum*, *Eurhynchium striatum*, *Melampyrum vulgatum* und *Campylopus flexuosus* zu betrachten. Von den Verbands- und Ordnungscharakterarten der *Piceetalia* treten mit großer Stetigkeit auf: *Nephrodium dilatatum*, *Vaccinium myrtillus*, *Lycopodium annotinum*, *Hieracium murorum*, *Luzula nemorosa*, *Leucobryum glaucum*, *Nephrodium phegopteris*, *Goodyera repens*, *Pleuroschisma trilobatum*, *Rhytidadelphus loreus*, *Picea excelsa* und andere. Von den Begleitern kommen in größerer Menge *Oxalis acetosella*, *Abies alba*, *Rubus* sp., *Polytrichum attenuatum*, *Dicranum scoparium*, *Athyrium filix femina*, *Gentiana asclepiadea*, *Fagus silvatica*, *Hypnum cupressiforme*, *Veronica officinalis* und andere vor. Der Rippenfarn-Tannenwald gliedert sich in zwei gut ausgeprägte Subassoziationen, eine feuchtere und kältere (*Bl.-A. piceetosum*) und eine trockenere, wärmere (*Bl.-A. galietosum*).

Nach der floristischen Zusammensetzung gehört der Rippenfarn-Tannenwald dem Verbands *Piceion excelsae* an. Im Artenarealtypenspektrum überwiegt das boreale Element, die Endemiten fehlen vollständig. Wir haben einen Tajgagürtel im Sinne von Schmid vor uns.

Ökologische Verhältnisse. Der Rippenfarn-Tannenwald (*Blechno-Abietetum*) zeigt in der Höhenverbreitung viel Ähnlichkeit mit dem Buchen-Tannenwald (*Fagetum abietetosum*). Beide Gesellschaften gedeihen nebeneinander, unter gleichen klimatischen Verhältnissen, unterscheiden sich aber grundlegend durch die Bodenverhältnisse: der Rippenfarn-Tannenwald ist eine extrem azidophile Waldassoziation der Silikatgesteine, selten tiefer Bodenprofile oberhalb des Kalkes, der Buchen-Tannenwald ist dagegen die basophil-neutrophile Assoziation der Karbonatgesteine.

Abbildung 6
Bodenprofil des *Blechno-Abietetum* im Risnjak-Gebiet
(nach Z. Gracanin)



- | | | |
|-------------------|------------|--|
| A ₀ ' | (1–2 cm) | dicke Laubstreuenschicht; |
| A ₀ '' | (2–5 cm) | dunkle, grauschwarze, mit vielen Wurzeln verflochtene, stark humose Schicht; |
| A ₁ | (10–30 cm) | gelblich bis rotbraune, lehmig-tonige, schwach skelettoide Schicht; |
| A ₂ | (47–70 cm) | graubraune, stark skelettige Schicht, die mit der Tiefe skelettreicher wird; |
| BC ₁ | | absolut skelettige, klein bis mittelgroß-steinige, gelbliche Schicht mit vereinzelt Wurzeln. |
- Muttergestein: permokarbonische sandige Schiefer.

Der Boden des *Blechno-Abietetums* ist nach Untersuchungen von Z. Gracanin (1957) stark podsolisiert, zeichnet sich durch stark saure Reaktion und einen ungesättigten Adsorptionskomplex aus: Darum auch die extrem azidophile Zusammensetzung der Gesellschaft. Die Bodenprofile sind gewöhnlich sehr tief, da die Silikate stark verwittern. Viel seltener stockt der Wald auf seichteren Böden, wo die Silikatblöcke an die Oberfläche ragen. Trotz gleichen klimatischen Verhältnissen genießt

das *Blechno-Abietetum* doch viel mehr Feuchtigkeit als das angrenzende *Fagetum abietetosum*. Die Ursache liegt eben in den Bodenverhältnissen. Die mächtigen Bodenprofile sind auch in den trockensten Jahren als ausgezeichnete Vorratshalter der Feuchtigkeit zu betrachten, im Gegensatz zu seichten, durchlässigen Karbonatböden des Kalkgebirges. Diese verschiedene Feuchtigkeitsmenge übt neben der Azidität nicht nur einen großen Einfluß auf die floristische Zusammensetzung beider Waldgesellschaften, sondern auch auf die Ökologie der Tanne aus. Die biologischen Leistungen des Baumes sind, wie die forstlichen Untersuchungen gezeigt haben, in beiden Gesellschaften verschieden.

Gemäß verschiedenen ökologischen Verhältnissen unterscheidet sich das *Blechno-Abietetum* vom *Fagetum abietetosum* auch im Lebensformenspektrum.

Sehr interessante Unterschiede konnte Š a f a r im Wurzelsystem beider Gesellschaften feststellen. H o r v a t (1950) hat im *Blechno-Abietetum* die merkwürdige Erscheinung der lebenden Tannenstöcke bemerkt, welche Š a f a r (1955) später eingehend studierte und was zu interessanten Ergebnissen führte. Wenn die Tannen stärker werden, stoßen nämlich die Seitenwurzeln der Nachbarbäume aufeinander, was häufig zu Wurzelverwachsung führt. Nach dem Hieb einiger Stämme können lebende Stöcke bis zu hundert Jahren zuwachsen. Die Untersuchungen in Zusammenhang mit dieser Erscheinung haben gezeigt, daß die Wurzelverzweigungen der Tanne im *Blechno-Abietetum* bedeutend kürzer sind als im *Fagetum abietetosum*. Demnach hat die Tanne in der ersten Waldgesellschaft ein intensiveres, in der zweiten dagegen ein extensiveres Wurzelsystem. Die Pfahlwurzel des Jungwuchses ist im *Blechno-Abietetum* normaler entwickelt, im *Fagetum abietetosum* mehr deformiert. Im Zusammenhang damit dürfte nach Š a f a r auch die Bestockung in erster Waldgesellschaft dichter und die Beschirmung dunkler sein als in der zweiten.

Nach Verdrängung des Rippenfarn-Tannenwaldes kommen das stark azidophile *Nardetum* oder an trockenen Hängen die *Calluna*-Heide zur Vorherrschaft, die durch die Mahd oder durch die Beweidung bedingte Dauerstadien darstellen. Wenn aber die anthropogenen Einflüsse ausgeschaltet werden, kommt über ein *Betula-Populus*-Stadium wieder der Rippenfarn-Tannenwald zur Entwicklung.

Forstliche Eigenschaften kroatischer Tannenwälder

Die forstliche Leistung der Tanne hängt von vielen Faktoren ab, wobei neben den klimatischen, bodenkundlichen und pflanzensoziologischen auch die rein strukturellen Verhältnisse des Waldes eine wichtige Rolle spielen. Nicht selten sind diese Faktoren miteinander so ver-

bunden, daß die Einzelbetrachtung große Schwierigkeiten bereitet. Und doch kann man klare Gesetzmäßigkeiten feststellen, die einen allgemeinen Charakter haben und in jedem Falle zum Ausdruck kommen. Wir meinen in erster Linie die klimatisch bedingten Unterschiede in der horizontalen und vertikalen Verbreitung der Tanne, die unabhängig von andern Faktoren immer zur Auswirkung gelangen.

Meereshöhe als forstlicher Faktor. Die besten Leistungen weist die Tanne ohne Rücksicht auf die Unterlage in geschützten Tälern (Dolinen) und Karstponikven auf, wo sogar die Stammhöhe von 60 bis 70 m nicht selten war. Der Windschutz, große Luftfeuchtigkeit und gewöhnlich auch mächtigere Bodenprofile ermöglichen eine üppige Entwicklung der Tanne, die selten ihresgleichen findet (H o r v a t , 1953). Von diesem Optimum der Entwicklung aus, das je nach der Mächtigkeit des Massivs ungefähr zwischen 850 bis 1250 m liegt, wird die Leistung des Baumes nach oben wie nach unten schwächer, bis endlich auch die Tanne ihre klimatisch bedingte Grenze erreicht. Die wichtigste Rolle spielen dabei die geographische Lage des Gebirges, die Höhe und Mächtigkeit des Massivs, die maritimen und kontinentalen Eigenschaften des Klimas usw. So hat zum Beispiel der in der unmittelbaren Nähe des Meeres liegende, verhältnismäßig niedrige Risnjak (1528 m) nicht nur stark herabgedrückte Vegetationsstufen, sondern auch viel engere Breiten einzelner Stufen, als die höhere, tief im Innern Bosniens liegende Bjelašnica (2067 m) oder der imposante Durmitor (2528 m) in Montenegro. Das kommt besonders in forstwirtschaftlicher Hinsicht zum Ausdruck, weil am Risnjak die obere Grenze des Buchen-Tannenwaldes schon in einer Höhe von 1240 m liegt und bei 1400 m sogar der subalpine Buchenwald aufhört, während sich an der Bjelašnica und am Durmitor in dieser Höhe noch prächtige Tannenwälder befinden. Die Meereshöhe und die mit ihr zusammenhängenden Bedingungen haben demnach nur einen relativen Wert, welcher in verschiedenen Gebirgen zu recht verschiedener Auswirkung gelangt.

Um einen Einblick in die durch die Meereshöhe bedingten Unterschiede des Buchen-Tannenwaldes zu gewinnen, hat B. Z l a t a r i č (1949) anschließend an unsere Vegetationsstudien im Risnjak-Snježnik-Gebiete ein Profil von den Gipfeln bis zum Fuß des Gebirges untersucht. Das Profil hat auch andere Waldgesellschaften umfaßt und auf diese Weise einen interessanten Einblick in die Höhen- und Dickenverhältnisse vorherrschender Bäume in bestimmter Höhe und in klar umgrenzten Waldgesellschaften gebracht. Wegen des Fehlens des Silikategesteins in höheren Lagen konnten leider keine Vergleiche mit dem *Blechno-Abietetum* dieser Höhen durchgeführt werden, was sicher von größtem Interesse wäre. Es sei aber bemerkt, daß im Risnjak-Massiv die längsten Stämme im optimalen Bereich der Tanne seit langem als

Opfer der Forstwirtschaft gefallen sind und daß in diesem Sinne zum Beispiel Lička Plješevica viel bessere Ergebnisse liefern könnte.

Die Tanne weist am Risnjak in der unteren (Tannen-) Variante des Buchen-Tannenwaldes (*Fagetum abietetosum*) in der Meereshöhe von 700 bis 1000 m durchschnittlich 38 bis 28 m Stammhöhe auf, in der oberen (Buchen-) Variante dagegen 28 bis 21 m. Gleichzeitig hat die Tanne im *Calamagrosteto-Abietetum*, in der Höhe zwischen 950 bis 1350 m, nur 19 bis 14 m hohe Stämme. Die Abhängigkeit der Stammhöhe von der Meereshöhe sowie von der Waldgesellschaft ist unverkennbar.

Waldbauliche Verhältnisse. Den waldbaulichen und wirtschaftlichen Verhältnissen unserer Tannenwälder wurde seit langem große Aufmerksamkeit geschenkt, und es liegt eine Anzahl ausgezeichnete Einrichtungselaborate über kroatische Tannenwälder von unsern besten Forstleuten vor. Nachdem aber durch pflanzensoziologische Untersuchungen die Gliederung unserer Tannenwälder in drei, floristisch und ökologisch verschiedene, Vegetationseinheiten festgestellt wurde, könnte man eine zeitgemäße, wissenschaftlich begründete Bewirtschaftung anwenden. In diesem Sinne kommen in erster Linie die weit verbreiteten Buchen-Tannen- und Rippenfarn-Tannenwälder in Betracht, da dem Reitgras-Tannenwald trotz seinem feinen Holz die größte Bedeutung als Schutzwald zukommt.

Die waldbaulichen Probleme unserer Tannenwälder wurden in neuerer Zeit zum Gegenstand reger Untersuchungen insbesondere von J. Š a f a r (1955) und D. K l e p a c (1954); wir entnehmen diesen Studien nur einige allgemeine Ergebnisse, weil wir auf die wirtschaftlichen Fragen nicht eingehen können.

Der Verjüngungsgang ist nach J. Š a f a r (1955) in dem *Blechno-Abietetum* durchschnittlich viel günstiger als im *Fagetum abietetosum*, insbesondere für die Tanne. Die Konkurrenz des Unkrautes wirkt aber in jener Waldgesellschaft stärker als in dieser. Die Tanne verjüngt sich im *Blechno-Abietetum* mehr gruppen- und horstartig, ja auch schichtartig, im *Fagetum abietetosum* ist der Jungwuchs dagegen mehr im Einzel-, Trupp- und Gruppenstand. Dieser Unterschied ist so ausgeprägt, daß wir bei unserer Vegetationskartierung schon aus einer bestimmten Entfernung nach der Verjüngungsform auf die entsprechende Waldgesellschaft schließen könnten, eine Erscheinung, die wir gelegentlich einer gemeinsamen Exkursion mit Prof. L e i b u n d g u t, sogar in entsprechenden Gesellschaften des Schweizer Juras beobachten konnten. Wenn durch starke Hiebe eine Änderung der ökologischen Faktoren stattfindet und der Standort trockener wird, breitet sich aber nach Š a f a r in beiden Waldgesellschaften die Buche aus, und zwar im *Fagetum abietetosum* viel reichlicher als im *Blechno-Abietetum*, wo sie auf den nasser und kälteren Standorten überhaupt nicht eindringt.

Auch in andern kroatischen und bosnischen Wäldern, die dem *Fagetum abietetosum* angehören, verbreitet sich manchmal unter dem lückigeren Schirm reichlich die Buche. Der Tannenjungwuchs erobert dagegen den verlorenen Lebensraum viel rascher und reichlicher im *Blechno-Abietetum* wieder zurück als im *Fagetum abietetosum*. Ziemlich stark ist aber das Vordringen der Tanne in die reinen, dem Buchen-Tannenwald zugehörigen Buchenbestände, aus welchen sie früher verdrängt wurde.

Der dunklere Vertikal- bis Stufenschluß sollte nach Š a f a r (1955) eine wichtige Voraussetzung für die gute Tannenverjüngung hauptsächlich im Buchen-Tannenwald und im weniger feuchten Rippenfarn-Tannenwald sein. Der einförmigere Kronenschluß im *Fagetum abietetosum* entspricht nämlich mehr der Verjüngung der heliophileren Buche als der skiophileren und gleichzeitig azidophileren Tanne. Der Wirtschaftler muß der Tanne im Buchen-Tannenwald auch durch direkte Eingriffe helfen, da die Konkurrenzkraft der Tanne in dieser durchschnittlich schwächer ist als im Rippenfarn-Tannenwald.

Über die große waldbauliche Bedeutung des von D. K l e p a c festgestellten verschiedenen Maximums des Durchmesserzuwachses im Buchen-Tannen- und Rippenfarn-Tannenwald, den wir bald besprechen werden, verweise ich auf diesbezügliche Ausführungen des Verfassers (K l e p a c, 1956).

Höhen- und Dickenwachstum in verschiedenen Waldgesellschaften. Mit diesem Problem haben sich, allerdings mit verschiedener Methodik, B. Z l a t a r i č (1953) und D. K l e p a c (1954, 1956, 1957) befaßt. Nach Z l a t a r i č zeichnen sich die floristisch umgrenzten Waldgesellschaften durch bestimmte Taxationselemente aus, sie müssen «jedoch ziemlich weit gefaßt werden, weil jede von ihnen eine beträchtliche Variabilität der Ergebnisse aufweist».

Die Tanne erreicht die größte Höhe im Rippenfarn-Tannenwald (*Blechno-Abietetum*) auf Silikatunterlage mit 32 bis 40 m. Kleinere Höhe weist sie bei gleicher Meereshöhe im Buchen-Tannenwald (*Fagetum abietetosum*) auf, und zwar 28 bis 38 m. Die kleinsten Werte zeigen die etwas höher liegenden Bestände des Reitgras-Tannenwaldes, welche 14 bis 19 m hohe Stämme haben.

In bezug auf den periodischen mittleren Durchmesserzuwachs erweisen sich nach Z l a t a r i č (1953) Unterschiede je nachdem, ob man alle untersuchten Tannenstämme oder nur die über 50 cm dicken berücksichtigt. Im ersten Falle hat das *Fagetum abietetosum*, in letzterem aber das *Blechneto-Abietetum* die größten Werte, das *Calamagrosteto-Abietetum* zeigt aber immer beträchtlich niedrigere Werte. Der Rhythmus des mittleren periodischen Durchmesserzuwachses ist jedoch in beiden Tannengesellschaften auf Kalkunterlage gleichartig und gleichen Charakters, im Gegensatz zur Tanne auf Silikatunterlage. Z l a t a r i č (1953) hat im Risnjak-Massiv einen starken Abfall des Dickenzuwachses

während der letzten dreißig Jahre in allen Waldgesellschaften festgestellt, was wohl mit Trockenperioden in Zusammenhang steht. Der größte Abfall wurde im Buchen-Tannenwald, der kleinste dagegen im Rippenfarn-Tannenwald auf Silikatunterlage festgestellt.

D. Klepac (1954) ist nach mehrjährigen, sorgfältigen Untersuchungen an pflanzensoziologisch umgrenzten Waldgesellschaften zu weitgehenden Ergebnissen gekommen, die nicht nur große theoretische, sondern auch praktische Bedeutung haben. Die floristisch charakterisierten Tannengesellschaften unterscheiden sich nämlich im jährlichen Durchmesserzuwachs, im jährlichen Massenzuwachs und in der Rindenstärke.

Der jährliche Durchmesserzuwachs der Tanne im *Blechno-Abietetum* hat «als Funktion des Durchmessers in Brusthöhe den paraboloiden Gang». Der Gang des jährlichen Durchmesserzuwachses in dieser Phytozönose kann durch folgende Gleichung des Durchmessers dargestellt werden:

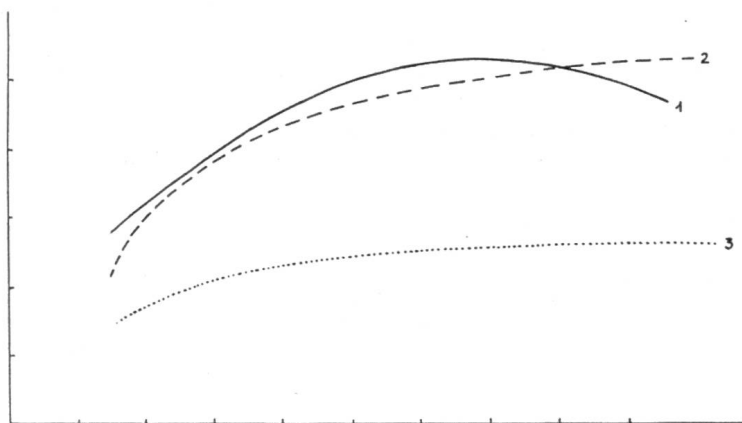
$$A_d = a + b \cdot d + c \cdot d^2$$

A_d ist der jährliche Durchmesserzuwachs, d ist der Durchmesser in Brusthöhe, a , b und c sind die Parameter.

Das Maximum des jährlichen Zuwachses haben die Tannen bei 60 bis 75 cm Durchmesser.

Abbildung 7

Durchmesserzuwachs in Millimeter in Tannenwäldern des Risnjak-Massivs:
1. *Blechno-Abietetum*; 2. *Fagetum abietetosum*; 3. *Calamagrosteto-Abietetum*
(nach D. Klepac)



Wesentlich verschieden ist der Durchmesserzuwuchsgang im *Fagetum abietetosum* und *Calamagrosteto-Abietetum*. «Die Kurve des jährlichen Durchmesserzuwachses hat gewisse Analogie mit einem Hyperbelzweig. Für diese Phytozönosen, d. h. für die Tannenwälder auf Kalkunterlage, ist es gelungen, für die Stämme von 15 cm Dicke an in Brust-

höhe den jährlichen Durchmesserzuwachs mit folgenden Gleichungen darzustellen:

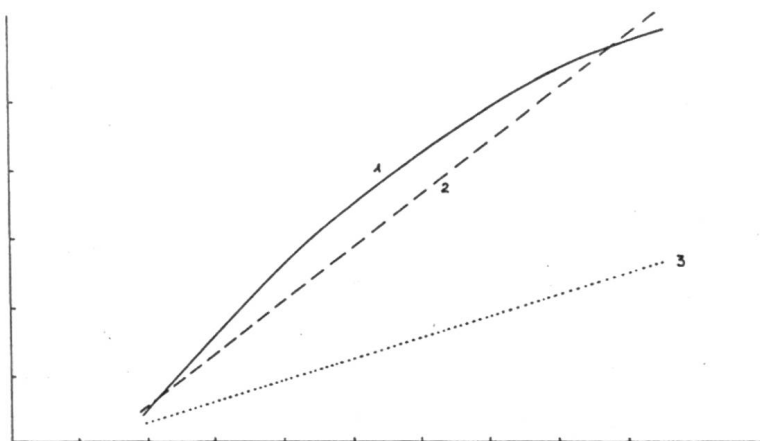
$$A_d = a - b \cdot \frac{1}{d} + c \frac{1}{d^2}$$

$$A_d = a - b \cdot \frac{1}{d}$$

In diesen Phytozönosen konnte das Maximum des Durchmesserzuwachses nicht festgestellt werden, obgleich die Beobachtungsflächen mit Stämmen von 90 cm in Brusthöhe und mehr untersucht worden sind. Das bedeutet, daß der jährliche Durchmesserzuwachs in den Tannenwäldern auf Kalkunterlage ständig zunimmt, was mehrmals bestätigt wurde, wenigstens für die Tannen bis 90 cm in Brusthöhe.» (Klepac, 1956.) Das wichtigste Ergebnis dieser umfangreichen Untersuchungen ist demnach, daß die Tannenwälder Westkroatiens auf Kalk- und Silikatunterlage verschiedenen Gang des Zuwachses aufweisen und daß die Tanne das Maximum ihres Durchmesserzuwachses früher in Silikat- als in Kalkgesellschaften erreicht. Die Unterschiede im jährlichen Durchmesserzuwachs unserer Tannengesellschaften sind in der Abbildung dargestellt worden. Sie zeigen, daß, obwohl das *Fagetum abietetosum* (2) und *Blechno-Abietetum* (1) in ihrer optimalen Entwicklung ein ziemlich gleichwertiges Dickenwachstum aufweisen, der jährliche Gang des Zuwachses doch grundverschieden ist; dagegen zeigt das auf Kalkunterlage verbreitete *Calamagrosteto-Abietetum* trotz dem großen Unterschied in der Zuwachshöhe einen ganz ähnlichen Gang wie das *Fagetum abietetosum*.

Abbildung 8

Jährlicher Massenzuwachs in Kubikmeter in Tannenwäldern des Risnjak-Massivs:
1. *Blechno-Abietetum*; 2. *Fagetum abietetosum*; 3. *Calamagrosteto-Abietetum*
(nach D. Klepac)



Klepac (1956) hat auch den *jährlichen Massenzuwachs* in unseren Tannengesellschaften untersucht und kommt zum Ergebnis, daß das Maximum des jährlichen Zuwachses im *Blechno-Abietetum* «allgemein bei den Stämmen dicker als 75 cm in Brusthöhe» liegt. Dagegen wurde in den beiden andern Phytozönosen kein Maximum des jährlichen Massenzuwachses festgestellt. Im Gegenteil, in diesen Waldgesellschaften könnte man den jährlichen Massenzuwachs als Funktion vom Durchmesser in Brusthöhe mit der linearen Gleichung bis 100 cm Stammstärke ausdrücken:

$$A_v = a + b \cdot d$$

A_v bedeutet den jährlichen Massenzuwachs, d ist der Durchmesser. Das bedeutet, daß der jährliche Zuwachs ständig zunimmt, was wirklich für die Tannen bis 100 cm Dicke auf Kalkunterlage zutrifft. Dickere Stämme sind leider in Westkroatien nicht mehr zu finden.

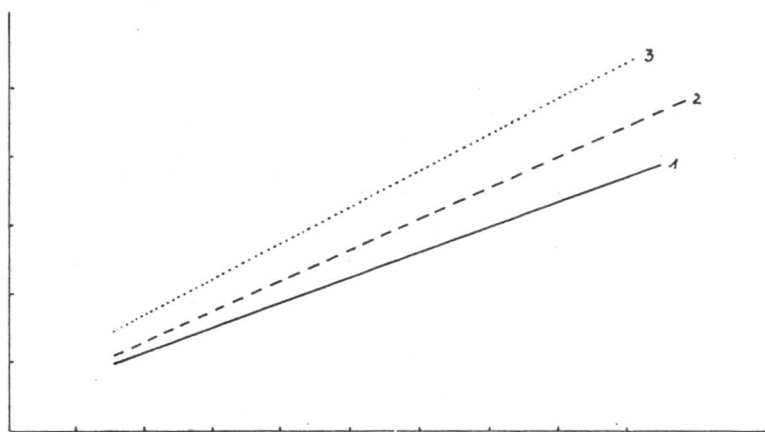
Rindenstärke. Neben dem Zuwachs wurden von Klepac (1957) auch die Unterschiede in der Dicke der Rinde festgestellt. «In allen Tannenwäldern kann die Rindenstärke als Funktion des Durchmessers in Brusthöhe mit folgender Gleichung ausgedrückt werden:

$$E = a + b \cdot d$$

E bedeutet die doppelte Rindenstärke am Brusthöhendurchmesser d für die Tanne.

Abbildung 9

Doppelte Rindenstärke in Zentimeter in Tannenwäldern des Risnjak-Massivs:
1. *Blechno-Abietetum*; 2. *Fagetum abietetosum*; 3. *Calamagrosteto-Abietetum*
(nach D. Klepac).



Nach eingehenden Untersuchungen stellte sich heraus, daß den größten Parameter (b) das *Calamagrosteto-Abietetum*, den kleinsten das *Blechno-Abietetum* aufweist; ziemlich in der Mitte steht das *Fagetum abietetosum*. Das bedeutet, daß die Rinde auf Kalkunterlage dicker ist

als auf Silikatgesteinen.» Die Unterschiede in der Rindenstärke kroatischer Tannenwälder erlauben interessante Schlußfolgerungen über die ökologischen Verhältnisse. Die Tanne im gut durchfeuchteten, mesophilen Rippenfarnwald hat die feinste Rinde, die aus dem trockene Felsblöcke bewohnenden Reitgras-Tannenwald dagegen die dickste, was wohl mit den extremen Standorten in Zusammenhang steht. Der in ökologischer Hinsicht in der Mitte stehende Buchen-Tannenwald zeigt auch in bezug auf die Rindenstärke eine Mittelstellung.

Technische Eigenschaften des Holzes. Das Volk in Gorski Kotar unterscheidet seit langem das Holz aus verschiedenen Tannenwäldern in bezug auf die technischen Eigenschaften (Schwere, Härte, Dauerhaftigkeit, Möglichkeit der Bearbeitung usw.). Es war deshalb von Interesse, diese Frage auch wissenschaftlich zu beleuchten. Dieses Unternehmen haben A. U g r e n o v i č und I. H o r v a t übernommen und in einer speziellen Studie die Resultate ihrer Untersuchungen veröffentlicht. Die Proben wurden aus klar umgrenzten, soziologisch determinierten Beständen im Risnjak-Massiv genommen und im Laboratorium der forstlichen Fakultät untersucht. Ich verweise auf die diesbezügliche Studie, der ich nur die wichtigsten Ergebnisse entnehme. Die Autoren heben aber hervor, daß die Resultate, was das *Blechno-Abietetum* betrifft, nicht ohne weiteres vergleichbar sind, weil sie von jüngeren Stämmen als bei den beiden andern Gesellschaften entnommen sind.

Die wichtigsten technischen Eigenschaften des Holzes aller drei Tannenwälder haben wir in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

	Jahringbreite in mm	Spätholzanteil in %	Raumgewicht bei 0 % Feuchtigkeit	Nominalgewicht in g/cm ³	Linear- und Volum-Schwindung			Bruch- und Schlagfestigkeit in kg/cm ³	Druckfestigkeit in kg/cm ²
					α_r	α_t	α_v		
<i>Calamagrosteto-Abietetum</i>	1,12	42,9	0,452	0,400	3,7	7,4	11,7	0,468	379
<i>Blechno-Abietetum</i>	1,73	35,1	0,430	0,382	3,9	8,5	13,1	0,445	361
<i>Fagetum abietetosum</i>	2,02	30,2	0,415	0,366	3,4	8,1	12,1	0,396	342

Technische Eigenschaften des Holzes in verschiedenen Tannenwäldern des Nationalparks Risnjak (nach A. U g r e n o v i č und I. H o r v a t).

Da zwischen dem Raumgewicht und der Druckfestigkeit ein bestimmtes Verhältnis besteht, haben die Autoren dasselbe für einzelne Gesellschaften mathematisch folgenderweise ausgedrückt:

<i>Calamagrosteto-Abietetum</i> . . .	$y = 703,2 \times 0,775867$
<i>Fagetum abietetosum</i>	$y = 696,3 \times 0,807138$
<i>Blechno-Abietetum</i>	$y = 955,6 \times 1,144847$

Zusammenfassung

Um die Zusammenhänge zwischen pflanzensoziologisch klar umgrenzten Tannenwäldern Kroatiens mit ihren Bodenverhältnissen und forstlichen Eigenschaften zu klären, wurden im kroatischen Nationalpark Risnjak umfangreiche pflanzensoziologische, bodenkundliche und forstwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die zur Unterscheidung von drei ausgeprägten Waldgesellschaften: des Buchen-Tannenwaldes (*Fagetum croaticum abietetosum*), des Reitgras-Tannenwaldes (*Calamagrosteto-Abietetum*) und des Rippenfarn-Tannenwaldes (*Blechno-Abietetum*) geführt haben. Trotz dem Vorherrschen oder Mit-herrschen der Tanne unterscheiden sich diese Waldgesellschaften wesentlich in ihren pflanzensoziologischen, bodenkundlichen und forstlichen Eigenschaften.

1. Pflanzensoziologische Unterschiede

Die untersuchten Tannenwälder zeigen weitgehende Unterschiede in ihren Lebensbedingungen, in der Physiognomie, in der Schichtung, in floristischer Zusammensetzung, im Lebensformenspektrum und in der Tierwelt.

- a) In physiognomischer Hinsicht ist der Buchen-Tannenwald ein geschlossener Mischwald steiler bis mäßig geneigter Hänge an Kalk- und Dolomitgesteinen, in welchen je nach den Verhältnissen die Tanne oder die Buche stärker vorherrscht. Der Reitgras-Tannenwald ist eine reine, ziemlich offene Nadelwaldgesellschaft steiler, felsiger Kalkhänge, welche sich schon aus der Ferne von den umgrenzenden Buchen-Tannen- oder insbesondere von den reinen subalpinen Buchenwäldern stark unterscheidet. Der Rippenfarn-Tannenwald ist dagegen eine dicht geschlossene Nadelwaldgesellschaft mäßig steiler, schwach geneigter oder ebener Flächen auf mächtigen Silikatprofilen.

- b) Nach der Schichtung unterscheiden sich alle drei Gesellschaften: der geschlossene Buchen-Tannenwald hat eine reichliche Baum-, Strauch- und Krautschicht, der offene Reitgras-Tannenwald nur eine Baum- und Krautschicht und eine spärliche Moosschicht, die Strauchschicht ist dagegen sehr schwach entwickelt wie im dunklen Rippenfarn-Tannenwald, welcher aber eine reichlich entwickelte Moosschicht besitzt. Unsere Tannengesellschaften unterscheiden sich auch in der Wurzelschichtung.
- c) Nach der floristischen Zusammensetzung gehören die Tannenwälder verschiedenen Assoziationen an, welche sogar verschiedenen höheren Vegetationseinheiten anzugliedern sind, und zwar der Buchen-Tannenwald den *Fagetalia*, der Reitgras- und der Rippenfarn-Tannenwald dagegen den *Piceetalia*. Von allen drei Gesellschaften ist der kroatische Buchen-Tannenwald floristisch am besten ausgeprägt und zeichnet sich nicht nur durch lokale, sondern vielmehr durch absolute Charakterarten aus.
- d) Alle drei Waldgesellschaften unterscheiden sich sowohl in ihren Lebensformen, die als Ausdruck der Gesamtökologie dieser Wälder recht verschiedene Zusammensetzung aufweisen, als auch in den Ersatzgesellschaften, die nach ihrer Verdrängung entstehen.
- e) Es bleibt noch übrig, die in verschiedenen Wäldern vorherrschende Tanne sippensystematisch und genetisch näher zu untersuchen, woraus man wohl wichtige pflanzensoziologische und waldbauliche Folgerungen ziehen könnte.

2. Bodenkundliche Unterschiede

Verschiedener floristischer Zusammensetzung gemäß wurden beträchtliche Unterschiede auch in den Bodenverhältnissen unserer Tannenwälder festgestellt, und zwar in der Bodentiefe, dem Kalkgehalt des Bodens, in den pH-Werten, in der Sättigung des Adsorptionskomplexes, im Humusgehalt, in mechanischen und physikalischen Bodeneigenschaften (Z. Gračani) sowie in der Mikroflora (M. Lupret).

- a) Nach der Bodenbeschaffenheit ist das *Fagetum abietetosum* eine basophil-neutrophile bis mäßig azidophile Waldgesellschaft des Kalk- und Dolomitgebirges, das *Calamagrosteto-Abietetum* ein basophil-azidophiler Komplex großer, steiler Kalkblöcke mit wenig Feinerde in Felsritzen und Spalten, das *Blechno-Abietetum* dage-

gen eine extrem azidophile Waldgesellschaft auf verwitterter Silikatunterlage oder selten auch auf mächtigen Bodenprofilen oberhalb der Kalksteine.

- b) Die Böden des Buchen-Tannenwaldes sind seicht, skelettartig, kalkreich und trocken und gehören meistens den schwach podsolierten braunen Mineralkarbonatböden oder den podsolierten Roterden an. Die Böden des Rippenfarn-Tannenwaldes sind dagegen tiefgründig, kalkfrei, ausgewaschen und gehören den stark podsolierten Böden an. Die Böden des Reitgras-Tannenwaldes sind trocken, humusreich, neutral bis sauer; die oberste Streuschicht ist sehr sauer und ermöglicht das Aufkommen extrem saurer Waldpflanzen.
- c) Orientierende Untersuchungen über die Mikroflora unserer Tannenwälder haben zum Vorschein gebracht, daß der Buchen-Tannenwald eine reichliche Bakterien-, der Rippenfarn-Tannenwald dagegen eine reichliche Pilzflora aufweist.

3. Forstliche Untersuchungen

Obwohl in allen Gesellschaften die Tanne allein oder mit der Buche und Fichte vorherrscht, weist sie jedoch wesentliche forstliche Unterschiede auf, und zwar in waldbaulichen Verhältnissen (Verjüngungsform, Konkurrenz mit der Buche), in der Stammhöhe und Stammdicke, im Durchmesserzuwachs und jährlichen Massenzuwachs, in der Rindenstärke sowie in technischen Eigenschaften des Holzes (J. Š a f a r, B. Z l a t a r i č, D. K l e p a c, I. H o r v a t).

- a) Die waldbaulichen Verhältnisse des Buchen-Tannen- und des Rippenfarn-Tannenwaldes sind sehr verschieden und hängen von verschiedener Verjüngungsform, ungleicher Konkurrenzkraft mit der Buche sowie vom verschiedenen Zuwachsmaximum der Tanne in beiden Gesellschaften ab.
- b) Die Stammhöhe zeigt unter gleichen allgemeinen Bedingungen beträchtliche Unterschiede insbesondere zwischen dem *Calamagrosteto-Abietetum* und zwei anderen Tannenwäldern, die ziemlich ähnlichen Höhenzuwachs aufweisen.
- c) Der jährliche Durchmesserzuwachs folgt im *Blechno-Abietetum* dem paraboloiden Gang mit einem Maximum bei Stämmen von

65 bis 75 cm Dicke in Brusthöhe. Die Zuwachskurven im *Fagetum abietetosum* und *Calamagrosteto-Abietetum* zeigen dagegen trotz verschiedener Höhe einen hyperboloiden Gang. Die Tannenwälder zeigen demnach auf Kalk- und Silikatunterlage verschiedenen Zuwachsgang.

- d) Im *Blechno-Abietetum* erreicht die Tanne das Maximum des jährlichen Massenzuwachses bei 75 cm, bei zwei andern Tannenwäldern konnte man das Maximum noch bei 100 cm Stärke in Brusthöhe nicht feststellen. Demnach erreicht die Tanne das Maximum ihres Durchmesserzuwachses früher in Silikat- als in Kalkgesellschaften.
- e) Die Rindenstärke ist in allen Wäldern verschieden, das verhältnismäßig feuchte *Blechno-Abietetum* hat die dünnste, das extremste *Calamagrosteto-Abietetum* dagegen die mächtigste Rinde.
- f) Alle drei Tannengesellschaften weisen auch in technischen Eigenschaften des Holzes ziemlich große Unterschiede auf.

Aus unseren Ausführungen geht hervor, daß pflanzensoziologisch durch Charakter- und Differentialarten klar gefaßte Vegetationseinheiten (Assoziationen und Subassoziationen im Sinne von Braun-Blanquet) die beste Grundlage nicht nur für ökologische, sondern auch forstwissenschaftliche Untersuchungen darstellen und große praktische Bedeutung haben. Nur durch die Zusammenarbeit des Pflanzensoziologen, des Bodenkundlers und des Forstwissenschaftlers können die engsten Abhängigkeiten zwischen der Waldgesellschaft, dem Boden und ihrer forstlichen Leistung befriedigend gelöst werden.

Résumé

Pour mieux définir les relations qui existent entre les sapinières de Croatie et leur milieu, on a procédé, dans le Parc national croate de Rinsjak, à de vastes études phytosociologiques, pédologiques et forestières qui ont permis d'y distinguer trois associations bien définies: la hêtraie à sapin (*Fagetum croaticum abietetosum*), la sapinière à calamagrostis (*Calamagrosteto-Abietetum*) et la sapinière à blechnum (*Blechno-Abietetum*). En dépit de la prédominance ou, du moins, de la présence du sapin dans chacune, ces associations se différencient essentiellement par leurs propriétés phytosociologiques, pédologiques et forestières.

1. Différences d'ordre phytosociologique

Les forêts examinées montrent de grandes différences quant à la biocénose, l'aspect général, la distribution verticale, la composition floristique et la faune qu'elles abritent. La hêtraie à sapin présente l'aspect de peuplements denses mélangés recouvrant les terrains calcaires ou dolomitiques, escarpés ou modérément déclives de la région et où, selon les conditions, le sapin ou le hêtre prévaut. Les strates arborescente, arbustive et herbacée y sont largement développées. Cette association appartient aux *Fagetalia*. La sapinière à calamagrostis, au contraire, est une association de résineux purs clairsemés, établie sur terrains de roches calcaires escarpés, et qui se différencie nettement de la précédente et, en particulier, de la hêtraie subalpine pure. La strate herbacée est pauvrement représentée, mais déjà les mousses forment de petites colonies. On rencontre la sapinière à blechnum, en peuplements denses, sur les terrains faiblement déclives ou même plats, à sols siliceux entièrement recouverts de mousses acidophiles. Ces deux dernières associations font partie de l'ordre des *Piceetalia*.

2. Différences d'ordre pédologique

Ces trois associations se différencient encore au point de vue pédologique, par la profondeur du sol, sa réaction, la présence du carbonate de calcium, la saturation du complexe absorbant, l'épaisseur de l'humus, les propriétés mécaniques et physiques du sol ainsi que par la microflore. Le sol de la hêtraie à sapin est profond, séchard et riche en carbonates. C'est une terre brune typique de structure meuble, à horizons confusément mélangés et à activité biologique très élevée. La sapinière à calamagrostis forme un complexe basiphile-acidophile établi sur blocs calcaires dont les fentes renferment très peu de matières fines. Le sol offre une réaction basique ou neutre, si ce n'est en surface, où le carbonate fait défaut. Une faible accumulation d'humus acide (mor) recouvre en effet la surface d'une manière plus ou moins continue. La sapinière à blechnum est une association très acidophile qui se rencontre sur des silicates. Le sol en est constitué par des terres fortement podzolisées et acidifiées; les argiles et autres colloïdes sont lessivés. La décomposition de la fane, plutôt lente, est effectuée ici principalement par les champignons microscopiques.

3. Recherches forestières

On a aussi trouvé des différences dans l'état des peuplements au point de vue sylvicole (installation des renaissances, concurrence avec le hêtre, accroissement en hauteur et en épaisseur) de même que dans les caractéristiques technologiques des bois, entre les trois associations.

L'auteur, en terminant, affirme sa conviction que la phytosociologie, par la détermination des espèces caractéristiques et différentielles des associations et des sous-associations *sensu* Braun-Blanquet, constitue le meilleur fondement non seulement des recherches écologiques mais aussi de la sylviculture, et présente un intérêt essentiellement pratique.

P.-E. Vézina

Literatur

- Braun-Blanquet, J., Sissingh, G., und Vlieger, J., 1939: Klasse der Vaccinio-Piceetalia. Prodrum, Sigma. 6. Montpellier.*
- Beck-Mannagetta, G., 1901: Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. Leipzig.*
- Gračanin, Z., 1957: Tla biljnih zajednica Gorskog Kotara. — Die Böden der Pflanzengesellschaften von Gorski Kotar. (Manuskript)*
- Horvat, I., 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. — Pflanzensoziologische Walduntersuchungen in Kroatien. Annal. exper. forest. 6. Zagreb.*
- 1950: Šumske zajednice Jugoslavije. — Les associations forestières en Yougoslavie. Inst. za šum. istraz. Zagreb.
- 1950 a: Istraživanje i kartiranje vegetacije planinskog skupa Risnjaka i Snjeznika. — Exploration et représentation cartographique de la végétation du massif montagneux de Risnjak et de Snjeznik. Šumarski list. Zagreb.
- 1953: Vegetacija ponikava. — Die Vegetation der Karstdolinen. Geografski glasnik XIV—XV. Zagreb.
- 1957: Šumska vegetacija Gorskog Kotara i primorskih obronaka. — Waldvegetation von Gorski Kotar und angrenzendem Küstenland. (Manuskript)
- i suradnici, 1954: Karta biljnih zajednica jugozapadne Hrvatske. — Carte des groupements végétaux de la Croatie du sud-ouest. Grafički zavod Hrvatske. Zagreb.
- Klepac, D., 1956: Istraživanja debljinskog prirasta jele u najraširenijim fitocenoza Gorskog Kotara. — Recherches sur l'accroissement du diamètre à hauteur de 1,3 pour le sapin dans les associations les plus répandues de la région du «Gorski Kotar». Annal. exper. forest. 12. Zagreb.*
- 1956: Funkcionalni odnos između godišnjeg volumnog prirasta i prsnog promjera za jelu u prebornoj šumi. — L'accroissement annuel du volume en fonction du diamètre pour le sapin dans la forêt jardinée. Šumarski list. Zagreb.
- 1956: Prirast jele u različitim fitocenoza zapadne Hrvatske. — Increment of fir trees in different Phytocenosis of Western Croatia. Šumarstvo, Beograd.
- 1957: Istraživanja o debljini jelove kore u različitim fitocenoza. — Recherches sur l'épaisseur de l'écorce pour le sapin dans les différentes associations. Annal. exper. forest. 13. Zagreb.
- Schmid, E., 1949: Prinzipien der natürlichen Gliederung der Vegetation des Mittelmeergebietes. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 59. Bern.*
- Šafar, J., 1955: Srašćivanje korijenja. — Wurzelverwachsungen. Šumarski list. Zagreb.*
- 1955: Problem nadiranja i širenja bukve u arealu jele. — Das Problem des Vordringens und der Ausbreitung der Buche im Areal der Tanne. An. Inst. eksperim. šumarstvo Jug. akad. Vol. I. Zagreb.
- Ugrenović, A., i Horvat, I.: Istraživanja o tehničkim svojstvima jelovine (Abies alba Mill.). — Investigations on technical properties of common silver fir-wood (Abies alba Mill.).*
- Zlatarić, B., 1953: Neki taksacioni elementi jele i bukve u odnosu na ekologiju i razdiobu šuma na Risnjaku. — Heights of Trees and Diameter Growth of the Fir (Abies alba) and Beech (Fagus silvatica) in Relation to the Ecology and Distribution of Forests of Risnjak. Annal. exper. forest. 11. Zagreb.*