

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 149 (1998)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) und ihr Reaktionsvermögen  
**Autor:** Debeljak, Marko / Mlinšek, Dušan  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766084>

### **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:** 02.05.2026

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

## Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) und ihr Reaktionsvermögen

Von Marko Debeljak und Dušan Mlinšek

*Keywords:* Beech (*Fagus sylvatica* L.); responses to stress; strategy of life.

FDK 176.1 Fagus: 181.2: 24

Das Studium des Reaktionsvermögens nach Stresswirkung zeigt auffällige Entwicklungsvorgänge im Buchenwald, die durch die grosse Anpassungsfähigkeit der Buche erklärt werden können.

### 1. Vorwort

Die Ökologie des Waldes und das permanente Studium des Reaktionsvermögens der Arten und der Waldökosysteme gehören zum Kern des naturnahen Waldbaus. Im (naturnahen) Waldbau betrachtet man Stress als Prozess und als Bestandteil des Lebens im homöostatisch «konstruierten» Waldökosystem. Der konstruktive Dialog mit der Natur ist nur auf dem kognitiven Weg möglich. Für einen erfolgreichen Waldbau sind auf kognitivem Weg gewonnene Erkenntnisse über das Individuum, über die Waldstrukturen und über damit verbundene Funktionen sowie solche über das Reaktionsvermögen des Waldes und seiner Teile unerlässlich. Dazu gehört auch die Erforschung von Stress.

### 2. Das Reaktionsvermögen der Buche auf verschiedene «Störungen» als Problemstellung

In den Buchen- und Tannen-Buchen-Urwaldbeständen beobachtet man im Optimalstadium meistens Bestandesstrukturen, in denen zwischen einzel-

nen starken Bäumen und Gruppen schwache Buchenindividuen mit ganz schmalen, schlechtentwickelten Kronen an der Grenze der Oberschicht vorkommen. Ähnliches wird auch im Wirtschaftswald beobachtet. Die Frage lautet daher: Welche Funktion haben solche Individuen; sind sie ausgeschiedene Teile des Bestandes; sind sie immer noch vital? Da in einem Urwaldreservat destruktive Forschung nicht praktiziert wird, entschlossen wir uns, diese Fragen auf anderen Wegen zu beantworten, und zwar an drei ganz unterschiedlichen Waldobjekten:<sup>1</sup>

1. Untersuchung des Reaktionsvermögens der Buche in den durch Eisbruch stark beschädigten Buchenwäldern von Idrija (1953 bis 1991).
2. Untersuchung der Reaktionsstärke der sehr schlecht entwickelten dünnen, schmalkronigen Buchen der Oberschicht nach Freistellung eines 90jährigen wenig durchforsteten Buchenbestandes (Idrija).
3. Studium der Kronenstruktur im Tannen-Buchen-Urwald Pečka (Dinarische Alpen in Slowenien).

### *2.1 Die Reaktion nach Eisbruch (Teil I der Studie)*

In den Jahren 1953, 1968, 1976, 1984 wurden viele Buchenbestände in Idrija auf einer Meereshöhe von 600 bis 800 m durch Eis beschädigt. Untersucht wurden in der Folge die stehengebliebenen, beschädigten Individuen des erwachsenen Buchenbestandes: Sie waren bisher in gegenseitigem Bestandeschutz gewachsen und wurden durch die Eiseinwirkung plötzlich freigestellt. Im Herbst 1991 wurden an drei Lokalitäten 55 solche freistehende Bäume entnommen und ihr Wachstum analysiert. Die durchschnittliche Baumhöhe betrug 28,1 m mit einer durchschnittlichen Kronenlänge von 14,8 m. Das Durchschnittsalter betrug 122 Jahre. Mit dendrochronologischen Methoden wurde der Lebenslauf dieser Individuen untersucht. In der Analyse wurden 147 Reaktionserscheinungen durch Eisbruch erfasst. Die Reaktion auf die Störung wurde mit Hilfe des laufenden Durchmesserzuwachses erfasst, und zwar als Trend der Reaktion in den einzelnen fünf Jahresperioden nach dem Eisschaden, weil der Trend des laufenden Dickenwachstums in enger Korrelation zum physiologischen Zustand der Krone und zur Umweltsituation des Individuums steht. Um möglichst einwandfreie Ergebnisse über den Zusammenhang mit dem Eisbruch als Störung zu gewinnen, wurden auch die folgenden Parameter berücksichtigt: Jahr des Eisbruchs; Alter des Baumes im Jahr des Eisbruchs; Durchmesser des Baumes in 2 m Höhe; die eisfreie Periode; Trend des laufenden Dickenzuwachses vor dem Eisbruch (auch nach den Fünfjahresperioden); Dickenzuwachs ein Jahr vor dem Eisbruch; Intensität des Eisbruchs; Lokalisation (Ausbreitungsstärke) des Eisbruchs. Neben der

<sup>1</sup>Diese Untersuchungen sind Teil der Stressuntersuchungen des Lehrstuhls für Waldbau der Forstlichen Abteilung der Biotechnischen Fakultät Ljubljana.

klassisch-statistischen Untersuchung wurde auch die Methode der künstlichen Intelligenz angewendet und ein Versuch über die Anwendungsmöglichkeit dieser Methode in der forstlichen Forschung unternommen. Die Analyse erfolgte mit Hilfe des Programmes RETIS (Regression Tree Reduction System) (Karalič, 1992) durchgeführt. Die Methode basiert auf den Systemen für automatisches Lernen. Automatisches Lernen heisst in diesem Fall, einen gemeinsamen Nenner für die Menge der Algorithmen zu finden, die Gesetzmässigkeiten und das Verhalten eines Systems feststellen (Niblet, Bratko, 1986). Mit dieser Methode werden die Erkenntnisse über das «Funktionieren» eines Systems vollständiger (Kompare, 1995). Die mit RETIS gewonnenen Ergebnisse reichten leider nicht aus, weil die Zahl der Beobachtungen für diese Analyse zu klein war. Sie lassen jedoch bestimmte Vermutungen zu (Abbildung 1).

Die statistische Analyse bestätigte die mit Hilfe der Methode der künstlichen Intelligenz vermuteten Resultate.

Die Analyse zeigte folgendes:

1. Alle untersuchten Bäume reagierten, jedoch unterschiedlich.
2. Mit dem Eisbruch erfolgte eine Trendumkehr des laufenden Dickenzuwachses und des Durchmesserzuwachses (Tabellen 1 und 2).

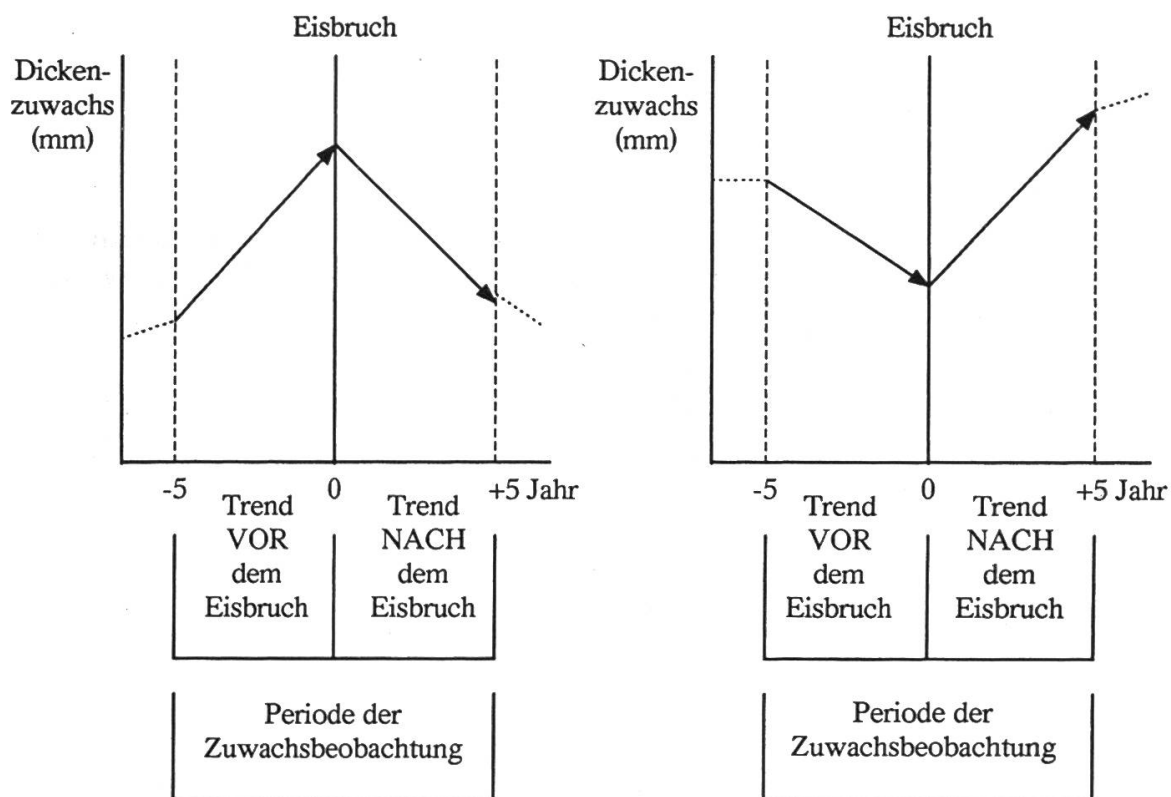

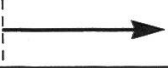
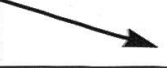

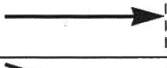




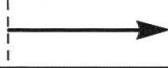
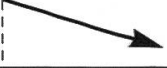
Abbildung 1. Schematische Darstellung von zwei möglichen Reaktionen des Dickenzuwachsverlaufs nach dem Eisbruch in Abhängigkeit vom Wachstumstrend vor dem Eisbruch.

Tabelle 1. Kontingenzindex zwischen dem Trend des Durchmesserzuwachses vor und nach dem Eisbruch.

Trend vor dem Eisbruch	Trend nach dem Eisbruch		
			
	72	73	171
	93	145	46
	192	72	29

Die Zahlen bezeichnen den Grad der Abhängigkeit zwischen dem Trend des Durchmesserzuwachses vor dem Eisbruch im Vergleich zum Trend nach dem Eisbruch. (Kontingenzindex 100 bedeutet: keine Abhängigkeit; > 100 = positive Abhängigkeit; < 100 = negative Abhängigkeit).

Tabelle 2. Der Kontingenzindex zwischen dem Dickenzuwachs vor dem Eisbruch und dem Trend des Durchmesserzuwachses nach dem Eisbruch.

Durchmesserzuwachs vor dem Eisbruch (mm)	Zuwachstendenz nach dem Eisbruch		
			
0,50 – 0,99	189	94	0
1,00 – 1,49	90	133	64
1,50 – 1,99	93	103	105
2,00 – 2,49	75	53	199
2,50 – 2,99	34	113	164
3,00 – 3,49	0	56	294

Die Zahlen bezeichnen den Grad der Abhängigkeit zwischen dem Niveau des Durchmesserzuwachses vor dem Eisbruch im Vergleich zur Reaktion des Baumes nach dem Eisbruch.

Zur Veranschaulichung wird in *Abbildung 2* an einem Beispiel der reale Zustand gezeigt. Auf die Reaktionsmuster wird in der Diskussion näher eingegangen.

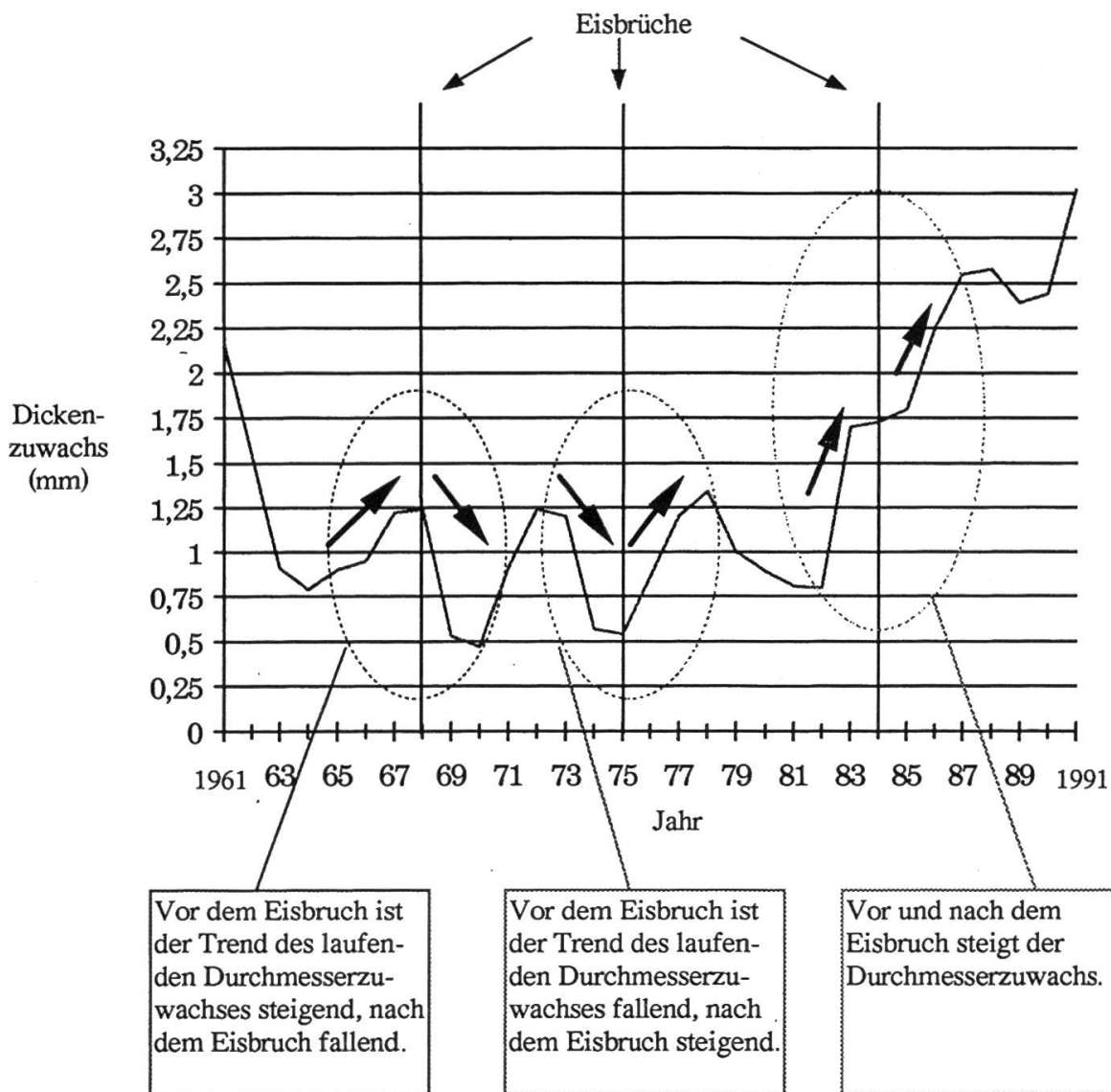


Abbildung 2. Trend des laufenden Durchmesserzuwachses vor und nach dem Eisbruch.

## 2.2 Untersuchung über die Freistellung stark eingengter Buchen im erwachsenen Wirtschaftswald (Teil II der Studie)

Ziel dieser Untersuchung war das Studium der Reaktionsstärke eingengter und schlechtentwickelter, vermutlich vitaler, aber vom Aussehen her nicht-vitaler Buchen eines «erwachsenen» Buchenbestandes nach der Freistellung. Die freigestellten Individuen befanden sich in der Oberschicht des Bestandes. Die im Jahre 1975 durch Entfernung der umstehenden Bäume erfolgte Freistellung bedeutete für den Baum, der bisher eingengt zwischen anderen Individuen lebte, eine künstlich verursachte Störung.

Die Freistellung erfolgte im Jahre 1975 bei 25 im Bestand verstreuten Individuen. Es wurde der Nullzustand der Bäume registriert (Grundriss der Krone

und Brusthöhdendurchmesser). Die Aufnahmen wurden alle fünf Jahre wiederholt.

### Vergrößerung des Kronengrundrisses

Der Kronengrundflächenzuwachs war sofort nach der Freistellung des Baumes am stärksten. Wegen der sehr kleinen Kronen mit kurzen, schwachentwickelten Ästen konnten die Äste selber keine grundlegend andere Stellung einnehmen und so den Grundriss mechanisch vergrößern. Die Hauptursache für die Kronenvergrößerung ist vor allem im grossen Reaktionsvermögen der Buche bzw. dieser «Buchenschwächlinge» zu suchen. So verdoppelte sich der Kronengrundriss im Laufe der 16 Jahre beinahe (Tabelle 3, Abbildungen 3a, 3b, und 4).

Tabelle 3. Die Verteilung der Individuen nach der Kronengrundrissgrösse in den verschiedenen Aufnahmejahren.

Kronenbasis (m <sup>2</sup> )	1975*	1980	1984	1991
10,10 – 25,73	13	4	2	0
25,74 – 41,36	12	17	12	1
41,37 – 56,94	0	4	11	24
Zusammen	25	25	25	25

1975\*: Ausgangsstadium

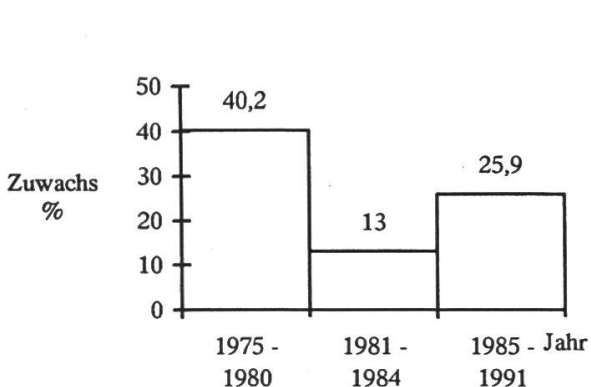


Abbildung 3a. Mittlerer Zuwachs der Kronengrundfläche in den einzelnen Fünfjahresperioden.

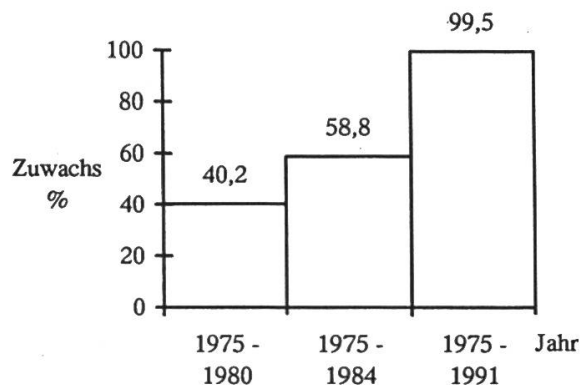


Abbildung 3b. Mittlere Zunahme der Kronenbasis von 1975 bis 1991 (kumulativ).

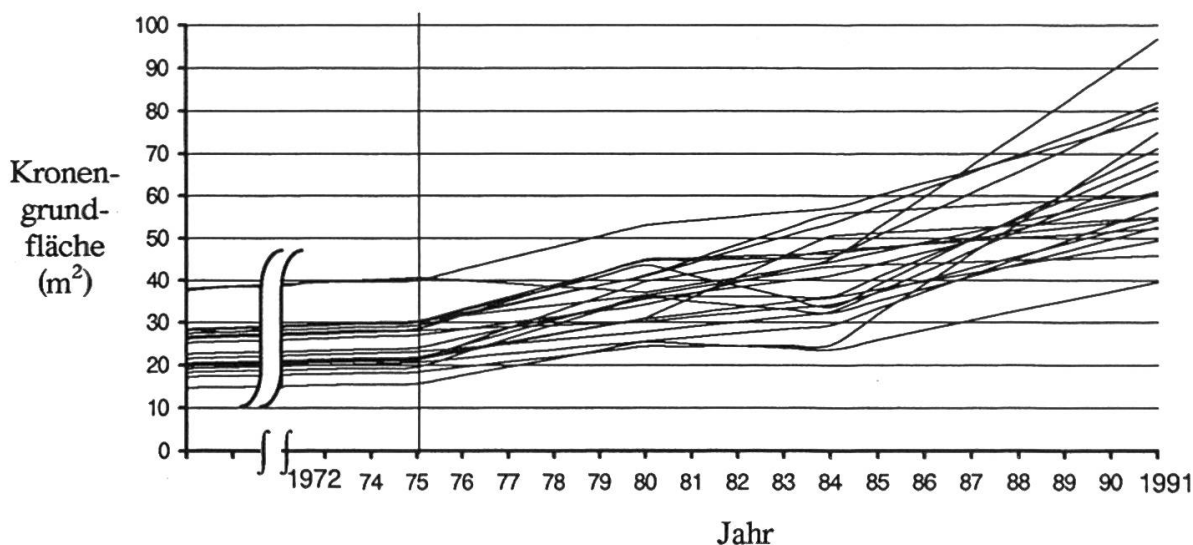


Abbildung 4. Reaktion der Buchenindividuen nach der Freistellung (Kronengrundriss).

### Grundflächenzuwachs

Der Durchmesserzuwachs nahm weniger als die Kronenbasis zu. Im Durchschnitt jedoch um 46,6%. Das hohe Reaktionsvermögen wird dadurch bestätigt, ebenso die grosse Individualität der Bäume (vgl. die grosse Streuung bei den Individuen, *Abbildungen 5, 6, Tabelle 4*). Der Grundflächenzuwachs ähnelt in etwa dem Volumenzuwachs, weil sich die Bäume bereits im Bereich der Baumhöhen des erwachsenen Bestandes befinden.

Die Ergebnisse zeigen, dass solche Individuen zu den vitalen Teilen der natürlichen Population gehören. Sie sind für das Weiterbestehen des Waldes von grosser Bedeutung. Wird nämlich der Bestand aus irgendwelchen Gründen (Schnee, Eis, Wind) zerstört, so übernehmen manche dieser Bäume, die wegen der schmalen Krone weniger mit Schnee belastet sind, die Rolle des neuentstehenden oder des sich wieder erholenden Bestandes. Der Grund für diese Eigenschaft steckt in der harten natürlichen Auslese in der Jugendzeit, während der in der grossen Menge nicht nur die vitalsten Individuen, sondern auch die «Mitlaufenden» am Leben blieben und zu grosser Reaktionsfähigkeit in späteren Jahren fähig sind.

Tabelle 4. Verteilung der Individuen nach Stammgrundfläche in den verschiedenen Aufnahmejahren

Stammgrundfläche (dm <sup>2</sup> )	1975*	1980	1984	1991
4,67 – 7,38	16	8	1	0
7,39 – 10,09	9	13	17	10
10,10 – 12,81	0	4	7	15
Zusammen	25	25	25	25

1975\* : Ausgangsstadium

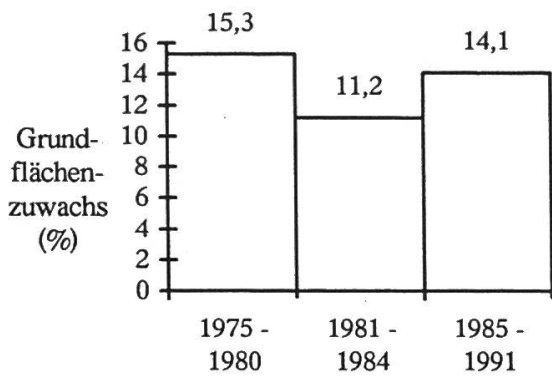


Abbildung 5a. Mittlerer Zuwachs der Grundfläche in den einzelnen Fünfjahresperioden.

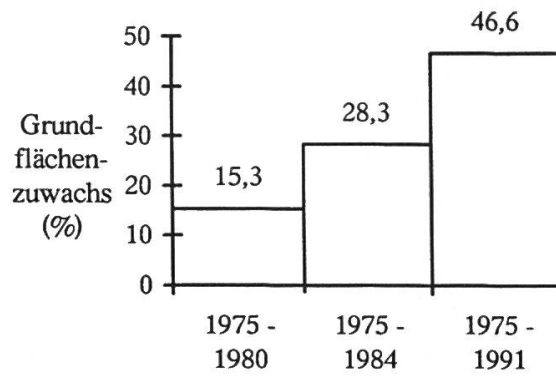


Abbildung 5b. Mittlerer Zunahme der Grundfläche von 1975 bis 1991 (kumulativ).

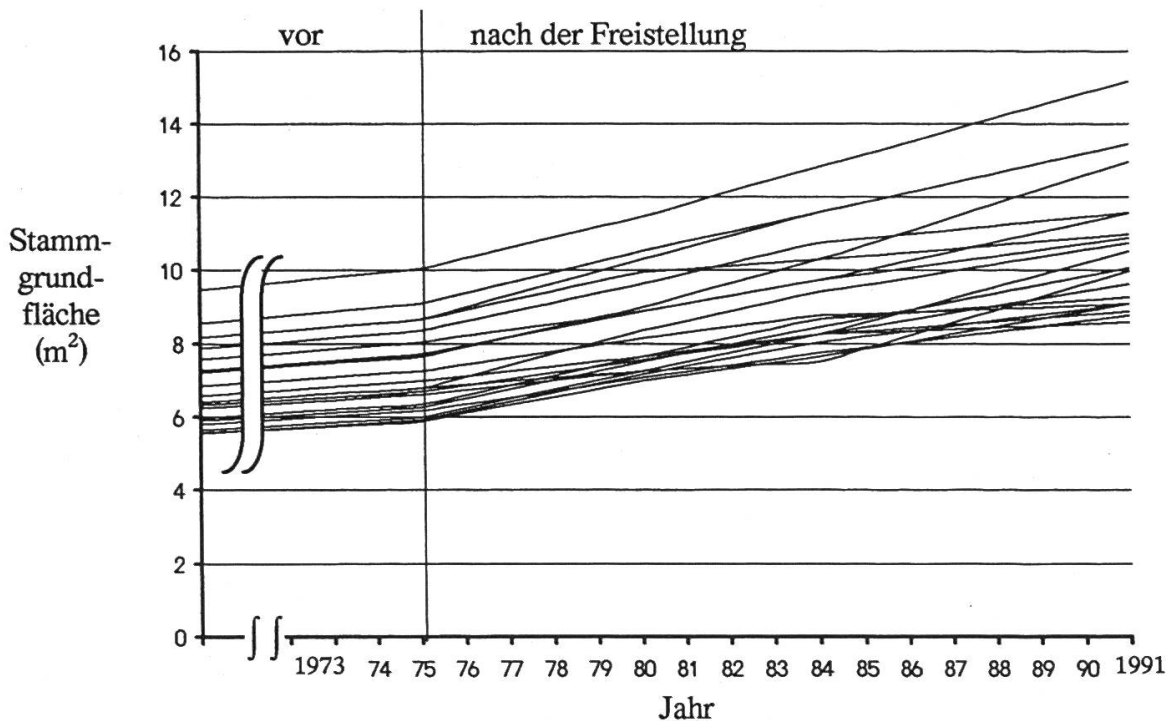


Abbildung 6. Reaktionen der Buchenindividuen nach der Freistellung (Stammgrundfläche).

### Die Kronenform und ihre Entwicklung

In den meisten Fällen hat sich die Kronenform nicht grundlegend geändert. Typisch ist, dass die Asymmetrie der Krone erhalten blieb, obwohl die Möglichkeit gegeben war, sich in den freien Raum auszudehnen. Die Asymmetrie hat sich mit der starken Reaktion des Kronenwachstums sogar verstärkt. Neue Beobachtungen könnten vielleicht andere Ergebnisse liefern. Fest steht aber, und das muss bei der Waldpflege beachtet werden: Nur durch die frühzeitige Sorge um symmetrische Kronen kann die Kronenform und

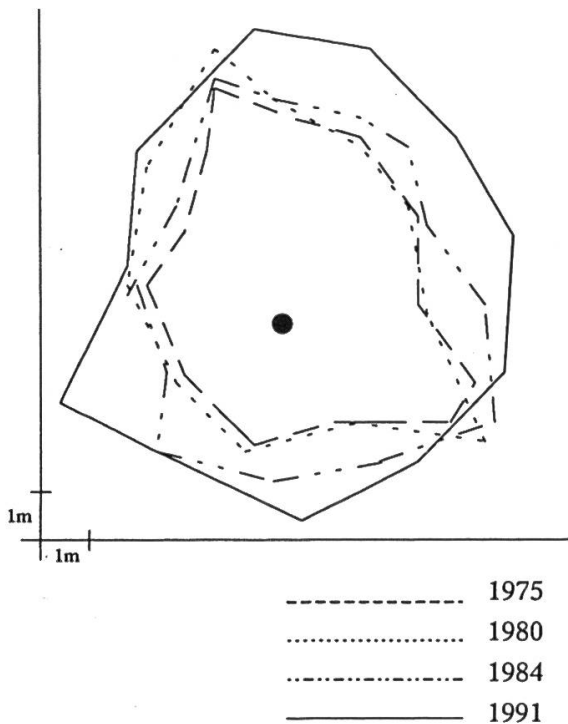


Abbildung 7a. Beispiel einer symmetrischen Krone und ihre Entwicklung nach der Freistellung.

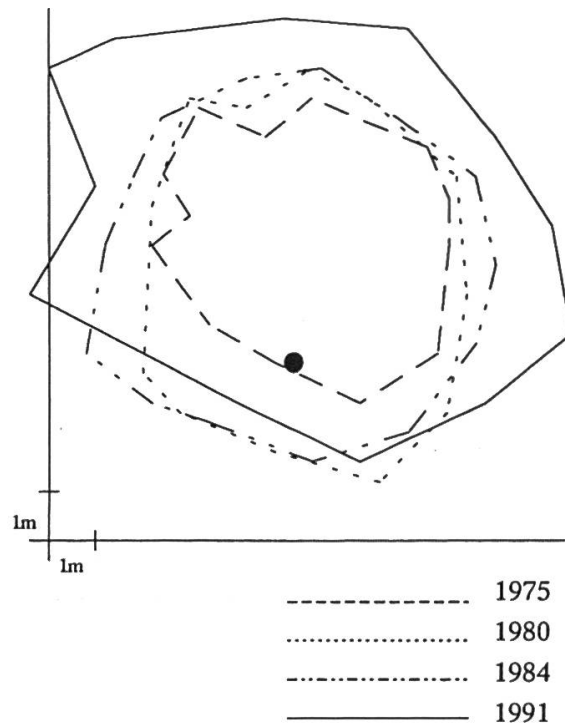


Abbildung 7b. Beispiel einer asymmetrischen Krone und ihre Entwicklung nach der Freistellung.

dadurch auch die mechanische Stabilität gesichert werden. Die *Abbildungen 7a* und *7b* zeigen zwei Beispiele der Entwicklung der Kronensymmetrie bzw. -asymmetrie. Auffällig ist die starke Asymmetriezunahme bei einer anfangs asymmetrischen Krone infolge des starken Reaktionsvermögens und der daraus folgenden Kronenzunahme.

### 2.3 Kronenuntersuchungen im Dinarischen Tannen-Buchen-Urwald (Pečka) (Teil III der Studie)

Im Programm der regulären Aufnahmenwiederholungen auf den Nullflächen im Urwald Pečka (*Abieto-Fagetum dinaricum*, 805 bis 900 m ü.M.) wurden einige zusätzliche Aufnahmen und Analysen durchgeführt. Diese Flächen repräsentieren sehr kleinflächig und reichlich strukturierte Optimal-, Alterungs-, und Verjüngungsphasen des Urwaldes. Die Optimalphase überwiegt stark. Größere Störungserscheinungen (Ausnahme Tannensterben) kommen nicht vor. Die zusätzliche Strukturuntersuchung gründete auf dem folgenden Fragenkomplex:

Die Optimalphase des Tannen-Buchen-Urwaldes wird charakterisiert durch ein Bestandesgerüst, das aus einzelnen starken Bäumen oder Gruppen besteht. Innerhalb dieses Gerüsts finden sich auch in der Oberschicht einzeln oder in Gruppen stehende schwach entwickelte

Bäume. Ihre Kronen sind stark unterentwickelt und eingengt; es sind dünne Bäume mit fraglicher Vitalität.

Die Frage lautet nun: Sind das wirklich nicht vitale Individuen, obwohl sie bis in die Oberschicht, zwischen die Bäume, die das Gerüst bilden, hineinragen. Sind das ausgeschiedene Individuen? Haben die vielleicht eine Funktion im «Urwald als Prozess»?

Untersucht wurden sämtliche Kronen der Buchen in der Oberschicht. Auf zwei Null-Flächen mit einer Grösse von 3 ha wurden insgesamt 278 Bäume angesprochen und analysiert. Bei jedem Baum wurden sieben Parameter beurteilt, zwischen denen mit Hilfe der Kontingenztafeln (RxC) die Bezugsgrößen gesucht wurden.

Es wurden folgende Parameter untersucht: Stellung in der Oberschicht (subdominant, indifferent, dominant); Kronenbreite; Grad der Beschädigung der Krone (Brüche in der Vergangenheit); Kronentyp (besenartig, breitwinklig); Symmetrie der Krone; soziale Position (alleinstehend, Gruppe); Vitalität. Die Nullhypothese lautete: zwischen zwei beschriebenen Parametern besteht keine Abhängigkeit. So konnte bei 5 von 11 möglichen Kombinationen kein Zusammenhang nachgewiesen werden (*Tabelle 5*).

*Tabelle 5.* Bezugsgrösse zwischen verschiedenen Parameterkombinationen.

<i>Parameter</i>	<i>Grad der gegenseitigen Abhängigkeit</i>
Kronenbreite – Grad der Kronenbeschädigung	kein Zusammenhang
Kronenbreite – Vitalität	0,001
Kronenbreite – Kronentyp	0,001
Kronenbreite – Oberschicht	0,001
Grad der Kronenbeschädigung – Vitalität	kein Zusammenhang
Grad der Kronenbeschädigung – Kronentyp	0,05
Grad der Kronenbeschädigung – Oberschicht	0,01
Vitalität – Kronentyp	kein Zusammenhang
Vitalität – Oberschicht	0,001
Kronentyp – Oberschicht	kein Zusammenhang
Grad der Asymmetrie – Soziale Stellung	kein Zusammenhang

Aufgrund der Kontingenzindizes, die eine eindeutige gegenseitige Abhängigkeit zwischen den erforschten Parametern zeigten, konnte folgendes festgestellt werden:

1. Die «untergeordneten» Bäume (24,5%) innerhalb der Oberschicht sind schmalkronig und kaum beschädigt. Die dominanten Bäume (21,6%) der Oberschicht sind breitkronig und die am stärksten geschädigten Individuen. Die «mitlaufenden» Bäume in der Oberschicht (54%) zeigen mittelstark entwickelte Kronen mit mässigen Beschädigungen.
2. Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Grad der Beschädigung und dem vermuteten Grad der Vitalität. Geschädigte Bäume sind in allen sozialen Bereichen der Oberschicht zu finden.

3. Beide Kronentypen (besenartig, Tendenz breitwinklig) kommen in der ganzen Oberschicht vor.

Die im zweitem Teil dieser Studie (2.2) beschriebene Gesetzmässigkeit der Zunahme der Asymmetrie der Krone nach der Freistellung wurde hier bestätigt. Der Beweis dafür ist die asymmetrische Krone der dominanten Individuen, welche trotz ihrer Freistellung diese Asymmetrie beibehalten.

### 3. Synthese der drei Teiluntersuchungen

Alle drei Untersuchungen zeigen, dass bei der Buche die Überlebensstrategie sehr vielseitig ausgeprägt ist und sie deshalb standortlich sehr anpassungsfähig ist. Ihre innere Konstitution ermöglicht ihr, trotz starker Beschädigung des Assimilationsapparates zu überleben und den Assimilationsapparat – die Krone – zu regenerieren. Bei der Buche wächst in späten Jahren die Krone auch nach unten, was für den Revitalisierungsprozess sehr wichtig ist. Die Intensität der Reaktionsfähigkeit ist sowohl aus dem Teil II als auch aus dem Teil I ersichtlich. Der Trend des Volumenzuwachses nach der Störung steht im engsten Zusammenhang mit dem Zustand der Krone.

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen den inneren Abwehrmechanismen der Bäume und den Abwehrmechanismen oder -strategien, die aus dem Verhalten des Bestandes bzw. des Ökosystems hervorgehen. Die Urwaldforschung bestätigt diese Zusammenhänge. Beide wirken synergetisch. Nur auf die Weise ist erklärbar, warum es im Urwald in der Optimalphase wenig Vitalitätsunterschiede zwischen den Individuen verschiedener Form bzw. Kronengrösse gibt oder geben kann.

Dies deutet darauf hin, dass die im Bestand «zusammengefügt» Bäume eine Gemeinschaft gegen Störungen bilden. Das heisst, dass der antidestruktive Abwehrmechanismus des Bestandes seine Stärke in der bunten Vielfalt von vitalen Individuen hat. Die breitkronigen starken Individuen, welche der Störung (Schnee, Wind, Eis) stärker ausgesetzt sind, werden – wenn sie ausfallen – durch die umstehenden, schmalkronigen, jedoch vitalen Bäume ersetzt. Die Stabilität des Bestandes wird deshalb durch die Beschädigung oder sogar den Ausfall von starkkronigen «Gerüstbäumen» nicht gefährdet.

Die Forschungsergebnisse über die Störungen im Buchenwald können wie folgt zusammengefasst werden:

- Um zu überleben reagiert die Buche äusserst dynamisch auf die verschiedenen Störfaktoren.
- Der Naturwald ist in einer einmaligen Weise gegen Störung vorbereitet und autogen organisiert.

- Chaos als Verursacher der Störung ist eine waldökosystem-mitbildende natürliche Erscheinung; durch die Menschen verursachte chaotische Störungen brauchen jedoch nicht dieselbe Deutung zu haben.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, wie die Buche auf Störung immer «optimal» zu reagieren versucht. Es zeigt sich sowohl die Tendenz zur Wiederherstellung des inneren Gleichgewichtes als auch die Tendenz zur Anpassung an die Umwelt. Durch Beobachtung der verschiedenen Störungssituationen konnten verschiedene Reaktionsmuster festgestellt werden. Das Individuum reagiert stark und immer so, dass es sich den neuen Gegebenheiten in Abhängigkeit vom vorherigen Zustand anpasst.

Sämtliche Reaktionen verlaufen unabhängig voneinander und erfolgen als spontane Reaktion auf die neuentstandenen Situationen.

Aufgrund der Ergebnisse aus allen drei Forschungsteilen wurde eines von vielen möglichen Lebensszenarien für Buchenwälder entwickelt, die oft unter Schnee und Eisbruch leiden.

Bäume mit zunehmendem und grossem Dickenzuwachs vor dem Eisbruch hatten wahrscheinlich eine führende Rolle, mit einer starken Krone im Bestand. Die grosse Krone hat durch den Eisbehang stark gelitten. Die Folge war eine starke Reduktion des Dickenzuwachses. Jene Bäume, die zur Zeit des Eisbehanges eine schmale Krone hatten (vielleicht subdominant), wurden weniger beschädigt, was sich weniger negativ auf die nachfolgende Zuwachsverringerung auswirkte. Neben der geringen Kronenbeschädigung wurde jedoch die Umgebung solcher Bäume stark verändert, indem die dominanten Bäume beschädigt oder sogar ausgefallen sind. Die Reaktion des übriggebliebenen Bestandes war daher stark. Die «subdominanten» Individuen wurden zu «dominanten». Und umgekehrt, die Bäume mit den stark beschädigten Kronen wurden unter Umständen subdominant. Mit dem späteren Eisbruch hat sich das ganze wiederholt. Unter Umständen kam es bezüglich Funktionen erneut zu einem Stellungswechsel. Wichtig ist dabei die Tatsache, dass der Bestand trotz all dieser Störungen seine Lebensstabilität behalten konnte. Der Bestand lebt weiter; bei den einzelnen Gliedern kam es jedoch zu einem Funktionswechsel. Beobachtungen im Urwald bestätigen dieses Szenarium.

Dies illustriert als einmaliges Beispiel die Erhaltung des Lebens auf einer hochorganisierten Ebene, was ein Buchenbestand nach einem Eisbruch in der Tat noch immer ist. Nach der Katastrophe geht der Bestand nicht grossflächig in die Verjüngungsphase über, sondern behält eine Struktur, die das Weiterbestehen des Waldes auf dem Lebensniveau der Zeit vor dem Eisbruch ermöglicht. Nach wiederholten Katastrophen solcher Art entwickeln sich im Buchenwald plenterähnliche und stufige Strukturen. In solchen Strukturen befinden sich

manche Individuen auf der «Warteliste», also in einem Stadium der Bewährung und Vorbereitung für die Übernahme von neuen wichtigen Funktionen. Das kann sich sogar mehrmals wiederholen, wie die Wachstumsstudien aus den Buchenurwäldern (*Mlinšek* 1967,1968) und Buchen-Wirtschaftswäldern (*Mlinšek, Ferlin* 1992) bestätigen. Der Wald verfügt über verschiedene Systeme, auch solche, bei denen der Bestand «seine Spieler zum Ausruhen und Kräftesammeln auf die Reservebank» schickt und später wieder einsetzt.

Vergleicht man solches Geschehen mit dem forstlichen Handeln, dann wird das Falsche an unserem Handeln eindeutig. Durch chaotische Einbrüche der Natur entsteht grosser Schaden. Dieser wird durch falsches forstliches Handeln noch vergrössert. Nach der Störung verbleiben im Bestand nach unserem Augenmass «Krüppelbäume», die man «sauber» entfernt. In der Tat handelt es sich dabei um Helden, um Individuen, dank denen die Natur eine erfolgreiche Revitalisierung der Bestände erreichen kann. Solche vergessenen Individuen wurden bei unserer Untersuchung ausgesucht, angesprochen und auf ihre wichtige Funktion untersucht. Die grosse Reaktionsfähigkeit lässt mit der Alterung der Buche kaum nach, da sie ihr physiologisches Alter erst mit einigen Hunderten von Jahren erreicht. Wir dagegen «manipulieren» mit dieser Baumart höchstens im Rahmen des ersten Drittels ihrer natürlichen Altersgrenzen, wo die Reaktionsfähigkeit noch gar nicht nachlassen kann.

Durch die beschriebenen Rochaden und Funktionenwechsel innerhalb der Oberschicht in den Urwaldbeständen wird das Entstehen von sogenannten Hallenbuchenbeständen, auch im Urwald, verständlich. Im Buchenurwald findet man selten Übergänge zwischen der Verjüngungs- und der Optimalphase, weil dieser Übergang kaum sichtbar, verstreut, und wie «*en bloc*» vor sich geht. Diese interessante wichtige strukturelle Erscheinung bedarf allerdings noch weiterer Erforschung. Diese Studie zeigt, wie wichtig die Einsicht und der Einblick in die Vielfalt der Lebens- und Überlebenswege des Baumes und der Baumart ist. Erst wenn wir die individuellen Eigenschaften des Baumes näher kennenlernen, können wir die Erklärungen für die sozialen Beziehungen der Individuen besser verstehen. Aus diesen Erkenntnissen schöpft die Lehre; jede Schablonisierung bei der Lenkung des Lebens bzw. in der Waldbewirtschaftung wirkt sich nachteilig auf die Optimierungstrends aus, die von der Natur permanent angestrebt werden. Die Menschen und vor allem die Forstleute haben daher nur auf dem Wege der ganzheitlich betrachteten Waldpflege die Möglichkeit, ein gleichberechtigtes partnerschaftliches Verhältnis mit der Natur einzugehen.

Die Anwendung der künstlichen Intelligenz ermöglicht auf eine einfache Weise, komplexe Daten zu analysieren. Angesichts der Tatsache, dass die Waldwirtschaft über grosse Datenmengen verfügt (wobei Zweifel über die Notwendigkeit vieler dieser Unterlagen oft berechtigt ist), wäre es angebracht, diese Informationen mit solchen Methoden zu bearbeiten. Die Methode der künstlichen Intelligenz ist geeignet für das Studium von dynamischen, nicht-

linearen Systemen, welche für die Waldwirtschaft charakteristisch sind. Es besteht jedoch die Gefahr, sich bei ungenügenden Kenntnissen über die wahre Natur des Waldes im Determinismus zu verlieren.

## **Zusammenfassung**

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht das Reaktionsvermögen erwachsener Buchenwälder auf Buchen- und Tannen-Buchen-Standorten des Dinarischen Waldes. Drei selbständige Untersuchungen gingen den folgenden Fragen nach:

1. Reaktion der nach schweren Eisbrüchen übriggebliebenen Buchen (Beginn 1953).
2. Beobachtung des Reaktionsvermögens bei schwachbekronten Buchen mit geringem Durchmesser aus der Oberschicht, die künstlich freigestellt wurden.
3. Anatomie der Kronenstrukturen im Tannen-Buchen-Urwald, ihrer Dynamik und Funktionen von schwach bekronten, scheinbar nichtvitalen Buchen mit geringem Durchmesser in der Oberschicht des Bestandes.

In allen drei Fällen wurde trotz «erwachsenem» Zustand der Bäume ein starkes Reaktionsvermögen festgestellt. Mehrmals durch Eis beschädigte Buchen reagierten stark und passten sich immer den neuen Situationen an, abhängig vom vorherigen Zustand der Bäume. Die Reaktionen der Individuen auf die neue Umweltsituation sind von Baum zum Baum verschieden und voneinander unabhängig. Es besteht jedoch eine Korrelation zwischen dem Durchmesserzuwachstrend vor und nach dem Eisbruch.

Die Resultate zeigen, dass nach Katastrophen waldbaulich oft falsch vorgegangen wird, wenn rigoros sämtliche, auch die unbeschädigten Individuen, entfernt werden.

Das starke Reaktionsvermögen der Buche im erwachsenen Alter wurde auch bei der Freistellung der scheinbar nicht vitalen, schwächlich entwickelten Kronen in subdominanter Stellung im Kronendach des Wirtschaftswaldes bestätigt, was auf die Bedeutung des Zeitpunktes der Kronenpflege hinweist.

Die Untersuchung erlaubt eine Erklärung des Phänomens der Hallenbestände in der Optimalphase und gibt Hinweise darüber, was eigentlich Vielfalt in der Natur bedeutet.

## **Résumé**

### **Le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et son potentiel de réaction**

L'objet principal de cette étude est le potentiel de réaction des forêts adultes de hêtres dans des stations à hêtraies et forêts à sapins et hêtres des bois dinariques. Trois études indépendantes se sont penchées sur les questions suivantes:

1. Réaction des hêtres subsistant après de forts bris de verglas (début 1953).
2. Faculté de réaction de hêtres à petits houppiers et de faible diamètre de l'étage supérieur, ayant été dégagés artificiellement.

3. Structures des houppiers dans la forêt vierge à sapins et hêtres, dynamique et fonction des hêtres à petits houppiers, de faible diamètre et apparemment peu être vitaux dans l'étage supérieur du peuplement.

Dans les trois cas, malgré l'état adulte des arbres, on a pu constater une faculté de réaction importante. Les hêtres endommagés à plusieurs reprises par les bris de verglas réagissent fortement et s'adaptent toujours aux situations nouvelles en fonction de leur état initial. Les réactions des individus placés dans une nouvelle situation varient d'un arbre à l'autre et sont indépendantes les unes des autres. La tendance de la croissance en diamètre avant et après les bris de verglas est pourtant corrélée.

Les résultats montrent que, du point de vue sylvicole, les mesures prises lors de catastrophes sont souvent erronées, lorsqu'elles consistent par exemple à abattre tous les individus même ceux qui n'étaient pas atteints.

Le fort potentiel de réaction du hêtre à l'âge adulte, a également été confirmé lors du dégagement des houppiers ne semblant pas vitaux et faiblement développés, situés en position sous-dominante dans le couvert d'une forêt de production. Ceci met en relief l'importance du moment propice pour les soins à la couronne.

L'étude permet de donner une explication au phénomène des cathédrales dans leur phase optimale et donne des indications sur la véritable signification de la diversité de la nature.

Traduction: *Stéphane Croptier*

## Summary

### Reaction Capacity of Beech

The aim of the research was to study the ability of grown-up beech forest, and its response to different disturbances in the forests of *Abieti-Fagetum dynaricum*. Three independent studies examined the following:

1. the response of individual beech trees damaged by numerous sleet occurrences (the research covers sleet occurrences since 1953).
2. the response of beech to artificial removal of its more developed competitor trees in untended grown-up beech stand.
3. a study of poorly developed crowns in subdominant position in canopy layer (the anatomy, functions and dynamic development) in the beech virgin forest.

The results show that mature trees still possess a strong ability to respond to disturbances. Trees damaged several times by sleet have always reacted strongly, and have been adapting to new situations. The reactions in a changing environment show high individuality of trees. In spite of this a strong correlation exists between the trend of current diameter increment before and after the sleet damage.

The results show how wrong it is to remove the damaged trees from the damaged stands.

Grown up trees have a strong ability to respond, and this was also confirmed by the response of beech with poorly developed crowns upon the removal of their stronger competitor (the stronger growth of crowns but with the worsening symmetry of the crowns). The results of this study also show the importance of tending crowns in younger stands.

The results explain the phenomena of optimal phase «hall form stands» (in German – Hallenbestände) and, on the other hand, they call to our attention the complex character of diversity of the structure in nature.

#### *Literatur*

- Blejc, M.* (1976): Statistične metode za ekonomiste (Statistische Methoden für Ökonomen).– Ljubljana, Ekonomska fakulteta: 587 – 601.
- Karalič, A.* (1992): RETIS A Knowledge Acquisition System, Software version: 2.07.– Inštitut Josef Stefan, Ljubljana: 12.
- Kompare, B., Dzeroski, S.* (1995): Getting more out of data: automated modelling of algal growing with machine learning.– Proc. COSU '95, Coastal Ocean Space Utilization, Yokohama: 12.
- Leibundgut, H.* (1978): Die Waldpflege.– Bern, Stuttgart, Verlag Paul Haupt: 204.
- Mlinšek, D.* (1967): Wachstum und Reaktionsfähigkeit der Urwaldbuchen auf der Balkanhalbinsel. – München, IUFRO Kongress Referate, Band IV: 425–435.
- Mlinšek, D.* (1967): Verjüngung und Entwicklung der Dickungen im Tannen-Buchen-Urwald «Rog» (Slowenien). – München, IUFRO Kongress Referate, Band IV: 436–442.
- Mlinšek, D., Ferlin, F.* (1992): Waldentwicklung in der Jugend und die Kernfrage der Waldpflege.– Schweiz. Z. Forstwes. 143, 983 – 991.
- Niblet, T., Bratko, I.* (1986): Learning Decision Rules in Noisy Domains.– Proc. of Expert Systems 86 Conference, Cambridge University Press, Brighton.

#### *Verfasser:*

Marko Debeljak, dipl. Forsting., Universität zu Ljubljana, Biotechnische Fakultät, Forstabteilung, Večna pot 83, p.p. 2995, 1001 Ljubljana, Slowenien.  
Prof. Dr. Dušan Mlinšek, Universität zu Ljubljana, Biotechnische Fakultät, Forstabteilung, Večna pot 83, p.p. 2995, 1001 Ljubljana, Slowenien.