Buchenrotkern : Erkennung, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Autor(en): **Büren, Susanne von**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **149 (1998)**

Heft 12

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-766146

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Buchenrotkern: Erkennung, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung[1]

Von *Susanne von Büren*

Keywords: Red heartwood; site characteristics; morphology; silviculture; reduction in value of beech timber.

FDK 176.1 Fagus: 2: 73: 81: 85

1. Einleitung

Auslöser des Projektes «Buchenrotkern: Erkennung, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung» war der Forstdienst des Kantons Juras, der sich mit der Problematik des Buchenfarbkerns an die Eidgenössische Forstdirektion wandte. Daraus entwickelte sich das vorliegende Projekt im Rahmen der flankierenden Masssnahmen zum Walderhebungsprogramm. Bereits der Titel vermittelt einen Einblick in die Zielsetzungen der Arbeit, die schwerpunktmässig bei der quantitativen Ermittlung der standörtlichen und der waldbaulichen Einflüsse liegen, die die Farbkernbildung bei der Buche hemmen oder fördern. Dabei ging es einerseits darum zu ergründen, welche Standortsfaktoren und welche waldbaulichen Merkmale einen Einfluss auf die Farbkernhäufigkeit, deren Grösse und Form haben; andererseits interessierte mich, ob Unterschiede in der Farbkernhäufigkeit zwischen den verschiedenen Standorten bestehen. Ob makroskopische, physikalische oder chemische Unterschiede zwischen den Farbkernformen bestehen, die eine Typisierung rechtfertigen, wurde in verschiedenen Versuchen getestet. Daneben prüfte ich die Erkennung von Farbkernen am stehenden Baum mit Hilfe nicht oder wenig destruktiver Geräte, bewertete den durch die Farbkernbildung verursachten monetären Schaden und versuchte aus den Erkenntnissen waldbauliche Folgerungen abzuleiten.

[1]Nach einem Referat, gehalten am 12. Januar 1998 im Rahmen der Montagskolloquien der Abteilung für Forstwissenschaften der ETH Zürich.

1.1 Kernholzbildung

Die Rotbuche unterliegt nach heutiger Kenntnis dem gleichen, vermutlich allen Baumarten übergeordneten Verkernungsprinzip. Die Splint-Kernholz-Umwandlung kann als physiologischer Vorgang betrachtet werden. Er betrifft insbesondere die qualitative Alterung des Speichergewebes und in besonderer Hinsicht auch des Wasserleitsystems. Es wird zwischen obligatorischen Farbkernholzarten, bei welchen die Kernholzbildung genetisch fixiert und endogen gesteuert ist, und fakultativen Kernholzarten mit nur sporadischer Einfärbung des Kernholzes unterschieden. Die Buche gehört zu den Baumarten mit fakultativer Farbkernholzbildung. Bei fakultativen Farbkernbildnern sind die Farbkernholzzonen unregelmässig in bezug auf den Zeitpunkt ihrer Entstehung wie auch im Hinblick auf ihre Form und ihr Ausmass. Es werden vier Kerntypen unterschieden *(Abbildung 1)*.

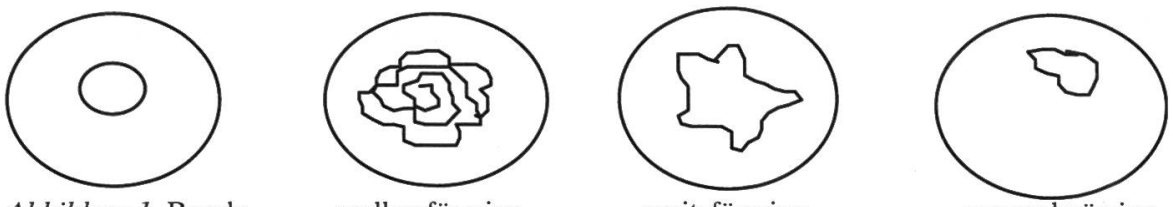


Abbildung 1. Runde wolkenförmige spritzförmige unregelmässige und zusammengesetzte Kernformen *(Mahler* und *Höwecke,* 1991; *Walter* und *Kucera,* 1991).

Durch die hohe CO_2-Spannung und die geringe O_2-Spannung im Stamminnern kann Luftsauerstoff durch Totäste oder Verletzungen eindringen. Dieser übt eine toxische Wirkung auf die noch lebenden Parenchymzellen aus und reizt sie zur Thyllenbildung, so dass in Gefässen des Kernrandbereichs eine Anhäufung von Thyllen zu beobachten ist.

Daneben kann man bei der Buche auch ungewöhnliche Kernformen in bezug auf den Wassergehalt beobachten, sogenannte bakterielle Nasskerne. Nach *Walter* (1991) sind die physikalischen Eigenschaften bei Rotkernen und Nasskernen in ähnlicher Weise verändert; es treten nur graduelle Unterschiede auf. Da Nasskerne vermutlich von den Wurzeln ausgehen, Rotkerne dagegen an der Stammachse induziert werden, können die Unterschiede mit verschiedenen Ausgangspunkten der Farbkernholzbildung und damit einhergehenden, unterschiedlichen Sukzessionsabläufen bei der mikrobiellen Besiedlung erklärt werden.

2. Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

Während der Jahre 1994 bis 1996 wurden 49 durch den Forstdienst angezeichnete Buchenholzschläge in den Regionen Jura, Mittelland und Voralpen

untersucht. Die ausgewählten Bestände mussten mindestens 20 angezeichnete Buchen enthalten, die ausgewählten Bäume sollten eine möglichst repräsentative Auswahl aus dem Bestand darstellen, und die Standortsbedingungen mussten über die gesamte Probefläche recht einheitlich sein, so dass die Daten eines Bodenprofils den gesamten Bestand repräsentieren.

Vor der Holzhauerei wurden die waldbaulichen Einflussgrössen erhoben. Im Anschluss an die Holzhauereiarbeiten wurden die Kernform und -grösse, das Alter und die Höhe des Baumes ausgemessen.

2.2 Standortsverhältnisse nach Bodeneignungskarte und Bodenprofil

Jeder untersuchte Holzschlag wurde einer Kartierungseinheit gemäss der Bodeneignungskarte der Schweiz zugeordnet. Mit Hilfe dieser Karte lassen sich die wichtigsten limitierenden Standortsfaktoren der Bodentypen wie die Gründigkeit, der Skelettgehalt, das Wasserspeichervermögen, das Nährstoffspeichervermögen, die Durchlässigkeit und die Vernässung erfassen. Die Einteilung ermöglicht einen groben Vergleich der verschiedenen Standorte. An je einem Bodenprofil pro Untersuchungsbestand wurden die Humusform und die mineralischen Bodenhorizonte beschrieben. Mit Hilfe des Bodenprofils und zusätzlicher Angaben wie Neigung, Exposition und Höhe über Meer wurden die Angaben der Bodeneignungskarte verifiziert und falls nötig korrigiert.

Die Bestimmung der Waldgesellschaften erfolgte mit Hilfe von pflanzensoziologischen Karten oder, wenn diese fehlten und falls möglich, aufgrund pflanzensoziologischer Aufnahmen gemeinsam mit dem betreffenden Forstdienst.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Farbkerne

In 49 Holzschlägen wurden 2402 Buchen untersucht und die Farbkerne entsprechend der Klassierung von *Mahler* und *Höwecke* (1991) sowie *Walter* und *Kucera* (1991) eingeteilt. Die Zuordnung konnte in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten vorgenommen werden. *Tabelle 1* zeigt die Häufigkeit der einzelnen Kerntypen sowie ihren mittleren Anteil am Stammquerschnitt auf.

55% der untersuchten Buchen besassen einen Farbkern, wobei runde Kerne am häufigsten beobachtet wurden. Den grössten Anteil am Stammquerschnitt nahmen wolkenförmige und spritzförmige Kerne ein, bei beiden wurde ein mittlerer Anteil von über 50% am Stammquerschnitt festgestellt.

Die fakultative Farbkernbildung bei der Buche läuft ab, wenn äussere Faktoren die Parenchymzellen zum Absterben bringen. Da die Parenchymzellen

Tabelle 1. Kerntypen, ihre Häufigkeit sowie ihr mittlerer Anteil am Stammquerschnitt.

Kerntypen	*Häufigkeit*	*Mittlerer Kernanteil*
runde Kerne	808 (34%)	43%
wolkenförmige Kerne	209 (9%)	52%
spritzförmige Kerne	201 (8%)	52%
unregelmässige Kerne	87 (4%)	21%
weisses Holz	1097 (45%)	0%

auf die verschiedenen äusseren Reize mehr oder weniger gleich reagieren, ist es nicht erstaunlich, dass die mikroskopischen und zum grossen Teil auch die physikalisch-chemischen Eigenschaften bei allen Kerntypen ähnlich sind. Einzig Nasskerne unterscheiden sich bezüglich der Form wie auch aufgrund von Farbunterschieden und des pH-Wertes von den übrigen Kerntypen. Es wird somit empfohlen, bei der Rotbuche allgemein von fakultativen Farbkernen zu sprechen; die Unterscheidung zwischen Rotkernen und Nasskernen scheint gerechtfertigt.

3.2 Nicht-destruktive Erkennung von Farbkernen

Um die Möglichkeit zu überprüfen, Farbkerne am stehenden Baum entdecken zu können, wurden mit Hilfe nicht- bzw. wenig destruktiver Geräte wie dem Leitfähigkeitsmessgerät Vitamat, dem Ultraschallgerät Sylvatest und dem Bohrwiderstandsmessgerät Resistograph Untersuchungen durchgeführt.

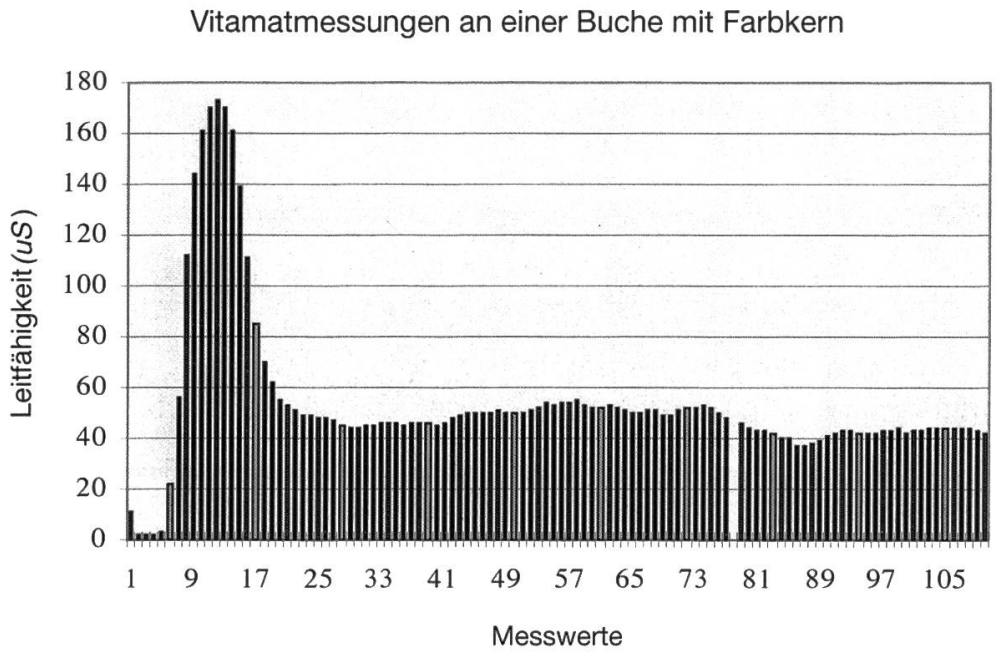
Vitamat

Mit dem Vitamat können elektrische Leitfähigkeitsprofile von Bäumen aufgezeichnet werden. Die Leitfähigkeit ist abhängig vom Wassergehalt, der Ionenkonzentration und der Temperatur; die Dichte und Struktur des Holzes spielen eine untergeordnete Rolle. Mikroorganismen verändern den Feuchtegehalt und die Ionenkonzentration stark, sie lassen sich somit mit dem Vitamat bereits in einem frühen Stadium diagnostizieren.

Es wurde festgestellt *(Abbildung 2)*, dass die mittlere Leitfähigkeit sowie die Kambialwerte von Buchen mit Farbkernen leicht höher sind als diejenigen von Buchen ohne Farbkerne.

Ultraschallgerät Sylvatest

Das Ultraschallgerät Sylvatest basiert auf einer Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Ultraschallwellen im Holz. Es können zwei Typen



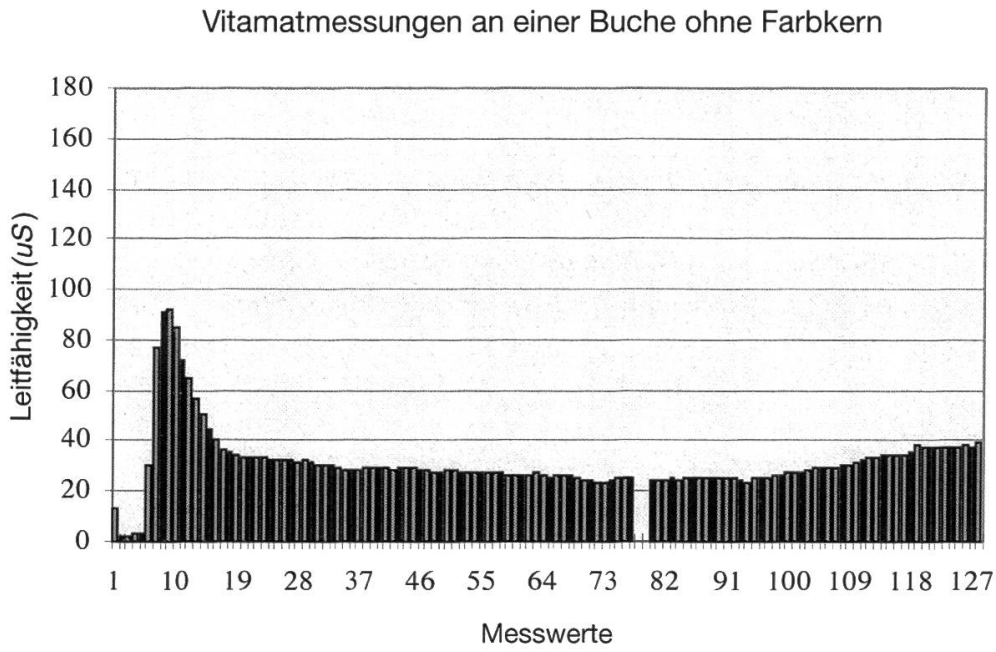


Abbildung 2. Vitamatmessung an je einer Buche mit und ohne Farbkern.

von Informationen mit diesem Gerät erzielt werden. Messungen entlang der Längsachse geben Auskunft über mechanische Grössen, während Messungen in der radialen Achse über den Gesundheitszustand des Baumes informieren. Die Ultraschallgeschwindigkeit ist im gesunden Baum bei festgelegter Baumart und Radius mehr oder weniger konstant. Eine niedrigere Geschwindigkeit ist Ausdruck einer Anomalie in der radialen Achse, die in den meisten Fällen pathologisch bedingt ist *(Sandoz* und *Lorin,* 1993). Mit dem Ultraschallgerät

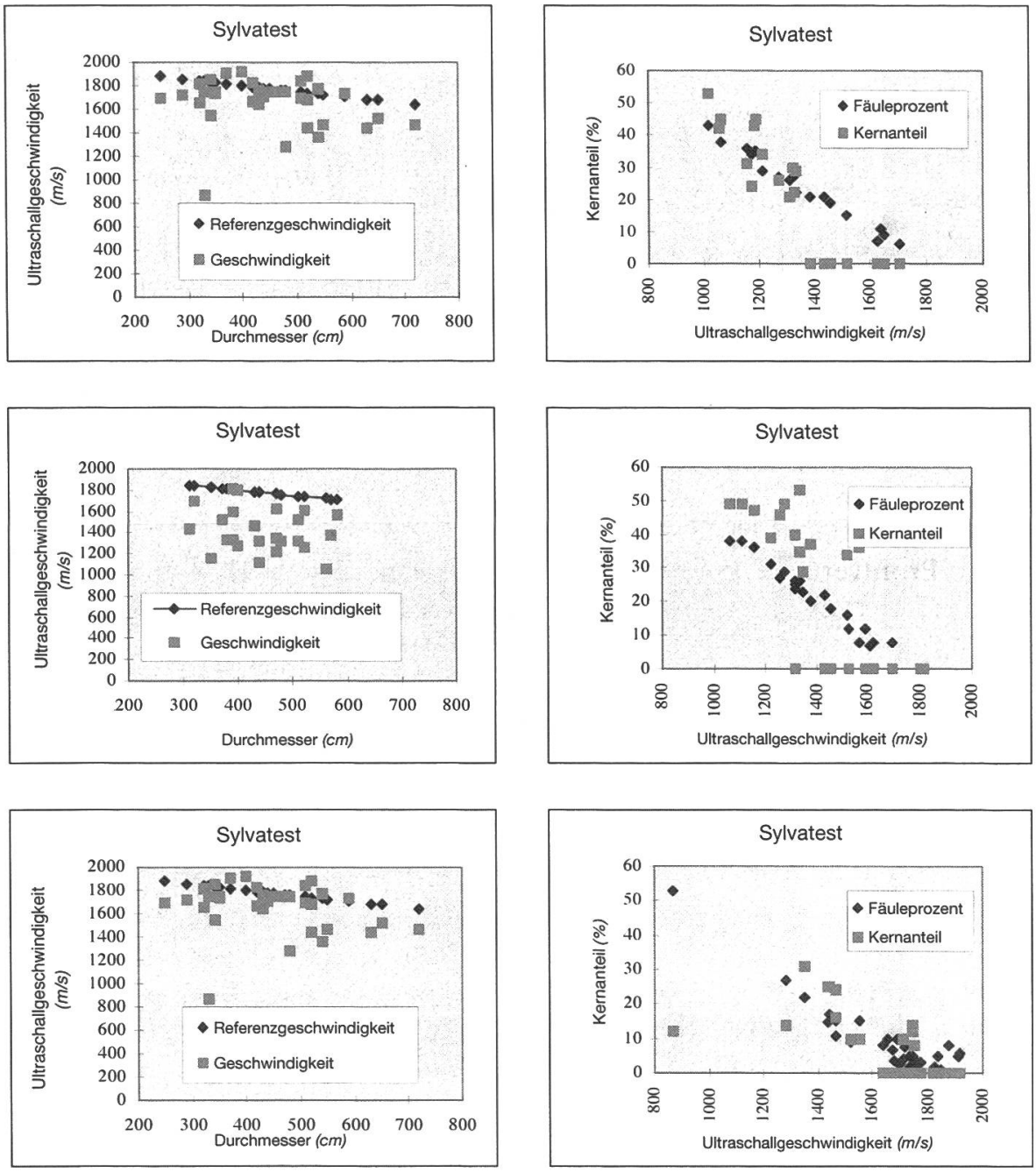


Abbildung 3. Messungen mit dem Ultraschallgerät Sylvatest.

wurde die Ultraschallgeschwindigkeit an 80 Buchen, in drei verschiedenen Holzschlägen, gemessen

Gemäss den Angaben von Prof. Sandoz berechnete ich aufgrund der gemessenen Geschwindigkeit und einer vorgegebenen Referenzgeschwindigkeit ein sogenanntes Fäuleprozent; dieses verglich ich mit dem tatsächlich vorhandenen Kernanteil. In *Abbildung 3* wird deutlich, dass die gemessenen Geschwindigkeiten meist tiefer sind als die Referenzgeschwindigkeiten; dies würde bedeuten, dass die meisten Buchen einen mehr oder weniger grossen

Defekt im Stamminnern aufweisen. Tatsächlich konnte nur ein Drittel der Buchen mit Farbkern mit einer Genauigkeit von 5% vorhergesagt werden; bei den übrigen zwei Dritteln stellte man zwischen den berechneten und den vorhandenen Kernanteilen Abweichungen zwischen 7 und 41% fest. Rund 40% der Buchen ohne Farbkern konnten mit einer Genauigkeit von 5% auch als solche erkannt werden, bei den übrigen wurden Farbkernanteile zwischen 6 und 25% vorhergesagt.

Resistograph

Das Bohrwiderstandsmessgerät Resistograph misst den Bohrwiderstand einer 3 Millimeter dicken Bohrnadel beim Eindringen ins Holz. Die Bohrprofile widerspiegeln die relative Dichteverteilung des Holzes und Dichteschwankungen innerhalb der Jahrringe (Frühholz/Spätholz). Anhand typischer Profilverläufe können Druckholz, Fäulen, Hohlräume, Risse, Ringschäle, Insektenschäden und andere innere Defekte erkannt werden. Mit dem Bohrwiderstandsmessgerät wurden Messungen an 35 stehenden Buchen vorgenommen. Mittels eines visuellen Vergleichs der Bohrwiderstandsprofile *(Abbildung 4)* des Resistographen mit der Holzoberfläche können Farbkerne erkannt werden.

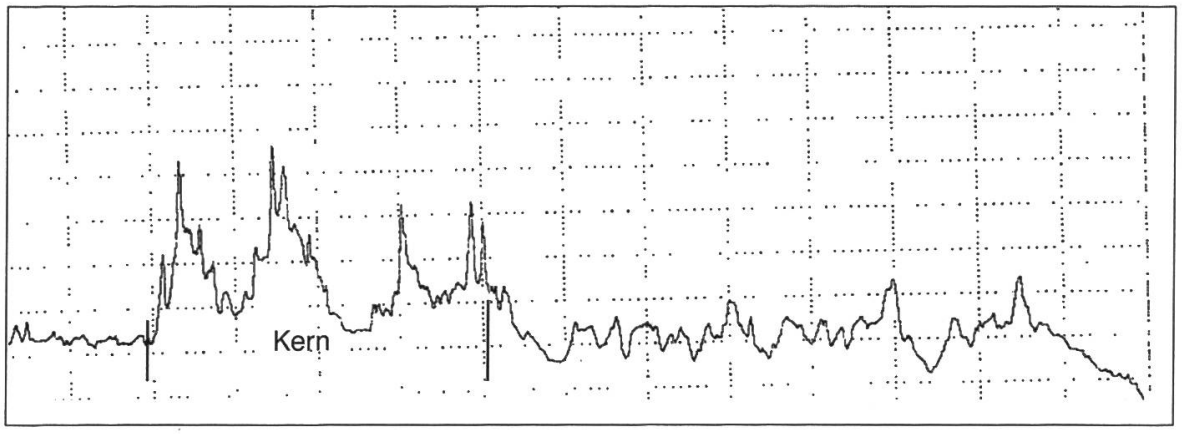


Abbildung 4. Bohrwiderstandsprofil einer Buche mit einem kleinen Kern.

Insbesondere die Kerngrenze ist durch grössere Ausschläge im Widerstandsprofil wahrnehmbar, das heisst, Dichteunterschiede an der Kerngrenze werden durch sogenannte «Peaks» sichtbar. Innerhalb der Farbkerne ist das mittlere Dichteniveau etwas höher als ausserhalb. Diese Dichteunterschiede werden durch eine besonders starke Verthyllung an der Kerngrenze und der teilweise verthyllten Gefässe im Stamminnern hervorgerufen, wie auch durch die Einlagerung von Kernstoffen in Parenchymzellen. Ohne Vergleiche mit

der Holzoberfläche ist die Ansprache der Dichteprofile jedoch nicht einfach, da teilweise abrupte Dichteänderungen mit ausgeprägten Maximas beobachtbar sind, unter anderem durch Unterschiede in der Wachstumsaktivität und durch Äste. Ähnliche Dichteprofile wie Farbkerne weisen Engkerne auf *(Eckstein* und *Sass,* 1994): ohne Vergleiche mit der Holzoberfläche kann es daher zu Fehlansprachen kommen. Die Interpretation der Dichteprofile des Resistographen erfordert grosse Übung

FAZIT: Gegenwärtig lässt kein bekanntes Gerät eine sichere, holzzerstörungsfreie, schnelle und kostengünstige Erkennung von Farbkernen im stehenden Baum zu.

3.3 Standort

Der Einfluss der standörtlichen Parameter auf die Kernhäufigkeit wurde mit Hilfe eines logistischen Regressionsmodells *(Tabelle 2)* untersucht. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Buche einen Kern aufweist, nimmt mit zunehmender Neigung, Skelettgehalt und Brusthöhendurchmesser, bei gleichbleibenden übrigen Parametern zu, mit zunehmendem Nährstoffspeichervermögen, Vernässung und pH-Wert nimmt sie ab. Am wenigsten Farbkerne findet man auf Mull sowie an Südhängen.

Tabelle 2. Logistisches Regressionsmodell.

Variablen	*Koeffizienten β*	*Variablen*	*Koeffizienten β*
Achsenabschnitt α	−0,453	Mull	−0,895
Neigung	0,180	Rohhumus	0,924
Skelettgehalt	0,014	Nord	−0,317
Nährstoffspeichervermögen	−0,042	Nordost	−0,241
Vernässung	−0,015	Nordwest	−0,439
BHD	0,024	Ost	−0,377
pH	−0,146	Süd	−1,227
Jura	1,350	Südost	1,242
Mittelland	−0,177	Südwest	0,129
Voralpen	−1,174	West	1,526
Moder	−0,030	eben	0,296

Zwischen der Kernhäufigkeit und den Bodentypen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden *(Tabelle 3).* Die Braunerde wurde als Referenzboden festgelegt, so dass man mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsverhältnisse Unterschiede zwischen der Braunerde und den übrigen Bodentypen feststellen kann. Die Kernhäufigkeit ist auf Humuskarbonatgesteinsböden dreimal grösser als auf Braunerde, auf Podzolen ist sie 1,8mal grösser.

Tabelle 3. Kontingenztafel für die Verteilung von Farbkernen / weissem Holz auf die verschiedenen Bodentypen; Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Bodentyp *Kern*	*Braunerde*	*Humus-Karbonat-gesteinsboden*	*Parabraun-erde*	*Pod-zol*	*Rend-zina*	*Total*
Farbkern	141	616	70	42	364	1233
weiss	209	301	58	70	496	1134
Wahrscheinlich-keitsverhältnis	*1*	*3,03*	*1,79*	*0,89*	*1,08*	

In der Region Jura *(Tabelle 4)* findet man beinahe doppelt so oft Rotkerne wie im Mittelland oder in den Voralpen. Dieses Ergebnis war aufgrund verschiedener Beobachtungen im Vorfeld des Projektes zu erwarten.

Tabelle 4. Kontingenztafel für die Verteilung von Farbkernen / weissem Holz auf die verschiedenen Regionen; Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Region *Kern*	*Jura*	*Mittelland*	*Voralpen*	*Total*
Farbkern	1090	90	53	1233
weiss	924	130	80	1134
Wahrscheinlichkeitsverhältnis	*1*	*0,59*	*0,56*	

Buchen auf Mull *(Tabelle 5)* weisen weniger Farbkerne auf als solche auf Moder oder Rohhumus.

Tabelle 5. Kontingenztafel für die Verteilung von Farbkernen / weissem Holz auf die verschiedenen Humusformen; Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Humusform *Kern*	*Mull*	*Moder*	*Rohhumus*	*Total*
Farbkern	714	486	33	1233
weiss	853	244	37	1134
Wahrscheinlichkeitsverhältnis	*1*	*2,38*	*1,07*	

In der montanen Lage findet man 1,5mal häufiger Farbkerne als in der kollinen Höhenstufe *(Tabelle 6)*.

Tabelle 6. Kontingenztafel für die Verteilung von Farbkernen / weissem Holz auf die verschiedenen Höhenstufen; Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Höhenstufen *Kern*	*kollin*	*submontan*	*montan*	*Total*
Farbkern	62	773	398	1233
weiss	63	816	255	1134
Wahrscheinlichkeitsverhältnis	*1*	*0,96*	*1,59*	

Die Untersuchungsergebnisse weisen auf einen wesentlichen Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Kernbildung hin. Auf reinen Kalkböden, die einen Überschuss an Calciumionen und demgegenüber einen Mangel an Kalium und Phosphat aufweisen, findet man eine grosse Kernhäufigkeit. Ein Überschuss an Calcium führt zu einer starken Transpiration und zu einer Hemmung der Photosyntheseleistung. Der durch den Calciumüberschuss bedingte Kaliummangel beeinträchtigt die Funktion der Spaltöffnungen und somit die Wasserdampfabgabe; der Phosphatmangel beeinflusst den Energiehaushalt negativ. Buchen auf Böden mit einem Calciumüberschuss altern schneller als solche auf besser nährstoff- und wasserversorgten Böden. Auf Böden mit schlechtem Streuabbau (Moder, Rohhumus) ist auch die Nährstoffversorgung entsprechend ungenügend; die Kernhäufigkeit ist dort grösser als auf Böden mit guter Streuabbau. An Nordhängen, die mit zunehmender Steilheit eine geringer werdende Strahlungssumme erhalten, an denen folglich die Photosyntheseleistung abnimmt und durch die kühlere Bodentemperatur das Wurzelwachstum und die Aufnahme der Nährstoffe reduziert sind, findet man die grössere Kernhäufigkeit als an Südhängen.

Die Farbkernbildung ist durch die abnehmende Vitalität der Parenchymzellen gekennzeichnet. Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Vitalitätsabnahme bzw. die Alterung des Speichergewebes durch ungünstige Standortsbedingungen beschleunigt werden kann.

Einfluss pflanzensoziologischer Gesellschaften und Verbände auf die Farbkernhäufigkeit und den Farbkernanteil

Die Häufigkeit von Farbkernen in anspruchsvollen Buchenwäldern der kollinen-submontanen Stufe (EK 6–13) ist etwa halb so gross wie diejenige in anspruchsvollen Buchenwäldern der montanen Stufe (EK 6–13) und diejenige von Simsen-Buchenwäldern (EK 1, 2) *(Tabelle 7)*. Eine Zwischenstellung nehmen die Tannen-Buchenwälder ein (EK 18–21).

Tabelle 7. Kontingenztafel für die Verteilung von Farbkernen / weissem Holz auf die verschiedenen pflanzensoziologischen Verbände; Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Pflanzensoziologische Verbände *Kern*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*Total*
Farbkern	21	190	73	25	1	309
weiss	20	389	67	27	35	538
Wahrscheinlichkeitsverhältnis	*1*	*0,47*	*1,04*	*0,88*	*0,03*	

Legende der pflanzensoziologischen Verbände:
1) Simsen-Buchenwälder (EK 1, 2)
2) Anspruchsvolle Buchenwälder, kollin-submontan (EK 6–13)

3) Anspruchsvolle Buchenwälder, montan (EK 6–13)
4) Tannen-Buchenwälder (EK 18–21)
5) Orchideen-Buchenwälder (EK 14–17)

Die Unterschiede zwischen den anspruchsvollen Buchenwäldern der kollinen-submontanen und derjenigen der montanen Stufe werden aufgrund der ermittelten Unterschiede in der Farbkernhäufigkeit bezüglich der Höhenstufen bekräftigt, in der montanen Stufe kommen eineinhalbmal mehr Farbkerne vor als in der kollinen und submontanen Stufe. Im periodisch austrocknenden Oberboden des Waldsimsen-Buchenwaldes (EK 1, 2) werden der Abbau der Streu und die Vermischung mit der Feinerde durch die zeitweilige Austrocknung und die damit einhergehende Hemmung der Bodenlebewesen gehemmt, so dass sich Moder oder Rohhumus bildet. Je stärker der Abbau gehemmt ist, umso geringer ist die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden durch Mineralisierung organischer Substanzen; die Stickstoffversorgung der Pflanzen ist schlecht. Dies kann durch Verlustlagen im Gelände noch verstärkt werden *(Zimmerli* und *Schütz,* 1995). Dieser Sachverhalt kann zu einer rascheren physiologischen Alterung und damit früher oder mit grösserer Wahrscheinlichkeit zu Farbkernbildung führen.

3.4 Waldbauliche Einflussgrössen auf die Farbkernhäufigkeit

Auch der Einfluss der waldbaulichen Parameter auf die Kernhäufigkeit wurde mit Hilfe eines logistischen Regressionsmodells untersucht. Das Modell hat folgende Bedeutung: Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Buche einen Farbkern aufweist, nimmt mit zunehmendem Alter, höherer Schicht, grösseren Chinesenbärten und Schäden bei gleichbleibenden übrigen Parametern zu, mit zunehmendem Schlankheitsgrad nimmt sie dagegen ab. Auch die Kronenarchitektur hat einen entscheidenden Einfluss auf die Farbkernhäufigkeit; Buchen vom Zwieseltyp weisen rund 1,4mal häufiger Farbkerne auf als solche vom Besentyp oder wipfelschäftige Buchen.

Buchen mit sichtbaren Schäden besitzen rund 1,5mal häufiger Farbkerne als diejenigen ohne solche Schäden. Einen signifikanten Einfluss auf die Kernhäufigkeit haben grössere Wunden, Risse und Krebs. Risse und ausgedehnte Wunden bieten wirkungsvolle Eintrittspforten für Luft. Diese ist für die Farbkernbildung unabdingbar. Buchen mit Krankheiten wie Krebs sind geschwächt. Schlanke Bäume weisen weniger Farbkerne auf als dicke und kräftige. Dieses Untersuchungsergebnis korreliert mit demjenigen, dass unter- und mittelständige Buchen viel weniger Rotkerne aufweisen als solche aus der Oberschicht. Der Befund, dass Buchen mit grösseren Chinesenbärten rund 1,5mal häufiger Farbkerne besitzen als Buchen mit mittleren und kleinen Chinesenbärten, weist auf eine vergleichbare Tendenz hin. Buchen der Mittel- und Unterschicht bilden tendenziell aufgrund des Lichtmangels dünnere Äste

aus, so dass die Chinesenbärte von geringer Grösse sind. Je grösser die Chinesenbärte, um so grösser ist auch die mögliche Zutrittspforte für Luft, folglich nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Farbkernbildung zu. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Bestandeserziehung einen gewissen Einfluss auf die Farbbildung ausübt.

3.5 Wertermittlung

Die untersuchten Buchen wurden für die folgenden Auswertungen je nach Verkernungsgrad in einer theoretischen Qualitätssortierung in die landesüblichen Qualitäten a, n und f gemäss der Schweizerischen Holzhandelsgebräuche *(Anonymus,* 1985) eingeteilt. Ausschlaggebend für die Sortierung war ausschliesslich die Verkernung. Entsprechend der Qualität und der Mittendurchmesserklassen wurden die Buchen mit den durchschnittlichen Marktpreisen des Forstjahres 1994/95 bewertet.

Mit zunehmendem Alter nehmen die prozentualen Anteile an Buchen der Qualitäten n und f zu *(Abbildung 5).* In der Altersklasse zwischen 75 und 100 Jahren weisen noch wenige Buchen Qualität n oder f auf; wenige Bäume haben einen Farbkern. Insbesondere Farbkerne die grösser als ein Drittel des Mittendurchmessers sind (Qualität f), wurden wenige vorgefunden, solche von über einem Fünftel etwas mehr (Qualität n). Dagegen findet man am meisten Buchen mit Qualität a in der Altersklasse zwischen 75 und 100 Jahren. Nur noch 22 bzw. 33% der Buchen der 2. und 3. Altersklasse (100 bis 125 Jahre; 125 bis 150 Jahre) haben keinen oder einen Farbkern unter einem Fünftel des Mittendurchmessers.

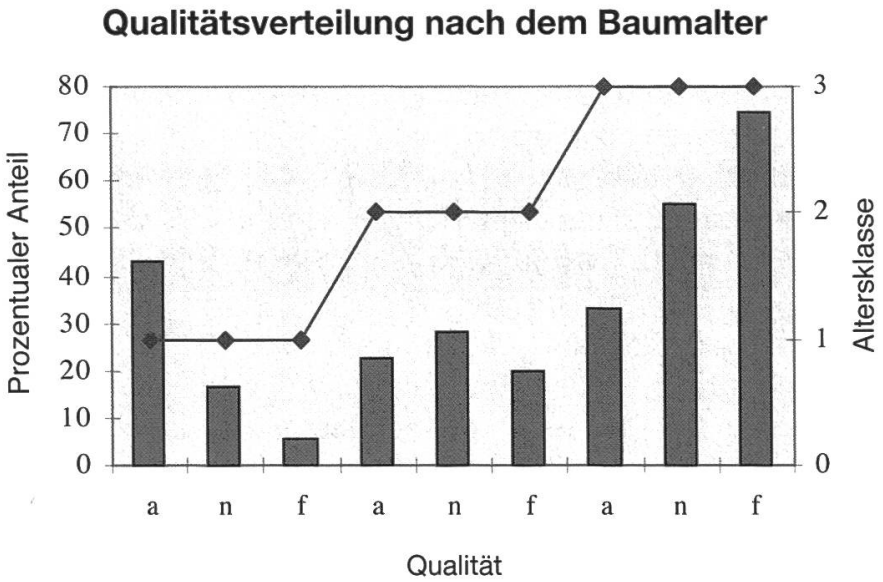


Abbildung 5. Qualitätsverteilung nach dem Baumalter.
Legende: Altersklasse: 1: 75 bis 100 Jahre. 2: 100 bis 125 Jahre, 3: 125 bis 150 Jahre.

Die an der Professur Waldbau der ETH Zürich entwickelten Werttarifmodelle *(Good,* 1995) wurden in leicht abgeänderter Form angewandt, um die erntekostenfreien Erlöse zu berechnen.

Der durchschnittliche theoretische Wertverlust beim kombinierten Stammverfahren liegt bei 56,5 Franken pro Baum respektive bei 18,3 Franken pro m^3. Zwischen den einzelnen Regionen lassen sich deutliche Unterschiede ausmachen, in den Voralpen ist der Wertverlust pro m^3 mit 22,8 Franken am höchsten, im Mittelland mit 10 Franken pro m^3 am geringsten, in der Region Jura liegt er bei 17 Franken pro m^3.

In *Abbildung 6* wird offenkundig, wie der Holzwert und somit auch der Ertrag von der entsprechenden Qualität abhängt. Die Kurve mit dem höchsten Holzwert respektive Ertrag stammt von Buchen der Qualität a, die mittlere von solchen der Qualität n und die tiefste von Buchen der Qualität f. Der Erlös ohne Farbkern entspricht dem Erlös der Buchen mit a-Qualität.

Die Werttarifmodelle zeigen, dass der holzerntekostenfreie Erlös bei allen untersuchten Verfahren ungefähr ab einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm positiv wird und mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser ansteigt, trotz der mit dem Alter zunehmenden Verkernung.

Für die Bestimmung des Zieldurchmessers ist folglich das physische Alter der Buche wesentlich. Es könnten eine obere Grenze, die sich nach biologisch-technischen Gegebenheiten richtet – wie zum Beispiel die höhere Verkernung mit dem Alter – und eine untere Grenze – die durch die technischen Möglich-

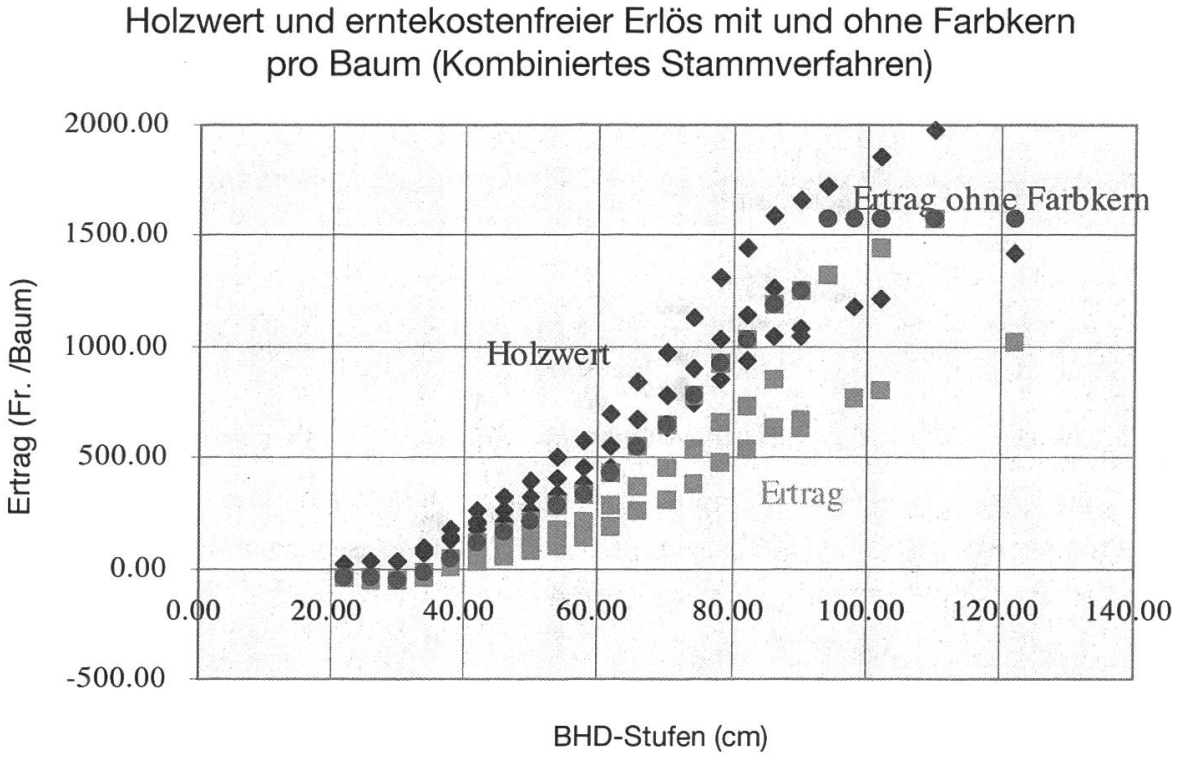


Abbildung 6. Holzwert und holzerntekostenfreie Erlöse mit und ohne Farbkern pro Baum (Kombiniertes Stammverfahren).

keiten der Verwertung bedingt ist – festgelegt werden. Die technischen Eigenschaften sprechen nicht gegen eine vermehrte Verwendung von verkerntem Buchenholz in den meisten buchenholzverarbeitenden Betrieben. Eine Werbekampagne zur Förderung der Verarbeitung und des Verkaufs fakultativ verkernter Hölzer sollte dringend durchgeführt werden, um die Absatzchancen für verkerntes Buchenholz zu angemessen Preisen zu vergrössern.

Zusammenfassung

Während der Jahre 1994 bis 1996 wurden 49 durch den Forstdienst angezeichnete Buchenholzschläge in den Regionen Jura, Mittelland und Voralpen ausgewählt, um die Verbreitung des fakultativen Farbkerns auf unterschiedlichen Standorten untersuchen und die Wertminderung des Buchenholzes durch den Farbkern ermitteln zu können.

Die Farbkernbildung ist durch die abnehmende Vitalität der Parenchymzellen gekennzeichnet. Die Vitalitätsabnahme bzw. die Alterung des Speichergewebes kann durch ungünstige Standortsbedingungen beschleunigt werden. Die Untersuchungsergebnisse weisen auf einen wesentlichen Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Kernbildung hin.

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Buche einen Farbkern aufweist, nimmt mit zunehmendem Alter, höherer Schicht, grösseren Chinesenbärten und Schäden zu, mit zunehmendem Schlankheitsgrad nimmt sie dagegen ab. Auch die Kronenarchitektur hat einen entscheidenden Einfluss auf die Farbkernhäufigkeit: Buchen vom Zwieseltyp weisen rund 1,4mal mehr Farbkerne auf als solche vom Besentyp oder wipfelschäftige Buchen. Farbkerne führen entsprechend der Form und dem Ausmass zu kleineren oder grösseren Ertragsverlusten. Mit dem an der Professur Waldbau entwickelten Werttarifmodell wurden Schätzungen der möglichen erntekostenfreien Ertragseinbussen durchgeführt. Die Kosten für sämtliche Holzerntearbeiten wurden differenziert nach verschiedenen Ernteverfahren miteinbezogen. Die berechneten Verluste lagen für das Stammverfahren wie für das Sortimentsverfahren in gleicher Grössenordnung. Der durchschnittliche theoretische Wertverlust liegt bei 57 Franken pro Baum bzw. bei 18 Franken pro m^3.

Résumé

Cœur coloré du hêtre: Identification, répartition et importance économique

Entre 1994 et 1996, 49 coupes de hêtres, réparties dans le Jura, sur le Plateau et dans les Préalpes et martelées par le Service forestier ont été choisies pour étudier la répartition du cœur coloré facultatif dans différentes stations et pour pouvoir déterminer la dépréciation du bois due au cœur coloré. De nombreux facteurs relatifs à la morphologie, à la production, à la sylviculture et à la station ont été pris en considération pour tirer au clair leur influence sur la formation du cœur coloré.

La formation du cœur coloré est caractérisée par une perte de vitalité des cellules parenchymateuses. La perte de vitalité, respectivement la sénescence du tissu de réserve peut être accélérée par des conditions de station défavorables.

La probabilité du cœur coloré augmente avec l'âge du hêtre, le nombre et la taille des barbes de chinois et les dégâts que l'arbre a subis. Les hêtres appartenant à l'étage supérieur ont plus fréquemment un cœur coloré que ceux des étages inférieurs. Par contre plus le degré de sveltesse est élevé moins il y a de cœurs colorés. Le cœur coloré selon sa forme et sa proportion entraine des pertes de production plus ou moins importantes. Avec le modèle du tarif des valeurs développé à la chaire de sylviculture les estimations des éventuelles pertes de production, tous frais d'exploitation couverts, ont été effectuées. Les coûts pour l'ensemble des travaux d'exploitation du bois ont été différenciés selon les modes d'exploitation. La perte de valeur théorique moyenne est de l'ordre de 57 francs par arbre et de 18 francs par m^3. Selon les régions les différences sont sensibles.

Summary

Red Heartwood Formation in Beech: Identification, Occurrence and Economic Importance

The purpose of this project (FLAM) was to study the occurrence of the red heartwood – a facultative characteristic in beech and other species – on different sites and to assess any consequent reduction in value of beech timber. Samples were collected between 1994 and 1996 from 49 scheduled beech felling areas of the Forest Service in the regions of the Jura, the Plateau (lowland) and the Pre-alps. Data was collected and evaluated on morphology in as far as it affects yield, on silviculture, and on site characteristics to determine their influence on red heartwood formation.

Red heartwood formation is characterized by a decrease in vitality of the parenchyma. Both, the changing vitality and the aging process of the parenchyma, can be accelerated by unfavourable site conditions. Nutrient supplies may substantially influence red heartwood formation.

The probability of red heartwood occurrence in a beech tree increases with the age of the tree, its changing position in the vertical structure of the forest, the growing number and size of "Chinese beards" (branch scars) and injuries, but decreases with increasing tapering.

The value of beech containing red heartwood varies according to its form and extent. By means of the value tarif model developed by ETH Silvicultural Section, the possible net reduction in yield was estimated. The costs for all aspects of timber harvesting were taken into consideration, calculated individually for various harvesting processes. The expected losses were similar both for single stem harvesting and for assortment harvesting, the average theoretical loss in value amounting to 57 Swiss francs per tree or 18 francs per cubic meter, respectively. There are clear differences between the three geographical regions. Translation: *Rosmarie Louis; Stanley Scher*

Literatur

Anonymus (1985). Schweizerische Holzhandelsgebräuche. Forstwirtschaftliche Zentralstelle der Schweiz. Solothurn. 40 S.

Eckstein, D.; Sass, U. (1994). Bohrwiderstandsmessungen an Laubbäumen und ihre holzanatomische Interpretation. Holz als Roh- und Werkstoff *52:* 279–286.

Good, E. (1995). Werttarifmodelle. Projekt intern. Professur für Waldbau. 34 S.
Mahler, G.; Höwecke, B. (1991). Verkernungserscheinungen bei der Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen *142:* 375–390.
Sandoz, J.L.; Lorin, P. (1993). Evaluation de l'état physico-mécanique de l'arbre sur pied par ultrason. 2e rapport intermédiaire. IBOIS. 26 S.
Walter, M. (1991). Qualitative und quantitative Aspekte der Buchen-Nasskernbildung. Dissertation ETH Zürich. 101 S.
Walter, M.; Kucera, L. J. (1991). Zur Frage der Nasskernbildung bei der Buche *(Fagus sylvatica* L.). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen *142:* 391–406.
Zimmerli, S.; Schütz M. (1995). Zur ökologischen Charakterisierung von Waldgesellschaften am Beispiel des Waldsimsen-Buchenwaldes *(Luzula-silvaticae Fagetum).* Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen *146:* 157–179.

Autorin:
Dr. Susanne von Büren, Zürcherstrasse 78, CH-8142 Uitikon-Waldegg.