

# Wertholzproduktion mit Kastanien-Niederwald Versuchsanlage und erste Ergebnisse

Andreas Zingg<sup>1</sup>, Fulvio Giudici<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,  
Birmensdorf, Schweiz

<sup>2</sup> WSL, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio,  
Sottostazione Sud delle Alpi, Bellinzona, Svizzera

## 1. Einleitung

Kastanien-Niederwälder (*Castanea sativa* Mill.) sind im Mittelmeerraum und in Mitteleuropa weit verbreitet (CONEDERA ET AL. 2005). Sie wurden in kurzen Umtriebszeiten (12–20 Jahre) entsprechend lokaler Tradition und nachgefragten Sortimenten (kleines Sägebauholz, kleine Pfosten, Brennholz), welche für die Landwirtschaft und den Hausgebrauch benötigt wurden, genutzt. Während den 60er und 70er Jahren verloren diese traditionellen kleinen Massenprodukte aus den Kastanien-Niederwäldern nach und nach ihren ökonomischen Wert (GIUDICI ET AL. 2000). Zurzeit sind in vielen Regionen Europas die Kastanien-Niederwälder verlassen, oder werden einfach in verlängerten Umtriebszeiten bewirtschaftet, um Sortimente grösserer Dimensionen zu erhalten. Die Probleme mit der Ringschäle (FONTI ET AL. 2002), das Auftreten des Kastanien-Rindeskrebsses (CONEDERA 1993) und die Unsicherheit hinsichtlich der Behandlung der Kastanien-Niederwälder haben zur derzeitigen Situation beigetragen.

Studien über die Behandlung von Kastanien-Niederwäldern aus Frankreich und Italien zeigen, dass mit einer geeigneten Behandlung, mit geeigneten Umtriebszeiten und mit einer gezielten Auslese und Durchforstung auf guten Standorten ökonomisch interessante Ergebnisse erzielt werden können. In Frankreich definierte BOURGEOIS (1987, 2004) Produktionsziele, z.B. Stammholz („grumes“) und Schwellen („billes“). Diese Produkte können durch eine Durchforstung gefördert werden, wenn die Ausleseebäume 11–12 cm erreichen, indem die Stockausschläge auf einen oder wenige pro Stock reduziert werden (SEVRIN 1993). Allerdings wurde dieses Vorgehen bisher nicht wissenschaftlich geprüft. In Italien werden zwei bis vier Ausschläge pro Stock belassen (AMORINI ET AL. 1997).

Neuere Forschung zum Thema Ringschäle zeigt, dass ein regelmässiges Jahrringwachstum das Auftreten der Ringschäle reduzieren kann (CHANSON ET AL. 1989, MACCHIONI & PIVIDORI (1996), FONTI & MACCHIONI 2003, FONTI & SELL 2003). Mit wiederholten Durchforstungen scheint damit die Produktion von Qualitätsholz möglich zu sein, ohne negative Einflüsse auf die Stabilität oder die ökologische Stabilität der Bestände zu riskieren (CUTINI 2001). Die Grundidee dieser intensiven Produktion ist es, das vorhandene Potenzial der Bestände, d.h. deren Ausschlagfähigkeit und Wachstumspotenzial zu nutzen.

Nach einem Niederwaldschlag verjüngt sich der Bestand mit neuen, schnell wachsenden Stockausschlägen. Im Niederwald scheint allgemein zu gelten, dass die Grösse und das Alter der Stöcke für die Anzahl proventiver Knospen von Bedeutung ist. PIUSSI (1995) stellt für Buche, aber nicht für Eiche und Kastanie, fest, dass das Alter und damit die Rindendicke die Fähigkeit des Stockes, neue Stockausschläge zu produzieren, reduziert. AYMARD & FREDON (1986) benutzten Phytozide und CARLIER (1987) radioaktive Marker, um das Funktionieren des Wurzelsystems zu untersuchen. Sie konnten an Kastanienstöcken zeigen, dass eine Wurzel vorzugsweise eine bestimmte Lode oder Lodengruppe, einen „Knopf“ (frz.: „bouton“) (BEDENEAU & PAGÈS 1984), ernährt. In alten Niederwäldern könnte die Anordnung der Stöcke wegen der Wurzelkonkurrenz von benachbarten Stöcken eine wichtige Rolle spielen. Auf jeden Fall wird die Konkurrenz im Laufe der Zeit sowohl auf Bestandesebene (zwischen den Stöcken) als auch auf Stockebene (zwischen den Loden) eine vorschreitende Reduktion (Mortalität) der Individuen bewirken. Damit können Wurzeln, die wegen dem Absterben von Loden von diesen nicht mehr gebraucht werden, von den überlebenden Loden benützt werden.

Die Alterung bzw. die Abnahme der Vitalität der Stöcke scheint kein limitierender Faktor für die Stockausschlagfähigkeit zu sein (DUBROCA & SAUGIER 1988). Zumindest bestätigt die Studie von BEDENEAU & PAGÈS (1984) die grosse Erfahrung mit mehr oder weniger regelmässig genutzten Kastanienniederwäldern: die Kastanie erträgt die Niederwaldbewirtschaftung ohne Vitalitätsverlust. Die erwähnte Studie zeigt, dass das Wurzelalter der Kastanie ungefähr dem Alter der Loden entspricht und nicht jenem des Stockes wie z.B. bei der Birke. AYMARD & FREDON (1986) zeigen, dass abhängig vom Alter die Wurzeln allen oder einem Teil der Loden zur Verfügung stehen, sodass die durch den Stock aufgenommenen Nährstoffe nach der Entfernung von Loden unter Umständen den verbleibenden Loden zur Verfügung stehen. Neue Untersuchungen (GIUDICI & ZINGG, 2005a, accepted) zeigen dass auch bei überalterten Kastanienniederwäldern die Ausschlagfähigkeit der Stöcke gut ist, vorausgesetzt, dass die Schnitte tief, sauber und regelmässig durchgeführt werden, und dass die dominierten oder sogar abgestorbenen Stöcke wieder sehr kräftige Ausschläge produzieren können.

In der Schweiz, südlich der Alpen, ist die Edelkastanie immer noch die häufigste Baumart: 21 % der Bäume auf mehr als 26'000 Hektaren in der kollinen und sub-montanen Stufe bis 1'000 m ü.M. (EAFV 1988). Nach dem Schweizerischen Landesforstinventar (WSL 2001) stocken 18'500 ha der total 19'800 ha Kastanienniederwald auf produktiven Standorten; 10'000 ha sind gut zugänglich und 7'800 ha liegen in leicht geneigten Flächen (GIUDICI 1995). Die Eigentümer sind daran interessiert den Wert dieser verlassenen Niederwälder mit neuen waldbaulichen Konzepten wieder herzustellen. Um waldbauliche Methoden zur Produktion von Wertholz zu entwickeln, wurde 1997 in der Südschweiz das Projekt „Produktion von Nutzholz im Kastanienniederwald“ der Sottostazione Sud delle Alpi und der Forschungsgruppe Waldentwicklung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, Schweiz, gestartet.

In dieser Arbeit werden das Forschungsprojekt, die Versuchsanlage und erste Ergebnisse von Erhebungen über die Ausschlagfähigkeit der Kastanien vorgestellt. Das Ausschlagen aus dem Stock ist der Schritt einer Entwicklung, der für das geplante waldbaulich-ertragskundliche Experiment wichtig ist. So stellt sich die Frage, ob die Ausschlagfähigkeit alter Niederwälder ausreichend ist, um die nächste Generation des Kastanienwaldes zu gewährleisten. Sind genügend Stockausschläge ausreichender Qualität für eine spätere Auslesedurchforstung vorhanden? Wie sind die Mortalität der Loden und der Stöcke, das Höhen- und Durchmesserwachstum und einige die Ausschlagfähigkeit bestimmende Faktoren zu beurteilen?

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Versuchsanlage

Der Versuch ist als Blockversuch mit zwei Behandlungsvarianten und einer Nullvariante und drei Wiederholungen pro Block konzipiert. Bisher wurden drei Versuchsflächen für drei Blöcke angelegt (Abb. 1). Die drei Versuchsflächen sind in Tabelle 1 beschrieben. Die Blöcke wurden in jeweils neun Teilflächen von 800–1000 m<sup>2</sup> unterteilt. Die Teilflächen sind durch 5 m breite Zwischenstreifen getrennt und von einem Randstreifen umgeben. Zwischen- und Randstreifen bilden zusammen die Teilfläche 10. Die Grösse der Teilflächen wurde so gewählt, dass pro Teilfläche im Endbestand mindestens 50 Stöcke bzw. in der Behandlungsvariante „eine Lode pro Stock“ mindestens 50 Loden bzw. Bäume vorhanden sein werden.

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsflächen

Versuchsfläche		46-016	46-018	46-022
Gemeinde, Lokalname		Bedano, Bedo	Gerra (Gambarogno), Bancone	Pura, Scangei
Flächengrösse	ha	1,3553	1,5711	1,9754
Geographische Lage		46° 02' 50'' N, 8° 54' 50'' E	46° 07' 19" N 8° 47' 51.66" E	45° 58' 56" N 8° 51' 24" E
Höhenlage	m ü.M.	530	550	650
Exposition		E-SE	NW	SW
Relief		Hang	Hang	Hang
Neigung	%	20–50	40–50	10–40
Geologie		Gneiss-Ortogneiss	Gneiss, Paragneiss (mit Moräneablagerung)	Gneiss-Ortogneiss (mit Moräneablagerung)
Bodentyp		Dystric Regosol, Humic Cambisol FAO (1988)	Dystric Regosol, Humic Cambisol FAO (1988)	Tendiert eher zu Braunerde
Pflanzengesellschaft		Cruciato glabrae-Quercetum castanosum <sup>1</sup>	Cruciato glabrae-Quercetum castanosum (Übergang zu Luzulo niveae Fagetum) <sup>1</sup>	Ilici Fagetum (Übergang zu Cruciato glabrae-Quercetum castanosum) <sup>1</sup>
Mittl. jährlicher Niederschlag	mm	1733 <sup>2</sup>	1904 <sup>3</sup>	1733 <sup>2</sup>
Jahresmitteltemperatur	°C	11,3 <sup>2</sup>	10,8 <sup>3</sup>	11,3 <sup>2</sup>
Frühere Behandlung		Niederwaldschlag 1942–45, (im 19. Jh. wahrscheinlich eine Selve)	Niederwaldschlag 1951–52, 1987 Durchforstung	Niederwaldschlag 1945, seither ohne Eingriff

<sup>1</sup> Nach Ellenberg & Klötzli (1972)

<sup>2</sup> Meteoswiss - Wetterstation Lugano (1961-1990), 273 m ü.M.

<sup>3</sup> Meteoswiss - Wetterstation Magadino (1954-1988)

Die vorgesehenen Behandlungsvarianten sind wie folgt vorgesehen: Reduktion der Loden bei der Erstdurchforstung

- auf eine Lode pro Stock oder
- auf zwei bis drei Loden pro Stock

In Bedano wurde der Vorbestand im Februar-März 1998 durch einen Niederwaldschlag vollständig geschlagen. Der Niederwaldschlag in Gerra erfolgte im Winter 1998/1999 und in Pura 2002/2003. Die Anweisung an die ausführenden Forstwirte beinhaltete, dass die Schnitte entsprechend den traditionellen Regeln (CAPELLI 1991) sauber, regelmässig und so geneigt und so tief wie möglich auszuführen seien. In Gerra und in Pura wurde neben den neun Teil-

flächen und dem Randstreifen eine zusätzliche Teilfläche ausgeschieden, auf der die weitere natürliche Entwicklung ohne Schlag beobachtet wird.

## 2.2 Messungen und Beobachtungen des Vorbestandes

Der Vorbestand wurde nach der Methode der Ertragskunde der WSL vollständig aufgenommen. Stock- und Stammfusskoordinaten der Loden wurden eingemessen. Stöcke und Loden wurden nummeriert.

Die soziale Stellung aller Kastanienstöcke wurde nach PIVIDORI (1995) und MACCHIONI & PIVIDORI (1996) angepasst angesprochen und folgendermassen klassiert:

- (1) "dominant": grosse Anzahl stark entwickelter Loden in der Oberschicht;
- (2) "co-dominant": einige ziemlich stark entwickelte Loden in der Oberschicht;
- (3) "dominiert": Stock mit wenigen und schwach entwickelten, absterbenden Loden;
- (4) "unterdrückt": alle Loden tot, aber einige kleine, lebende Ausschläge an der Stammbasis; und
- (5) "tot": alle Loden tot, keine sichtbare lebende Holzmasse.

An zufällig ausgewählten Probestämmen wurden Stammscheiben entnommen, um das Bestandesalter zu bestimmen.

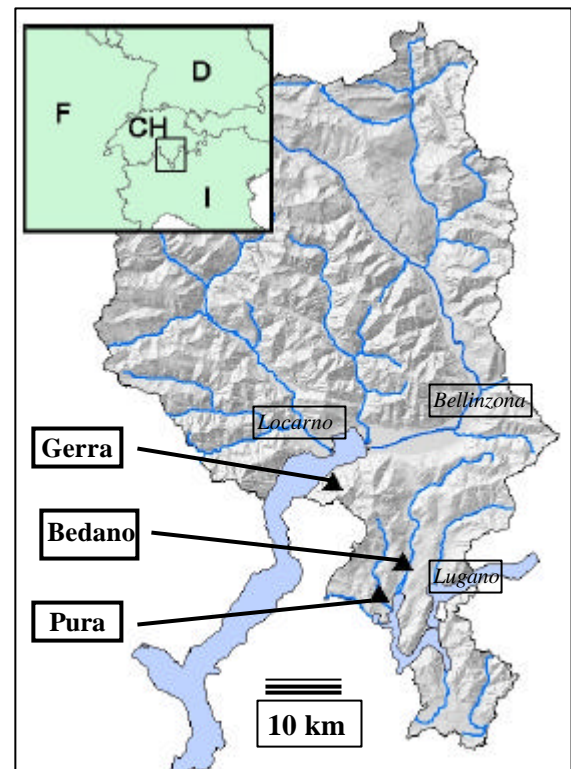


Abb. 1: Lage der Versuchsflächen

## 2.3 Messungen und Ansprachen in der neuen Niederwald-Generation

Zwei Jahre nach dem Niederwaldschlag im Februar 2000 wurden in **Bedano** das Überleben jedes Kastanienstockes, die Höhe der dominanten Lode (d.h. der höchsten jeden Stockes) sowie das Vorhandensein sichtbarer Schäden (Zwiesel, Krebs, Verbiss- oder Fegspuren) erhoben. An zufällig ausgewählten 63 Stöcken wurden die Stockdurchmesser, der  $d_{1,3}$  und die Höhen der neuen Loden gemessen. Dazu wurde die Zahl der neuen Loden grösser als 1,0 m pro Stock erfasst und deren Höhe (total und im ersten Jahr) gemessen. Deren Herkunft, d.h. typische Stockausschläge aus sichtbaren Teilen des Stockes oder Wurzelbrut, wurde ebenfalls festgehalten. Vier Jahre nach dem Niederwaldschlag, im März 2002, wurde die Erhebung in Bedano auf den 63 Stöcken wiederholt. Ergebnisse dieser Messungen, mit denen die Ausschlagfähigkeit der Stöcke beschrieben werden kann, werden im zweiten Teil dieser Arbeit vorgestellt.

In der Annahme, dass die spezifische Standorts- und Wuchssituation jedes Stockes die Verfügbarkeit an Wasser und Nährstoffen und damit die Ausschlagfähigkeit beeinflussen könnte, beschrieben wir die Mikrotopographie in einem Umkreis von 2 m um den Stock. Ausserdem wurde die Qualität des Fällschnittes (in drei Klassen) beurteilt und die Schnitthöhe gemessen (siehe GIUDICI & ZINGG 2005a).

Die Stockgrösse dürfte durch die davon abhängige Menge ausschlagfähigen Gewebes aber auch durch den Zusammenhang mit dem Stockalter eine Rolle bei der Ausschlagfähigkeit spielen: junge Stöcke, d.h. Stöcke von zum ersten Mal auf den Stock gesetzten Kastanien sind in Bezug auf Durchmesser bzw. Umfang in der Regel kleiner als Stöcke in bereits mehrmals geschlagenen Niederwäldern, wobei die Stockgrösse auch durch die erreichten Durchmesser des Vorbestandes, die Qualität des ausgeführten Schnittes usw. beeinflusst werden kann. Die Stockgrösse wurde durch verschiedene Messungen bzw. Ableitungen von gemessenen Variablen definiert:

- Umfang des Stockes auf Bodenhöhe (Umfang der Stockfläche als äussere Umfassung aller alten Loden)
- die Stockfläche: Fläche der Ellipse um die abgeschnittenen Loden in  $m^2$ ,
- die Summe der Lodenumfänge: die Summe der Umfänge auf 1,3 m Höhe aller Loden eines Stockes in cm, oder
- die Stock-Grundfläche: die gesamte Grundfläche aller Loden eines Stockes in  $cm^2$ .

Als Mass für den Konkurrenzstatus eines Stockes wurde die Horizontaldistanz (von Stockzentrum zu Stockzentrum) zum nächsten bis zum fünftnächsten Stock bestimmt.

Dieselben Messungen werden in den nächsten Jahren in **Gerra** und **Pura** folgen.

## 2.4 Datenanalyse

Um die Faktoren zu finden, die die Ausschlagfähigkeit eines Stockes beeinflussen, benutzten wir ein General Linear Model mit Rückwärtselimination der Variablen (Software SYSTAT 10). Eine Autokorrelationsmatrix zeigte, dass die Stockfläche und die Summe der Lodenumfänge sehr hoch mit dem Umfang des Stockes und der Stockgrundfläche korrelieren. Sie wurden deshalb nicht ins Modell einbezogen. Die Schnittqualität wurde in eine dreistufige Variable umgewandelt und als Dummy-Variable ins Modell mit einbezogen.

Das Verhältnis zwischen der Höhe der dominanten Lode eines Stockes und der mittleren Höhe der ganzen Lodenpopulation wurde analysiert, um zu prüfen, ob sich dieser Wert als Indikator für die Verjüngungskraft eines Kastanienniederwaldes eignet.

Die Auswertungen zur Ausschlagfähigkeit basieren auf Daten der Fläche **Bedano**. Wir beabsichtigen die Ergebnisse von Bedano mit den Daten von **Gerra** und **Pura** zu überprüfen, wenn diese vorliegen.

## 2.5 Weiterer Verlauf des Versuchs

Wenn der neue Bestand eine Oberhöhe von 10-12 m erreicht, wird der Gesamtbestand mittels der üblichen ertragskundlichen Methode (Kluppschwelle 4 cm) erfasst. Voraussichtlich wird dann auch eine Durchforstung im Sinne der Versuchsvarianten direkt auf den Endzustand, d.h. eine bzw. zwei bis drei Loden pro Stock durchgeführt. Als Handlungsalternative ist auch ein zweistufiges Vorgehen mit einer Zweitudurchforstung nach ca. 20 Jahren möglich. Über diese Alternativen wird in Abhängigkeit von der Stamm- bzw. der Kronenausformung der Loden entschieden werden. Das Ziel der Wertholzproduktion erfordert ein Vorgehen, das einerseits ein regelmässiges Durchmesserwachstum ermöglicht und andererseits die Bildung von Klebästen an den zukünftigen Wertträgern verhindert.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Charakterisierung des Vorbestandes

Wie in Tabelle 2 dargestellt, handelte es sich beim Vorbestand in **Bedano** um einen reinen Kastanienniederwald. Weniger als 2 % der Bäume und der Grundfläche waren andere Baumarten. Es gab keine klaren Spuren früherer Nutzungen (Durchforstungen usw.). Das Bestandesalter lag bei 58 Jahren (Niederwaldschlag 1940), aber eine kleine Fläche im nördlichen Teil (Teilflächen 8 und 9) wurde wahrscheinlich 11 bis 12 Jahre später geschlagen. In **Gerra** war sogar 40 % der Grundfläche von anderen Baumarten als Kastanie. Dies ist eine Folge der Durchforstung von 1987, bei der offensichtlich die anderen Baumarten wie Eiche und Birke gefördert wurden. In Bezug auf die Stammzahl dominiert dagegen die Kastanie, nicht zuletzt auch deshalb, weil diese nach der Durchforstung wieder kräftig Stockausschläge bildete. In **Pura** machten die vermutlich älteren Zerreichen-Stockausschläge (*Quercus cerris* L.) immerhin 21 % der Grundfläche, aber nur 13 % der Stammzahl aus.

Die Stockdichte lag in Bedano je nach Teilfläche bei 370–723, im Mittel bei 513 ha<sup>-1</sup>, in Gerra bei 429–719, im Mittel 543 ha<sup>-1</sup> und in Pura bei 471–566, im Mittel bei 527 ha<sup>-1</sup>. Die Stockfläche in betrug in Bedano 1,17 ± 0,73 m<sup>2</sup>.

In **Bedano** betrug der Derbholtzvorrat 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (GIUDICI & ZINGG 2005b). Die Gesamtwuchsleistung mit Ästen und Reisig wurde auf 373 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> geschätzt, was einen durchschnittlichen Gesamtzuwachs I<sub>V70-t</sub> von 6,4 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>

Tabelle 2: Bestandesdaten des Vorbestandes (Hektarwerte, Kluppschwelle = 4 cm)

Jahr	Alter	Arten	Anzahl Stöcke	Lebende Bäume							Tote Bäume								
				N	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	h <sub>g</sub>	d <sub>g</sub>	h/d <sub>g</sub>	G	V <sub>7</sub>	N	h <sub>g</sub>	d <sub>g</sub>	h/d <sub>g</sub>	G	V <sub>7</sub>		
				m	cm	m	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>						
Bedano	1997	55	Kastanie	513	714	19,0	41,4	47	17,3	26,8	65	40,3	300	350	12,9	12,8	101	4,5	29
			Andere Laubhölzer <sup>1</sup>		16					0,6	3	6			0,2	1			
Gerra	1998	46	Kastanie	543	1920	15,6	29,9	53	10,9	9,3	116	13,1	80	42	9,2	7,0	130	0,2	1
			Eiche		116	19,1	31,2	62	17,5	23,3	75	4,9	39	4	14,3	15,1	94	0,1	0
			Birke		95	18,7	31,7	60	16,6	21,1	79	3,3	25	2	11,4	10,3	111	0,0	0
			Andere Laubhölzer <sup>2</sup>		144					0,6	0	3			0,0	0			
Pura	2002	57	Kastanie	527	610	20,9	34,6	61	18,1	24,4	74	28,6	262	1690	10,8	11,8	92	18,4	133
			Zerreiche		96	23,2	38,4	61	21,9	32,1	68	7,8	89	27	12,4	12,8	97	0,4	3
			Andere Laubhölzer <sup>3</sup>		18					0,5	5	8			0,0	0			

<sup>1</sup> *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth., *Alnus glutinosa* (L.), Gaertn., *Tilia cordata* Mill., *Prunus avium* (L.) L., *Sorbus aria* (L.) Crantz

<sup>2</sup> *Prunus avium* (L.) L., *Sorbus* L.

<sup>3</sup> *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth., *Carpinus betulus* L.

ergibt. Vor dem Niederwaldschlag zeigten 13,8 % (7 %–20 %) der Kastanienstöcke keine lebenden Teile und weitere 5,9 % (2,8 %–12,3 %) nur tote Loden und wenigstens einen kleinen und kurzen lebenden Spross an der Stammbasis. In *Gerra* betrug der Derbholzvorrat bedingt durch die Durchforstung von 1987 nur 144 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Totholz 1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) und in *Pura* 492 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, davon 136 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> stehendes und liegendes Totholz. In Gerra kann die Gesamtwuchsleistung wegen der erfolgten Durchforstung nicht abgeschätzt werden. In Pura hat aber mit ziemlicher Sicherheit keine Nutzung stattgefunden und wegen dem langsamen Abbau von Kastanienholz dürfte mit der Erfassung des stehenden Totholzes auch die Gesamtwuchsleistung von 8,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (ohne Reisig) ziemlich vollständig erfasst worden sein.

### 3.2 Überlebende und wieder auflebende Stöcke

In Bedano wurden nach zwei Jahren alle 479 Stöcke überprüft. Wie in Abb. 2 dargestellt betrug die Stockmortalität, d.h. Stöcke ohne Bildung von neuen Loden in den ersten 2 Jahren, 10,6 % aller Stöcke (50 Stöcke), aber nur 4,1 % bei den Stöcken mit lebenden Loden vor dem Niederwaldschlag (soziale Stellung 1 bis 3). Interessanterweise zeigten 56 % der Stöcke, die vor dem Schlag nur einige kleine Sprosse aufwiesen (soziale Stellung 4) und sogar 79 % der Stöcke ohne sichtbare lebende Teile nach zwei Jahre lebende Loden. In 17 Fällen trugen „offensichtlich tote Stöcke“ sehr kräftige 2 Jahre alte Loden von mehr als 2 m, in 3 Fällen sogar von mehr als 3 m Länge.

### 3.3 Die neue Niederwald-Generation in der Versuchsfläche Bedano

Die Anzahl der Loden pro Stock, die höher waren als 1 m, lag nach zwei Jahren bei 47,8 ± 29,6 (Mittelwert ± Standardabweichung). In den folgenden zwei Jahren produzierte jeder Stock im Mittel weitere 0,95 neue Loden. Nur drei Stöcke wiesen mehr als fünf neue Loden auf. Nach zwei Vegetationsperioden waren 8,0 % oder 4,3 Loden pro Stock tot. 43,4 (± 26,3) Loden überlebten. Nach vier Jahren lebten nur noch 24,9 (±14,8) Loden pro Stock. Das ergibt eine Mortalität von 48,7 %. Diese Zahl beinhaltet nicht die grosse Zahl der kleinen Sprosse von weniger als einem Meter Länge, die bereits während der ersten 2-Jahres-Periode abstarben.

Die Zahl der produzierten Loden war höher auf den Stöcken mit einer höheren sozialen Stellung im Vorbestand (soziale Stellungen 1 und 2) als auf solchen mit den sozialen Stellungen 3 bis 5, allerdings mit grossen Variationen. Ein t-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen sozialen Stellungen.

Von den 48,6 ± 29,3 nach 4 Jahren pro Stock produzierten Loden waren 4,8 ± 3,6 Wurzelbrut, d.h. sie schlugen nicht aus der sichtbaren Rinde des Stockes aus sondern kamen aus dem Boden. Die übrigen 45,0 ± 28,0 Loden stammen von proventiven oder adventiven Knospen, die durch den Niederwaldschlag aktiviert wurden. Die neuen Loden waren nicht gleichmässig, sondern in Gruppen über die mit Rinde bedeckte Stockfläche verteilt. Die mittlere Anzahl Gruppen pro Stock betrug 7.6 (± 3.5), zwischen 2 und 16.

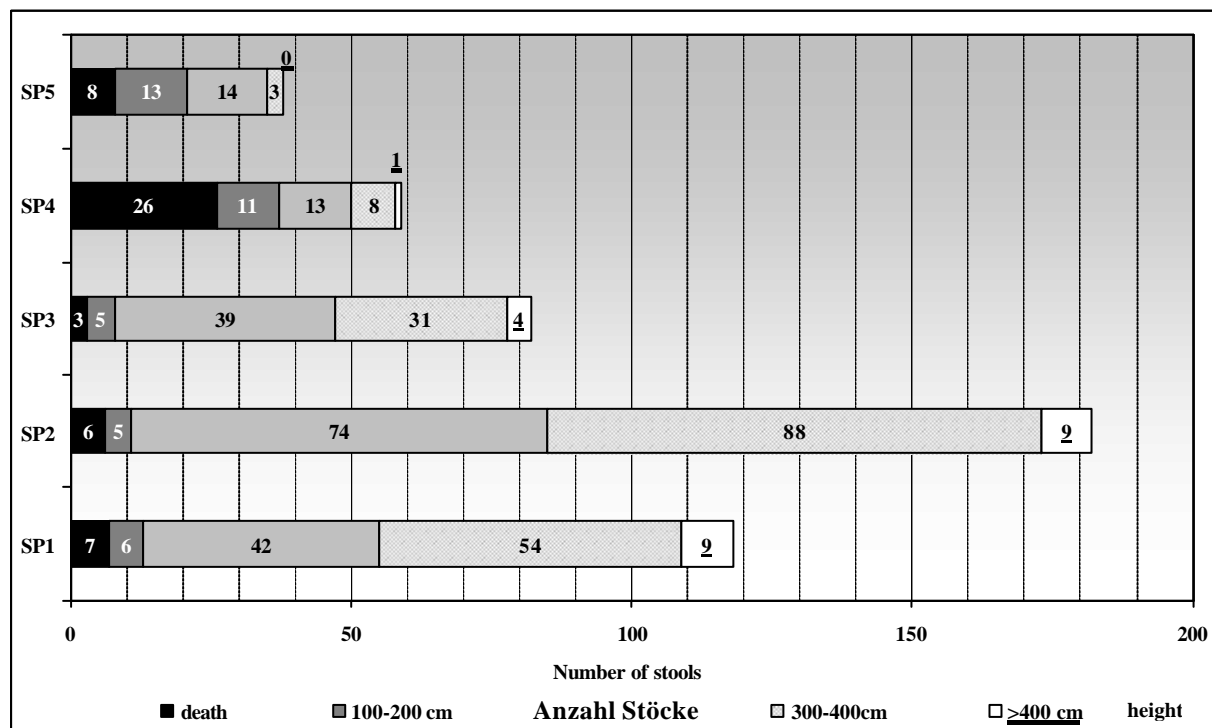


Abbildung 2: Versuchsfläche Bedano: Anzahl (absolut) und Höhe nach 2 Jahren der neuen dominanten Loden in Bezug zur sozialen Stellung (SP) ihres Stockes vor dem Niederwaldschlag.

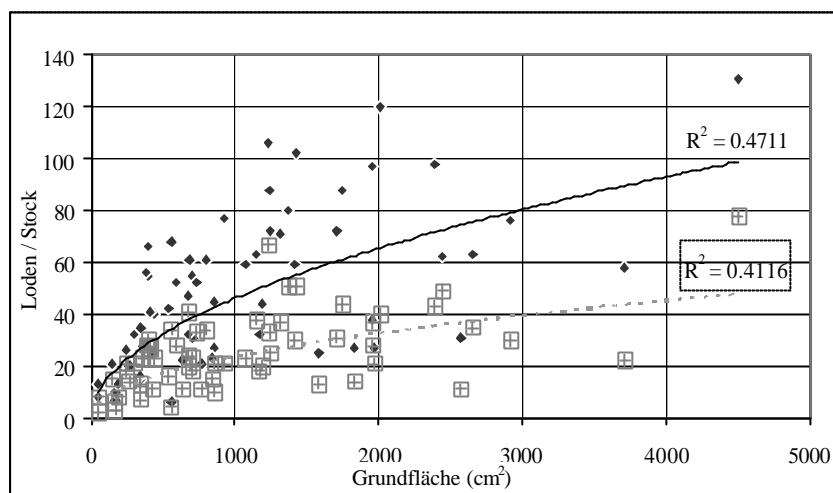


Abb. 3: Versuchsfläche Bedano: Zahl der Loden pro Stock in Bezug zur Grundfläche vor dem Schlag des ganzen Stockes (alle Loden = Rhomben und ausgezogene Linie; lebende Loden = Kreuze und gestrichelte Linie). Die Funktionen sind exponential. Die Parameterschätzungen sind im Text angegeben.

dominanten Loden höher als 6 m, was einem durchschnittlichen jährlichen Höhenzuwachs von mehr als 1,50 m entspricht.

Länge und Durchmesser der dominanten Loden im Alter 2 und 4 Jahre waren nicht stark korreliert (Pearson Korrelation,  $R^2=0,556$  für  $h$  und  $R^2=0,418$  für  $d_{1,3}$ ). Die soziale Stellung von mehr als 57 % der dominanten Loden änderte sich durch positives oder negatives Umsetzen zwischen der ersten und der zweiten Erhebung.

### 3.4 Ausschlagfähigkeit

Die mikrotopographischen Wachstumsbedingungen beeinflussen die Anzahl der pro Stock produzierten Loden, die Höhe und den Durchmesser der dominanten Lode nicht signifikant. Hingegen ist die Zahl der produzierten Loden und der überlebenden Loden abhängig von der Grundfläche des Stockes vor dem Niederwaldschlag. Die Parameterschätzung für eine Exponentialfunktion ergibt  $1,386x^{0,5071}$  für alle Loden, und  $y = 0,9127x^{0,4707}$  für die lebenden (Abb. 3). Die Korrelation zwischen der Anzahl Loden pro Stock und der Stockfläche ist etwas besser ( $R^2=0,522$  für alle Loden und 0,440 für die lebenden). Es scheint, dass es keinen Vitalitätsverlust gibt: alle 12 Stöcke, die 20  $dm^2$  und mehr massen (das entspricht einem 0,8 m breiten Stock), produzierten mehr als 60 neue Loden grösser als 1 m. Die Stockgrösse ist mit der sozialen Stellung im Vorbestand korreliert (61 %).

Die mittlere Distanz zum nächsten Stock beträgt  $2,75 \pm 1,00$  m, zum fünften  $4,47 \pm 1,00$  m. Die Anzahl der Loden pro Stock und diese Abstände korrelieren schwach positiv ( $R^2=0,28-0,29$ ). Die Distanz zu den 5 nächsten Stöcken korreliert nicht mit der Anzahl der Loden, die zwischen dem Jahr 2 und 4 nach dem Niederwaldschlag erschienen.

Die Arbeiter, die den Niederwaldschlag ausführten, waren instruiert, einen genauen und tiefen Stockschnitt auszuführen. Eine Überprüfung der Stöcke zeigte, dass es nicht möglich war, die Stöcke nahe am Boden zu schneiden. Die mittlere Stockhöhe variiert zwischen 2 und 50 cm (Mittel  $16,6 \pm 10,7$  cm); die Schnittqualität war gut (Mittel

$6,7 \pm 1,7$ , Werte zwischen 4 und 10). Kleinere Stöcke können im Allgemeinen tiefer geschnitten werden als grössere. Deshalb war die Stockhöhe positiv mit der Stockgrösse korreliert ( $y$  (cm) =  $0,4092 x^{0,5239}$ ,  $x$  = Grundfläche in  $cm^2$ ,  $R^2 = 0,435$ ). Während der ersten vier Jahre beeinflusste die Stockhöhe die Mortalität der Loden ( $R^2 = -0,118$ ).

31,1 % der dominanten Loden auf den 429 über-

Tabelle 3: Korrelation zwischen der Höhe und dem Durchmesser der dominanten Lode (das ist die längste Lode eines Stockes nach 2 Jahren) und der mittleren Höhe der übrigen Loden eines Stockes. Angegeben ist der Koeffizient „a“ der linearen Funktionen, z.B.  $h_{[1,3]} = h_{[dominante Lode]} * 0,960$

Verhältnis der Höhe der dominanten Lode eines Stockes ...	Höhe der Lode		Durchmesser $d_{1,3}$ der Lode	
	Koeffizient a	$R^2$	Koeffizient a	$R^2$
... zu den 3 höchsten bzw. dicksten Loden	0,960	0,988	0,930	0,976
... zu den 5 höchsten bzw. dicksten Loden	0,930	0,983	0,874	0,959
... zu den 10 höchsten bzw. dicksten Loden	0,872	0,978	0,761	0,918
... zur mittleren Lode	0,700	0,692	0,466	0,829

Tabelle 4: Regressionsmodell für die Ausschlagfähigkeit von Kastanienniederwald, Versuchsfläche Bedano. Abhängige Variable: B = Anzahl Loden pro Stock 2002, N = 63, quadratisches multiples  $R^2 = 0,632$ . Für die kategoriale Variable „transformierte Schnittqualität“ wurde eine kodierte Dummy-Variable verwendet.

Tabelle 4a: Varianzanalyse

Variable im Modell	Koeffizient	Standardfehler	Stand Koef	'P'
Stockumfang	12,528	1,891	0,581	0,000
Distanz zum nächsten Stock	5,392	2,428	0,184	0,030
Schnitthöhe	1,324	0,339	0,480	0,000
Schnittqualität (transformiert)	.	.	.	0,000

Tabelle 4b: Varianzanalyse

Quelle	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Regression	34271,332	5	6854,266	19,615	0,000
Residuen	19918,383	57	349,445		

Tabelle 4c: Schätzung des Effektes  $B = (X'X)^{-1} X'Y$

	Anzahl Loden pro Stock
Konstante	-2,405
Stockumfang (cm)	12,528
Distanz zum nächsten Stock (m)	5,392
Schnitthöhe (cm)	1,324
Schnittqualität (transformiert)	1 -44,003
Schnittqualität (transformiert)	2 -19,229

Indikator für die mittlere Höhe bzw. den mittleren Durchmesser der Loden eines Stockes sind. Dasselbe gilt für den Durchmesser. Es gibt eine lineare Beziehung  $y=a*x$  mit  $y$  = mittlere Höhe der Loden in cm und  $x$  = Höhe der dominanten Lode (Tab. 3). Beispiel: Die mittlere Höhe der drei höchsten Loden eines Stockes entsprechen zu 96 % der Höhe der dominanten Lode, 87,2 % für die 10 höchsten usw.

Die Anzahl der Loden, die vier Jahre nach dem Niederwaldschlag auf einem Stock stehen, kann als Indikator für die Ausschlagfähigkeit betrachtet werden. Ein globales Modell, das die Ausschlagfähigkeit der Stöcke mit vorhandenen Daten beschreibt, erklärt 63 % der Variabilität (Tab. 4). Die Input-Variablen waren Stockumfang, Stockgrundfläche, Distanz zum nächsten Nachbarstock, Schnitthöhe und die transformierte Schnittqualität. Die Rückwärtselimination für die Regression schloss nur die Grundfläche aus. Das bedeutet, dass das Modell die folgenden vier Variablen umfasst:

- Stockumfang,
- Distanz zum nächsten Nachbarstock,
- Schnitthöhe und
- Schnittqualität.

#### 4. Diskussion

Alle drei Versuchsflächen, die in Bezug auf das Alter der Stockausschläge als „überaltert“ gelten müssen, d.h. die Loden sind wesentlich als eine normale Niederwald-Umlaufzeit. Vor dem Niederwaldschlag hatten sie relativ homogene Strukturen und Alter, und wiesen unterschiedliche Anteile an andere Laubbaumarten auf, die aber den Niederwaldcharakter und die dominante Stellung der Kastanie in der neuen Generation kaum beeinflussen. Die produktiven Eigenschaften aller drei Versuchsflächen wird von GIUDICI & ZINGG (2005b) beschrieben.

Der Bestand in Bedano, in dem die Fallstudie über die Ausschlagfähigkeit durchgeführt wurde, war ein einfacher Niederwald, d.h. ein reiner Kastanienniederwald, der nach einem Niederwaldschlag in den Jahren 1942–45 entstand. Die relativ tiefe Kastanienstockdichte und die sich daraus ergebenden grossen Zwischenräume zwischen den Stöcken und ebenso die relativ kompakten Stockgrößen lassen vermuten, dass die Bewirtschaftung als Niederwald relativ jung ist, d.h. dass der Bestand wahrscheinlich bis zu Beginn des 20. Jh. eine Kastanienselve war. BAGNARESI & GIANNINI (1979) geben, basierend auf einer Untersuchung über Kastanienniederwälder in Italien, an, dass Kastanienniederwälder nach nur 4 oder 5 aufeinander folgenden Niederwaldschlägen dichte Strukturen mit mehr als 700–800 Stöcken  $ha^{-1}$  aufweisen.

Das Fehlen von sichtbaren Zeichen von Schlägen, das Vorhandensein einer dichten Population von toten Loden, v.a. in den Durchmesserklassen unter 16 cm (GIUDICI & ZINGG 2005b), und der hohe Anteil (ca. 20 %) von unterdrückten oder toten Stöcken lassen die Schluss zu, dass der Bestand sich seit dem letzten Niederwaldschlag weitgehend ungestört von menschlichen Aktivitäten entwickelt hat. Diese Situation zeigt, dass während den letzten Jahrzehnten ein starke Konkurrenz zwischen den Loden (auf den Stöcken) und zwischen den Stöcken stattfand. Die

prüften Stöcken waren nach zwei Jahren beschädigt: 29,3 % waren Zwiesel, 1,1 % krebsig und 0,7 % durch Schalenwild verwundet. Das Schadenausmass variierte für die Teilflächen zwischen 18,9 und 39,3 % für alle Schäden, zwischen 18,2 and 36,1 % für Zwiesel, 0 and 3,6 % für Krebs und 0 and 2,2 % für Wildschäden. Das Vorhandensein von Zwiesel und Krebs – nach zwei Jahren ist der Befall immer noch oberflächlich – beeinflusste das Höhen- und Dickenwachstum nicht signifikant.

Die Auswertung der verschiedenen Gruppen (vgl. Tab. 3) der höchsten Loden zeigen, dass die Höhe und der Brusthöhendurchmesser der dominanten Lode, d.h. der längsten Lode pro Stock, ein guter

Konkurrenz führte zu einer sozialen Umschichtung der verbleibenden Bäume im Vorbestand und zu einer zunehmenden Anzahl von toten Loden und Stöcken (MACCHIONI & PIVIDORI 1996).

Nach dieser langen Phase einer natürlichen Entwicklung war der Niederwaldschlag für den Bestand ein traumatisches Ereignis. Nach dem Schlag beginnt die Konkurrenz von neuem und die soziale Organisation des Niederwaldes wird neu organisiert. 24 Stöcke der sozialen Stellung 1 bis 4 schlugen überhaupt nicht aus, während einige Stöcke, die kein Anzeichen von Leben aufwiesen, unerwarteterweise begannen, neues z.T. sehr kräftiges Leben zu zeigen. Dies wurde auch in anderen Kastanienniederwäldern von PIVIDORI & MOTTA FRÉ (1996) beobachtet. Wurzelverwachsungen sind eine mögliche Erklärung dieses Phänomens. In unserer Studie stellen wir fest, dass ein Drittel der Stöcke ohne lebende Stämme "nur scheinbar tot" waren. Am Stammfuss konnten kleine und feine lebende Sprosse festgestellt werden (Abb. 4). Die physiologische Bedeutung dieser Sprosse und die Mechanismen, die zur Bildung derselben führen, sollten geklärt werden. Wir vermuten, dass sie einen „Stand-by“-Zustand darstellen, eine Art einer Überlebensstrategie mit einer minimalen Stoffwechselaktivität, während der Baum auf bessere Umweltbedingungen, z.B. einen Waldbrand oder einen Niederwaldschlag wartet.

Unsere Ergebnisse bestätigen, dass die Ausschlagfähigkeit positiv mit der Stockgrösse und der Stockfläche korreliert ist. Dies ist an sich nicht erstaunlich, da ja beide Parameter auch mit der Fläche der lebenden Rinde und damit mit der Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von proventiven Knospen verbunden sind.

PICCIOLI (1922) beobachtete, dass Stöcke von Kastanienniederwäldern ihre Vitalität für 150–160 Jahre beibehalten, wenn das Schneiden der Stockausschläge korrekt ausgeführt wird. PIVIDORI & MOTTA-FRÉ (1996) fanden, dass die mittlere Anzahl produzierter Loden von der Stockgrösse abhängt: von 12 von einem kleinen Stock bis 120 bei einem grossen. BOURGEOIS (1992) stellte fest, dass sehr grosse und alte Kastanienstöcke ihre Ausschlagfähigkeit zu verlieren, eine höhere Mortalität bei den produzierten Loden aufweisen und sich mit der Zeit zu erschöpfen scheinen. Unser Niederwald wurde nur zwei- oder dreimal geschlagen. Damit sind die Stöcke relativ jung. Trotzdem nimmt die Anzahl der Stockausschläge pro Stock nicht linear mit der Stockgrundfläche des Vorbestandes zu, sondern folgt einer Exponentialfunktion.

Weiter beobachteten wir weder einen Zusammenhang zwischen der Mortalität der Loden und der Stockgrundfläche noch mit der Stockfläche ( $R^2 < 0,04$ ). Trotzdem ist die Frage der möglichen Reduktion der Stockvitalität im Laufe der Zeit noch offen und kann auf unseren permanenten Versuchsflächen weiterhin untersucht werden.

Das Entstehen neuer Loden nach dem Niederwaldschlag ist im Allgemeinen explosiv. PICCIOLI (1922) zählte alle Loden in Kastanienniederwäldern und fand im ersten Jahr lokale Dichten bis  $140'000$  Loden  $ha^{-1}$ . In den ersten zwei Jahren nach dem Niederwaldschlag beobachteten wir ebenfalls eine hohe Anzahl Loden, aber der grösste Teil dieser Loden starb im ersten oder zweiten Jahr. Deshalb entschieden wir uns, nur jene zu berücksichtigen, die möglicherweise waldbaulich eine Rolle spielen würden, also jene die grösser als 1 m waren. Die Anzahl Loden pro Stock nach zwei Jahren lag nahe bei 50, d.h.  $20'000$   $ha^{-1}$ , und nahm in den folgenden zwei Jahren wegen höherer Mortalität nicht zu. Vier Jahre nach dem Niederwaldschlag waren etwa die Hälfte der Loden, speziell die kleineren, tot, vermutlich als Folge der Konkurrenz. Das Höhen- und Durchmesserwachstum in Kastanienniederwäldern ist bemerkenswert: ein Durchmesserwachstum von bis zu  $19$  mm  $a^{-1}$  und ein Höhenwachstum von bis zu  $185$  cm  $a^{-1}$ . Es ist klar, dass unter diesen Bedingungen die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe sehr stark und die Mortalität demzufolge hoch ist. Allerdings kann aufgrund des Regressionsmodells vermutet werden, dass nach vier Jahren Wachstum die Konkurrenz zwischen den Stöcken das Wachstum der neuen Generation noch wenig beeinflusst.

Wie in verschiedenen Feldstudien von Kastanienniederwäldern gezeigt wurde, hat die Mortalitätskurve einen exponentiellen Trend und nimmt rasch ab. Nach 8–10 Jahren verbleiben im Allgemeinen noch  $7'000$ – $10'000$  Loden  $ha^{-1}$ , was für das waldbauliche Ziel einer Qualitätsholzproduktion ausreicht.



Abbildung 4: Versuchsfläche Bedano 9, Kastanienstock Nr. 17, mit drei toten Loden von 81, 84 und 99 mm  $d_{1.3}$ . Vor dem Niederwaldschlag konnten an der Basis einiger toter Stöcke 30–50 cm lange, und 4–5 mm dicke lebende Sprosse beobachtet werden. Die physiologische Bedeutung dieser Sprosse sollte untersucht werden.



In Bedano waren nach vier Jahren etwa 12'000 lebende Loden ha<sup>-1</sup>. In den freien Flächen zwischen den Stöcken und speziell in solchen, in denen Stöcke abgestorben sind, gab es reichlich Kastanien-Naturverjüngung aus Samen mit Dichten bis zu 12'000 ha<sup>-1</sup>. Innerhalb von 4 bis 10 Jahren werden etwa die Hälfte der Loden als Folge der Konkurrenz absterben (GIUDICI ET AL. 2000). Damit werden bei der ersten Durchforstung mit 10–14 Jahren und einer mittleren Anzahl von 10–12 Loden pro Stock, davon 50–60 % mit einer dominanten sozialen Stellung (PICCIOLI 1922), genügend Individuen vorhanden sein für zukünftige Durchforstungen, wenn man berücksichtigt, dass die waldbaulichen Modelle für Qualitätsholzproduktion (AMORINI ET AL. 1997, BOURGEOIS 1992) bei einem Alter von 30–35 Jahren zwischen 0,5 und 2 Loden pro Stock vorsehen. Die Frage der Qualität dieser Stockausschläge und ist noch zu prüfen und während der Bestandesentwicklung zu erfassen.

Nach dem Niederwaldschlag versucht ein Stock das Ungleichgewicht zwischen der ober- und unterirdischen Biomasse auszugleichen (RIES 1988). Die Stöcke, d.h. die im Bestand verbleibende Holzmasse, sind mit ihrer Reservefunktion die Schlüsselemente für die Verjüngung eines Niederwaldes. Tatsächlich nützt die Kastanie das Wurzelsystem der vorherigen Generation, um eine neue Niederwaldgeneration zu erzeugen. Aber weshalb starben einige Stöcke nach dem Schlag und weshalb ist die Ausschlagfähigkeit so unterschiedlich? Die Bedeutung der Organisation der Loden in Gruppen und deren Dynamik sowie deren waldbauliche Bedürfnisse wird in den nächsten Jahren untersucht.

CABANETTES & PAGÈS (1990) zeigten, dass die Schnitthöhe (positiv korreliert) und das Schneidewerkzeug (Axt +5 % und Kettensäge -20 %) die Anzahl neu gebildeter Loden auch beeinflussen. Wir können hier mit dem hier vorgestellten General Linear Model zeigen, dass die Ausschlagfähigkeit wahrscheinlich von einem komplexen Set von exogenen, anthropogenen und auch von endogenen Faktoren abhängt. Exogene Faktoren – das sind Variablen, die die Bestandesstruktur beschreiben, z.B. die Stockgrösse und die Distanz zu den benachbarten Stöcken und damit die Konkurrenzverhältnisse und auch die Schnittverhältnisse (Qualität und Höhe) scheinen die Ausschlagfähigkeit zu einem grossen Teil zu bestimmen.

## 5. Folgerungen

Die zunehmende Nachfrage nach Wertholz erfordert für die Kastanie eine Korrektur der waldbaulichen Methoden. Verjüngung der Kastanienwälder mittels Niederwaldschlägen scheint möglich zu sein, auch solche, die schon seit Jahrzehnten nicht mehr bewirtschaftet wurden. Die gute Ausschlagfähigkeit der Kastanienstöcke gewährleistet eine geeignete Produktion von lebensfähigen Loden. Es scheint, dass die relativ geringe Mortalität der Stöcke durch neue Kernwüchse durchhaus kompensiert werden kann. Somit sind die Rahmenbedingungen für die Weiterführung des waldbaulichen Experimentes in allen drei Versuchsflächen nach dem gewählten Design gewährleistet. Die Ergebnisse dieser Fallstudie haben praktische Bedeutung:

- Ein Stock ist sowohl eine funktionale als auch eine Produktions-Einheit eines Kastanien-Niederwaldes. Deshalb muss ein Stock nach genau definierten Regeln behandelt werden: Regelmässiger Schnitt, mit konkaver oder geneigter Form, so tief wie möglich (GIUDICI & ZINGG 2005a) und mit einem scharfen Schnitt (d.h. mit einer scharfen Kettensäge).
- Eine Selektion der Loden in den ersten 3–4 Jahren ist als Pflegemassnahme nicht sinnvoll, da Wachstumsdynamik bzw. das Umsetzen und Mortalität sehr hoch sind. Das macht es sehr schwierig, die qualitativ viel versprechenden Loden zu identifizieren, welche die hauptsächlichen Elemente der Struktur des aufwachsenden Teils sein werden.
- Für die Beurteilung der Ausschlagfähigkeit eines Kastanienniederwaldes ist es nicht notwendig, viele Loden zu messen. Länge und Durchmesser der dominanten Lode auf einem Stock sind repräsentativ für die übrigen Ausschläge auf einem Stock.

## Literaturverzeichnis

- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C. La sostenibilità della produzione legnosa di qualità dal ceduo di castagno: modello di trattamento alternativo al ceduo a turno breve, in: Convegno nazionale sul castagno. 1997. Cison di Valmarino (Treviso), 217-231.
- AYMARD M. FREDON J.J., Study of the relationship between roots and coppice shoots in *Castanea sativa*, Annales des Sciences Forestières. 43, 3 (1986) 351-363.
- BAGNARESI U., GIANNINI R., I castagneti da legno in Italia, in: Produttività e valorizzazione dei castagneti da frutto e dei cedui di castagno. 1979, Accademia Nazionale di Agricoltura: Bologna. S. 145- 178.
- BEDENEAU M., PAGÈS L., Study of the growth rings of roots of coppiced trees, Annales des Sciences Forestières. 41, 1 (1984) 59-68.
- BOURGEOIS, C., Améliorer les taillis de châtaignier, in: Le châtaignier: des taillis à ne pas négliger, IDF, Editor. 1987: Paris. S. VIII-XV.
- BOURGEOIS, C., Le châtaignier: un arbre, un bois, Paris, IDF (Institut pour le Développement Forestier). 1992, 367.
- BOURGEOIS, C., Le châtaignier: un arbre, un bois, 2e édition revue par C. Bourgeois, E. Sevrin et J. Lemaire ed, Paris, IDF (Institut pour le développement forestier). 2004, 347 pp.

- CABANETTES A., PAGÈS L., Effet des techniques de coupe sur la croissance et le nombre de rejets dans un taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), Ann. Sci. For. 47, (1990) 75-86.
- CARLIER G., Étude de la sectorisation des souches de châtaignier à l'aide d'eau tritiée, Ann. Sci. Forestières. 44, 1 (1987) 85-101.
- CHANSON B., LEBAN J.M., THIBAUT B., La roulure du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), Forêt Méditerranéenne. 11, (1989) 15-32.
- CONEDERA M., Cancro corticale del castagno: principali caratteristiche epidemiologiche e misure pratiche di controllo, Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landschaft. 335, (1993) 40.
- CONEDERA M., MANETTI M.C., GIUDICI F., AMORINI E., Chestnut as a resource in Europe, Ecologia mediterranea, (in press 2005).
- CUTINI A., New management options in chestnut coppices: an evaluation on ecological bases, Forest Ecology and Management. 141, 3 (2001) 165-174.
- DUBROCA E., SAUGIER, B., Effet de la coupe sur l'évolution saisonnière des réserves glucidiques dans un taillis de Châtaignier, Bull. Soc. bot. Fr. 135, 1 (1988) 55- 64.
- EAFV, H., ed. Schweizerisches Landesforstinventar: Ergebnisse der Erstaufnahme 1982-1986, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Vol. 305. 1988: Birmensdorf, 375.
- ELLENBERG H., KLÖTZLI F., Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz., Mitteilungen EAFV. 48, (1972) 587-930.
- FAO, ed. FAO-Unesco Soil Map of the World, Revised Legend, with corrections and updates. World Resources, FAO Report 60 (Reprinted 1997 with updates as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen). 1988: Rome, 140 pp.
- FONTI P., MACCHIONI N., Ring shake in chestnut (*Castanea sativa* Mill.): Anatomical description, extent and frequency of failures., Ann. For. Sci. 60, (2003) 403- 408.
- FONTI P., MACCHIONI N., THIBAUT B., Ring shake in chestnut (*Castanea sativa* Mill.): State of the art, Ann. For. Sci. 59, (2002) 129- 140.
- FONTI P., SELL, J., Radial split resistance in chestnut earlywood and its relation to the ring width. Wood and fiber science. 35, 2 (2003) 201-208.
- GIUDICI, F., La valorizzazione del legname di castagno nel Cantone Ticino, Forestaviva. 13, numero speciale (1995) 81-88.
- GIUDICI F., ZINGG A. (a) Sprouting ability and mortality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) after coppicing. A case study. Ann. For. Sci. (2005 accepted paper).
- GIUDICI F., ZINGG A., (b) Capacità produttiva e massa legnosa nei cedui di castagno invecchiati del Sud delle Alpi, Schweiz. Z. Forstw., (submitted 2005).
- GIUDICI F., AMORINI E., MANETTI M.C., CHATZIPHILIPPIDIS G., PIVIDORI M., SEVRIN E. AND ZINGG A., Sustainable management of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice forests by means of the production of quality timber, Ecologia mediterranea. 26, 1-2 (2000) 8-14.
- MACCHIONI N., PIVIDORI, M., Ring shake and structural characteristics of a chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stand in northern Piedmont (northwest Italy), Annals of Forest Sciences. 53, (1996) 31-50.
- PICCIOLI L., Boschi cedui, trattamento e prodotti, in Monografia del castagno. 1922, Fabbrikanti italiani di estratto di castagno: Firenze. S. 197-221.
- PIUSSI P., Selvicoltura generale, in Scienze forestali e ambientali. 1995, UTET: Torino. S. 421.
- PIVIDORI M., Costruzione di un diagramma selvicolturale per il bosco ceduo di castagno (*Castanea sativa* Mill.) della collina morenica canavesana (TO). Monti e Boschi. 3, (1995) 12-17.
- PIVIDORI M., MOTTA FRÉ V. Analisi evolutiva di un ceduo di castagno (*Castanea sativa* Miller) dopo il taglio di utilizzazione, in Convegno nazionale sul castagno. 1997. Cison di Valmarino (Treviso), 233- 244.
- RIES S., Le compartiment racines d'un taillis de châtaigniers du Sud-Ouest de la France; biomasse, structure et évolution., Université de Grenoble: Grenoble. 1988, 186.
- SEVRIN E., Améliorer les taillis de châtaignier, Forêt Entreprise. 97, (1993) 13-17.
- WSL, Inventario Forestale Nazionale Svizzero IFN. Elaborazione speciale dei dati 1983- 1985 del 25 ottobre 2001., Urs Beat Brändli. Istituto federale di ricerca WSL: Birmensdorf. 2001.