

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 83 (1982-1988)

Artikel: Zur Gefährdung des Bergahorns (*Acer pseudoplatanus*) durch den Wildverbiss im Gebirgswald
Autor: Eiberle, Kurt / Nigg, Heinz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832756>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.01.2025

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

ZUR GEFÄHRDUNG
DES BERGAHORNS
(ACER PSEUDOPLATANUS)
DURCH DEN WILDVERBISS
IM GEBIRGSWALD

VON
KURT EIBERLE
UND
HEINZ NIGG

1988

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	71
1. Einleitung	72
2. Problemstellung	72
3. Untersuchungsmethode	73
3.1. Begriffe und Definitionen	73
3.2. Auswahl des Untersuchungsmaterials	74
3.3. Ermittlung von Verbissbelastung und Zuwachsverlust	74
3.4. Beurteilungskriterium	74
4. Untersuchungsergebnisse	78
4.1. Pflanzenmerkmale und Verbissbelastung	78
4.2. Verteilung der Verbissspuren nach Grössenklassen	78
4.3. Wachstumsverlauf der Pflanzen	79
4.4. Häufigkeitsverteilung der Verbissbelastung	80
4.5. Anteile der sichtbaren Verbissspuren	81
4.6. Pflanzenalter und Verbissbelastung	82
4.7. Kritische Gesamtbelastung	84
4.8. Kritische Belastung innerhalb der Grössenklassen	85
4.9. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen	86
4.10. Zulässige Verbissintensität	88
5. Diskussion	89
Verdankung	90
Literaturverzeichnis	90

Adressen der Verfasser:

Prof. Dr. Kurt Eiberle, Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, CH-8092 Zürich

Heinz Nigg, dipl. Forsting. ETH, Schlossweg 2, CH-9470 Buchs

Zusammenfassung

An zwei natürlich angesamten Jungwüchsen im Gebiet „Schachen“, Gemeinde Buchs (St. Gallen) wurde für den Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) der waldbaulich zulässige Verbissgrad bestimmt. Die Untersuchungsflächen liegen auf 790 bis 820 m ü.M. auf einem Standort, der dem Typischen Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum typicum*) zuzuordnen ist. Der Verbiss wurde hier ausschliesslich vom Reh (*Capreolus capreolus*) ausgeübt. Das Untersuchungsmaterial umfasst insgesamt 60 Bergahorne von 1,30 m Grösse, die man in systematischer Verteilung den beiden Naturverjüngungen entnahm. An diesen Pflanzen hat man sodann die tatsächliche Verbissbelastung festgestellt durch die Ermittlung der Häufigkeit der Verbisspuren an der Sprossachse. Zu diesem Zweck wurden die Pflanzen in 5 cm lange Abschnitte zerlegt, die man hernach in radialer Richtung aufspaltete. Der Nachvollzug des Höhenwachstums erfolgte durch das abschnittsweise Auszählen der Jahrringe mit der Lupe. Auf dieser Grundlage war es möglich, für vier verschiedene Grössenklassen zwischen 0,10 und 1,30 m die zulässigen Anteile der verbissenen Pflanzen als auch die zulässigen Verbissintensitäten abzuleiten. Als Durchschnittswert für den gesamten Gefährdungszeitraum lag der zulässige Anteil jener Pflanzen, die zwei oder mehr sichtbare Verbisspuren an der Sprossachse aufweisen, bei 46,8 Prozent. Diese Belastung entspricht einer Quote von 40,0 Prozent verbissener Endtriebe pro Jahr.

Als waldbaulich vertretbar galt die Bedingung, daß der durchschnittliche Zuwachsverlust während des gesamten Gefährdungszeitraumes 25 Prozent nicht übersteigen darf. Damit kann ein grossräumig bedeutsamer Totverbiss mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

1. Einleitung

Über den Wildverbiss besteht heute eine ausserordentlich umfangreiche Literatur; doch sind die bisher ausgeführten Forschungsarbeiten praktisch ausschliesslich auf die Verbreitung, die vielseitigen Ursachen und Auswirkungen, die zweckdienlichen Verhütungsmassnahmen oder auf das Erfordernis der Wildbestandesregulierung ausgerichtet. Sie vermögen deshalb gesamthaft die ökologisch und jagdpolitisch entscheidende Frage noch nicht hinreichend zu beantworten, welche Kriterien dazu geeignet sind, eine übermässige Belastung der jungen Waldgeneration durch das Wild zuverlässig aufzuzeigen.

Konkrete Angaben zum kritischen Ausmass des Wildverbisses würden dringend benötigt zur objektiven Beurteilung der Schutzbedürftigkeit von Jungwüchsen. Sie sollten ausserdem für die Ausbildung der Forstorgane und der Jägerschaft sowie auch für Informationszwecke zur Verfügung stehen. Vor allem aber bilden die diesbezüglichen Kenntnisse eine absolut notwendige Voraussetzung, damit ein Wildschadeninventar als Grundlage für die jagdliche Planung dienen könnte.

2. Problemstellung

Damit der als „waldbaulich tragbar“ bezeichnete Verbissgrad auf eine unanfechtbare Grundlage gestellt werden kann, bedürfen ganz allgemein die folgenden Fragen einer einwandfreien Abklärung:

- Wie kann die tatsächliche Verbissbelastung präzise gemessen und in praktikable Beurteilungskriterien umgesetzt werden?
- Wie wirkt sich die Verbissbelastung auf das Wachstum und die Mortalität der jungen Waldbäume aus?
- Welche verbissbedingten Entwicklungsstörungen sind massgebend für die Bemessung des zulässigen Verbissgrades?
- Wie gross ist der Toleranzbereich des Wildverbisses für verschiedene Baumarten auf unterschiedlichen Standorten?

Zu unseren ersten, intensiven Studien in dieser Richtung gehört auch der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*). Diese Baumart ist ähnlich der Esche oder der Weissstanne dem Wildverbiss in besonderem Mass ausgesetzt, weil sie vom Wild stark bevorzugt und während des ganzen Jahres beansprucht wird. Der Verbreitungsschwerpunkt des Bergahorns befindet sich zwar in der kollinen und submontanen Stufe; er ist jedoch von Natur aus auch in montanen Bergwäldern vertreten und steigt in gewissen Waldgesellschaften sogar bis in die subalpine Stufe (H. ELLENBERG & F. KLÖTZLI, 1972). Da der Bergahorn wegen seiner Fähigkeit zur Bodenfestigung und dem guten Ausheilvermögen bei Steinschlagschäden als wertvolle Baumart von Schutzwäldern gilt und in hochstaudenreichen Buchen-Tannenwäldern als natürliche Vorwaldart gute Dienste leistet, ist seine Erhaltung auch in höher gelegenen Waldgebieten dringend erwünscht. Dazu ist aber unumgänglich, dass man die kritische Verbissbelastung unter den spezifischen Wachstumsbedingungen von Gebirgsstandorten kennt.

Weil die Erfassung und Beurteilung des Wildverbisses in methodischer Hinsicht erhebliche Anforderungen stellen, haben wir unsere Erhebungen auf relativ kleine Untersuchungseinheiten ausgerichtet. Diese wurden wenn immer möglich in Gebiete verlegt, wo der Verbiss auf eine einzige Schalenwildart zurückzuführen ist.

3. Untersuchungsmethode

3.1 Begriffe und Definitionen

Neben der Verbissbelastung und dem Alter wurden an den untersuchten Bergahornen noch die Länge der lebenden Krone sowie die Form und Krümmung der Sprossachse taxiert. Die Tabelle 1, die sämtliche überprüften Pflanzenmerkmale enthält, erteilt Aufschluss über die verwendeten Definitionen und Abkürzungen.

Tab. 1:
Definitionen der untersuchten Pflanzenmerkmale

<i>Merkmal</i>	<i>Abkürzung</i>	<i>Klasse, Definitionen</i>
Gesamtzahl der Verbisspuren	V_t	vollständig eingewachsene und äusserlich erkennbare Verbisspuren
Zahl der sichtbaren Verbisspuren	V_s	äusserlich noch erkennbare Verbisspuren
Alter der Pflanzen Jahre	$A_{1,30}$	Pflanzengrösse 1.30 m
Länge der lebenden Krone	L	1: 1/1 Schaftlänge 2: > 2/3 Schaftlänge 3: < 2/3 Schaftlänge 4: verkümmert
Form der Schaftachse	F	1: durchgehend 2: verzweigt, ein Trieb setzt sich deutlich durch 3: verzweigt, zwei Triebe \pm gleichwertig 4: mehrfach verzweigt oder verbuscht
Krümmung der Schaftachse	K	1: zweiseitig gerade 2: einseitig gerade 3: stark gekrümmt

Einige in dieser Arbeit häufig verwendete Begriffe bedürfen einer einheitlichen Auslegung. Es handelt sich dabei um die folgenden Bezeichnungen:

- *Gefährdungszeitraum*: Durchschnittsalter der Pflanzen im Zeitpunkt, in dem sie die Verbissgrenze erreichen.
- *Verbissgrenze*: Mittlere Pflanzengrösse, bei welcher die Zahl der Verbisspuren in den obersten 10 cm der Sprossachse weniger als ein Prozent der Gesamtbelastung beträgt.
- *Gesamtbelastung*: Durchschnittliche Zahl der Verbisspuren pro Pflanze, die im Verlauf des gesamten Gefährdungszeitraumes an der Schaftachse entstehen.
- *Verbissintensität*: Anteil verbissener Pflanzen pro Jahr in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl.
- *Kritische Verbissbelastung*: Häufigkeit der Verbisspuren an der Schaftachse, die mit Rücksicht auf den zulässigen Zuwachsverlust nicht überschritten werden darf.
- *Schadegrad*: Anzahl der an der Sprossachse äusserlich noch erkennbaren Verbisspuren pro Pflanze.

3.2 Auswahl des Untersuchungsmaterials

Das Untersuchungsmaterial stammt aus dem Gebiet „Schachen“, das sich in der Gemeinde Buchs (Kanton St. Gallen) im Bereich der Säntis-Churfürsten-Zwischendecke befindet. Die Aufnahmeflächen liegen auf Schrattenkalk in einer Höhenlage von 790 bis 820 m ü.M. und sind in vegetationskundlicher Hinsicht dem Typischen Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum typicum*) zuzuordnen (H. ELLENBERG & F. KLÖTZLI, 1972). Bei den ausgewählten Untersuchungsflächen handelt es sich um die beiden reich gemischten Naturverjüngungen mit den Koordinaten 752900/224850 und 752875/224700, die gemeinsam eine Fläche von rund 600 Aren umfassen. Sie bilden Teil eines vom Reh (*Capreolus capreolus*) ständig besiedelten Areals (Abb. 1).

Um die Verbissbelastung an den jungen Bergahornen zu erfassen, entnahm man den beiden Naturverjüngungen im Sommer 1984 insgesamt 59 Pflanzen von je 1,30 m Grösse. Die Entnahmeorte wurden vorerst – in regelmässigen Abständen über die Jungwuchsfelder verteilt – im Gelände eingemessen. Von diesen Punkten aus erfolgte sodann in konsequenter Weise die Entnahme der jeweils nächstgelegenen Pflanzen von der vorgegebenen Grösse. Damit konnte eine subjektive Auswahl des Pflanzenmaterials bezüglich Verbiss und Vitalität vermieden werden.

3.3 Ermittlung von Verbissbelastung und Zuwachsverlust

Als Mass für die Verbissbelastung verwendeten wir die Zahl der Verbisspuren an der Sprossachse. Sie wurde erstmals von D. MLINŠEK (1969) mit gutem Erfolg zum Zweck einer Verbisschronologie benützt und zeigte in sorgfältigen Voruntersuchungen (K. EIBERLE, 1980; K. EIBERLE & H. NIGG, 1983 a) eine straffe Korrelation zu den auftretenden Zuwachsverlusten. Um die Zahl der Verbisspuren an der Sprossachse feststellen zu können, haben wir die Pflanzen in 5 cm lange Abschnitte zerlegt und diese in radialer Richtung aufgespalten. Auf den Schnittflächen liessen sich auch die vollständig eingewachsenen Verbisspuren, die äusserlich an der Sprossachse nicht mehr erkennbar sind, zuverlässig identifizieren und auszählen (Abb. 2).

Die vom Wild verursachten Zuwachsverluste wurden von uns mit Hilfe der mittleren Grösse und des Durchschnittsalters der Pflanzen erfasst. Die Altersbestimmung erfolgte sektionsweise in Intervallen von 5 cm durch das Auszählen der Jahrringe mit der Lupe. Damit war der Nachvollzug des Höhenwachstums unter dem Einfluss der Verbissbelastung ohne besondere Schwierigkeiten möglich.

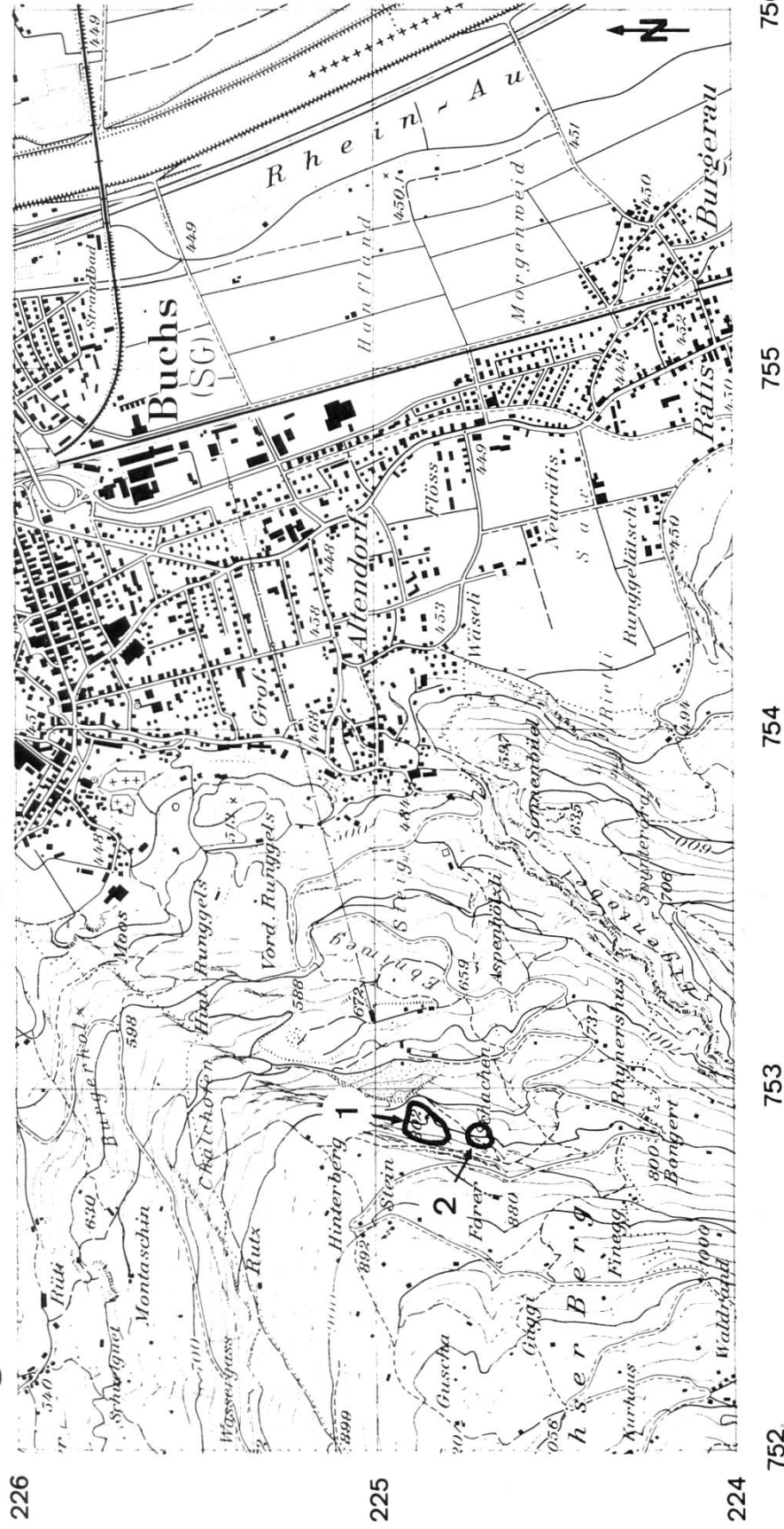
3.4 Beurteilungskriterium

Im Gebirgswald ist die Naturverjüngung häufig nur spärlich vorhanden, von ausgeprägter Ungleichaltrigkeit und vorwiegend einzeln bis rottenförmig über die gesamte Waldfläche verteilt. Im Gegensatz zu den pflanzenreichen Naturverjüngungen der Tieflagen lässt sich demzufolge die Beurteilung des Wildverbisses nicht auf der Grundlage des Konkurrenzvermögens vornehmen.

Im Gebirge bildet indessen eine weit dezentralisierte, zeitlich stark gestaffelte, natürliche Walderneuerung eine entscheidende Voraussetzung für die zukünftige Stabilität der Waldbestände. Hier kommt es folglich vor allem darauf an, dass die von der

Lage der Untersuchungsflächen

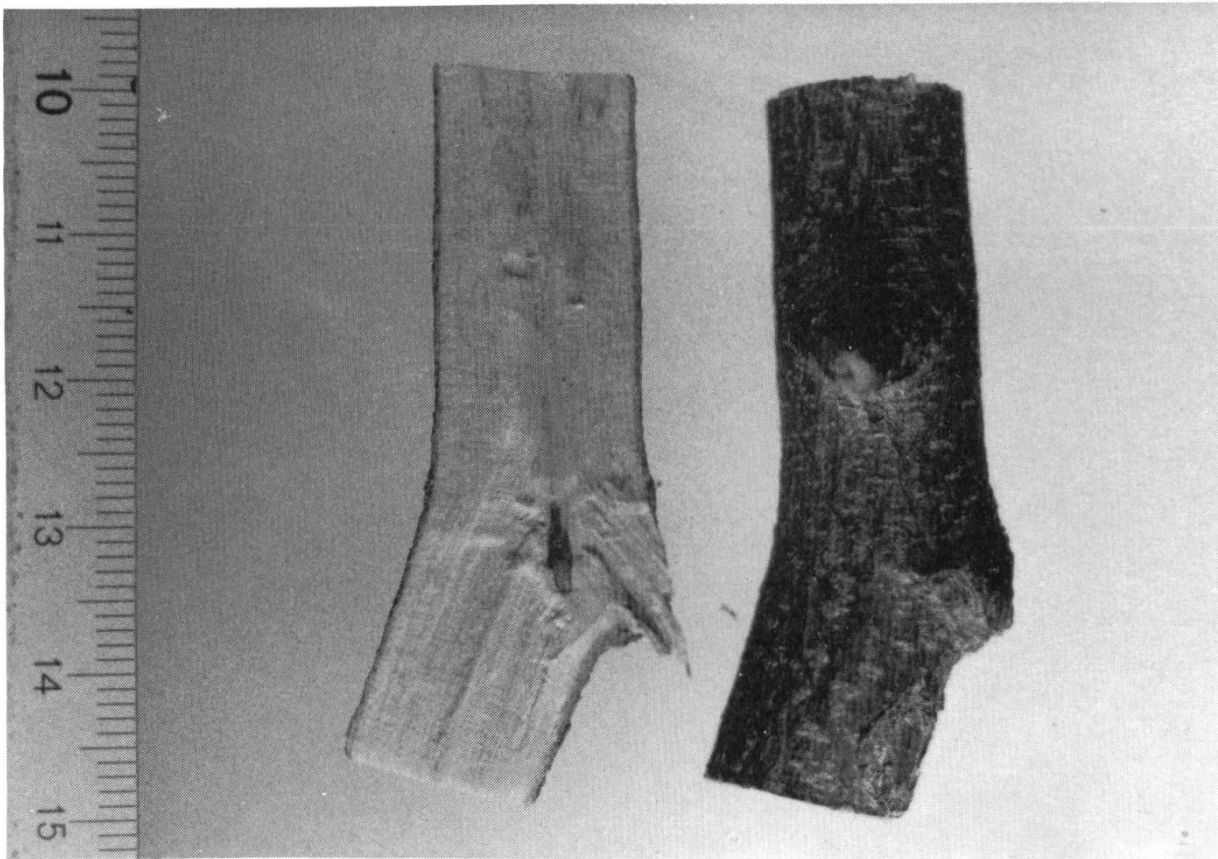
Abbildung 1



— Grenzen der untersuchten Naturverjüngungen 1 + 2
 Landeskarte der Schweiz, 1 : 25 000, Blatt 1135 «Buchs»

Reproduktion mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 3.2.1986

Abb. 2: Die vollständig eingewachsene Verbissspur ist im Radialschnitt dieses Bergahorns deutlich erkennbar. Die Häufigkeit der eingewachsenen und der sichtbaren Verbisspuren bildet ein gutes Mass für die Verbissbelastung.



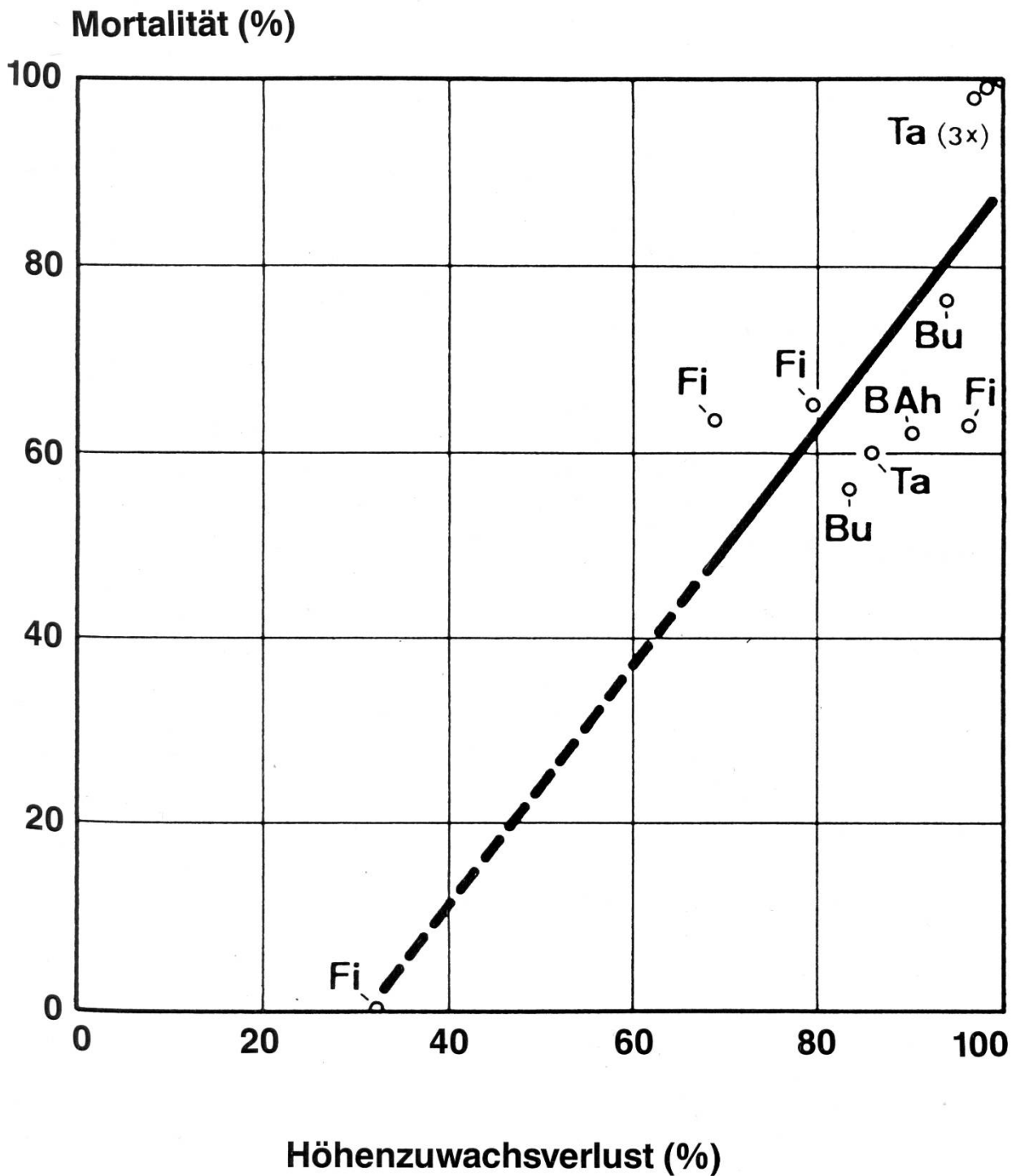
Aufnahme: H. Nigg

Naturverjüngung gebotenen Möglichkeiten der Walderneuerung nicht leichtfertig preisgegeben werden.

Nach den Untersuchungen von F. PERKO (1983) setzt bei der Weisstanne der Totverbiss in nachweisbarem Umfang ein, wenn der durchschnittliche Zuwachsverlust der vorhandenen Pflanzen 35 Prozent erreicht. Ein durchaus vergleichbares Ergebnis liefert eine gemeinsame Auswertung von Weisstanne, Fichte, Buche und Bergahorn nach den Angaben von P. BURSCHEL (1975). Diese beruhen auf einem präzisen Vergleich von gezäunten und ungeschützten Flächen und ermöglichten, die Pflanzenverluste in Abhängigkeit der Zuwachseinbussen zu berechnen. Entsprechend der Tatsache, dass in diesem Fall der Zuwachs der totverbissenen Pflanzen unberücksichtigt blieb, verminderte sich der kritische Zuwachsverlust für die einsetzende Mortalität auf 30 Prozent (Abb. 3). Weil einzelne Pflanzen mit starken Vitalitätsverlusten auch noch zu einem Zeitpunkt absterben können, in dem sie die Verbissgrenze bereits durchwachsen haben, wurde für die vorliegende Untersuchung der zulässige Zuwachsverlust auf 25 Prozent festgesetzt. Mit diesem Wert lässt sich das Risiko eines grossflächig bedeutsamen Totverbisses bei sämtlichen Baumarten mit Sicherheit ausschliessen.

Abbildung 3

Beziehungen zwischen Höhenzuwachsverlust und Mortalität



Berechnet nach Angaben von P.BURSCHEL, 1975

4. Untersuchungsergebnisse

4.1. Pflanzenmerkmale und Verbissbelastung

Erste wesentliche Resultate ergeben sich aus den Beziehungen, die zwischen den Pflanzenmerkmalen und der Verbissbelastung nachgewiesen worden sind (Tab. 2).

Tab. 2:

Beziehungen zwischen den Pflanzenmerkmalen und der Verbissbelastung

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

Regressionsgleichungen		Bestimmtheitsmass, <i>B</i>		
Nr.	$y = a + bx_1 + cx_2$	partiell		mehrfach
		x_1	x_2	x_1, x_2
1	$L = 2.72984 - 0.00330 A_{1.30} - 0.05235 V_t$	0.000	0.011	0.027
2	$A_{1.30} = 4.72760 - 0.02075 L + 0.94063 V_t$	0.000	0.560***	0.567***
3	$F = 0.90513 + 0.06584 L + 0.34943 V_t$	0.001	0.215***	0.216**
4	$F = 1.36617 - 0.06044 A_{1.30} + 0.40270 V_t$	0.006	0.140**	0.220**
5	$K = 1.42542 + 0.16030 L + 0.14361 V_t$	0.023	0.146**	0.151*
6	$K = 2.21498 - 0.07588 A_{1.30} + 0.20617 V_t$	0.032	0.136**	0.159**

Signifikanz: * $P_{0.05}$ ** $P_{0.01}$ *** $P_{0.001}$

Gemäss den ausgewiesenen partiellen Regressionen besteht zwischen der Länge der lebenden Krone und der Verbissbelastung kein wesentlicher Zusammenhang. Es ist deshalb nicht möglich, die Verbissstärke anhand von Kronenabmessungen zu taxieren, wie dies verschiedentlich schon in Wildschadenuntersuchungen geschehen ist. Für das Alter der Pflanzen bei 1,30 m Grösse spielt dagegen die Verbissbelastung eine massgebende Rolle sowie auch für die Form und Krümmung der Schaftachse, die dadurch waldbaulich erheblich entwertet werden kann.

4.2. Verteilung der Verbisspuren nach Grössenklassen

Die Verteilung der sichtbaren und eingewachsenen Verbisspuren auf die verschiedenen Grössenbereiche zeigt (Tab. 3), dass der Verbiss zwischen 0,00 und 0,70 m mit rund 83 Prozent stark angereichert und seine Akkumulation bei 1,00 m praktisch abgeschlossen ist. Diese Verteilung bildet ein kennzeichnendes Merkmal für den Verbiss durch das Reh (L. E. ZAI, 1964) und erklärt, weshalb die jungen Waldbäume besonders im Anfangsstadium ihrer Entwicklung durch Totverbiss gefährdet sind.

Tab. 3:
Verteilung der Verbisspuren auf verschiedene Grössenklassen
 Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

<i>Pflanzengrösse cm</i>		<i>Anzahl Verbisspuren innerhalb der Klassen</i>		<i>Summe der Verbisspuren bis Klassenmitte</i>	
<i>Bereich</i>	<i>Mitte</i>	<i>absolut</i>	<i>relativ</i>	<i>absolut</i>	<i>relativ</i>
0- 10	5	37	0.22424	21	0.12727
10- 40	25	69	0.41818	78	0.47273
40- 70	55	31	0.18788	128	0.77576
70-100	85	26	0.15758	158	0.95758
100-130	115	2	0.01212	165	1.00000
10-130	70	128	0.77576	137	0.83030
-	130	165	1.00000	165	1.00000

Die Aufgliederung der Verbisspuren auf die einzelnen Grössenklassen entspricht einer notwendigen Voraussetzung, damit die an 1,30 m grossen Pflanzen ermittelten Werte der kritischen Verbissbelastung auf kleinere Pflanzen umgerechnet werden können. Da der Höhenbereich zwischen 0,00 und 0,10 m für die Kontrolle des Wildverbisses schlecht geeignet ist, wurde er von uns speziell ausgeschieden.

4.3. Wachstumsverlauf der Pflanzen

Das Auszählen der Jahrringe bestätigt das rasche Jugendwachstum des Bergahorns (Tab. 4), der im Mittel lediglich 7,3 Jahre benötigte, um die Verbissgrenze von 1,30 m zu erreichen.

Tab. 4:
Wachstum der Pflanzen

<i>Pflanzengrösse cm</i>		<i>Zunahme des Alters innerhalb der Klassen</i>		<i>Durchschnittsalter bis Klassenmitte</i>	
<i>Bereich</i>	<i>Mitte</i>	<i>absolut, Jahre</i>	<i>relativ</i>	<i>absolut, Jahre</i>	<i>relativ</i>
0- 10	5	1.89830	0.25986	1.01695	0.13921
10- 40	25	2.96610	0.40603	3.74576	0.51276
40- 70	55	1.11864	0.15313	5.54237	0.75870
70-100	85	0.83051	0.11369	6.52542	0.89327
100-130	115	0.49153	0.06729	6.94915	0.95128
10-130	70	5.40678	0.74014	5.98305	0.81903
-	130	7.30508	1.00000	7.30508	1.00000

Bei den untersuchten Bergahornen ist die Geschwindigkeit des Jugendwachstums durchaus vergleichbar mit dem der Waldföhre auf guten Standorten (K. EIBERLE & CH. DÜRR; 1984), aber ungleich grösser als die der Fichte oder gar der Weisstanne (K. EIBERLE & H. NIGG; 1983 b; K. EIBERLE & H. NIGG, 1984). Der Bergahorn erträgt aus diesem Grunde eine relativ hohe Verbissintensität, weil bei ihm die Möglichkeit nicht besteht, dass sich der Wildverbiss über sehr lange Zeiträume hinweg an den Pflanzen anreichert.

Die Kenntnisse über die Altersstruktur des Pflanzenmaterials bilden einen unentbehrlichen Bestandteil für die Berechnung der kritischen Verbissintensität. Diese kann für die verschiedenen Grössenklassen nur auf der Grundlage der Tabelle 4 korrekt ermittelt werden.

4.4. Häufigkeitsverteilung der Verbissbelastung

Der Verbiss belastet die einzelnen Pflanzen nicht gleichmässig, sondern folgt einer bestimmten Häufigkeitsverteilung. Um die Art dieser Häufigkeitsverteilung feststellen zu können, wurden die beobachteten Häufigkeiten drei theoretischen Verteilungen gegenübergestellt (Tab. 5).

Tab. 5:

Vergleich der beobachteten mit den theoretischen Häufigkeiten

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

Anzahl Verbissspuren pro Pflanze	Häufigkeit beobachtet	Häufigkeit berechnet mit		
		Binomischer Verteilung	Poisson Verteilung	neg. Binomial- Verteilung
0	8.47	3.51	6.10	9.02
1	23.74	14.25	17.06	18.80
2	15.26	25.69	23.86	21.99
3	18.64	27.02	22.24	19.01
4	16.95	18.27	15.55	13.54
5	6.78	8.25	8.70	8.40
6	6.78	2.47	4.05	4.70
7-15	3.38	0.54	2.44	4.54
S	100.00	100.00	100.00	100.00
χ^2		42.97	9.97	5.79
P	(FG)	< 0.001 (6)	> 0.10 (6)	> 0.30 (5)
Parameter		$\bar{x} = 2.79661$ $p = 0.31073$ $q = 0.68927$	$\bar{x} = 2.79661$	$\bar{x} = 2.79661$ $p = -0.34122$ $q = 1.34122$ $k = 8.19583$

Es zeigte sich bei diesem Vergleich, dass die Poisson-Verteilung die beobachteten Häufigkeiten besser wiederzugeben vermag als die Binomische Verteilung. Als besonders geeignet für diesen Zweck erwies sich aber die negative Binomialverteilung, weil im vorliegenden Fall die Varianz der Verbisspuren grösser war als ihr Mittelwert. Nicht alle Untersuchungseinheiten weisen dieselbe Häufigkeitsverteilung der Verbissbelastung auf. Für die Ableitung der kritischen Gesamtbelastung ist die Art der Häufigkeitsverteilung aber von wesentlicher Bedeutung und muss demzufolge in jedem Einzelfall sorgfältig geprüft werden.

4.5. Anteile der sichtbaren Verbisspuren

Das Verhältnis des sichtbaren Verbisses zur Gesamtzahl der vorhandenen Verbisspuren ist ein unentbehrliches Element für die Berechnung der zulässigen Anteile verbissener Pflanzen (Tab. 6).

Tab. 6:

Anteile der sichtbaren Verbisspuren

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

Pflanzengrösse cm		Alter	$V_s : V_t$	Regressionsgleichungen Pflanzengrösse 1.30 m
Bereich	Mitte	Jahre	-	$y = a + bx$
0 - 10	5	1.01695	0.95022	$V_t = -1.60238 + 0.60218 A_{1,30}$ $B = 0.567^{***} \bar{V}_t = 2.79659$
10 - 40	25	3.74576	0.81665	
40 - 70	55	5.54237	0.72870	
70 - 100	85	6.52542	0.68058	
100 - 130	115	6.94915	0.65984	$V_s = 0.05395 + 0.23855 A_{1,30}$ $B = 0.168^{**} \bar{V}_s = 1.79658$
10 - 130	70	5.98305	0.70713	
-	130	7.30508	0.64242	

Signifikanz: * $P_{0.05}$ ** $P_{0.01}$ *** $P_{0.001}$

Wie sich dies aus unseren Erhebungen ergibt, steht der Anteil des sichtbaren Verbisses in enger Beziehung zur Überwallungsdauer, d. h. zum Durchschnittsalter der Pflanzen. Das Verhältnis $V_s : V_t$ wurde jedoch von uns nur an 1,30 m grossen Pflanzen bestimmt, so dass für die untergeordneten Grössenklassen eine Anpassung erfolgen musste. Diese Anpassung nahmen wir vor mit Hilfe der Annahme, dass der Quotient $V_s : V_t$ sich mit abnehmendem Alter linear dem Grenzwert 1,00 nähert.

Als Folge des raschen Jugendwachstums ist beim Bergahorn die Überwallungsdauer bemerkenswert kurz. Daraus ergibt sich für den Anteil des sichtbaren Verbisses an der Gesamtbelastung bei den 1,30 m grossen Pflanzen der aussergewöhnlich hohe Wert von durchschnittlich 64,2 Prozent.

4.6. Pflanzenalter und Verbissbelastung

Für die Berechnung der Zuwachsverluste benötigen wir eine Ausgleichsfunktion, welche das Durchschnittsalter der Pflanzen in Abhängigkeit der Verbissbelastung wiedergibt (Tab. 7).

Tab. 7:

Alter der Pflanzen in Abhängigkeit der Verbissbelastung

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

<i>Regressionsgleichungen</i>		<i>B</i>
<i>Nr.</i>	$y = a + bx_1 + cx_2$	
1	$A_{1,30} = 5.83542 - 0.07874 V_t + 0.14598 V_t^2$	0.661 ***
2	$A_{1,30} = 4.72760 - 0.02075 L + 0.94063 V_t$	0.567 ***
3	$A_{1,30} = 5.72955 + 0.13610 V_t^2$	0.660 ***
4	$A_{1,30} = 4.67128 + 0.94178 V_t$	0.567 ***

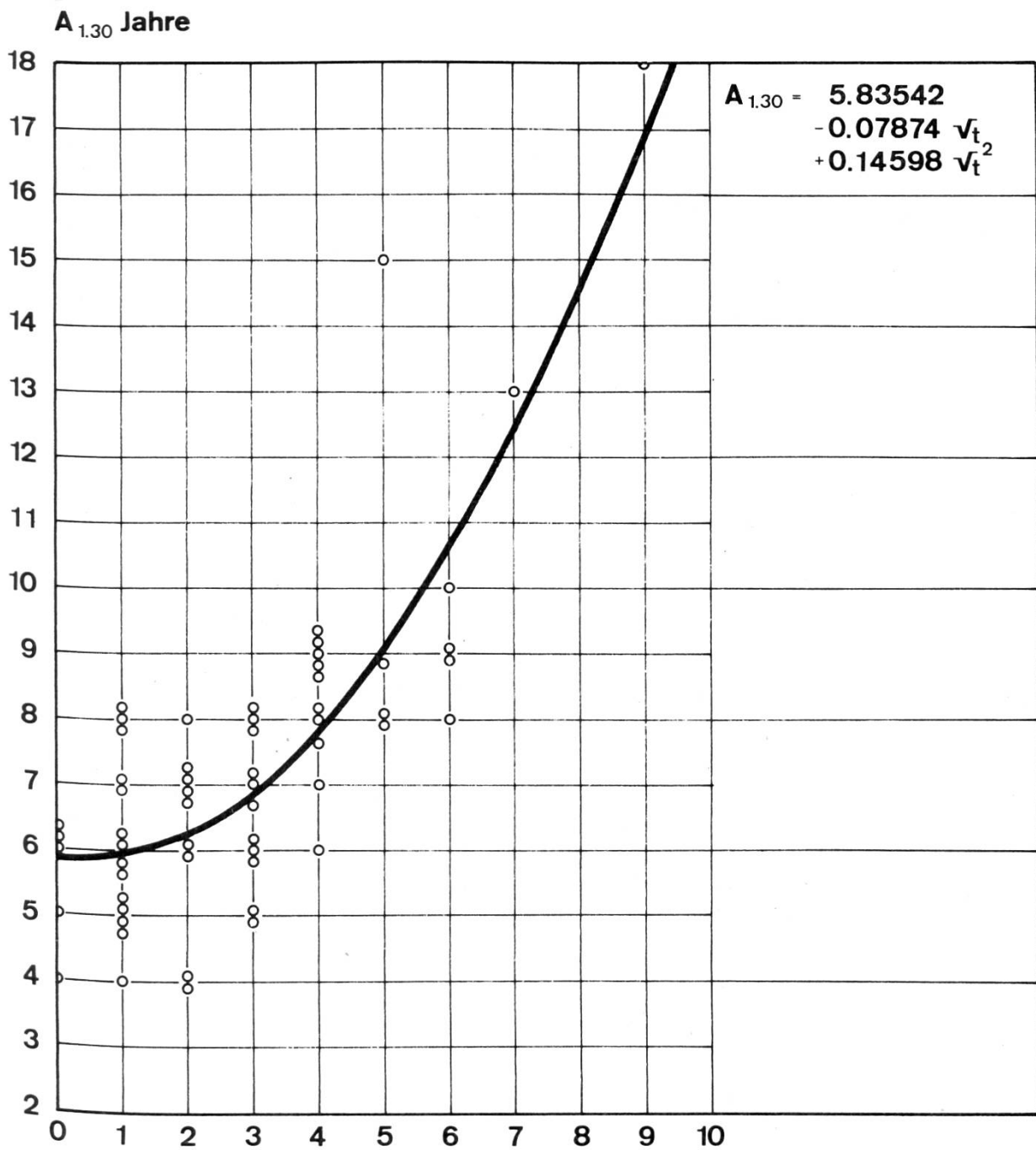
Signifikanz: * P_{0.05} ** P_{0.01} *** P_{0.001}

Zu diesem Zweck wurden von uns verschiedene Varianten überprüft, die gesamthaft zeigen, dass trotz des bescheidenen Stichprobenumfanges zwischen dem Alter der Pflanzen und der Verbissbelastung ein hoch gesicherter Zusammenhang besteht. Das höchste Bestimmtheitsmass lieferte die Regressionsgleichung 1 mit den unabhängigen Variablen V_t und V_t^2 , und diese Ausgleichskurve verwendeten wir in der Folge für die Ableitung der kritischen Gesamtbelastung (Abb. 4).

Abbildung 4

Pflanzenalter und Verbissbelastung

Untersuchungseinheit «SCHACHEN, BUCHS» SG,
BERGAHORN



Anzahl Verbiss-Spuren pro Pflanze

4.7. Kritische Gesamtbelastung

Bevor eine Aussage über den zulässigen Verbissgrad in den verschiedenen Grössenklassen möglich ist, muss die kritische Gesamtbelastung definiert werden für den Zeitpunkt, in dem die Pflanzen die Verbissgrenze durchwachsen (Tab. 8.).

Tab. 8:
Häufigkeitsverteilung der kritischen Gesamtbelastung
 Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

Anzahl Ver- bisspuren pro Pflanze	Anteile der Pflanzen, %		$A_{1.30}$ Jahre	Summe der Alter	
	beobachtet	kritisch		beobachtet	kritisch
0	9.01637	9.08165	5.83542	52.61431	52.99524
1	18.80006	18.88729	5.90078	110.93502	111.44974
2	21.99150	22.03651	6.26186	137.70769	137.98954
3	19.01474	19.00450	6.91302	131.44928	131.37849
4	13.54008	13.49786	7.85614	106.37276	106.04108
5	8.40228	8.35447	9.09122	76.38698	75.95232
6	4.70129	4.66247	10.61826	49.91952	49.50732
7	2.42557	2.39934	12.43726	30.16744	29.84122
8	1.17215	1.15648	14.54822	17.05270	16.82473
9	0.53663	0.52809	16.95114	9.09649	8.95173
10	0.23476	0.23043	19.64602	4.61210	4.52703
11	0.09880	0.09672	22.63286	2.23613	2.18905
12	0.04020	0.03926	25.91165	1.04165	1.01729
13	0.01589	0.01548	29.48242	0.46848	0.45639
14	0.00612	0.00595	33.34514	0.20407	0.19840
15	0.00230	0.00223	37.49982	0.08625	0.08362
S	99.99874	99.99873	-	730.35087	729.40319
Para- meter \bar{x}	2.79661	2.78689	Zunahme in		
p	-0.34122	-0.34004	Prozenten	25.16	25.00
q	1.34122	1.34004	von		
k	8.19583	8.19583	583.542		

Mit Hilfe von näherungsweise Berechnungen und Interpolation gelingt es leicht, jene negative Binomialverteilung aufzufinden, die dem zulässigen Zuwachsverlust von 25 Prozent entspricht. Im Untersuchungsgebiet war in den vergangenen sieben Jahren die Verbissbelastung des Bergahorns mit durchschnittlich 2,80 Verbisspuren pro Pflanze nur unwesentlich höher als der Wert von 2,79, der im Hinblick auf den einsetzenden Totverbiss als kritisch bezeichnet werden muss.

4.8. Kritische Belastung innerhalb der Grössenklassen

Das Umsetzen der kritischen Gesamtbelastung auf die untergeordneten Grössenklassen erfolgte über eine Reduktion der mittleren Anzahl Verbissspuren pro Pflanze (Tab. 9).

Tab. 9:

Kritische Anzahl Verbissspuren pro Pflanze

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

<i>Pflanzengrösse cm</i>		<i>Sämtliche Verbissspuren</i>		<i>Sichtbare Verbissspuren</i>	
<i>Bereich</i>	<i>Mitte</i>	<i>Anteile bis Klassenmitte</i>	<i>Anzahl pro Pflanze</i>	<i>Anteil sicht- barer Verbiss</i>	<i>Anzahl pro Pflanze</i>
0 – 10	5	0.12727	0.35469	0.95022	0.33703
10 – 40	25	0.47273	1.31745	0.81665	1.07590
40 – 70	55	0.77576	2.16196	0.72870	1.57542
70 – 100	85	0.95758	2.66867	0.68058	1.81624
100 – 130	115	1.00000	2.78689	0.65984	1.83890
10 – 130	70	0.83030	2.31395	0.70713	1.63626
–	130	1.00000	2.78689	0.64242	1.79035

Die Anpassung des kritischen Parameters $\bar{x} = 2,78689$ wurde zunächst für die Gesamtheit aller Verbissspuren vorgenommen, indem wir die Gesamtbelastung proportional dem Anteil verminderten, den die Verbissspuren bis zur Klassenmitte einnehmen. Diese Werte mussten sodann um eine weitere Stufe reduziert werden mit einem Faktor, welcher dem Anteil des sichtbaren Verbisses entspricht.

4.9. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen

Der zulässige Prozentsatz der verbissenen Pflanzen resultiert aus den Häufigkeitsverteilungen, die mit den reduzierten Parametern \bar{x} für den sichtbaren Verbiss (Tab. 9) berechnet worden sind. Als Grundlage für die Ermittlung der zulässigen Anteile der verbissenen Pflanzen diene wiederum die negative Binomialverteilung (Tab. 10).

Tab. 10:

Zulässige Anteile verbissener Pflanzen

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

Pflanzengrösse cm		Zulässige Anteile der Pflanzen in Prozenten					
Bereich	Mitte	Anzahl sichtbare Verbisspuren pro Pflanze					
		> 0	> 1	> 2	> 3	> 4	> 5
0- 10	5	28.13	4.86	0.64	0.07	0.01	0.00
10- 40	25	63.61	29.00	10.54	3.26	0.89	0.22
40- 70	55	76.33	45.05	21.87	9.16	3.43	1.17
70-100	85	80.16	51.79	27.75	12.92	5.40	2.07
100-130	115	80.97	52.38	28.30	13.30	5.61	2.17
10-130	70	77.51	46.82	23.34	10.06	3.88	1.37
-	130	80.20	51.10	27.11	12.50	5.16	1.95

Die zulässigen Verbissprozente gestatten es, im Rückblick festzustellen, ob bei den jungen Waldbäumen bis zum Erreichen einer bestimmten Grössenklasse die kritische Verbissbelastung überschritten worden ist. Im Feld kann diese Beurteilung nur anhand des sichtbaren Verbisses erfolgen, die zudem auf einen eindeutig umschriebenen Schadegrad abzustellen ist (Abb. 5).

Als waldbaulich vertretbar ergibt sich für die untersuchten Bergahorne ein zulässiges Verbissprozent von 46,8. Diese Grösse gilt als Durchschnittswert für die Grössenklasse 0,10 bis 1,30 m und bezieht sich ausdrücklich auf jene Pflanzen, die zwei oder mehr sichtbare Verbisspuren an der Schaftachse aufweisen.



Aufnahme: K. Eiberle

Abb. 5: Dieser Bergahorn weist zahlreiche Verbisspuren an der Sprossachse auf. Das Verhältnis des sichtbaren Verbisses zur Gesamtzahl der vorhandenen Verbisspuren ist ein wesentliches Element für die Ableitung der tragbaren Verbissbelastung.

4.10. Zulässige Verbissintensität

Um feststellen zu können, inwieweit die gegenwärtige Verbissaktivität den waldbaulichen Anforderungen entspricht, benötigt man die Angaben über die zulässige Verbissintensität (Tab. 11).

Tab. 11:

Zulässige Verbissintensität

Untersuchungseinheit «Schachen, Buchs» (SG), Bergahorn

<i>Pflanzengrösse cm</i>		<i>Anzahl Verbissspuren innerhalb der Klassen</i>		<i>Zunahme des Alters innerhalb der Klassen</i>		<i>Anteil verbissener Pflanzen pro Jahr, %</i>
<i>Bereich</i>	<i>Mitte</i>	<i>relativ</i>	<i>pro 100 Stk</i>	<i>relativ</i>	<i>Jahre</i>	
0 – 10	5	0.22424	62.49322	0.25986	1.89543	32.97
10 – 40	25	0.41818	116.54217	0.40603	2.96160	39.35
40 – 70	55	0.18788	52.36009	0.15313	1.11693	46.88
70 – 100	85	0.15758	43.91581	0.11369	0.82926	52.96
100 – 130	115	0.01212	3.37771	0.06729	0.49081	6.88
10 – 130	70	0.77576	216.19578	0.74014	5.39860	40.05
–	130	1.00000	278.68900	1.00000	7.29403	38.21

Die Berechnung der zulässigen Verbissintensität basiert auf der Zahl der Verbissspuren, die maximal innerhalb der Grössenklassen anfallen dürfen sowie auf dem Zeitraum, den die Pflanzen benötigen, um die betreffenden Höhenbereiche zu durchwachsen. Die zulässige Verbissintensität wird ausgedrückt durch den Prozentsatz verbissener Pflanzen pro Jahr und lässt sich dementsprechend am Verbiss der Gipfelknospen kontrollieren. Für den Grössenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m ergab sich für unsere Bergahorne ein Durchschnittswert von 40,0 Prozent pro Jahr. Dieser Wert darf im Mittel des Gefährdungszeitraumes nicht überschritten werden, ansonst die Gesamtbelastung die kritische Grösse übersteigt.

5. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung erlauben die folgenden Feststellungen:

- Eine objektive Beurteilung des Wildverbisses verlangt, dass man die gutachtlich festgelegten Angaben über den zulässigen Verbiss durch solche ersetzt, die aus präzisen Erhebungen abgeleitet wurden. Für diesen Zweck bildet das Auszählen der Verbisspuren an der Schaftachse in Verbindung mit Wachstumsanalysen einen gangbaren Weg.
- Während die Auswirkungen des Wildverbisses auf der Gesamtheit der eingewachsenen und der sichtbaren Verbisspuren beruhen, lässt sich im Feld einzig der sichtbare Verbiss taxieren. Die Grenzwerte, die für den sichtbaren Verbiss Gültigkeit haben sollen, müssen deshalb folgerichtig aus der tatsächlichen Verbissbelastung abgeleitet werden.
- Im Interesse einer bestmöglichen Verwendung der Naturverjüngung sollte man im Gebirgswald den waldbaulich tolerierbaren Verbissgrad derart ansetzen, dass ein grossräumig bedeutsamer Totverbiss ausgeschlossen werden kann. Dieser Bedingung entspricht ein durchschnittlicher Zuwachsverlust von 25 Prozent – gemessen vom Zeitpunkt der Ansamung bis zum Durchwachsen der Verbissgrenze.
- Für die Berechnung der Zuwachsverluste benötigt man eine Ausgleichsfunktion, die das Pflanzenalter in Abhängigkeit der Verbissbelastung wiedergibt. Bei einem Umfang von rund 60 Pflanzen pro Untersuchungseinheit kann es geschehen, dass einzelne Belastungsstufen untervertreten sind. Dadurch wird die Präzision der Ausgleichskurve in unerwünschter Weise beeinträchtigt.
- Die als zulässig ermittelten Anteile der verbissenen Pflanzen verfügen nur dann über die wünschenswerte Aussagekraft, wenn sie sich auf Pflanzen mit einem präzis umschriebenen Schadengrad beziehen. Diesem grundlegenden Erfordernis müsste bereits in der Aufnahmeinstruktion für Wildschadeninventare Rechnung getragen werden.
- Die vorliegenden Resultate gelten vorläufig nur für das Reh, weil trotz einer vergleichbaren Häufigkeit der Verbisspuren an der Schaftachse sich die Stärke des Seitentriebverbisses bei den verschiedenen Wildarten wesentlich unterscheiden kann.

Der Wildverbiss bildet heute vielenorts ein ernsthaftes waldbauliches Problem und wird als Folge des Waldsterbens zunehmend an Bedeutung gewinnen. Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um den Versuch, die Beurteilungskriterien für den Wildverbiss auf eine objektive Grundlage zu stellen und den spezifischen Wachstumsbedingungen in hoch gelegenen Waldgebieten anzupassen. Sie ist primär auf die Abklärung eines Lösungsweges ausgerichtet und liefert nur erste Anhaltspunkte für den waldbaulich zulässigen Verbissgrad beim Bergahorn. Diese Analysen bedürfen der Ergänzung durch weitere Wiederholungen unter Einbezug unterschiedlicher Wachstumsbedingungen und unter Berücksichtigung sämtlicher Wildarten, die am Verbiss des Bergahorns beteiligt sein können.

Verdankung

Die vorgelegte Arbeit bildet Bestandteil eines umfangreichen Forschungsprojektes, das der Abklärung der waldbaulich vertretbaren Verbissbelastung im Gebirgswald gewidmet ist. Diese Untersuchungen wurden ermöglicht durch die Unterstützung des *Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung*, wofür wir dem Kuratorium auch an dieser Stelle den besten Dank aussprechen möchten.

Literaturverzeichnis

- BURSCHEL, P. (1975): Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaues; – *Forschungsber., Forstl. Forschungsanst. München*, 22: 2–9.
- EIBERLE, K. (1980): Methodische Möglichkeiten zum Verständnis der waldbaulich tragbaren Verbissbelastung; – *Schweiz. Z. Forstwes.*, 131, 4: 311–326.
- EIBERLE, K. & NIGG, H. (1983 a): Über die Folgen des Wildverbisses an Fichte und Weisstanne in montaner Lage; – *Schweiz. Z. Forstwes.*, 134, 5: 361–372.
- EIBERLE, K. & NIGG, H. (1983 b): Daten zur tragbaren Verbissbelastung bei der Fichte; – *Der Schweizer Förster*, 119, 7/8: 368–382.
- EIBERLE, K. & DÜRR, Ch. (1984): Zur Beurteilung der kritischen Verbissbelastung bei der Waldföhre (*Pinus silvestris*); – *Beih. Z. Schweiz. Forstverein*, 72: 42–60.
- EIBERLE, K. & NIGG, H. (1984): Zur Ermittlung und Beurteilung der Verbissbelastung; – *Forstw. Cbl.*, 103, 2: 97–110.
- ELLENBERG, H. & KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz; – *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt.*, 48, 4: 589–930.
- MLINŠEK, D. (1969): Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen-Buchenwald; – *Forstw. Cbl.*, 88, 4: 193–199.
- PERKO, F. (1983): Bestimmung des höchstzulässigen Verbissgrades am Jungwuchs; – *Schweiz. Z. Forstwes.*, 134, 3: 179–189.
- ZAI, L. E. (1964): Untersuchungen über Methoden zur Beurteilung von Rehwildverbiss in Waldbeständen; – *Viertelj. Naturforsch. Ges. Zürich*, 109, 3: 197–265.