

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 138 (1987)

Heft: 9

Artikel: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald

Autor: Eiberle, Kurt / Nigg, Heinz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766065>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2026

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

138. Jahrgang

September 1987

Nummer 9

Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald¹

Von *Kurt Eiberle* und *Heinz Nigg*

Oxf.: 156.5:451.2

(Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, CH-8092 Zürich)

1. Einleitung

Aus den Gebirgswäldern des Alpenraumes gibt es heute aufschlussreiche Untersuchungen, welche zeigen, wie sich ein intensiver Wildverbiss auf die Entwicklung des Jungwuchses auszuwirken vermag (*H. Mayer*, 1973; *P. Burschel*, 1975; *P. Burschel, H. Löw* und *Ch. Mettin*, 1977; *Ch. Mettin*, 1977; *G. Schreyer* und *V. Rausch*, 1978). Dabei handelt es sich nicht nur um eine starke Verzögerung des Jugendwachstums, sondern vor allem auch um die erheblichen Pflanzenverluste durch Totverbiss und um die schwerwiegende Entmischung der Naturverjüngungen unter dem Einfluss der selektiven Nahrungswahl. All diese Erkenntnisse reichen völlig aus, um die ökologischen und waldbaulichen Folgen des Wildverbisses im Gebirgswald in ihrer ganzen Tragweite zu ermessen. Die jagdpolitisch entscheidende Frage nach den Grenzen der waldbaulich tolerierbaren Verbissbelastung lässt sich indessen mit den bisher erzielten Forschungsergebnissen nicht hinreichend beantworten. Dazu bedarf es präziser Kenntnisse über jene Kriterien, die geeignet sind, eine übermässige Belastung der jungen Waldgeneration zuverlässig aufzuzeigen.

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um den erstmaligen Versuch, mit Hilfe eines neuartigen Verfahrens (*K. Eiberle*, 1980) die Grenzen des waldbaulich tragbaren Wildverbisses auf objektive Weise zu definieren. Die Arbeiten wurden in drei Forstkreisen des Kantons St. Gallen (Werdenberg, Sargans, See und Gaster), in zwei Forstkreisen des Kantons Graubünden (Fünf-Dörfer, Seewis) und im Fürstentum Liechtenstein ausgeführt, wozu uns die Herren Landesforstmeister Dr. F. Näscher, Kantonsforstinspektor A. Florin und die Kreisoberförster J. Trümpler, A. Hartmann, U. Eugster und S. Lardi in verdankenswerter Weise geeignete Objekte für die Pflanzenentnahme zur Verfügung stellten.

¹ Gedruckt mit Unterstützung des Fachbereichs Waldbau der ETH Zürich.

Die überaus arbeitsintensive Studie, die sich über die Jahre 1983 bis 1987 erstreckte, wäre ohne die finanzielle Hilfe durch den «Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung» nicht möglich gewesen. Wir möchten deshalb an dieser Stelle dem Kuratorium für die langwährende Unterstützung den besten Dank aussprechen. Unser Dank gilt aber auch Herrn J.-F. Matter vom Fachbereich Waldbau der ETH Zürich für seine wertvollen Ratschläge während der Rechenarbeiten.

Unsere Ausführungen erteilen zunächst Aufschluss über die Problemstellung, die Untersuchungsmethode und die Auswahl des Untersuchungsmaterials. Hernach wird an einem Beispiel das Verfahren aufgezeigt, das wir am Einzelobjekt zur Ermittlung des kritischen Verbissgrades angewendet haben. Schliesslich folgt — getrennt für die untersuchten Baumarten — die Ableitung der Richtwerte, die im Hinblick auf die praktische Anwendung die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungseinheiten zusammenfassen.

2. Problemstellung

Konkrete Angaben zum kritischen Ausmass des Wildverbisses werden dringend benötigt für eine zutreffende Beurteilung der Gefährdung bestimmter Jungwüchse. Sie sollten ausserdem für die Ausbildung der Forstorgane und der Jägerschaft sowie für die Information von Behörden und Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Vor allem aber bilden die diesbezüglichen Kenntnisse eine absolut notwendige Voraussetzung, um die bereits vor vielen Jahren empfohlenen Wildschadeninventare (*C. Gadola und H.R. Stierlin, 1978*) glaubwürdig zu interpretieren und als Grundlage für die jagdliche Planung zu verwenden.

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 präzis gemessen 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?
- Auf welche Weise lassen sich die kritischen Grenzwerte der Verbissbelastung in praktikable Beurteilungskriterien umsetzen?

Im Gebirgswald sind die jungen Waldbäume ungleich stärker als in den Tieflagen dem Wildverbiss ausgesetzt, weil sie dort einem wesentlich langsameren Jugendwachstum unterliegen und sich vielenorts auch nur spärlich verjüngen.

Die Gefahr, dass sich der Wildverbiss im Verlaufe des Gefährdungszeitraumes an den Pflanzen akkumuliert, ist somit besonders ausgeprägt, und dementsprechend verdient die Ableitung des kritischen Verbissgrades für den Gebirgswald ein vordringliches Interesse.

Die Erfassung und die Beurteilung des Wildverbisses stellen in methodischer Hinsicht erhebliche Anforderungen. Mit Rücksicht auf den grossen Arbeitsaufwand konzentriert sich deshalb diese Studie grösstenteils auf wenige Baumarten, die am Bestandesaufbau der Gebirgswälder massgeblich beteiligt sind. Weil die kleinflächige und ungleichaltrige Walderneuerung zu den wichtigsten Voraussetzungen für die zukünftige Stabilität der Gebirgswälder gehört, haben wir uns ausserdem auf Naturverjüngungen beschränkt. Unsere Ergebnisse lassen sich demzufolge nur mit grossem Vorbehalt auf Kulturen übertragen. Damit unterschiedliche Standorte und allenfalls auch verschiedene Wildarten berücksichtigt werden konnten, war es zweckdienlich, die Erhebungen auf relativ kleine Untersuchungseinheiten aufzuteilen.

3. Untersuchungsmethode

3.1 Begriffe und Definitionen

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

Einige in dieser Arbeit häufig verwendete Begriffe wurden von uns unverändert aus früheren Arbeiten (K. Eiberle und H. Nigg, 1983a; 1983b; 1984) übernommen. Wir wiederholen hier die entsprechenden Definitionen, weil sie für das Verständnis der weiteren Ausführungen unentbehrlich sind:

- *Gefährdungszeitraum*: Durchschnittsalter der Pflanzen im Zeitpunkt, in dem sie die Verbissgrenze erreichen.
- *Verbissgrenze*: Mittlere Pflanzengrösse, bei welcher die Zahl der Verbisssspuren in den obersten 10 cm der Sprossachse weniger als ein Prozent der Gesamtbelastung beträgt.
- *Gesamtbelastung*: Durchschnittliche Zahl der Verbisssspuren pro Pflanze, die im Verlauf des gesamten Gefährdungszeitraumes an der Sprossachse entstehen.
- *Verbissintensität*: Anteil verbissener Endtriebe pro Jahr in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl.

- *Kritische Verbissbelastung*: Häufigkeit der Verbisssspuren an der Sprossachse, die mit Rücksicht auf den zulässigen Zuwachsverlust nicht überschritten werden darf.
- *Schadengrad*: Anzahl der an der Sprossachse äusserlich noch erkennbaren Verbisssspuren pro Pflanze.

Tabelle 1. Definitionen der untersuchten Pflanzenmerkmale.

| Merkmal | Abkürzung | Klasse, Definitionen |
|------------------------------------|------------|---|
| Gesamtzahl der Verbisssspuren | V_t | vollständig eingewachsene und äusserlich erkennbare Verbisssspuren |
| Zahl der sichtbaren Verbisssspuren | V_s | äusserlich noch erkennbare Verbisssspuren |
| 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: verzwieselt; ein Trieb setzt sich deutlich durch 3: verzwieselt; zwei Triebe ± gleichwertig 4: mehrfach verzwieselt oder verbuscht |
| Krümmung der Schaftachse | K | 1: zweischnürig gerade 2: einschnürig gerade 3: stark gekrümmmt |

3.2 Auswahl des Untersuchungsmaterials

Die Zahl geeigneter Untersuchungsobjekte ist sehr beschränkt, da die Pflanzenentnahme ohne wesentliche Beeinträchtigung der Jungwüchse erfolgen sollte. Dies erfordert ausreichend grosse Flächen mit einer relativ hohen Pflanzendichte. Die *Tabelle 2* gibt in chronologischer Reihenfolge eine Übersicht über die von uns bearbeiteten Untersuchungseinheiten, wobei es in fünf Fällen möglich war, die gleiche Fläche für zwei verschiedene Baumarten zu verwenden. Bei den Untersuchungseinheiten 9 und 10 handelt es sich ausnahmsweise um die Jungwuchsfläche eines ganzen Betriebsteiles.

Insgesamt haben wir 1363 junge Waldbäume analysiert, aufgeteilt auf 23 Untersuchungseinheiten. Berücksichtigt wurden die Fichte mit sieben Untersuchungsobjekten, die Weisstanne mit vier, die Lärche mit drei, die Waldföhre mit zwei, der Bergahorn mit drei und die Esche mit vier Untersuchungseinheiten. Auf die Buche mussten wir leider verzichten, weil es bei ihr nicht gelang,

Tabelle 2. Übersicht über Umfang und Lage der Untersuchungseinheiten (chronologisch).

| Nr. | Baumart | Anzahl Pflanzen | Fläche, Aren | Koordinaten | Forstkreis | Gemeinde |
|-----|------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|----------|
| 1 | Esche | 60 | 600 | 752 900/224 850 | II, Werdenberg | SG |
| 2 | Bergahorn | 59 | 600 | 752 900/224 850 | II, Werdenberg | SG |
| 3 | Bergahorn | 57 | 400 | 751 450/224 125 | II, Werdenberg | SG |
| 4 | Fichte | 59 | 400 | 761 500/228 025 | FL | Planken |
| 5 | Fichte | 56 | 300 | 768 250/206 700 | GR | Fanas |
| 6 | Fichte | 59 | 50 | 753 750/208 075 | III, Sargans | SG |
| 7 | Weisstanne | 60 | 50 | 753 750/208 075 | III, Sargans | SG |
| 8 | Lärche | 60 | 100 | 758 950/199 950 | 2, Fünf-Dörfer | GR |
| 9 | Fichte | 62 | 5344 | — | II, Werdenberg | SG |
| 10 | Weisstanne | 62 | 5344 | — | II, Werdenberg | SG |
| 11 | Bergahorn | 59 | 300 | 753 650/217 975 | II, Werdenberg | SG |
| 12 | Esche | 59 | 300 | 753 650/217 975 | II, Werdenberg | SG |
| 13 | Esche | 60 | 180 | 750 600/231 400 | II, Werdenberg | SG |
| 14 | Fichte | 58 | 300 | 758 575/200 825 | 2, Fünf-Dörfer | GR |
| 15 | Fichte | 60 | 180 | 747 925/224 275 | II, Werdenberg | SG |
| 16 | Fichte | 60 | 500 | 760 900/217 825 | FL | Triesen |
| 17 | Weisstanne | 59 | 450 | 743 850/225 850 | IV, See u. Gaster | SG |
| 18 | Weisstanne | 59 | 100 | 756 925/205 375 | III, Sargans | SG |
| 19 | Waldföhre | 58 | 100 | 756 225/203 050 | III, Sargans | SG |
| 20 | Lärche | 59 | 100 | 756 225/203 050 | III, Sargans | SG |
| 21 | Esche | 59 | 90 | 753 130/221 000 | II, Werdenberg | SG |
| 22 | Lärche | 60 | 180 | 751 500/196 340 | III, Sargans | SG |
| 23 | Waldföhre | 59 | 250 | 751 580/195 750 | III, Sargans | SG |
| | | | | | Vättis | SG |
| | | | | | Vättis | SG |

Tabelle 2. Fortsetzung. (Nomenklatur der Waldgesellschaften nach H. Ellenberg und F. Klötzli, 1972).

| Nr. | Wildarten | Höhe, m ü. M. | Waldgesellschaft | Grundstein |
|-----|------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1 | Reh | 790 – 820 | 13: Linden-Zahnwurz-Buchenwald | Schrattenkalk |
| 2 | Reh | 790 – 820 | 13: Linden-Zahnwurz-Buchenwald | Schrattenkalk |
| 3 | Rothirsch, Reh | 1280 – 1310 | 18: Typischer Tannen-Buchenwald | Kalk (Kreide) |
| 4 | Gemse | 1480 – 1580 | 47: Landschilf-Fichten-Tannenwald | Flysch |
| 5 | Rothirsch | 1000 – 1100 | 18: Typischer Tannen-Buchenwald | Bündner Schiefer |
| 6 | Rothirsch | 1100 – 1170 | 48: Farn-Tannenmischwald | Flysch |
| 7 | Rothirsch | 1100 – 1170 | 1: Typischer Waldsimsen-Buchenwald | Flysch |
| 8 | Rothirsch | 840 – 900 | 48: Farn-Tannenmischwald | Kalk (Malm) |
| 9 | Reh | 900 – 1400 | 18: Typischer Tannen-Buchenwald | Flysch |
| 10 | Reh | 900 – 1400 | 18: Typischer Tannen-Buchenwald | Flysch |
| 11 | Reh | 860 – 920 | 7: Typischer Waldmeister-Buchenwald | Kalk (Kreide) |
| 12 | Reh | 860 – 920 | 8: Waldhirszen-Buchenwald | Kalk (Kreide) |
| 13 | Rothirsch, Reh | 800 – 820 | 12: Typischer Zahnwurz-Buchenwald | Flysch |
| 14 | Rothirsch | 1140 – 1180 | 47: Landschilf-Fichten-Tannenwald | Kalk (Malm) |
| 15 | Gemse | 1440 – 1520 | 55: Ehrenpreis-Fichtenwald | Schrattenkalk |
| 16 | Rothirsch | 1380 – 1500 | 47: Landschilf-Fichten-Tannenwald | Kalk (Malm) |
| 17 | Rothirsch | 1320 – 1420 | 48: Farn-Tannenmischwald | Mergel |
| 18 | Rothirsch, Gemse | 1160 – 1220 | 20: Farnreicher Tannen-Buchenwald | Flysch |
| 19 | Rothirsch, Reh | 1200 – 1240 | 55: Ehrenpreis-Fichtenwald | Flysch |
| 20 | Rothirsch, Reh | 1200 – 1240 | 55: Ehrenpreis-Fichtenwald | Flysch |
| 21 | Rothirsch, Reh | 1000 – 1060 | 12: Typischer Zahnwurz-Buchenwald | Sandstein, Mergel |
| 22 | Rothirsch | 1090 – 1190 | 55: Ehrenpreis-Fichtenwald | Kalk (Malm) |
| 23 | Rothirsch | 1000 – 1100 | 65: Schneeholz-Föhrenwald | Kalk (Jura, Kreide) |

die eingewachsenen Verbissspuren eindeutig als solche zu erkennen. In mehreren Flächen war am Verbiss mehr als eine Schalenwildart beteiligt.

Das Grundgestein der überprüften Flächen besteht zur Hauptsache aus Kalk oder Flysch. Die Untersuchungsobjekte umfassen einen weiten Standortsbereich der nördlichen Randalpen zwischen 800 und 1500 m ü.M. Sie liegen grösstenteils in der oberen, montanen Stufe im Verbreitungsgebiet der natürlichen Buchen- und Weisstannenwälder. Vier Flächen sind soziologisch den Fichtenwäldern zuzuordnen; ein weiteres Objekt befindet sich auf einem Standort des Föhrenwaldes.

Um die Verbissbelastung an den jungen Waldbäumen zu ermitteln, entnahmen wir den vorhandenen Naturverjüngungen pro Untersuchungseinheit rund 60 Pflanzen von je 1,30 m Grösse. Die Entnahmestellen wurden vorerst — in regelmässigen Abständen über die Fläche 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 Verbissspuren an der Sprossachse. Sie wurde erstmals von *D. Mlinšek* (1969) mit gutem

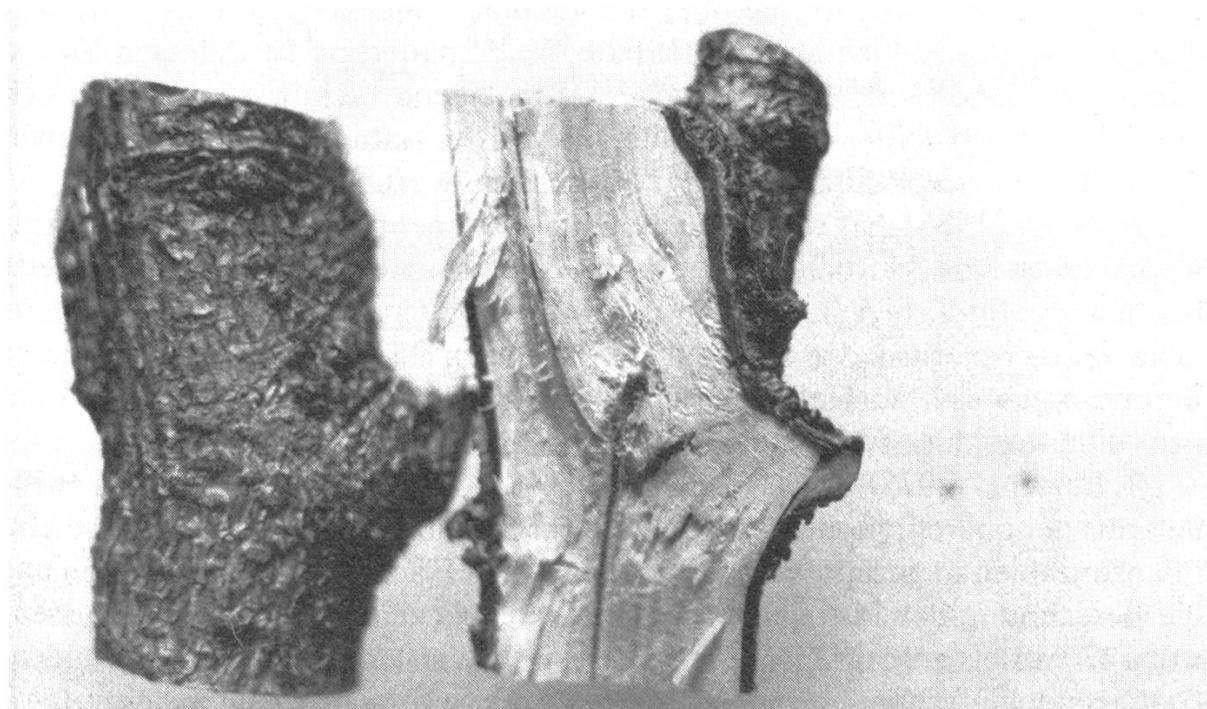


Abbildung 1. Vollständig eingewachsene Verbissspur an der Sprossachse einer jungen Fichte. Auf der radialen Spaltfläche ist der ehemalige Leittrieb deutlich erkennbar. Aufnahme: H. Nigg

Erfolg zum Zweck einer Verbisschronologie benutzt und zeigte in mehreren, sorgfältigen Studien (K. Eiberle und *Ch. Dürr*, 1984, 1985; K. Eiberle und *U. Zehnder*, 1985a, 1985b; K. Eiberle und *B. Riedi*, 1985a, 1985b; K. Eiberle, 1985a, 1985b, 1985c) eine straffe Korrelation zu den auftretenden Höhenzuwachsverlusten.

Um die Zahl der Verbisssspuren an der Sprossachse feststellen zu können, haben wir die Pflanzen in 5 cm lange Abschnitte zerlegt und diese in radialer Richtung aufgespaltet. Auf den Schnittflächen liessen sich auch die vollständig eingewachsenen Verbisssspuren, die äußerlich an der Schaftachse nicht mehr erkennbar sind, zuverlässig identifizieren und auszählen (*Abbildung 1*).

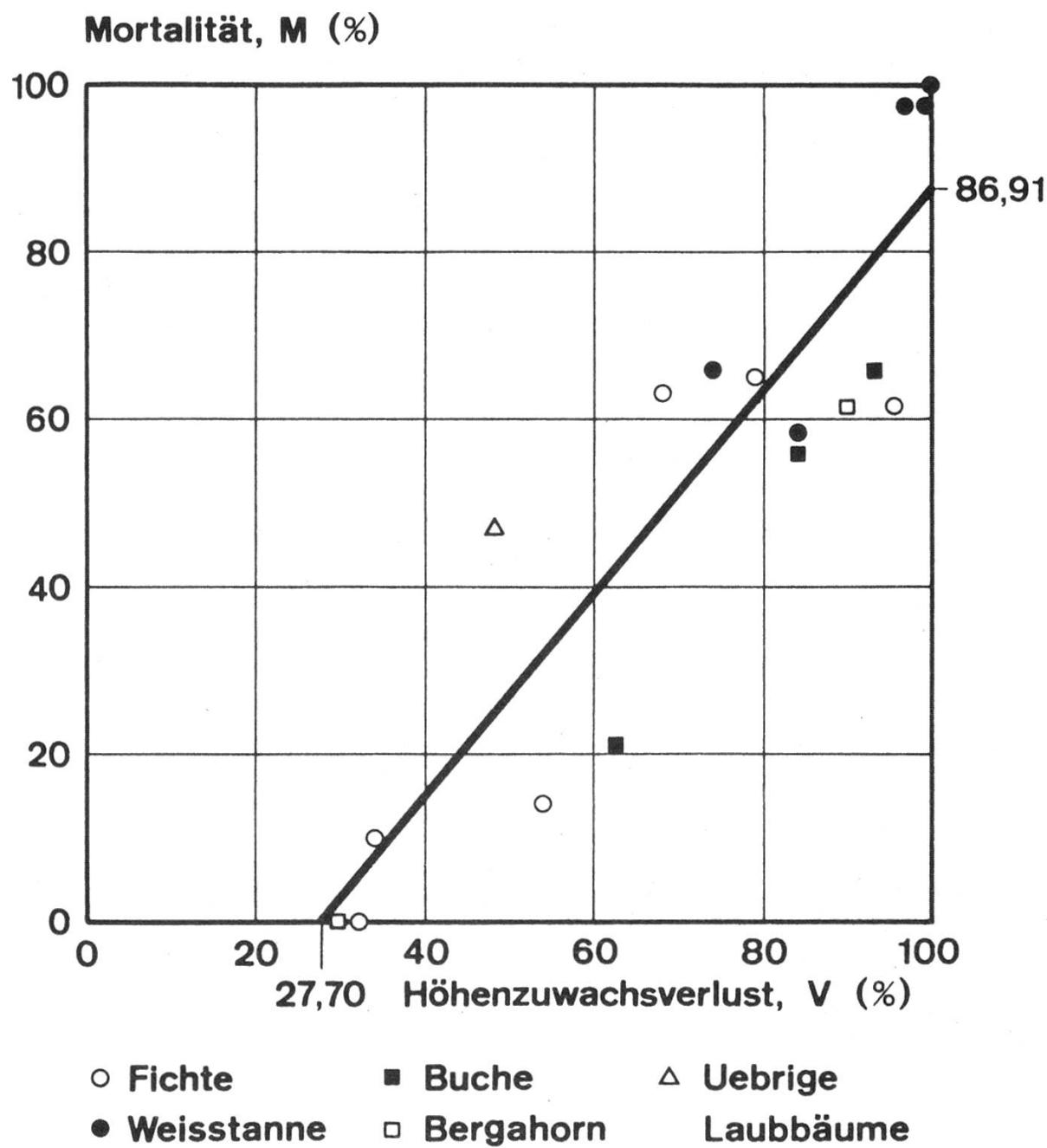
Die vom Wildverbiss verursachten Zuwachsverluste wurden von uns mit Hilfe der mittleren Grösse und des Durchschnittsalters der Pflanzen erfasst. Die Altersbestimmung erfolgte sektionsweise in Intervallen von 5 cm durch das Auszählen der Jahrringe mit der Lupe. Damit war der Nachvollzug des Höhenwachstums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

3.4 Beurteilungskriterium

Im Gebirgswald lässt sich die Beurteilung des Wildverbisses nicht auf der Grundlage von Auslesekriterien vornehmen, wie sie von uns für die Wälder der Tieflagen definiert worden sind. Die Naturverjüngung ist im Gebirgswald häufig nur spärlich vorhanden, von ausgeprägter Ungleichaltrigkeit und vorwiegend einzeln bis rottenförmig über die gesamte Waldfläche verteilt. Eine weit dezentralisierte, zeitlich stark gestaffelte Walderneuerung ist indessen für die zukünftige Stabilität der Gebirgswälder entscheidend wichtig, so dass man sich hier vordringlich dafür vorsehen sollte, die von der Naturverjüngung gebotenen Möglichkeiten der Walderneuerung bestmöglich zu erhalten.

F. Perko (1983) hat erstmals auf den Zusammenhang zwischen Höhenzuwachsverlust und Mortalität hingewiesen. Nach seinen Untersuchungen setzt bei den empfindlichen Baumarten der Totverbiss ein, wenn der durchschnittliche Zuwachsverlust der vorhandenen Pflanzen 35 Prozent erreicht. Dieser Befund ergab sich an Untersuchungsobjekten in der oberen, montanen Lage nach einer Untersuchungsdauer von sieben Jahren.

P. Burschel (1975) sowie *G. Schreyer* und *V. Rausch* (1978) lieferten ebenfalls aus der oberen, montanen Stufe präzise Angaben über Pflanzengrösse und Pflanzenzahlen in gezäunten und ungeschützten Flächen. Sie ermöglichen uns die Berechnung der Pflanzenverluste in Abhängigkeit der Zuwachseinbussen, wozu 17 Wertepaare von fünf verschiedenen Baumarten zur Verfügung standen. Gemäss der einfachen, linearen Regression, die sich daraus ableiten liess (*Abbildung 2*), setzt die Mortalität in nachweisbarem Umfang ein, wenn der Höhenzuwachsverlust den Wert von 27 Prozent überstieg. Diese Beziehung gilt nähe-



$$M = -33.29083 + 1.20196 V$$

$$B = 0.823$$

Abbildung 2. Beziehungen zwischen Höhenzuwachsverlust und Mortalität. Berechnet nach Angaben von P. Burschel (1975) sowie G. Schreyer und V. Rausch (1978).

rungsweise für sämtliche Baumarten, da in keinem Fall grössere Abweichungen von der berechneten Ausgleichsgeraden festzustellen waren. Die Beobachtungsdauer betrug 15 bis 25 Jahre und umfasste mehrheitlich den gesamten Gefährdungszeitraum.

Die Differenz zwischen den kritischen Höhenzuwachsverlusten der beiden Untersuchungen erklärt sich weitgehend durch die unterschiedliche Beobachtungsdauer und durch die Tatsache, dass F. Perko (1983) den Höhenzuwachs der totverbissenen Pflanzen in seine Berechnungen einbezog. Da wir wie P. Burschel (1975) den Zuwachs der totverbissenen Pflanzen unberücksichtigt lassen, erschien es uns angezeigt, den zulässigen Höhenzuwachsverlust für den Gebirgswald (K. Eiberle und H. Nigg, 1986a, 1986b, 1987a, 1987b) auf 25 Prozent festzusetzen. Mit diesem Wert kann mit Sicherheit bei sämtlichen Baumarten ein waldbaulich bedeutsamer Anteil von totverbissenen Pflanzen ausgeschlossen werden.

4. Ermittlung des kritischen Verbissgrades am Einzelobjekt

4.1 Beschreibung des Untersuchungsobjektes

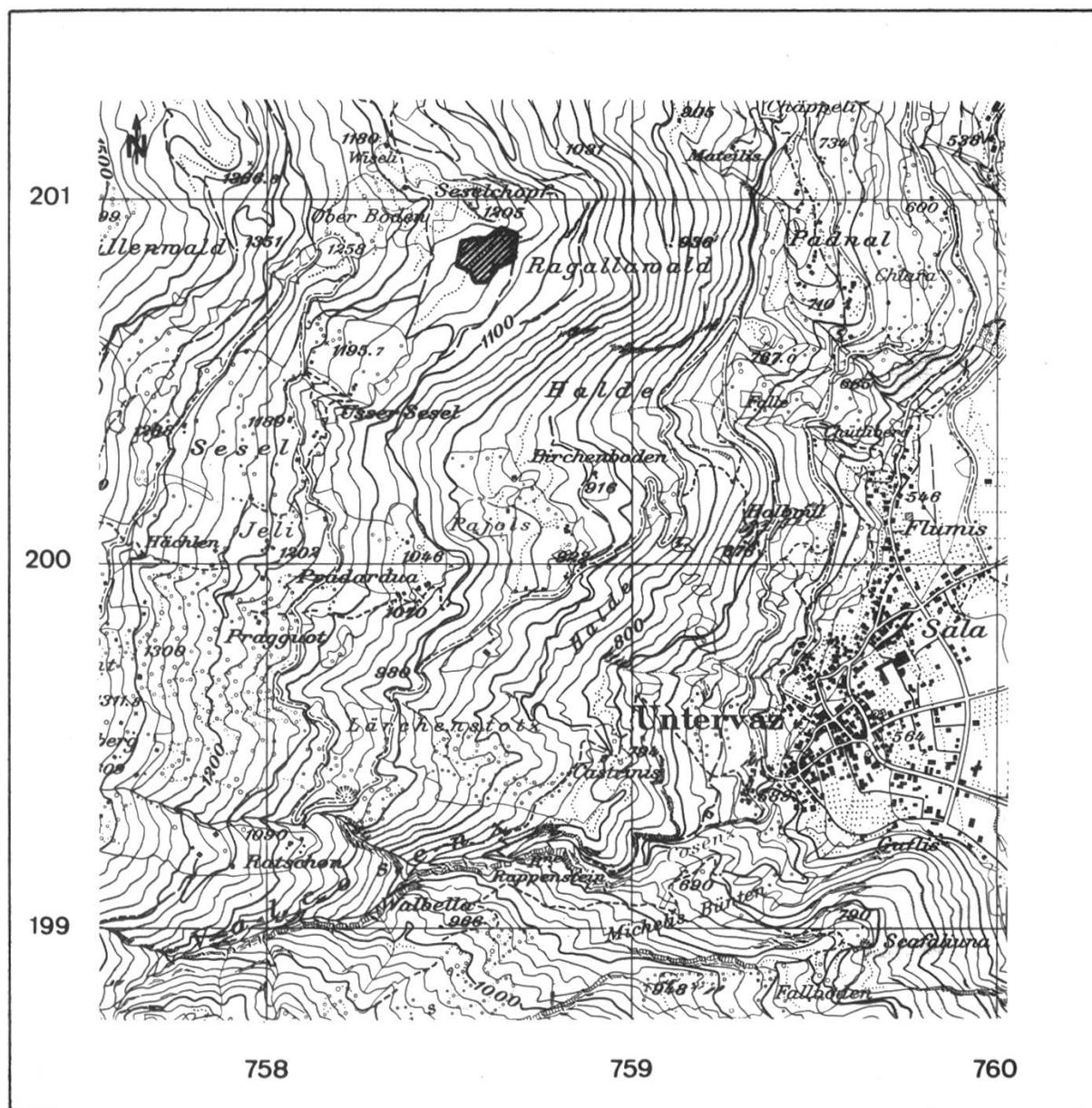
Die Untersuchungseinheit 14, die wir hier als Beispiel behandeln, liegt im Gebiet «Seselchopf». Dieses befindet sich in der Gemeinde Untervaz (GR) über den Malm-Serien der paraautochthonen Felsbergdecke. Die Aufnahmefläche liegt auf 1140 bis 1180 m ü. M. und ist in vegetationskundlicher Hinsicht dem Landschilf-Fichten-Tannenwald (*Calamagrostio villosae-Abietetum*) zuzuordnen (*H. Ellenberg und F. Klötzli*, 1972).

Bei der Untersuchungsfläche handelt es sich um die teilweise überschirmte Fichten-Naturverjüngung mit den Koordinaten 758 575/200 825 (Abbildung 3). Sie umfasst eine Fläche von rund drei Hektaren und bildet Teil eines vom Rothirsch (*Cervus elaphus*) regelmässig genutzten Areals. An ihrem Südostrand befindet sich eine Rotwild-Fütterung.

4.2 Pflanzenmerkmale und Verbissbelastung

Erste wesentliche Resultate ergeben sich aus den Beziehungen, die zwischen den Pflanzenmerkmalen und der Verbissbelastung nachgewiesen worden sind (Tabelle 3).

Gemäss den ausgewiesenen partiellen Regressionen wird die Länge der lebenden Krone in erster Linie durch das Pflanzenalter bestimmt, und die Verbissbelastung ist dafür nur von untergeordneter Bedeutung. Es ist deshalb ausserordentlich problematisch, 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 der Schaftachse, wodurch die Auslese bedeutend erschwert werden kann.



-- Grenzen der untersuchten Jungwuchsfläche.

Abbildung 3. Lage der Untersuchungsfläche. Untersuchungseinheit 14: «Seselchopf», Unterwaz GR. Landeskarte der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1175 «Vättis». Koordinaten der Flächenmitte: 758 575/200 825.

Reproduktion mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 15. April 1987.

4.3 Verteilung der Verbisssspuren nach Grössenklassen

Die Verteilung der sichtbaren und der eingewachsenen Verbisssspuren auf verschiedene Grössenbereiche zeigt (Tabelle 4), dass der Verbiss zwischen 0,00 und 0,70 m mit rund 63 Prozent stark angereichert und die Akkumulation des Verbisses bei 1,15 m praktisch abgeschlossen ist.

Tabelle 3. Beziehungen zwischen den Pflanzenmerkmalen und der Verbissbelastung. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Regressionsgleichungen | | | Bestimmtheitsmass, B | | |
|------------------------|------------|--|----------------------|----------|------------|
| Nr. | y | $= a + bx_1 + cx_2$ | partiell | | mehrfach |
| | | | x_1 | x_2 | x_1, x_2 |
| 1 | L | $= 1,21999 + 0,05857 A_{1,30} - 0,13378 V_t$ | 0,214*** | 0,067* | 0,217** |
| 2 | $A_{1,30}$ | $= 8,22909 + 3,65443 L + 2,67558 V_t$ | 0,214*** | 0,428*** | 0,520*** |
| 3 | F | $= 1,37494 - 0,18794 L + 0,19391 V_t$ | 0,034 | 0,160** | 0,178** |
| 4 | F | $= 1,19634 - 0,01415 A_{1,30} + 0,22779 V_t$ | 0,012 | 0,136** | 0,159** |
| 5 | K | $= 2,26021 - 0,06912 L + 0,00520 V_t$ | 0,007 | 0,000 | 0,008 |
| 6 | K | $= 2,40750 - 0,01840 A_{1,30} + 0,05437 V_t$ | 0,033 | 0,015 | 0,033 |

Signifikanz: * $P_{0,05}$ ** $P_{0,01}$ *** $P_{0,001}$

Tabelle 4. Verteilung der Verbissspuren auf verschiedene Grössenklassen. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Pflanzengrösse cm | | Anzahl Verbissspuren innerhalb der Klassen | | Summe der Verbissspuren bis Klassenmitte | |
|----------------------|-------|---|---------|---|---------|
| Bereich | Mitte | absolut | relativ | absolut | relativ |
| 0 – 10 | 5 | 34 | 0,18378 | 19 | 0,10270 |
| 10 – 40 | 25 | 65 | 0,35135 | 67 | 0,36216 |
| 40 – 70 | 55 | 37 | 0,20000 | 117 | 0,63243 |
| 70 – 100 | 85 | 33 | 0,17838 | 153 | 0,82703 |
| 100 – 130 | 115 | 16 | 0,08649 | 182 | 0,98378 |
| 10 – 130 | 70 | 151 | 0,81622 | 136 | 0,73514 |
| – | 130 | 185 | 1,00000 | 185 | 1,00000 |

Ähnlich wie beim Reh (L. E. Zai, 1964) liegt auch beim Rothirsch das Schwergewicht der Verbissbelastung in den unteren Grössenklassen, wodurch die jungen Waldbäume besonders während des Anfangsstadiums ihrer Entwicklung durch Totverbiss stark gefährdet sind.

Die Aufgliederung der Verbissspuren 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. Weil der Höhenbereich zwischen 0,00 und 0,10 m für

die Kontrolle des Wildverbisses schlecht geeignet ist, wurde er von uns speziell ausgeschieden.

4.4 Wachstumsverlauf der Pflanzen

Durch das Auszählen der Jahrringe ergibt sich für unser Pflanzenmaterial ein Jugendwachstum, das sich im Vergleich mit Fichten von tiefer gelegenen Standorten durch eine wesentlich kleinere Geschwindigkeit auszeichnet (*Tabelle 5*).

Tabelle 5. Wachstum der Pflanzen. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Pflanzengrösse cm | | Zunahme des Alters innerhalb der Klassen | | Durchschnittsalter bis Klassenmitte | |
|----------------------|-------|---|---------|--|---------|
| Bereich | Mitte | absolut, Jahre | relativ | absolut, Jahre | relativ |
| 0 – 10 | 5 | 4,12069 | 0,16471 | 2,20690 | 0,08822 |
| 10 – 40 | 25 | 8,01724 | 0,32047 | 8,50000 | 0,33977 |
| 40 – 70 | 55 | 5,15517 | 0,20606 | 14,94828 | 0,59752 |
| 70 – 100 | 85 | 4,08621 | 0,16334 | 19,36207 | 0,77395 |
| 100 – 130 | 115 | 3,63793 | 0,14542 | 23,25862 | 0,92970 |
| 10 – 130 | 70 | 20,89655 | 0,83529 | 17,29310 | 0,69125 |
| – | 130 | 25,01724 | 1,00000 | 25,01724 | 1,00000 |

Vielenorts im Gebirgswald liefert die Fichte während des Winters die einzige erreichbaren Äsungspflanzen, und sie unterliegt aus diesem Grunde dem Verbiss in höherem Mass als in den Tieflagen. Mitverantwortlich für die besondere Anfälligkeit der Fichte in hochgelegenen Waldgebieten sind aber ausserdem die langen Gefährdungszeiträume, die eine starke Anreicherung des Wildverbisses an den Pflanzen ermöglichen. Diesen Sachverhalt belegt mit aller Deutlichkeit der Zeitraum von durchschnittlich 25 Jahren, den die untersuchten Fichten benötigten, um die Verbissgrenze von 1,30 m zu erreichen.

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 5* korrekt ermittelt werden.

4.5 Häufigkeitsverteilung der Verbissbelastung

Der Verbiss belastet die einzelnen Pflanzen nicht gleichmässig, sondern folgt einer bestimmten Häufigkeitsverteilung. Um die Art dieser Häufig-

keitsverteilung feststellen zu können, wurden die beobachteten Häufigkeiten drei theoretischen Verteilungen gegenübergestellt (*Tabelle 6*).

Tabelle 6. Vergleich der beobachteten mit den theoretischen Häufigkeiten. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte

| Anzahl Verbissspuren pro Pflanze | Häufigkeit beobachtet | Häufigkeit berechnet mit | | |
|--|--------------------------|---|------------------------|--|
| | | Binomischer Verteilung | Poisson- Verteilung | neg. Binomial- Verteilung |
| 1 | 22,41 | 10,77 | 17,26 | 19,19 |
| 2 | 17,24 | 21,04 | 20,95 | 20,65 |
| 3 | 24,14 | 27,90 | 22,28 | 20,94 |
| 4 | 13,79 | 23,12 | 17,76 | 16,58 |
| 5 | 8,62 | 12,27 | 11,33 | 10,91 |
| 6 | 6,90 | 4,07 | 6,02 | 6,20 |
| 7 – 8 | 6,90 | 0,83 | 4,40 | 5,53 |
| S | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| χ^2 | | 64,63 | 5,43 | 2,95 |
| P : (FG) | | < 0,001 (5) | > 0,30 (5) | > 0,50 (4) |
| Parameter | | $\bar{x} = 3,18966$ $p = 0,39871$ $q = 0,60129$ | $\bar{x} = 3,18966$ | $\bar{x} = 3,18966$ $p = -0,14007$ $q = 1,14007$ $k = 22,77225$ |

Es zeigte sich bei diesem Vergleich, dass die Binomische Verteilung die beobachteten Häufigkeiten nur unzureichend wiederzugeben vermag. Eine sehr gute Übereinstimmung wurde dagegen mit der negativen Binomialverteilung erreicht, weil im vorliegenden Fall die Varianz der Verbissspuren grösser war als ihr Mittelwert.

Nicht alle Untersuchungseinheiten weisen dieselbe Häufigkeitsverteilung der Verbissbelastung auf. Für die Ableitung der kritischen Gesamtbelaistung ist die Art der Häufigkeitsverteilung aber von wesentlicher Bedeutung und muss demzufolge in jedem Einzelfall sorgfältig geprüft werden.

4.6 Anteile der sichtbaren Verbissspuren

Das Verhältnis des sichtbaren Verbisses zur Gesamtzahl der vorhandenen Verbissspuren an der Sprossachse ist ein unentbehrliches Element für die Berechnung der zulässigen Anteile verbissener Pflanzen (*Tabelle 7*).

Wie sich dies aus unseren Erhebungen ergibt, steht der Anteil des sichtbaren Verbisses in enger Beziehung zur Überwallungsdauer, das heisst zum Durchschnittsalter der Pflanzen. Das Verhältnis $V_s : V_t$ wurde jedoch von uns

Tabelle 7. Anteile der sichtbaren Verbissspuren. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Pflanzengrösse cm | | Alter | $V_s : V_t$ | Regressionsgleichungen Pflanzengrösse 1,30 m |
|----------------------|-------|----------|-------------|---|
| Bereich | Mitte | Jahre | — | $y = a + bx$ |
| 0 – 10 | 5 | 2,20690 | 0,94039 | $V_t = -0,31654 + 0,14015 A_{1,30}$ |
| 10 – 40 | 25 | 8,50000 | 0,77041 | $B = 0,390^{***} \quad \bar{V}_t = 3,18963$ |
| 40 – 70 | 55 | 14,94828 | 0,59625 | |
| 70 – 100 | 85 | 19,36207 | 0,47703 | |
| 100 – 130 | 115 | 23,25862 | 0,37178 | $V_s = -0,02289 + 0,04226 A_{1,30}$ |
| 10 – 130 | 70 | 17,29310 | 0,53291 | $B = 0,110^* \quad \bar{V}_s = 1,03434$ |
| — | 130 | 25,01724 | 0,32428 | |

Signifikanz: *P_{0,05} **P_{0,01} ***P_{0,001}

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.

Der Anteil des sichtbaren Verbisses an der Gesamtbelastung beträgt bei den 1,30 m grossen Fichten lediglich 32,4 Prozent, weil infolge des hohen Pflanzenalters die Überwallung der Verbissspuren schon weit fortgeschritten ist.

4.7 Pflanzenalter und Verbissbelastung

Für die Berechnung der Zuwachsverluste benötigten wir eine Ausgleichsfunktion, welche das Durchschnittsalter der Pflanzen in Abhängigkeit der Verbissbelastung wiedergibt (Tabelle 8).

Tabelle 8. Alter der Pflanzen in Abhängigkeit der Verbissbelastung. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

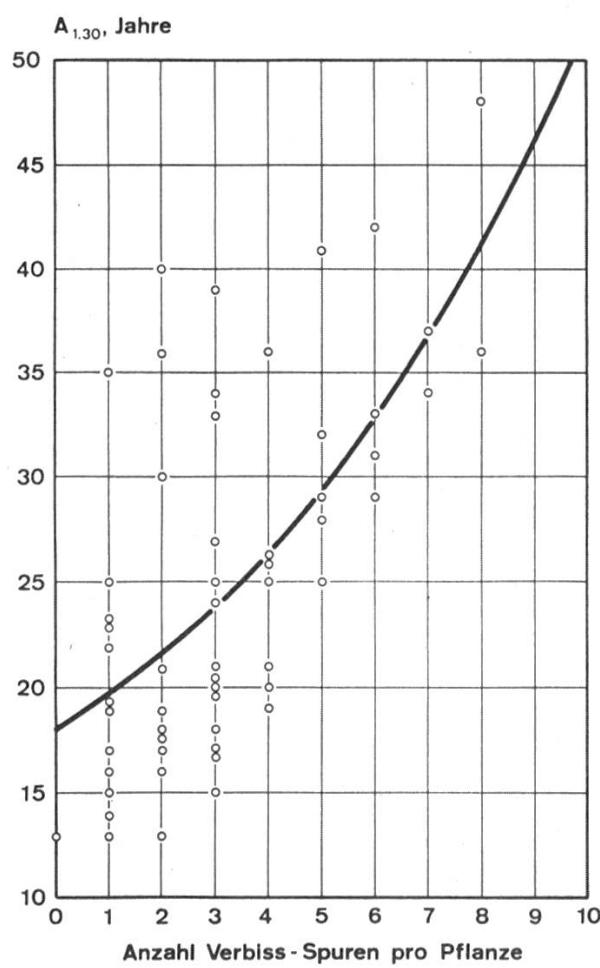
| Nr. | y | Regressionsgleichungen | B |
|-----|---|---|----------|
| | | $= a + bx_1 + cx_2$ | |
| 1 | | $A_{1,30} = 18,60877 + 1,01883 V_t + 0,22872 V_t^2$ | 0,403*** |
| 2 | | $A_{1,30} = 8,22909 + 3,65443 L + 2,67558 V_t$ | 0,520*** |
| 3 | | $A_{1,30} = 20,17552 + 0,35059 V_t^2$ | 0,399*** |
| 4 | | $A_{1,30} = 16,14289 + 2,78223 V_t$ | 0,390*** |

Signifikanz: *P_{0,05} **P_{0,01} ***P_{0,001}

Zu diesem Zweck wurden von uns vier verschiedene Varianten überprüft, von denen die Regressionsgleichungen 1 und 2 die höchsten Bestimmtheitsmaße aufweisen. Da sich die quadratische Regression mit den unabhängigen Variablen V_t und V_t^2 im Bereich der tiefen Verbissbelastungen den ermittelten Pflanzenaltern besser angleicht als die zweifache, lineare Regression (Abbildung 4), erfolgte die Berechnung der Zuwachsverluste auf der Grundlage der Regressionsgleichung 1.

4.8 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 (Tabelle 9).



$$A_{1,30} = 18.60877 + 1.01883 V_t + 0.22872 V_t^2 \quad B = 0.403^{***}$$

Abbildung 4. Pflanzenalter und Verbissbelastung. Untersuchungseinheit 14: «Seselchopf», Untervaz GR, Fichte.

Tabelle 9. Häufigkeitsverteilung der kritischen Gesamtbelaistung. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Anzahl Verbissspuren pro Pflanze | Anteil der Pflanzen, % | | A 1,30 | Summe der Alter | |
|--|--|--|--|-----------------|------------|
| | beobachtet | kritisch | | beobachtet | kritisch |
| 0 | 5,05312 | 9,18900 | 18,60877 | 94,03235 | 170,99599 |
| 1 | 14,13753 | 20,82507 | 19,85632 | 280,71932 | 413,50925 |
| 2 | 20,64532 | 24,63422 | 21,56131 | 445,14014 | 531,14605 |
| 3 | 20,94467 | 20,24394 | 23,72374 | 496,88591 | 480,26197 |
| 4 | 16,57958 | 12,98074 | 26,34361 | 436,76599 | 341,95955 |
| 5 | 10,90677 | 6,91714 | 29,42092 | 320,88721 | 203,50862 |
| 6 | 6,20246 | 3,18638 | 32,95567 | 204,40622 | 105,00929 |
| 7 | 3,13218 | 1,30342 | 36,94786 | 115,72735 | 48,15878 |
| 8 | 1,43211 | 0,48275 | 41,39749 | 59,28576 | 19,98464 |
| 9 | 0,60159 | 0,16427 | 46,30456 | 27,85636 | 7,60645 |
| 10 | 0,23483 | 0,05194 | 51,66907 | 12,13345 | 2,68369 |
| 11 | 0,08596 | 0,01540 | 57,49102 | 4,94193 | 0,88536 |
| 12 | 0,02972 | 0,00431 | 63,77041 | 1,89526 | 0,27485 |
| 13 | 0,00977 | 0,00115 | 70,50724 | 0,68886 | 0,08108 |
| 14 | 0,00307 | 0,00029 | 77,70151 | 0,23854 | 0,02253 |
| 15 | 0,00092 | 0,00007 | 85,35322 | 0,07852 | 0,00597 |
| 16 | 0,00027 | 0,00002 | 93,46237 | 0,02523 | 0,00187 |
| 17 | 0,00008 | | 102,02900 | 0,00816 | |
| S | 99,99995 | 100,00011 | — | 2501,71656 | 2326,09594 |
| Parameter | $\bar{x} = 3,18966$ $p = -0,14007$ $q = 1,14007$ $k = 22,77225$ | $\bar{x} = 2,51677$ $p = -0,11052$ $q = 1,11052$ $k = 22,77225$ | Zunahme in Prozenten von 1860,877 | 34,44 | 25,00 |

Tabelle 10. Kritische Anzahl Verbissspuren pro Pflanze. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Bereich | Pflanzengrösse cm Mitte | Sämtliche Verbissspuren | | Sichtbare Verbissspuren | |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | Anteile bis Klassenmitte | Anzahl pro Pflanze | Anteil sicht- barer Verbiss | Anzahl pro Pflanze |
| 0 – 10 | 5 | 0,10270 | 0,25848 | 0,94039 | 0,24307 |
| 10 – 40 | 25 | 0,36216 | 0,91148 | 0,77041 | 0,70222 |
| 40 – 70 | 55 | 0,63243 | 1,59169 | 0,59625 | 0,94904 |
| 70 – 100 | 85 | 0,82703 | 2,08144 | 0,47703 | 0,99291 |
| 100 – 130 | 115 | 0,98378 | 2,47596 | 0,37178 | 0,92052 |
| 10 – 130 | 70 | 0,73514 | 1,85017 | 0,53291 | 0,98598 |
| – | 130 | 1,00000 | 2,51677 | 0,32428 | 0,81614 |

Mit Hilfe von näherungsweisen Berechnungen und Interpolation gelingt es leicht, jene negative Binomialverteilung aufzufinden, die dem kritischen Zu-

wachsverlust von 25 Prozent entspricht. In der Untersuchungseinheit 14 war in den vergangenen 25 Jahren die Verbissbelastung der Fichte mit durchschnittlich 3,2 Verbisssspuren pro Pflanze eindeutig höher als der Wert von 2,5, der im Hinblick auf den Totverbiss als kritisch bezeichnet werden muss.

4.9 Kritische Belastung innerhalb der Größenklassen

Das Umsetzen der kritischen Gesamtbelaistung auf die untergeordneten Größenklassen erfolgte über eine Reduktion der mittleren Anzahl Verbisssspuren pro Pflanze (*Tabelle 10*).

Die Anpassung des kritischen Parameters $\bar{x} = 2,51677$ wurde zunächst für die Gesamtheit der Verbisssspuren vorgenommen, indem wir die Gesamtbelaistung proportional dem Anteil verminderten, den die Verbisssspuren bis zur Klassenmitte einnehmen. Diese Werte mussten sodann um eine weitere Stufe reduziert werden mit einem Faktor, welcher dem Anteil des sichtbaren Verbisses entspricht.

4.10 Zulässige Anteile verbissener Pflanzen

Der zulässige Prozentsatz der verbissenen Pflanzen resultiert aus den Häufigkeitsverteilungen, die mit den reduzierten Parametern \bar{x} aus der *Tabelle 10* berechnet worden sind. Als Grundlage für die Ermittlung der zulässigen Anteile der verbissenen Pflanzen diente wiederum die negative Binomialverteilung (*Tabelle 11*).

Die zulässigen Verbissprozente gestatten es, im Rückblick festzustellen, ob bei den jungen Waldbäumen bis zum Erreichen einer bestimmten Größenklas-

Tabelle 11. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Bereich | Mitte | >0 | Zulässige Anteile der Pflanzen in Prozenten | | | | |
|-----------|-------|-------|---|------|------|------|------|
| | | | Anzahl sichtbare Verbisssspuren pro Pflanze | | | | |
| | | | >1 | >2 | >3 | >4 | >5 |
| 0 – 10 | 5 | 21,48 | 2,59 | 0,22 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 10 – 40 | 25 | 49,92 | 15,81 | 3,68 | 0,68 | 0,11 | 0,01 |
| 40 – 70 | 55 | 60,54 | 24,58 | 7,49 | 1,84 | 0,38 | 0,07 |
| 70 – 100 | 85 | 62,16 | 26,16 | 8,29 | 2,12 | 0,46 | 0,09 |
| 100 – 130 | 115 | 59,44 | 23,56 | 6,98 | 1,67 | 0,34 | 0,06 |
| 10 – 130 | 70 | 61,91 | 25,91 | 8,16 | 2,07 | 0,44 | 0,08 |
| – | 130 | 55,15 | 19,81 | 5,28 | 1,13 | 0,20 | 0,03 |

se die kritische Verbissbelastung überschritten worden ist. Im Feld kann diese Beurteilung nur anhand des sichtbaren Verbisses erfolgen (*Abbildung 5*), die zudem auf einen eindeutig umschriebenen Schadengrad abzustellen ist. Als waldbaulich vertretbar ergibt sich für die untersuchten Fichten ein zulässiges Verbissprozent bis zu 25,9. 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 Verbisssspuren an der Sprossachse aufweisen.



Abbildung 5. Verbiss an der Sprossachse einer jungen Fichte. Die äusserlich an der Schaftachse noch erkennbaren Verbisssspuren bilden nur einen Teil der tatsächlichen Verbissbelastung.
Aufnahme: H. Nigg

4.11 Zulässige Verbissintensität

Um festzustellen, inwieweit die gegenwärtige Verbissaktivität den waldbaulichen Anforderungen entspricht, benötigt man die Angaben über die zulässige Verbissintensität.

Die Berechnung der zulässigen Verbissintensität basiert auf der Zahl der Verbisssspuren, 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 Endtriebe 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 Fichten ein Durchschnittswert von 10,6 Prozent pro Jahr. Dieser Wert darf im Mittel des Gefährdungszeitraumes nicht überschritten werden, ansonsten die Gesamtbelastung die kritische Grösse übersteigt.

Tabelle 12. Zulässige Verbissintensität. Untersuchungseinheit «Seselchopf, Untervaz GR», Fichte.

| Pflanzengrösse cm | | Anzahl Verbissspuren innerhalb der Klassen | | Zunahme des Alters innerhalb der Klassen | | Anteil ver- bissener Pflanzen pro Jahr, % |
|----------------------|-------|---|---------------|---|----------|--|
| Bereich | Mitte | relativ | pro 100 Stück | relativ | Jahre | |
| 0 – 10 | 5 | 0,18378 | 46,25320 | 0,16471 | 3,83131 | 12,07 |
| 10 – 40 | 25 | 0,35135 | 88,42671 | 0,32047 | 7,45444 | 11,86 |
| 40 – 70 | 55 | 0,20000 | 50,33541 | 0,20606 | 4,79315 | 10,50 |
| 70 – 100 | 85 | 0,17838 | 44,89414 | 0,16334 | 3,79945 | 11,82 |
| 100 – 130 | 115 | 0,08649 | 21,76754 | 0,14542 | 3,38261 | 6,44 |
| 10 – 130 | 70 | 0,81622 | 205,42380 | 0,83529 | 19,42965 | 10,57 |
| – | 130 | 1,00000 | 251,67700 | 1,00000 | 23,26096 | 10,82 |

5. Richtwerte für den zulässigen Verbissgrad

5.1 Ergebnisse der Untersuchungseinheiten

Der kritische Verbissgrad wurde zunächst für jede einzelne Untersuchungseinheit abgeleitet. Die Ergebnisse sind als Beleg in den Tabellen des *Anhanges II* bis *V* zusammengestellt und zeigen innerhalb der verschiedenen Baumarten deutliche Differenzen sowohl beim zulässigen Anteil verbissener Pflanzen als auch bei der zulässigen Verbissintensität.

Diese Unterschiede innerhalb der überprüften Baumarten beruhen auf mehreren Ursachen. In Betracht zu ziehen sind dabei die verschiedenen Wildarten sowie die unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen, welche die Geschwindigkeit des Jugendwachstums und die Regenerationsfähigkeit der jungen Waldbäume verändern. Daneben sind – bedingt durch den verhältnismässig kleinen Stichprobenumfang – mit Sicherheit auch methodische Fehlerquellen mitbeteiligt, insbesondere eine gewisse Unsicherheit bei der Ermittlung des Durchschnittsalters der nicht verbissenen Pflanzen. Ausserdem können zufällige Abweichungen grösseren Ausmasses beim Anteil des sichtbaren Verbisses und bei der Verteilung der Verbissspuren auf die Grössenklassen nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Die Vielzahl von Faktoren, welche die Grenzwerte der Verbissbelastung beeinflussen können und die im Feld nur teilweise erkennbar sind, verunmöglicht es, die Ergebnisse einer kleinen Stichprobe direkt auf anderweitige Objekte zu übertragen. Die Resultate unserer Untersuchungseinheiten sollten deshalb in der Praxis auf keinen Fall in ihrer ursprünglichen Form verwendet werden. Vielmehr ist notwendig, die Ergebnisse für die einzelnen Baumarten in einem einzigen Richtwert zusammenzufassen, der die standörtlichen und zufälligen Besonderheiten der einzelnen Untersuchungseinheiten bestmöglich auszugleichen.

chen vermag. Ein derartiger Richtwert genügt für praktische Zwecke durchaus, um eine übermässige Verbissbelastung nachzuweisen.

5.2 Ableitung der Ausgleichsfunktionen

Die Berechnung der Ausgleichsfunktionen erfolgte nicht für die einzelne Baumart, sondern mit Rücksicht auf die beschränkte Zahl von 23 Untersuchungseinheiten nur für die beiden Kategorien «Nadelbäume» und «Laubbäume». Für die Nadelbäume standen die Ergebnisse von 16, für die Laubbäume von sieben Untersuchungsobjekten zur Verfügung.

Die Ausgleichsfunktionen berechneten wir sowohl für den zulässigen Anteil verbissener Pflanzen A als auch für die zulässige Verbissintensität I, wobei sämtliche Größenklassen berücksichtigt wurden. Als Grundlage diente eine mehrfache, lineare Regression mit vier unabhängigen Variablen. Es handelt sich dabei um die folgenden Parameter, die sich alle auf die Pflanzengröße 1,30 m beziehen:

- x_1 : Durchschnittliche Anzahl Verbisssspuren pro Pflanze für die kritische Belastung von 25 Prozent Höhenzuwachsverlust. Dieser Wert ist ein gutes Mass für die Empfindlichkeit der jungen Waldbäume gegenüber dem Wildverbiss.
- x_2 : Durchschnittsalter der Pflanzen ohne Verbissbelastung. Die entsprechende Zeitspanne in Jahren kennzeichnet die Geschwindigkeit des Jugendwachstums.
- x_3 : Anteil der äusserlich an der Sprossachse sichtbaren Verbisssspuren an der Gesamtbelastung.
- x_4 : Anteil der Verbisssspuren bis zu einer Pflanzengröße von 0,70 m an der Gesamtbelastung.

Die berechneten Regressionsgleichungen sind für die Nadelbäume in den *Tabellen 13 und 14*, für die Laubbäume in den *Tabellen 15 und 16* zusammenge stellt. Es ist aus ihnen ersichtlich, dass bei den Regressionskoeffizienten zwischen den Nadelbäumen und den Laubbäumen wesentliche Differenzen bestehen, die dazu zwingen, diese beiden Baumartengruppen auseinanderzuhalten.

Entsprechend der hohen, mehrfachen Bestimmtheit besteht indessen sowohl bei den Nadel- als auch bei den Laubbäumen zwischen dem zulässigen Verbissgrad und den gewählten Parametern eine sehr straffe Korrelation. Es war aus diesem Grunde möglich, die Befunde der verschiedenen Untersuchungseinheiten innerhalb jeder Kategorie in eine einfache Grundgleichung einzuordnen.

Nichts zeigt deutlicher als die Zusammensetzung der massgebenden Parameter, dass die exakte Analyse der Verbissbelastung an der Sprossachse absolut unumgänglich war. Jeder dieser vier Parameter ist bedeutsam für den zulässigen Verbissgrad, wobei sich in beiden Baumartengruppen — wenn auch mit unter-

Tabelle 13. Nadelbäume. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen A in Prozenten der Gesamtflanzenanzahl. Ergebnisse der mehrfachen, linearen Regression.

| Nr. | Pflanzengrösse cm | Regressionsgleichungen $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$ | partielles Bestimmtheitsmass | | | | B mehrach |
|-----|----------------------|--|------------------------------|--------|----------|----------|--------------|
| | | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | |
| 1 | 0 – 10 | $A = -7,95833 + 2,35997 x_1 - 0,19420 x_2 + 2,07387 x_3 + 9,86140 x_4$ | 0,771*** | 0,401* | 0,026 | 0,297 | 0,795*** |
| 2 | 10 – 40 | $A = -46,82896 + 10,55353 x_1 - 0,39055 x_2 + 13,45948 x_3 + 50,20599 x_4$ | 0,878*** | 0,225 | 0,107 | 0,540** | 0,885*** |
| 3 | 40 – 70 | $A = -45,75021 + 14,01923 x_1 - 0,24434 x_2 + 17,75735 x_3 + 44,05481 x_4$ | 0,963*** | 0,189 | 0,300 | 0,650*** | 0,968*** |
| 4 | 70 – 100 | $A = -34,07343 + 14,32929 x_1 - 0,18698 x_2 + 39,90914 x_3 + 18,76270 x_4$ | 0,962*** | 0,112 | 0,667*** | 0,237 | 0,975*** |
| 5 | 100 – 130 | $A = -28,85657 + 13,13739 x_1 - 0,00821 x_2 + 70,51533 x_3 - 5,28620 x_4$ | 0,951*** | 0,000 | 0,851*** | 0,022 | 0,980*** |
| 6 | 10 – 130 | $A = -41,18902 + 14,17228 x_1 - 0,17958 x_2 + 28,07973 x_3 + 33,28928 x_4$ | 0,967*** | 0,121 | 0,541*** | 0,538** | 0,975*** |
| 7 | 130 | $A = -30,27859 + 12,65412 x_1 + 0,06398 x_2 + 84,43116 x_3 - 12,15110 x_4$ | 0,931*** | 0,010 | 0,861*** | 0,082 | 0,976*** |

Signifikanz: ***P_{0,001} **P_{0,01} *P_{0,05}

Parameter, Pflanzengrösse 1,30 m

Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen: A

Anteil der Pflanzen mit zwei und mehr sichtbaren
Verbisspuren an der Sprossachse

x_1 : kritische Belastung für 25 Prozent Höhenzuwachsverlust.
 x_2 : Anzahl Verbisspuren pro Pflanze
 x_3 : Durchschnittsalter der Pflanzen ohne Verbiss
 x_4 : Anteil sichtbarer Verbisspuren
 x_4 : Anteil der Verbisspuren bis 0,70 m

Tabelle 14. Nadelbäume. Zulässige Verbissintensität I in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Ergebnisse der mehrfachen, linearen Regression.

| Nr. | Pflanzengröße cm | Regressionsgleichungen $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$ | partielles Bestimmtheitsmaß | | | B mehrach | |
|--|---------------------|--|---------------------------------|----------|-------|--------------|----------|
| | | | x_1 | x_2 | x_3 | | |
| 1 | 0 – 10 | $I = 16,11341 + 6,73420 x_1 - 1,42510 x_2 - 3,55529 x_3 + 9,15404 x_4$ | 0,491*** | 0,559** | 0,003 | 0,013 | 0,681*** |
| 2 | 10 – 40 | $I = 12,44789 + 5,86258 x_1 - 1,03590 x_2 - 10,38303 x_3 + 10,07555 x_4$ | 0,809*** | 0,795*** | 0,120 | 0,083 | 0,874*** |
| 3 | 40 – 70 | $I = 27,16555 + 5,59910 x_1 - 0,99994 x_2 - 12,22394 x_3 - 6,56943 x_4$ | 0,824*** | 0,815*** | 0,187 | 0,045 | 0,897*** |
| 4 | 70 – 100 | $I = 54,57694 + 3,94480 x_1 - 0,99724 x_2 - 10,35284 x_3 - 40,85705 x_4$ | 0,372* | 0,527** | 0,040 | 0,315* | 0,738*** |
| 5 | 100 – 130 | $I = 24,76268 + 6,25241 x_1 - 0,86027 x_2 + 2,65767 x_3 - 22,33915 x_4$ | 0,585** | 0,439* | 0,003 | 0,115 | 0,772*** |
| 6 | 10 – 130 | $I = 28,71126 + 5,35990 x_1 - 0,98863 x_2 - 8,51253 x_3 - 11,98829 x_4$ | 0,799*** | 0,799*** | 0,094 | 0,126 | 0,895*** |
| 7 | 130 | $I = 26,41379 + 5,60269 x_1 - 1,06882 x_2 - 7,47564 x_3 - 8,16664 x_4$ | 0,748*** | 0,761*** | 0,052 | 0,044 | 0,864*** |
| Signifikanz: ***P<0,001 **P<0,01 *P<0,05 | | | Parameter, Pflanzengröße 1,30 m | | | | |
| <p>Zulässige Verbissintensität: I Anteil verbissener Endtriebe pro Jahr</p> <p>x_1: kritische Belastung für 25 Prozent Höhenzuwachsverlust. x_2: Anzahl Verbisssspuren pro Pflanze x_3: Durchschnittsalter der Pflanzen ohne Verbiss x_4: Anteil sichtbarer Verbisssspuren bis 0,70 m</p> | | | | | | | |

Tabelle I5. Laubbäume. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen A in Prozenten der Gesamtflanzenzahl. Ergebnisse der mehrfachen, linearen Regression.

| Nr. | Pflanzengröße cm | Regressionsgleichungen $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$ | partielles Bestimmtheitsmass | | | B mehrfach | |
|-----|---------------------|--|------------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| | | | x_1 | x_2 | x_3 | | |
| 1 | 0 – 10 | $A = -9,64900 + 0,20212 x_1 + 1,56726 x_2 + 1,51027 x_3 + 4,40388 x_4$ | 0,001 | 0,185 | 0,004 | 0,048 | 0,784 |
| 2 | 10 – 40 | $A = -4,93075 + 17,04367 x_1 - 1,78736 x_2 - 30,28501 x_3 + 18,11958 x_4$ | 0,712 | 0,080 | 0,315 | 0,200 | 0,960 |
| 3 | 40 – 70 | $A = -26,50012 + 21,83547 x_1 - 0,73127 x_2 + 8,04147 x_3 + 23,69812 x_4$ | 0,941* | 0,054 | 0,112 | 0,626 | 0,995** |
| 4 | 70 – 100 | $A = -74,04761 + 17,80070 x_1 + 1,89079 x_2 + 55,05862 x_3 + 36,28438 x_4$ | 0,975* | 0,586 | 0,957* | 0,936* | 0,999** |
| 5 | 100 – 130 | $A = -57,00649 + 18,86431 x_1 + 1,29642 x_2 + 54,95358 x_3 + 17,34797 x_4$ | 0,978* | 0,402 | 0,957* | 0,771 | 0,999** |
| 6 | 10 – 130 | $A = -75,83097 + 15,73529 x_1 + 2,37474 x_2 + 44,13430 x_3 + 45,03831 x_4$ | 0,936* | 0,518 | 0,872 | 0,915* | 0,997** |
| 7 | 130 | $A = -56,30646 + 17,98114 x_1 + 1,56368 x_2 + 56,62569 x_3 + 14,92864 x_4$ | 0,946* | 0,297 | 0,910* | 0,518 | 0,997** |

Signifikanz: ***P_{0,001} **P_{0,01} *P_{0,05}

Tabelle 16. Laubbäume. Zulässige Verbissintensität I in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Ergebnisse der mehrfachen, linearen Regression.

| Nr. | Pflanzengröße cm | Regressionsgleichungen $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$ | partielles Bestimmtheitsmaß | | | B mehrach | |
|-----|---------------------|---|-----------------------------------|--------|-------|--------------|--------|
| | | | x_1 | x_2 | x_3 | | |
| 1 | 0 – 10 | I = $-69,50726 - 4,50593 x_1 + 8,48031 x_2 + 18,55811 x_3 + 63,88181 x_4$ | 0,048 | 0,365 | 0,048 | 0,477 | 0,870 |
| 2 | 10 – 40 | I = $34,89889 + 23,63664 x_1 - 11,11501 x_3 + 0,78001 x_4$ | 0,929* | 0,864 | 0,145 | 0,001 | 0,968 |
| 3 | 40 – 70 | I = $5,52455 + 12,31136 x_1 + 85,83474 x_3 + 1,99955 x_4$ | 5,82748 x ₂ 0,438 | 0,359 | 0,690 | 0,002 | 0,913 |
| 4 | 70 – 100 | I = $138,47465 + 36,93915 x_1 - 45,69312 x_3 - 82,48180 x_4$ | 15,74692 x ₂ 0,965* | 0,941* | 0,711 | 0,924* | 0,980* |
| 5 | 100 – 130 | I = $121,89044 + 2,44987 x_1 - 20,07408 x_3 - 121,30148 x_4$ | 0,97857 x ₂ 0,622 | 0,011 | 0,081 | 0,832 | 0,860 |
| 6 | 10 – 130 | I = $39,89382 + 20,11516 x_1 + 23,16288 x_3 - 22,95615 x_4$ | 8,73214 x ₂ 0,912* | 0,862 | 0,446 | 0,546 | 0,971 |
| 7 | 130 | I = $24,08580 + 15,55134 x_1 + 15,47406 x_3 - 8,21055 x_4$ | 5,42403 x ₂ 0,942* | 0,864 | 0,486 | 0,289 | 0,983* |

Signifikanz: ***P_{0,001} **P_{0,01} *P_{0,05}

schiedlichem Gewicht der einzelnen Variablen – die folgenden Zusammenhänge deutlich erkennen lassen:

- Der zulässige Anteil verbissener Pflanzen steigt mit zunehmendem Anteil des sichtbaren Verbisses und mit einer stärkeren Verlagerung des Verbisses in die unteren Größenklassen. Er sinkt folgerichtig bei einer höheren Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber dem Wildverbiss.
- Die zulässige Verbissintensität nimmt mit zunehmender Empfindlichkeit der Pflanzen und mit wachsender Geschwindigkeit des Jugendwachstums ab.

5.3 Richtwerte für die zulässige Verbissbelastung

Die Richtwerte wurden ermittelt, indem wir zunächst einmal aus den Ergebnissen der Untersuchungseinheiten baumartenweise die Mittelwerte der Parameter x_1 bis x_4 berechneten. Diese Mittelwerte wurden sodann in die Grundgleichungen der *Tabellen 13 bis 16* eingeführt.

Die *Tabelle 17* enthält eine vollständige Übersicht über diese Richtwerte nach Größenklassen sowohl für den zulässigen Anteil verbissener Pflanzen als auch für die zulässige Verbissintensität. Gegenüber den Durchschnittswerten der einzelnen Baumarten besitzen die Richtwerte den Vorteil, dass Extremwerte, die auf standörtlichen Besonderheiten oder auf methodischen Unzulänglichkeiten beruhen, weniger stark ins Gewicht fallen. Dieser Umstand ist besonders bei jenen Baumarten von Bedeutung, die nur mit einer sehr kleinen Zahl von Untersuchungseinheiten vertreten sind. Die Richtwerte A_r und I_r stellen somit – mit Ausnahme extremer Standorte – die sicherste Beurteilungsgrundlage dar.

Die Differenzen zwischen den Richtwerten und den Durchschnittswerten der einzelnen Baumarten sind im allgemeinen sehr gering. Nur bei Waldföhre und Lärche ergeben sich Abweichungen in der Größenordnung von 1 bis 2,5 Prozent (*Tabelle 18*).

Der Parameter \bar{x}_1 vermittelt zuverlässige Hinweise auf die Belastbarkeit der überprüften Baumarten. Die Weisstanne reagiert deutlich empfindlicher auf den Wildverbiss als die Fichte, und die Waldföhre ist extrem anfällig. Die Lärche erträgt die höchste Belastung. Mit diesen Feststellungen werden die Ergebnisse früherer Untersuchungen (K. Eiberle, 1975, 1978) sehr schön bestätigt. Die beiden Laubbäume – Bergahorn und Esche – erweisen sich als wesentlich empfindlicher als Weisstanne oder Fichte.

Als Faustregel darf nach unseren Untersuchungen für den Gebirgswald gelten, dass im Größenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m der durchschnittliche Anteil verbissener Pflanzen bei Weisstanne und Fichte 30 Prozent nicht überschreiten sollte. Dieser Wert entspricht einer Verbissintensität von durch-

Tabelle 17. Richtwerte für den zulässigen Verbissgrad in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Ergebnisse der mehrfachen, linearen Regression.

A_r : zulässiger Anteil verbissener Pflanzen. Anteil der Pflanzen mit zwei und mehr sichtbaren Verbisssspuren an der Sprossachse.

I_r : zulässige Verbissintensität. Anteil verbissener Endtriebe pro Jahr.

| Pflanzengröße, cm | Mitte | Weissianne | | | Fichte | | | Waldföhre | | | Lärche | | | Bergahorn | | | Esche | | |
|-------------------|-------------|------------|-------|----------|--------|----------|-------|-----------|-------|---------|--------|---------|-------|-----------|-------|-------|-------|--|--|
| | | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | A_r | I_r | | |
| 0 – 10 | 10 | 5 | 2,58 | 9,52 | 2,47 | 11,73 | 2,63 | 16,59 | 5,22 | 27,11 | 3,23 | 28,97 | 1,04 | 17,26 | | | | | |
| 10 – 40 | 25 | 16,62 | 9,26 | 15,11 | 11,73 | 12,72 | 14,03 | 23,03 | 22,31 | 16,29 | 28,52 | 6,10 | 27,53 | | | | | | |
| 40 – 70 | 55 | 26,66 | 10,42 | 25,65 | 13,84 | 16,79 | 13,68 | 32,78 | 23,42 | 27,38 | 42,19 | 15,44 | 51,75 | | | | | | |
| 70 – 100 | 85 | 30,73 | 8,13 | 28,66 | 12,74 | 16,55 | 9,90 | 36,90 | 21,45 | 33,51 | 34,80 | 25,40 | 39,28 | | | | | | |
| 100 – 130 | 115 | 31,73 | 7,04 | 27,25 | 9,72 | 13,45 | 6,07 | 36,08 | 19,09 | 33,74 | 8,34 | 27,47 | 16,86 | | | | | | |
| 10 – 130 | 70 | 29,26 | 9,07 | 27,68 | 12,32 | 17,11 | 11,80 | 34,97 | 22,01 | 30,91 | 29,78 | 21,34 | 35,23 | | | | | | |
| – | 130 | 31,49 | 9,16 | 25,72 | 12,20 | 11,74 | 12,68 | 35,02 | 22,94 | 33,04 | 29,47 | 27,23 | 31,04 | | | | | | |
| Parameter | \bar{x}_1 | 2,53775 | | 2,74899 | | 1,43837 | | 2,87091 | | 1,95012 | | 1,49313 | | | | | | | |
| | \bar{x}_2 | 20,44495 | | 19,83950 | | 11,01300 | | 9,52169 | | 5,04313 | | 3,85245 | | | | | | | |
| | \bar{x}_3 | 0,44648 | | 0,33971 | | 0,39795 | | 0,44282 | | 0,59910 | | 0,69718 | | | | | | | |
| | \bar{x}_4 | 0,76958 | | 0,71904 | | 0,86264 | | 0,74328 | | 0,83562 | | 0,74959 | | | | | | | |

schnittlich nicht mehr als 12 Prozent verbissener Endtriebe pro Jahr. Bereits mit diesen einfachen Grundlagen dürfte es in zahlreichen Fällen möglich sein, eine zweckdienliche Beurteilung des Wildverbisses vorzunehmen.

Tabelle 18. Vergleich der Richtwerte A_r und I_r mit den Mittelwerten \bar{A} und \bar{I} der Untersuchungseinheiten. Größenbereich 0,10 bis 1,30 m.

| Baumart | Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen | | | Zulässige Verbissintensität | | |
|------------|---|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|
| | \bar{A} | A_r | D | \bar{I} | I_r | D |
| Weisstanne | 29,57 | 29,26 | 0,31 | 9,84 | 9,07 | 0,76 |
| Fichte | 27,32 | 27,68 | -0,36 | 11,75 | 12,32 | -0,57 |
| Waldföhre | 15,93 | 17,11 | -1,18 | 9,35 | 11,80 | -2,46 |
| Lärche | 36,19 | 34,97 | 1,23 | 23,96 | 22,01 | 1,95 |
| Bergahorn | 30,68 | 30,91 | 0,23 | 29,13 | 29,78 | -0,65 |
| Esche | 21,52 | 21,34 | 0,17 | 35,72 | 35,23 | 0,49 |

6. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung geben Anlass zu den folgenden Überlegungen:

- 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 Verbisssspuren an der Sprossachse in Verbindung mit den Wachstumsanalysen einen gangbaren Weg.
- Während die Auswirkungen des Wildverbisses auf der Gesamtheit der eingewachsenen und der sichtbaren Verbisssspuren beruhen, lässt sich im Feld einzige der sichtbare Verbiss taxieren. Die Grenzwerte, die für den sichtbaren Verbiss Gültigkeit haben sollen, müssen deshalb folgerichtig aus der tatsächlichen Verbissbelastung abgeleitet werden.
- Höhenzuwachsverluste innerhalb gewisser Grenzen stellen an sich noch keine Gefährdung der Walderneuerung dar. Kritisch wird der Wildverbiss im Gebirgswald aber dann, wenn wir empfindliche Pflanzenverluste durch Totbiss in Kauf zu nehmen haben. Im Interesse einer bestmöglichen Ausnützung der vorhandenen Naturverjüngung sollte man deshalb für den Gebirgswald den waldbaulich tolerierbaren Verbissgrad derart ansetzen, dass der Anteil totverbissener Pflanzen vernachlässigt werden kann.
- Für die Ableitung des zulässigen Verbissgrades im Gebirgswald ist der Zusammenhang zwischen Höhenzuwachsverlust und Mortalität überaus bedeutsam. Er gestattet mit Hilfe der messbaren Zuwachseinbussen zuverlässi-

- ge Rückschlüsse auf das Ausmass der Pflanzenverluste. In den oberen, montanen Lagen setzt – ohne grundlegende Unterschiede zwischen den wichtigen Baumarten – die Mortalität ein, wenn der verbissbedingte Höhenuwachsverlust 25 Prozent beträgt, gemessen von der Ansamung bis zu dem Zeitpunkt, in dem die Pflanzen dem Verbiss entwachsen. Dieser Grenzwert ist massgebend für die Bemessung des zulässigen Verbissgrades.
- Für die Berechnung der Zuwachsverluste benötigt man eine Ausgleichsfunktion, die das Pflanzenalter in Abhängigkeit der Verbissbelastung wiedergibt. Bei einer Zahl von rund 60 analysierten Pflanzen pro Untersuchungseinheit können in einzelnen Fällen die Exemplare im Bereich der unteren Belastungsstufen untervertreten sein. Daraus resultiert eine gewisse Unsicherheit bei der Bestimmung des Durchschnittsalters der nicht verbissenen Pflanzen. Es ist aus diesem Grunde zweckmässig, bei zukünftigen Untersuchungen den Stichprobenumfang zu erhöhen.
 - Der als zulässig ermittelte Anteil verbissener Pflanzen verfügt nur dann über die erwünschte Aussagekraft, wenn eindeutig festgelegt ist, welche Schadengrade man in der Kategorie der «verbissenen Pflanzen» zusammenfasst. Wir haben die zulässigen Anteile in der Schlussauswertung ausschliesslich auf jene Pflanzen bezogen, die zwei oder mehr sichtbare Verbissspuren an der Sprossachse aufweisen. Dieser grundlegenden Bedingung muss bereits in der Aufnahmeinstruktion für Wildschadeninventare Rechnung getragen werden.
 - Entgegen der ursprünglichen Absicht liessen sich für den zulässigen Verbissgrad die verschiedenen Wildarten nicht auseinanderhalten. Dafür verantwortlich sind die beschränkte Zahl von Untersuchungseinheiten und der Umstand, dass verschiedene Flächen von zwei Schalenwildarten gemeinsam genutzt worden sind. Es ist indessen äusserst unwahrscheinlich, dass für die Festsetzung des zulässigen Wildverbisses die Wildart eine entscheidende Rolle spielt. Die hohen Bestimmtheitsmasse unserer Grundgleichungen, in denen mehrere Baumarten und sämtliche Wildarten vereinigt worden sind, sprechen gegen eine solche Annahme.
 - Hohe Stabilität, gute Schutzwirkungen und günstige Lebensbedingungen für viele Tierarten sind im Gebirgswald weitgehend an dieselben bestandessstrukturellen Voraussetzungen gebunden. Für die wünschenswerte Erhaltung und Ausformung von kleinflächig-ungleichaltrigen Waldstrukturen ist aber eine kontinuierliche, stark dezentralisierte Walderneuerung absolut unentbehrlich. Es liegt deshalb im gemeinsamen Interesse von Waldbesitzern, Forstleuten, Naturschützern, Jägern und der Öffentlichkeit, die verletzlichen Gebirgswälder vor übermässigem Wildverbiss zu bewahren.
 - Das vordringlichste Ziel der waldbaulichen Arbeit im Gebirgswald besteht in der Erhaltung und Verbesserung seiner Schutzwirkungen. Die auf ausgedehnten Flächen noch anstehende Überführung von grossflächig-gleichförmigen Waldteilen in kleinflächig-stufige Bestandesstrukturen wird vielen-

- orts durch natürliche Verjüngungsserschwernisse wie extreme Klimabedingungen und Witterungseinflüsse, Schnee-Einwirkung, Pilze oder durch eine verjüngungsfeindliche Bodenvegetation bedeutend behindert. Für eine zielgemäss, erfolgversprechende waldbauliche Tätigkeit darf die ohnehin schon geringe Verjüngungspotenz nicht zusätzlich geschwächt werden.
- Die Möglichkeit darf nicht mehr ausgeschlossen werden, dass die sanierungsbedürftigen Waldflächen sich in naher Zukunft unter dem Einfluss der Immissionsschäden stark vermehren könnten. Im Sinne einer vorsorglichen Massnahme wäre es deshalb durchaus angezeigt, eine ausreichend wirkungsvolle Wildbestandesregulierung bereits heute einzuleiten. Jeder junge Waldbau, der künftig überlebt, kann für die Wiederbestockung verlichteter Waldteile bedeutsam werden.
 - Im Gebirgswald fallen die technischen Verhütungsmassnahmen gegen den Wildverbiss wegen des über die gesamte Waldfläche verteilten Verjüngungsprozesses und infolge der jahrzehntelangen Gefährdungszeiträume mehrheitlich ausser Betracht. Für die Wildschadenprophylaxe erhält dadurch die Wildbestandesregulierung entscheidendes Gewicht. Massgebend dabei ist einzige und allein die gegebene Verbissbelastung, deren zulässige Grenze keinem Ermessensspielraum unterliegt. Diese Feststellung ist notwendig im Hinblick auf die unrealistischen Erwartungen, die gewisse Kreise noch immer in die Fütterung und in die «Biotophege» setzen.

Die Ermittlung des zulässigen Verbissgrades im Gebirgswald ist ein notwendiger Schritt in die richtige Richtung. Die praktische Verwendung dieser Grundlage für die Verbisskontrolle in grösseren Waldgebieten stellt indessen zusätzliche Probleme. Über den Aufwand, der für eine ausreichende Genauigkeit erforderlich ist, besitzen wir nur erste Anhaltspunkte aus einigen wenigen Waldgebieten der Tieflagen (K. Eiberle, G. Schwager, Ch. Dürr, A. Krämer und M. Rieder, 1986). Diese Kenntnisse sind unentbehrlich für die zweckdienliche Planung von Stichprobenerhebungen und müssen durch weitere Forschungen auch für den Gebirgswald gründlich abgeklärt werden. Von einer stichprobenweisen Verbisskontrolle sind ausserdem nur dann hilfreiche Informationen zu erwarten, wenn die Testgebiete zweckmässig ausgeschieden werden. Massgebend für diese Abgrenzung sind die Bedeutung der örtlichen Schutzwirkungen und die potentielle Gefährdung der Bestandesstabilität. Dementsprechend muss vorgängig einer Verbisskontrolle eine sorgfältige Beurteilung der Waldgebiete vorgenommen werden, ähnlich wie sie von E. Ott und D. Schönbächler (1986) vorgeschlagen worden ist.

Eine undifferenzierte Erhebung von Verbisschäden ohne Überprüfung der Genauigkeit und ohne nähere Kenntnisse über die Lage der kritischen Waldgebiete kann leicht zu falschen Folgerungen führen. Auf diesen Umstand muss mit allem Nachdruck hingewiesen werden. Es ist ausserdem zu erwähnen, dass eine stichprobenweise Verbisskontrolle überall dort zwecklos ist, wo wichtige

Baumarten auf grossen Waldflächen im Grössenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m bereits nicht mehr vorhanden sind. Auch dieser Fall ist leider in bestimmten Gebieten Realität. In dieser Lage kann nur die Errichtung von Kontrollzäunen weiterhelfen.

Zusammenfassung

Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald

In 23 natürlich angesamten Jungwüchsen wurde für die Weisstanne, Fichte, Wald föhre, Lärche, Bergahorn und Esche der waldbaulich zulässige Verbissgrad bestimmt. Die Untersuchungsobjekte befinden sich in der Nordostschweiz und im Fürstentum Liechtenstein in Höhenlagen zwischen 800 und 1500 m ü. M. und liegen grösstenteils im Bereich der oberen, montanen Stufe.

Pro Jungwuchsfläche entnahm man in regelmässiger Verteilung rund 60 junge Waldbäume von 1,30 m Grösse, so dass das Untersuchungsmaterial insgesamt 1363 analysierte Pflanzen umfasst. An diesen Pflanzen hat man die tatsächliche Verbissbelastung festgestellt durch die Ermittlung der Verbisssspuren an der Sprossachse. Zu diesem Zweck wurden die Sprossachsen in 5 cm lange Abschnitte zerlegt, die man hernach in radialer Richtung aufspaltete. Ausserdem ermittelten wir die verbissbedingte Verzögerung des Höhenwachstums durch das abschnittweise Auszählen der Jahrringe mit der Lupe.

Im Gebirgswald mit seinem beschränkten Verjüngungspotential sollte ein spürbarer Pflanzenverlust durch Totverbiss verhindert werden. Mit Hilfe von präzisen Angaben über Pflanzenzahlen und Pflanzengrössen in gezäunten und ungeschützten Flächen (P. Burschel, 1975; G. Schreyer und V. Rausch, 1978) liess sich nachweisen, dass zwischen Höhenzuwachsverlust und Mortalität eine straffe Korrelation besteht. Danach setzt in der oberen, montanen Stufe der Totverbiss ein, wenn der durchschnittliche Höhenzuwachsverlust während des gesamten Gefährdungszeitraumes 25 Prozent übersteigt. Diesen Grenzwert verwendeten wir für die Festsetzung des zulässigen Verbissgrades, weil damit ein empfindlicher Anteil totverbissener Pflanzen bei allen untersuchten Baumarten mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Auf dieser Grundlage war es möglich, für vier verschiedene Grössenklassen sowohl die zulässigen Anteile verbissener Pflanzen als auch die zulässige Verbissintensität abzuleiten. Als Durchschnitt für den gesamten Grössenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m ergaben sich die folgenden Grenzwerte (*Tabelle 19*):

Tabelle 19. Zulässige Anteile verbissener Pflanzen A und zulässige Verbissintensität I in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Durchschnittswerte für den Größenbereich 0,10 bis 1,30 m.

| Baumart | A* | I** |
|------------|-------|-------|
| Weisstanne | 29,26 | 9,07 |
| Fichte | 27,68 | 12,32 |
| Waldföhre | 17,11 | 11,80 |
| Lärche | 34,97 | 22,01 |
| Bergahorn | 30,91 | 29,78 |
| Esche | 21,34 | 35,23 |

A*: Anteil der Pflanzen mit zwei und mehr sichtbaren Verbisssspuren an der Sprossachse.

I**: Anteil verbissener Endtriebe pro Jahr.

Als allgemeine Regel darf für den Gebirgswald gelten, dass im Größenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m der durchschnittliche Anteil verbissener Pflanzen bei Weisstanne und Fichte 30 Prozent nicht überschreiten sollte. Dieser Wert entspricht einer Verbissintensität von nicht mehr als 12 Prozent verbissener Endtriebe pro Jahr.

Résumé

Données de base pour apprécier l'abrutissement du gibier en forêt de montagne

Le degré d'abrutissement admis par la sylviculture pour le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le mélèze, l'érable sycomore et le frêne a été déterminé dans 23 taches de recrutement naturel. Les recherches ont été effectuées dans le nord-est de la Suisse et dans la principauté du Liechtenstein, à une altitude variant entre 800 et 1500 m; la plupart des objets étant situés à l'étage montagnard supérieur.

Dans chaque tache de rajeunissement on a prélevé, suivant une distribution régulière, 60 jeunes arbres hauts de 1,30 m, ce qui représente un matériel total de 1363 tiges. L'analyse des traces d'abrutissement de chacune de ces tiges a permis de déterminer la pression d'abrutissement effective. A cette fin, les tiges ont toutes été réduites en morceaux de 5 cm de longueur, puis fendus radialement en deux. De plus, le retardement de croissance en hauteur provoqué par l'abrutissement a été obtenu en comptant à la loupe les cernes annuels de chaque morceau.

En forêt de montagne où le potentiel de rajeunissement est limité, les pertes considérables de plants par abrutissement mortel sont à éviter. A l'aide de données précises sur le nombre et la grandeur des plants prospérant à l'intérieur de surfaces clôturées et sur surfaces non-protégées (P. Burschel, 1975; G. Schreyer et V. Rausch, 1978), il a été démontré qu'il existe une forte corrélation entre la perte d'accroissement en hauteur et la mortalité. D'après ces travaux, l'abrutissement mortel à l'étage montagnard supérieur intervient lorsque la perte moyenne d'accroissement en hauteur, durant toute la durée d'exposition à la dent du gibier, dépasse 25 pour-cent. Nous avons retenu ce seuil pour fixer le degré d'abrutissement admissible car il est ainsi possible d'exclure avec sûreté, chez toutes les espèces étudiées, un nombre important de plants mortellement abrutis.

Sur cette base, il fut possible de déduire, pour 4 classes de hauteur différentes, les proportions admissibles de plants abrutis ainsi que l'intensité d'abrutissement admissible. Comme moyenne pour l'ensemble des hauteurs entre 0,10 et 1,30 m on obtient les valeurs limites suivantes (*tableau 19*):

Tableau 19. Proportions admissibles de plants abrutis A et intensité d'abrutissement admissible I en pour-cent du nombre total de plants. Valeurs moyennes pour le domaine de hauteur entre 0,10 et 1,30 m.

| <i>Espèces</i> | <i>A*</i> | <i>I**</i> |
|-----------------|-----------|------------|
| Sapin | 29,26 | 9,07 |
| Épicéa | 27,68 | 12,32 |
| Pin sylvestre | 17,11 | 11,80 |
| Mélèze | 34,97 | 22,01 |
| Erable sycomore | 30,91 | 29,78 |
| Frêne | 21,34 | 35,23 |

*A**: Proportion de plants présentant deux ou plus de deux traces d'abrutissement visibles sur la tige.

*I***: Proportion de pousses terminales abruties par année.

On peut admettre comme règle générale pour les sapins et épicéas en forêt de montagne, que la proportion moyenne de plants abrutis dans l'intervalle de hauteur entre 0,10 et 1,30 m ne devrait pas dépasser 30 pour-cent. Cette valeur correspond à une intensité d'abrutissement inférieure à 12 pour-cent de pousses terminales abruties par année.

Traduction: *P. Junod*

Literatur

- Burschel, P.* 1975: Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. *Forschungsber., Forstl. Forschungsanst. München*, 22: 2–9.
- Burschel, P.; Löw, H.; Mettin, Ch.* 1977: Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfelser Landes. *Forschungsber., Forstl. Forschungsanst. München*, 37: 193 Seiten.
- Eiberle, K.* (1975): Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Triebsschnitt. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 126, 11: 821–839.
- Eiberle, K.* (1978): Folgewirkungen eines simulierten Wildverbisses auf die Entwicklung junger Waldbäume. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 129, 9: 757–768.
- Eiberle, K.* (1980): Methodische Möglichkeiten zum Verständnis der waldbaulich tragbaren Verbissbelastung. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 131, 4: 311–326.
- Eiberle, K.* (1985a): Der Wildverbiss als Forschungsproblem, dargestellt am Beispiel des Bergahorns. *Feld Wald Wasser / Schweiz. Jagdztg.*, 73 / 33, 10: 38–44.
- Eiberle, K.* (1985b): Bergahorn und Esche. Belastungsgrenzen für den Wildverbiss. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 136, 10: 849–856.
- Eiberle, K.* (1985c): Neue Erkenntnisse über den Wildverbiss. Das Beispiel der Esche. *Schweizerjäger*, 70, 16: 781–789.
- Eiberle, K.; Dürr, Ch.* (1984): Zur Beurteilung der kritischen Verbissbelastung bei der Waldfohre (*Pinus sylvestris*). *Beih. Z. Schweiz. Forstverein*, 72: 42–60.

- Eibebe, K.; Dürr, Ch. (1985): Grenzen der Verbissbelastung für die Weisstanne (*Abies alba*) in der kollinen Stufe. Waldhygiene, 16, 3/4: 95–106.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1983a): Über die Folgen des Wildverbisses an Fichte und Weisstanne in montaner Lage. Schweiz. Z. Forstwes., 134, 5: 361–372.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1983b): Daten zur tragbaren Verbissbelastung bei der Fichte. Der Schweizer Förster, 119, 7/8: 368–382.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1984): Zur Ermittlung und Beurteilung der Verbissbelastung. Forstw. Cbl. 103, 2: 97–110.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1986a): Untersuchung über den Verbiss durch die Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.) an Fichte (*Picea abies*). Ber. Bot.-Zoolog. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 15: 15–36.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1986b): Über den Einfluss des Rehes (*Capreolus capreolus*) auf die Walderneuerung. Säugeterkundl. Mitt., 33: 21–35.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1987a): Criteria for permissible browse impact on sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) in mountain forests. Experientia, 43: 127–133.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1987b): Zur Gefährdung des Bergahorns (*Acer pseudoplatanus*) durch den Wildverbiss. Ber. Naturwiss. Ges. St. Gallen, im Druck.
- Eiberle, K.; Riedi, B. (1985a): Die Ableitung der tragbaren Verbissbelastung (am Beispiel der Fichte). Bündnerwald, 38, 3: 63–75.
- Eiberle, K.; Riedi, B. (1985b): Kritische Werte der Verbissbelastung bei der Waldföhre (*Pinus sylvestris*) in einem Wintereinstandsgebiet des Rotwildes. Z. Jagdwiss., 31, 2: 103–116.
- Eiberle, K.; Schwager, G.; Dürr, Ch.; Krämer, A.; Rieder, M. (1986): Zur Kontrolle des Wildverbisses. Einige Daten über den erforderlichen Stichprobenumfang. Feld Wald Wasser / Schweiz. Jagdztg., 74/34, 8: 32–37.
- Eiberle, K.; Zehnder, U. (1985a): Kriterien zur Beurteilung des Wildverbisses bei der Weisstanne. Schweiz. Z. Forstwes., 136, 5: 399–414.
- Eiberle, K.; Zehnder, U. (1985b): Möglichkeiten zur objektiven Beurteilung des Wildverbisses. Gibier-Faune Sauvage, 2, 3: 59–74.
- Ellenberg, H.; Klötzli, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt., 48, 4: 589–930.
- Gadola, C.; Stierlin, H. R. (1978): Die Erfassung von Verbiss- und Fegeschäden in Jungwaldflächen. Schweiz. Z. Forstwes., 129, 9: 727–756.
- Mayer, H. (1973): Möglichkeiten und Grenzen der Schalenwildhege im Gebirgswald. Beih. Z. Schweiz. Forstverein, 52: 90–118.
- Mettin, Ch. (1977): Zustand und Dynamik der Verjüngung der Hochlagenwälder im Werdenfelser Land. Dissertation Fachbereich Forstwissenschaft, Universität München. 161 Seiten.
- Mlinšek, D. (1969): Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen-Buchenwald. Forstw. Cbl., 88, 4: 193–199.
- Ott, E.; Schönbächler, D. (1986): Die Stabilitätsbeurteilung im Gebirgswald als Voraussetzung für die Schutzwald-Überwachung und Pflege. Schweiz. Z. Forstwes., 137, 9: 725–738.
- Perko, F. (1983): Bestimmung des höchstzulässigen Verbissgrades am Jungwuchs. Schweiz. Z. Forstwes., 134, 3: 179–189.
- Schreyer, G.; Rausch, V. (1978): Der Schutzwald in der Alpenregion des Landkreises Miesbach. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München. 117 Seiten.
- Zai, L. E. (1964): Untersuchungen über Methoden zur Beurteilung von Rehwildverbiss in Waldbeständen. Viertelj. Naturforsch. Ges. Zürich, 109, 3: 197–265.

Anhang

Anhang I: Erläuterungen zu den Tabellen im Anhang II bis V

Zulässiger Verbissgrad

- A: Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Anteil der Pflanzen mit zwei und mehr sichtbaren Verbisssspuren an der Sprossachse.
- I: Zulässige Verbissintensität in Prozenten der Gesamtpflanzenzahl. Anteil verbissener Endtriebe pro Jahr.

Waldgesellschaften

Nomenklatur nach H. Ellenberg und F. Klötzli (1972)

| | Untersuchungseinheit Nr. |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1: Typischer Waldimsen-Buchenwald | 7 |
| 7: Typischer Waldmeister-Buchenwald | 11 |
| 8: Waldhirszen-Buchenwald | 12 |
| 12: Typischer Zahnwurz-Buchenwald | 13,21 |
| 13: Linden-Zahnwurz-Buchenwald | 1,2 |
| 18: Typischer Tannen-Buchenwald | 3,5,9,10 |
| 20: Farnreicher Tannen-Buchenwald | 18 |
| 47: Landschilf-Fichten-Tannenwald | 4,14,16 |
| 48: Farn-Tannenmischwald | 6,8,17 |
| 55: Ehrenpreis-Fichtenwald | 15,19,20,22 |
| 65: Schneeheide-Föhrenwald | 23 |

Wildarten

H: Rothirsch

G: Gemse

R: Reh

Parameter, Pflanzengröße 1,30 m

- x_1 : Kritische Belastung für 25 Prozent Höhenzuwachsverlust. Anzahl Verbisssspuren pro Pflanze.
- x_2 : Durchschnittsalter der Pflanzen ohne Verbiss ($V_t = 0$).
- x_3 : Anteil sichtbare Verbisssspuren ($V_s : V_t$).
- x_4 : Anteil der Verbisssspuren bis 0,70 m.

Anhang II: Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen A und zulässige Verbissintensität I in Prozenten.

| Bereich | Pflanzengrösse cm | Untersuchungseinheit | | | | | | | | | | 6 Fichte | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|-------------|----------|----------|-------------|-------|-------|----------|----------|-------|--|
| | | 1 Esche | | | 2 Bergahorn | | | 3 Bergahorn | | | 4 Fichte | | | |
| | | Mitte | A | I | A | I | A | I | A | I | A | | | |
| 0 – 10 | 5 | 1,40 | 23,61 | 4,86 | 32,97 | 6,21 | 40,21 | 1,19 | 8,29 | 2,66 | 13,79 | 8,44 | 18,41 | |
| 10 – 40 | 25 | 12,22 | 32,56 | 29,00 | 39,35 | 20,40 | 27,75 | 15,12 | 11,10 | 11,92 | 10,29 | 36,66 | 20,96 | |
| 40 – 70 | 55 | 27,96 | 54,44 | 45,05 | 46,88 | 33,38 | 35,40 | 30,11 | 16,04 | 26,78 | 15,56 | 52,05 | 23,89 | |
| 70 – 100 | 85 | 40,96 | 35,68 | 51,79 | 52,96 | 41,18 | 29,23 | 34,16 | 17,76 | 42,61 | 21,11 | 49,95 | 7,31 | |
| 100 – 130 | 115 | 42,42 | 10,89 | 52,38 | 6,88 | 40,33 | 7,66 | 29,08 | 8,88 | 58,42 | 22,03 | 45,94 | 30,64 | |
| 10 – 130 | 70 | 38,38 | 37,84 | 46,82 | 40,05 | 37,84 | 26,85 | 32,63 | 13,52 | 34,35 | 16,98 | 52,04 | 20,44 | |
| – | 130 | 42,26 | 34,02 | 51,10 | 38,21 | 39,37 | 29,83 | 24,37 | 12,74 | 64,91 | 16,51 | 46,72 | 19,98 | |
| Waldges., Wildart | 13 | R | 13 | R | 18 | H, R | 47 | G | 18 | H | 48 | H | | |
| Parameter | x_1 | 2,07803 | 2,78689 | 2,21959 | 3,64964 | 3,32862 | 4,26718 | | | | | | | |
| | x_2 | 4,88692 | 5,83542 | 5,95261 | 22,92222 | 16,12556 | 17,08338 | | | | | | | |
| | x_3 | 0,69402 | 0,64242 | 0,61202 | 0,25846 | 0,66549 | 0,37356 | | | | | | | |
| | x_4 | 0,85075 | 0,83030 | 0,82514 | 0,66102 | 0,45423 | 0,76923 | | | | | | | |

Anhang III: Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen A und zulässige Verbissintensität I in Prozenten.

| | | Untersuchungseinheit | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|----------------------|---------|----------|---------|----------|--------------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|----------|--|
| | | 9 Fichte | | | | | 10 Weissanne | | | | | 11 Bergahorn | | 12 Esche | |
| | | 7 Weissanne | | 8 Lärche | | 9 Fichte | | 10 Weissanne | | 11 Bergahorn | | 12 Esche | | | |
| Bereich | Mitte | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | | |
| cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 – 10 | 5 | 2,61 | 9,13 | 9,15 | 52,99 | 0,58 | 5,69 | 4,04 | 11,34 | 0,31 | 19,43 | 0,86 | 17,34 | | |
| 10 – 40 | 25 | 15,68 | 11,38 | 37,96 | 35,76 | 5,43 | 7,43 | 28,85 | 13,35 | 2,84 | 18,19 | 3,47 | 25,41 | | |
| 40 – 70 | 55 | 28,12 | 17,35 | 48,62 | 32,96 | 10,99 | 7,96 | 47,68 | 14,74 | 5,40 | 29,92 | 11,46 | 52,81 | | |
| 70 – 100 | 85 | 34,98 | 13,55 | 59,05 | 40,15 | 11,94 | 7,48 | 57,14 | 15,45 | 7,92 | 22,54 | 24,27 | 37,45 | | |
| 100 – 130 | 115 | 36,97 | 12,04 | 60,55 | 35,57 | 10,35 | 3,64 | 61,53 | 9,53 | 7,69 | 5,67 | 25,81 | 10,59 | | |
| 10 – 130 | 70 | 32,36 | 13,12 | 53,12 | 35,98 | 11,55 | 7,07 | 52,91 | 13,61 | 7,37 | 20,49 | 18,90 | 35,84 | | |
| – | 130 | 36,91 | 12,18 | 59,32 | 39,15 | 9,27 | 6,79 | 61,44 | 13,21 | 7,35 | 20,20 | 25,44 | 30,91 | | |
| Waldges., Wildart | 1 | H | 48 | H | 18 | R | 18 | R | 7 | R | 8 | R | | | |
| Parameter | | 2,48847 | 3,95852 | | 1,40393 | | 4,44952 | | 0,84387 | | | | 1,26702 | | |
| X ₁ | | 16,34868 | | 8,08830 | | 16,52917 | | 26,95273 | | 3,34137 | | | 3,27923 | | |
| X ₂ | | 0,51775 | | 0,50447 | | 0,35269 | | 0,48105 | | 0,54286 | | | 0,76804 | | |
| X ₃ | | 0,72589 | | | 0,66667 | | 0,77647 | | 0,74053 | | 0,85143 | | 0,75773 | | |

| Pflanzengrösse | | Untersuchungseinheit | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|----------------------|-------|----------|-----------|----------|------|-----------|-------|----------|-----------|----------|------|--------------|---|---|--------------|--|--|
| | cm | 13 Esche | | | 14 Fichte | | | 15 Fichte | | | 16 Fichte | | | 17 Weissanne | | | 18 Weissanne | | |
| Bereich | Mittel | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | A | I | | |
| 0 – 10 | 5 | 0,06 | 10,44 | 2,59 | 12,07 | 0,98 | 6,07 | 2,54 | 10,11 | 1,62 | 10,20 | 0,39 | 5,58 | | | | | | |
| 10 – 40 | 25 | 1,90 | 31,24 | 15,81 | 11,86 | 7,12 | 4,90 | 14,71 | 11,94 | 12,67 | 7,25 | 6,24 | 5,81 | | | | | | |
| 40 – 70 | 55 | 9,05 | 50,71 | 24,58 | 10,50 | 9,72 | 5,47 | 25,75 | 11,73 | 22,57 | 8,99 | 8,10 | 5,98 | | | | | | |
| 70 – 100 | 85 | 17,81 | 44,80 | 26,16 | 11,82 | 9,75 | 4,42 | 19,93 | 5,85 | 26,13 | 6,75 | 7,79 | 3,34 | | | | | | |
| 100 – 130 | 115 | 20,45 | 23,40 | 23,56 | 6,44 | 6,95 | 2,33 | 10,62 | 1,44 | 25,46 | 6,40 | 6,44 | 2,46 | | | | | | |
| 10 – 130 | 70 | 13,73 | 38,82 | 25,91 | 10,57 | 11,04 | 4,56 | 23,71 | 9,10 | 24,64 | 7,43 | 8,37 | 5,19 | | | | | | |
| – | 130 | 20,26 | 33,16 | 19,81 | 10,82 | 5,14 | 4,77 | 6,98 | 9,26 | 24,80 | 7,87 | 5,73 | 5,26 | | | | | | |
| Waldges., Wildart | | 12 | H, R | 47 | H | 55 | G | 47 | H | 48 | H | 20 | R, G | | | | | | |
| Parameter | X ₁ | 1,20174 | | 2,51677 | | 1,52528 | | 2,55149 | | 2,06021 | | 1,15280 | | | | | | | |
| | X ₂ | 2,89892 | | 18,60877 | | 25,55464 | | 22,05273 | | 20,94525 | | 17,53312 | | | | | | | |
| | X ₃ | 0,69955 | | 0,32428 | | 0,23029 | | 0,17320 | | 0,46631 | | 0,32080 | | | | | | | |
| | X ₄ | 0,70852 | | 0,73513 | | 0,76316 | | 0,87401 | | 0,72021 | | 0,89167 | | | | | | | |

Anhang V: Zulässiger Anteil verbissener Pflanzen A und zulässige Verbissintensität I in Prozenten.

| Bereich | Pflanzengrösse cm | Untersuchungseinheit | | | | | | I | |
|-------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------|-------|----------|-------|---------|--|
| | | 19 Waldföhre | | 20 Lärche | | 21 Esche | | | |
| | | Mitte | A | I | A | I | A | | |
| 0 – 10 | 5 | 3,22 | 16,66 | 6,04 | 24,15 | 0,18 | 11,95 | 0,98 | |
| 10 – 40 | 25 | 16,16 | 11,09 | 30,09 | 20,19 | 3,44 | 21,19 | 5,16 | |
| 40 – 70 | 55 | 18,67 | 7,03 | 39,49 | 21,18 | 11,61 | 41,39 | 12,30 | |
| 70 – 100 | 85 | 18,36 | 3,56 | 41,75 | 14,74 | 18,19 | 38,86 | 15,31 | |
| 100 – 130 | 115 | 16,26 | 1,73 | 36,17 | 6,95 | 22,02 | 27,37 | 15,35 | |
| 10 – 130 | 70 | 19,02 | 7,03 | 41,25 | 16,93 | 15,05 | 30,36 | 14,21 | |
| – | 130 | 14,86 | 9,08 | 32,45 | 18,05 | 22,29 | 26,25 | 14,19 | |
| | | | | | | | | 18,97 | |
| | | | | | | | | 12,83 | |
| | | | | | | | | 11,66 | |
| Waldges., Wildart | | 55 | H, R | 55 | H, R | 12 | H, R | 55 | |
| Parameter | X ₁ | 1,35810 | | 3,13229 | | 1,42574 | | 1,52192 | |
| | X ₂ | 11,97078 | | 13,88015 | | 4,34474 | | 8,24577 | |
| | X ₃ | 0,50003 | | 0,37624 | | 0,62712 | | 0,44776 | |
| | X ₄ | 0,91463 | | 0,80198 | | 0,68136 | | 0,29588 | |
| | | | | | | | | 0,76119 | |
| | | | | | | | | 0,81065 | |