

Diplomarbeit an der Professur für Ecosystem Management/Waldbau
Departement für Umweltwissenschaften ETH Zürich

Ausmass und zeitliche Dynamik der Schlagschäden von Steinböcken (*Capra i. ibex*) in der Val Trupchun im Schweizerischen Nationalpark



Diplomand
Mario Theus
Chasa Pradatsch
7537 Müstair

Referent
Dr. Peter Rotach

Korreferenten
Heinz Nigg
Dr. Flurin Filli

Danksagung

Ich möchte meinen Betreuern Heinz Nigg und Flurin Filli für die Ermöglichung dieser Arbeit recht herzlich Danken. Ein besonderer Dank geht dabei an Flurin Filli, der mir die selbständige arbeit an diesem sehr interessanten Thema im Schweizerischen Nationalpark ermöglicht hat. Mit grosszügiger Hilfe seitens des Nationalparkteams unterstützten mich bei dieser Arbeit auch Seraina Campell, Anita Phytton und Regual Bollier. Danke! Für die Auswertung der Daten war ich auf die Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Birmensdorf angewiesen. Diesbezüglich möchte ich mich bei Andreas Ringling bedanken. Ein Dankeschön auch für die Mithilfe und zur Verfügung gestellten Daten an Giachem Bott, Gian Clà Feuerstein und Claudio Wiesmann vom Amt für Wald Graubünden.

Last but not least möchte ich mich noch bei meinen Eltern Toni und Barbara Theus für das Sponsoring bedanken!

Ihnen allen ein herzliches Dankeschön!

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Der Steinbockbestand in der Val Trupchun	5
2.1. Die Steinbockkolonie der Val Trupchun.....	5
2.2. Schlag- und Fegeverhalten von Steinböcken.....	7
3. Das Untersuchungsgebiet	8
4. Methode	9
4.1. Perimeter, Stichprobennetz, Inventur.....	9
4.1.1. Meteorologische Daten.....	11
4.1.2. Unterscheidungsmerkmale der Verletzungsursachen.....	11
4.1.3. Bohrkerngewinnung.....	13
4.2. Rückdatierungsmethode der Stammverletzungen.....	14
4.2.1. Rückdatieren mit auszählen.....	14
4.2.2. Crossdatierung.....	15
4.3. Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten.....	16
5. Ergebnisse	17
5.1. Stammverletzungen	17
5.2. Stammverletzungen und Steinbockbestand.....	20
5.3. Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten.....	23
5.4. Vergleich mit den Ergebnissen von FEUERSTEIN (1997) und WIESMANN (2005) ...	29
6. Diskussion	33
7. Zusammenfassung	42
8. Literatur	43
I. Anhang.....	46

1. Einleitung

Nach den ersten erfolgreichen Aussetzungen von Steinböcken *Capra i. ibex*, stellte man wenig Zeit später, forstlich nachteilige Auswirkungen wie Verbiss und Stammverletzungen fest (ABDERHALDEN & BUCHLI 1998). Die Einwirkung auf den Wald erfolgt vor allem durch Schlag- und Fegeverletzungen, was auf ein arttypisches Verhalten zurückzuführen ist (WIRZ 1991). Diesbezüglich erste "Klagen" gab es bereits um 1934 in der Steinbockkolonie Augstmatthorn. Schlagschäden wurden gegen Ende der 1970er Jahre auch in Aufforstungsgebieten bei Kandersteg festgestellt (LÜPS & ZUBER 1986). Das Jagdinspektorat des Kantons Bern zahlte ab 1935 Schadensersatz (BRÜLLHARDT & LÜPS 1984). Die Schadensersatzgelder waren im Kanton Bern und auch im Kanton Graubünden der Auslöser für umfangreiche Wegfänge und erste Hegeabschüsse (ABDERHALDEN & BUCHLI 1998).

In den Aufforstungen am Schafberg in Pontresina traten erste Schäden im Jahr 1945 auf (GIACOMETTI 1988). Am Schafberg wurden in Aufforstungen und Lawinenverbauungen, seit Beginn des 20. Jahrhunderts, grosse Investitionen getätigt (FREHNER 1985). In diesem Gebiet wurde eine Zunahme der Verbiss-, Schlag- und Trittschäden durch das Steinwild festgestellt. Die Schweizerische Eidgenossenschaft forderte deswegen im Jahr 1986 für die Auszahlung weiterer Beträge eine markante Reduktion der Steinbockkolonie Albris (STADLER 1990, zitiert in: ABDERHALDEN & BUCHLI 1998).

Diese Reduktion wurde zwischen 1987 und 1991 ausgeführt (FEUERSTEIN 1997). Die Wirkung dieser Bestandesreduktion auf die Schadensbelastung untersuchte FEUERSTEIN (1997). Er folgerte, dass der Steinbock in diesem Gebiet den grössten Anteil an Stammverletzungen verursacht. Dazu führten die Bestandesreduktionen entgegen den Erwartungen nicht zum erwünschten Ergebnis. Die Anzahl jährlich neu entstandenen Stammverletzungen steigerte sich seit 1987 kontinuierlich (FEUERSTEIN 1997).

ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) fanden ausser am Schafberg, auch auf der orographisch rechten Talseite der Val Trupchun im Schweizerischen Nationalpark (SNP) wesentlich mehr Stammverletzungen als in anderen Gebieten. Etwa die Hälfte der Stammverletzungen (10 von 20 %) führen ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) auf den Steinbock zurück. Schon NIEVERGELT (1966) beobachtete vereinzelt fegende Steinböcke in der Val Trupchun.

Die Entwicklung der Steinbockbestände im SNP sind gut dokumentiert (SÆTHER et al. 2002). Schon um 1920 hat man mit Bestandesaufnahmen begonnen. Die Steinwildjagd, die ausserhalb des SNP zur Bestandesregulation und teilweise zur Verbesserung der Wildschadenssituation ausgeführt wird, ist im Parkgebiet ausgeschlossen. Forstliche Eingriffe

in die Bergwälder sind seit der Integration in den SNP ebenfalls unterlassen worden. Diese Faktoren führen zu einer besonderen Ausgangslage und der Vergleich mit Steinbockkolonien ausserhalb des Nationalparkgebietes bietet sich an. Die genauen Ursachen, welche zu Schwankungen im Ausmass der Schlagschäden führen, sind noch nicht geklärt. Auch die genaue Motivation der Steinböcke für das Schlag- und Fegeverhalten lässt noch einige Fragen offen. Vergleiche zwischen, anthropogen ungestörten und genutzten Gebieten bzw. Steinbockkolonien, könnten zu neuen Erkenntnissen führen. Aus diesem Grund wurden die Aufnahmen von FEUERSTEIN (1997) auf Parkgebiet in der Val Trupchun wiederholt.

Folgende Fragen stehen im Vordergrund:

- Welche Wirkung auf die Entstehung von *Schlagschäden* haben natürliche Schwankungen der Bestandesdichte und der Bestandesstruktur?
 - Welche Folgerungen können über das Aggressions- oder Komfortverhalten als Motivation für das Schlag- und Fegeverhaltens gemacht werden?
 - Welche Faktoren beeinflussen das Ausmass der Schlagschäden?
-

2. Der Steinbockbestand in der Val Trupchun

2.1 Die Steinbockkolonie der Val Trupchun

Nachdem die beiden ersten Wiederansiedelungsversuche im Weisstannental und am Piz Aela stattfanden, begann man im Jahr 1920 mit der Aussetzung vom Steinbock im SNP (NIEVERGELT 1966, FILLI 1995). Im Jahr 1921 siedelten sich zwei Geissen ausserhalb des SNP am Piz Albris an. Sie gaben damit den Anstoss zur Gründung jener Kolonie (AESCHBACHER 1974, FILLI 1995).

Bis 1926 wurden alle Steinböcke im Gebiet des Piz Terza ausgesetzt. Am 7. Juli 1933 wurden im hinteren Teil der Val Tantermozza drei Böcke und sechs Geissen freigelassen. Im folgenden Jahr (1934) wurden weitere drei Böcke und sieben Geissen an derselben Stelle freigelassen. Noch im gleichen Jahr konnten in der Val Trupchun Steinböcke beobachtet werden (FILLI 1995).

Im Laufe der Jahre wuchs der Steinbockbestand der Val Trupchun an. Nachdem sie sesshaft geworden sind, entwickelte sich die Population sehr schnell (BURCKHARDT 1961). Heute kann man dieses Tal als zentralen Lebensraum dieser Steinbockkolonie betrachten. BURCKHARDT (1961) stellte fest, dass erst nach der Entdeckung der guten Wintereinstände in der Val Trupchun, der Bestand wieder zunahm.

Später weiteten die Steinböcke ihren Lebensraum immer stärker aus. Die Steinböcke der Kolonie Piz Terza und Tantermozza-Trupchun schlossen sich zur Steinbockkolonie Nationalpark zusammen und erweiterten den Lebensraum in Richtung Kolonie Albris. Beide Kolonien verschmolzen im Lauf der Zeit. Mitte der 1950er Jahre erreichte die Kolonie Nationalpark die Kapazitätsgrenze des Lebensraumes. Seitdem schwankt der Bestand zwischen 200 und 300 Stück (FILLI 1995).

Im Jahr 2004 wurden in der Val Trupchun insgesamt ein Steinbockbestand von 203 Tieren gezählt (Angaben SNP). Die höchsten Bestände gehen auf die 1990er Jahre zurück, wo zum Teil bis über 400 Tiere gezählt wurden (Abb. 1). Die strengen Winter Ende der 1990er Jahre liessen die Bestandeszahlen jedoch auf das heutige Niveau sinken. Schon 1970 hatte die Kolonie einen starken Rückgang erlitten. Damals starben in einer Lawine im Raum Chanel 96 Tiere. Erst während des Jahres 1985 wurde die einstige Populationsgrösse wieder erreicht (FILLI 1995).

Blickt man auf die Entwicklung von Böcken und Geissen, so wurden nur 1993 mehr Böcke als Geissen gezählt (Abb. 2). Die Bestandesschwankungen sind bei männlichen und bei weiblichen Tieren fast gleich, was bei den Kitzen nicht immer zutrifft.

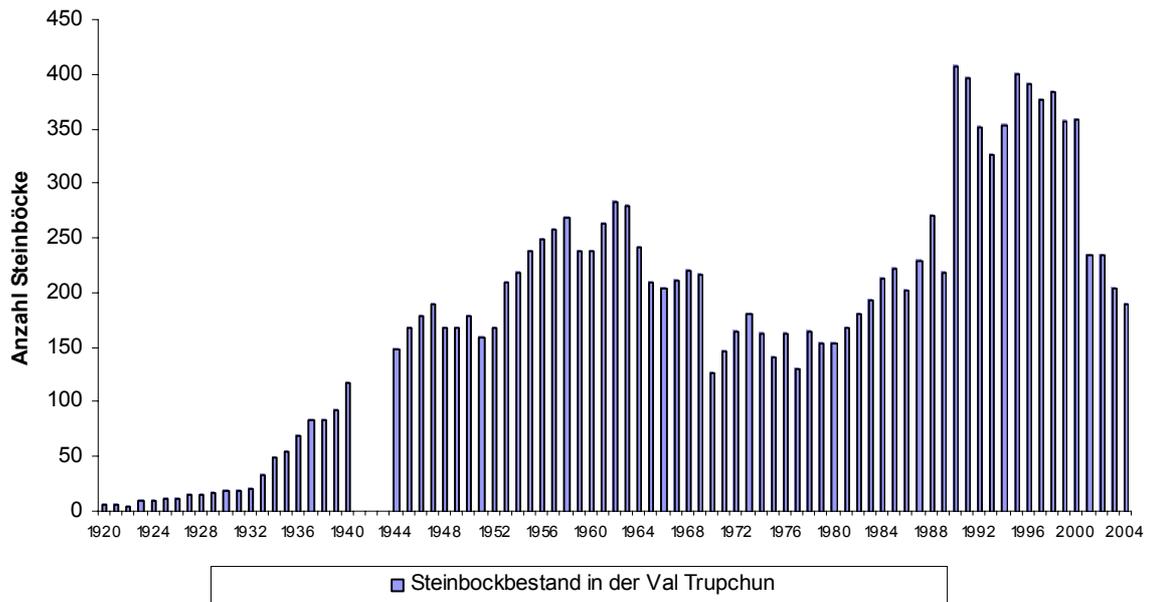


Abb. 1: Entwicklung des Steinbockbestandes in der Val Trupchun

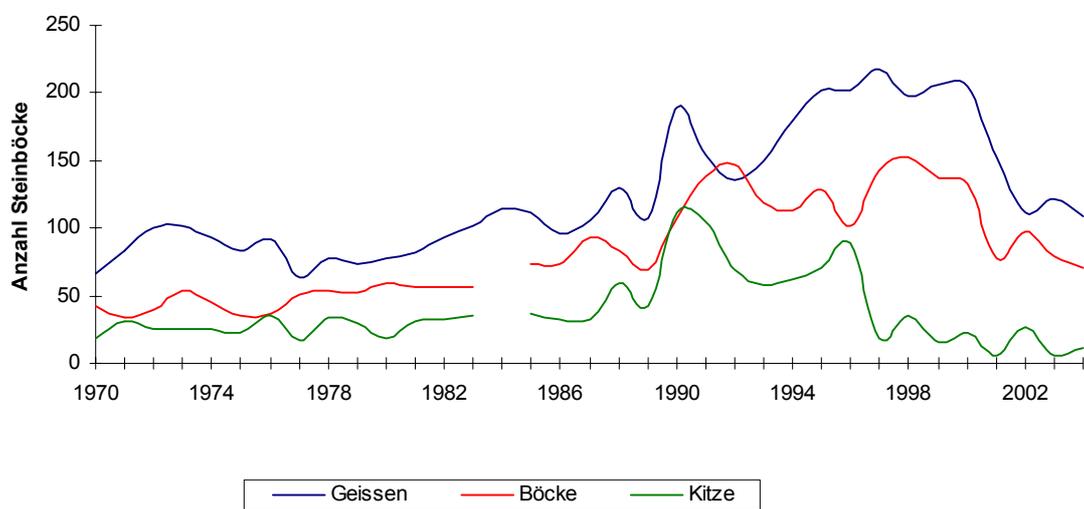


Abb. 2: Entwicklung der Bestandeszahlen ab 1970 in der Val Trupchun, aufgeteilt in Böcke, Geissen und Kitze

2.2 Schlag- und Fegeverhalten von Steinböcken

Das Verhalten von Steinböcken ist von verschiedenen Autoren untersucht worden (NIEVERGELT 1966, AESCHBACHER 1978, WIRZ 1991, LÜPS 1995). Auch über Wildschäden im Zusammenhang mit dem Steinbock und deren Auswirkungen sind einige Arbeiten verfasst worden (CAMPELL 1958, BRÜLLHARDT & LÜPS 1984, FREHNER 1985, LÜPS & ZUBER 1986, LISS 1988, STADLER et al. 1993, FEUERSTEIN 1997, ABDERHALDEN & BUCHLI 1998).

Das Fegeverhalten ist beim Reh *Capreolus c. capreolus* und Rothirsch *Cervus e. elaphus* beschrieben. Beide Arten bauen ihr Geweih jährlich im Frühling neu auf. Die Basthaut wird durch vorwiegend vertikal geführte Reibbewegungen an Bäumen und Sträuchern entfernt (SCHLOETH 1968).

WIRZ (1991) untersuchte in der Val Trupchun das Fegeverhalten von Steinböcken. Die Bezeichnung „Fegen“ übernimmt WIRZ (1991) weil Steinböcke, ähnlich wie Reh und Rothirsch, Verletzungen durch Reibbewegungen mit den Hörnern an Stämmen und Zweigen verursachen. Aus seinen Beobachtungen folgert WIRZ (1991): „Das Fegen der Steinböcke ist als Komfortverhalten zu interpretieren, als eine Reaktion auf den Juckreiz im Zusammenhang mit dem Fellwechsel und den Hornwachstumsschüben.“

Während sich Fegeschäden beim Steinbock vor allem auf Jungbäume beschränken, sind Schlagschäden durch Steinböcke bei allen Entwicklungsstufen möglich. SCHLOETH (1968) interpretiert das Schlagverhalten beim Rothirsch als aggressiv motiviertes Verhaltensmuster, das meistens im Zusammenhang mit Kämpfen zwischen Artgenossen auftritt. ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) beschreiben für den Steinbock das gleiche Verhaltensmuster. Akteure sind dabei meist ausgewachsene Böcke. Bäume dienen beim Rothirsch und beim Steinbock als Ersatzobjekt für den männlichen Artgenossen.

Im Frühjahr und im Herbst, wenn sich die Steinbockbestände durchmischen und neue Gruppen gebildet werden, häufen sich die Kämpfe um die Rangordnung. In diesen Zeitspannen befindet sich das Maximum des Schlagens (ABDERHALDEN & BUCHLI 1998). Auch WIRZ (1991) vermutete neben dem Maximum des Schlagens im Frühjahr ein zweites im Spätherbst vor der Brunft.

Im Unterschied zu anderen Wildarten, wie beispielsweise beim Rothirsch, finden die Kämpfe zwischen Steinböcken aber nur ganz selten während der Brunft statt. Diese ist beim Steinbock von November bis Februar. In dieser Zeit gelten die bereits festgelegten Rangordnungen (AESCHBACHER 1978).

3. Das Untersuchungsgebiet

Die Val Trupchun (Abb. 3) befindet sich im SNP und umfasst eine Fläche von über 20 km². Die orographisch rechte Talseite gehört seit der Gründung im Jahre 1914 zum SNP. Die linke Talseite wurde erst 1961 integriert (HALLER 2002).

Das Klima ist kontinental mit relativ wenig Niederschlag. Das Tal verfügt über 250 ha Wald. Die rechte Talseite ist zu 50 % mit Lärchen-Arvenwald bewachsen, 25 % sind Magerwiesen und etwa 10 % ist Lärchen-Fichtenwald. Von der linken Talseite sind jeweils knapp 40 % Lärchen-Arvenwald und Lärchen-Fichtenwald. Magerwiesen bedecken 12 % der Fläche und 7 % sind Felsstandorte (WEPPLER & SUTER 2006).

Ausser dem Steinbock nutzen auch Gämsen *Rupicapra r. rupicapra*, Rothirsche und wenige Rehe das Tal. Rothirsche sind vor allem im Sommer bis Herbst zahlreich vorhanden. In der Val Trupchun leben 200 bis 400 Steinböcke. Die rechte Talseite ist ein guter Wintereinstand für Steinböcke und Gämsen, da die südwestliche Exposition auch im Winter zu Sonneneinstrahlung verhilft und die sehr steilen Hänge schnell ausapern (FILLI 1995).

Das untersuchte Gebiet (Abb. 4) befindet sich auf der rechten Talseite der Val Trupchun und liegt in einem Höhenbereich zwischen 1800 und 2200 m ü.M. Das Untersuchungsgebiet beginnt bei der Val Cotschna, der Wanderweg bildet die untere Grenze und die obere Grenze folgt der Waldgrenze. Die untersuchte Fläche umfasst 42 ha. Die Wälder haben eine geringe Stammzahl. Lärchen *Larix decidua* und Arven *Pinus cembra* sind häufig, Fichten *Picea abies* kommen nur vereinzelt vor.

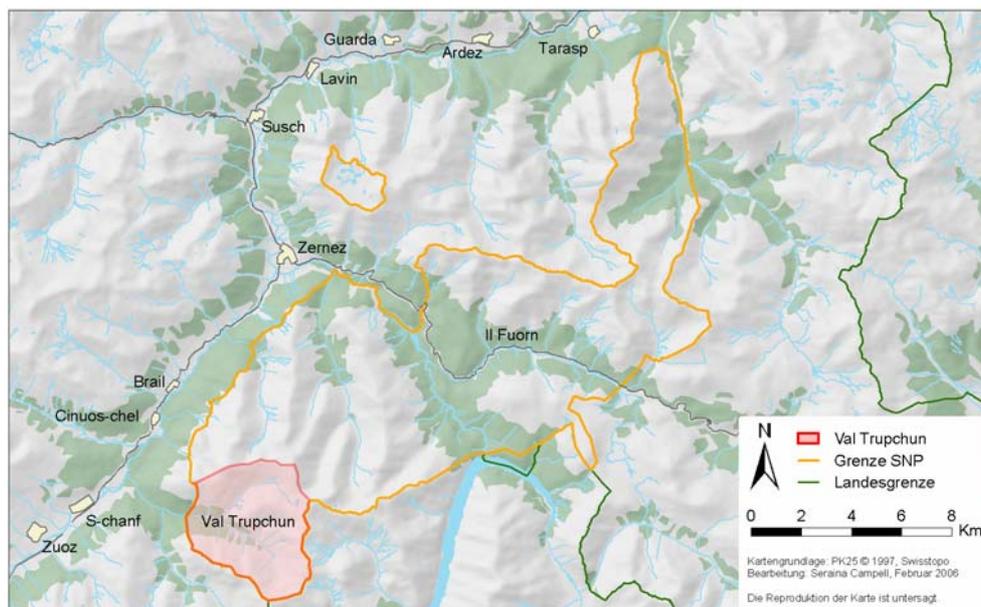


Abb. 3: Die geografische Lage des SNP und der Val Trupchun.

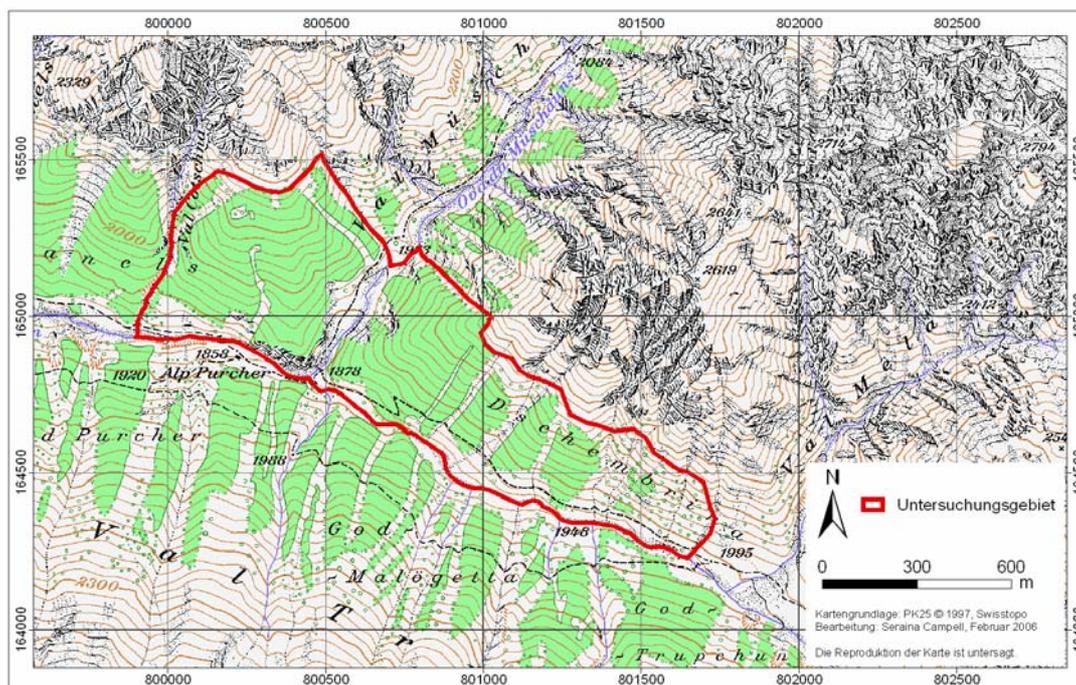


Abb. 4: Die rote Linie grenzt das Untersuchungsgebiet der Val Trupchun (SNP) ab.

4. Methode

4.1 Perimeter, Stichprobennetz, Inventur

Die Daten wurden von Anfang bis Mitte November 2005 erhoben. Im Untersuchungsgebiet war noch kein Schnee gefallen und die Tagestemperaturen waren klar über dem Gefrierpunkt.

Die Proben wurden mit Hilfe einer zweiten Person aufgenommen.

Beprobt wurden alle Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von 8 cm mit Verletzungen, die auf den Steinbock zurückzuführen sind. Die erfassten Daten wurden in ein Aufnahmeformular eingetragen.

Der Perimeter umfasst eine Fläche von 42 ha in dem das Stichprobennetz bereits vor Beginn der Aufnahmen vorhanden war (Abb. 4 & 5). In einem 100 x 100 m Raster sind die Stichprobenpunkte anhand eines Vermessungspflocks (Abb. 6) im Boden markiert. Um den jeweiligen Vermessungspflock zu finden, wurde lediglich eine Landkarte 1:25000 plus Kompass benötigt. Das Stichprobennetz umfasste 72 Stichprobenpunkte. Von diesen Stichprobenpunkten wurden 68 untersucht und davon Daten erhoben. Die vier verbliebenen

Stichprobenpunkte lagen in einer Dauerbeobachtungsfläche, welche unberührt bleiben musste.

Die Probeflächen sind kreisförmig und haben in der horizontalen Projektion eine Fläche von 3.14 a. Dies entspricht einem Kreis mit Radius (r)10 m. Mit der Formel,

$$r_{\text{kor}} = 10 \cdot \sqrt{1/\cos(\text{Hangneigung})}$$

wird der Radius der Hangneigung angepasst (FEUERSTEIN 1997). Zusammengezählt entsprechen die 68 Probeflächen einer absoluten Fläche von 2.14 ha, was 5.1 % der gesamten Perimeterfläche entspricht.

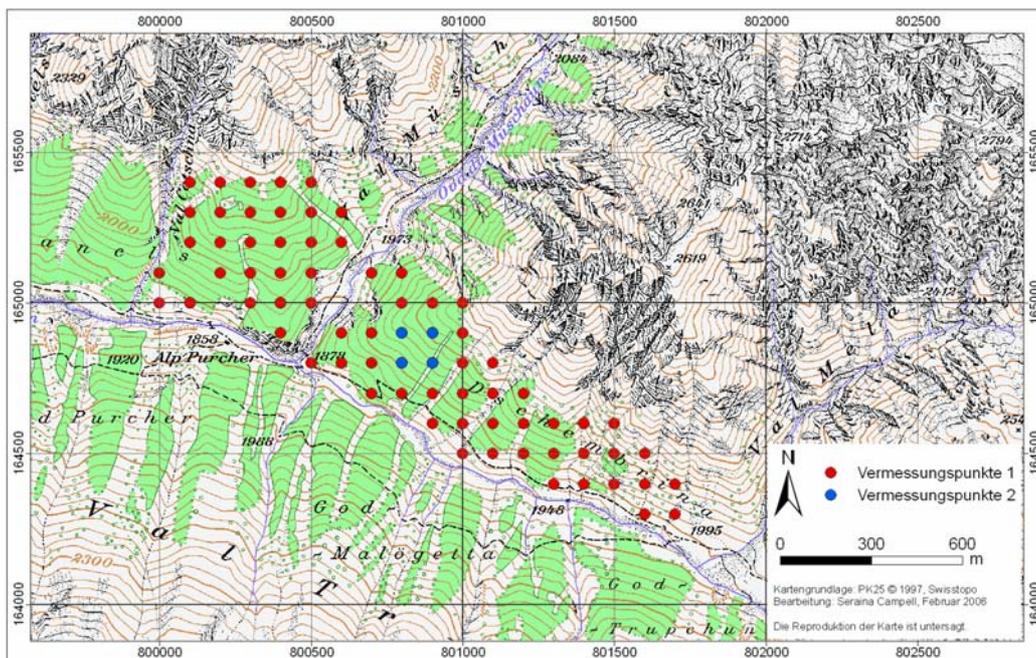


Abb. 5: Das Stichprobenetz mit den insgesamt 72 Stichprobenpunkten. Die blau markierten Stichprobenpunkte wurden nicht bearbeitet. Sie befinden sich in einer Dauerbeobachtungsfläche des SNP, die unberührt bleiben musste.



Abb. 6: Vermessungspflöck im Zentrum jeder Stichprobenfläche

4.1.1 Meteorologische Daten

Die im Untersuchungsgebiet erhobenen und ausgewerteten Daten wurden mit meteorologischen Daten der Station Bever/Samedan verglichen. Diese meteorologischen Daten stammen von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (MeteoSchweiz). Die Messstation befindet sich beim Flugplatz Samedan, auf 1705 m. ü.M.

4.1.2 Unterscheidungsmerkmale der Verletzungsursachen

Um eine Stammverletzung dem Steinbock zuzuordnen, sind folgende Kriterien angewendet worden:

a. Aussehen der Stammverletzung

Die Charakteristik von Steinbockschäden ist in ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) beschrieben. Die typische Erscheinungsformen sind ein oder zwei parallel angeordnete, ellipsenförmige Verletzungen (Abb. 7), welche von den Scheuer- und Schlagbewegungen des Steinbocks verursacht werden. Die Verletzungen können bei dünnen Bäumen in der Mitte miteinander verschmelzen (Abb. 8), bei dickeren hingegen entstehen Verletzungen in Schmetterlingsform, oder gar zwei nicht verbundene Verletzungen. Im Unterschied zum Rothirsch, verletzt der Steinbock den Holzkörper durch die glatten Gehörnknoten nie (Abb. 9). Diese Unterscheidungsmerkmale können vor allem bei Bäumen mit einem BHD ab 8 cm zumindest teilweise nachvollzogen werden

b. Spuren wie Steinbockwolle oder Haare (Abb. 10)

Durch die Interaktion des Steinbock mit dem Baum bleibt oft Steinbockwolle und/oder Haare am Baumstamm haften. Steinbockwolle und Haare können sehr lange am Harz kleben bleiben, deshalb haben solche Indizien nur bei frischen Verletzungen Aussagekraft. Die Bäume auf den Probestellen wurden systematisch nach Verletzungen, die den obigen Kriterien entsprechen, abgesucht.



Abb. 7: Ellipsenförmige Schlagverletzung von Steinböcken (Schmetterlingsform)



Abb. 8: Schlagverletzung von Steinböcken, bei der die Verletzungsflächen ineinander verschmelzen. Meistens bei dünneren Bäumen der Fall



Abb. 9: Schlagverletzungen die durch Rothirsche verursacht wurden. Der Holzkörper ist im Unterschied zu Steinbockschäden klar verletzt und ausgefranst.



Abb. 10: Steinbockwolle. Oft an Baumstämmen zu finden

4.1.3 Bohrkerngewinnung

Die am Stamm verletzten Bäume wurden mit einem Dendroböhrer beprobt. Dabei entstehen runde Querschnittsstäbchen mit einem Durchmesser von 5 mm, die den Jahrringaufbau wiedergeben.

Geböhrt wurde von der verletzten Stelle her quer durch den ganzen Baum (Abb. 11). Dabei galt es den Bohrer so anzusetzen, dass er möglichst durch das Zentrum geht. Dies vereinfacht die spätere Rückdatierung, da man mehr Jahrringe zur Verfügung hat.

Nach dem Aufsetzen benötigt der Bohrer starken Druck von hinten. Die Brustplatte dient dabei als Hilfsmittel, indem man mit Bauch oder Brust dagegen drückt. Die Hände bleiben frei, was das Eindrehen des Bohrers in den Stamm erleichtert. Sobald die Bohrspitze im Baum ist kann man die Brustplatte ablegen und den Bohrer weiterdrehen (Abb. 12).

Erschwerende Faktoren waren zum Teil die ungünstige Lage der Verletzung (z.B. nahe am Boden) oder schwierige Geländebedingungen.

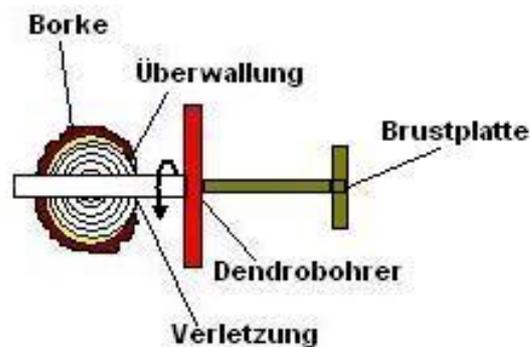


Abb. 11: Schematische Darstellung des Bohrvorgangs



Abb. 12: In die Verletzungsfläche eingedrehter Dendroböhrer

4.2 Rückdatierungsmethode der Stammverletzungen

Die Bohrkern wurden auf Trägerhölzer aufgeklebt und nachfolgend zugeschnitten, so dass die Jahrringe klar erkennbar sind (Abb. 12). Die Aufnahme der Jahrringbreite erfolgte mittels Stereomikroskop und dem Computerprogramm TSAP (CHERUBINI et al. 2004).



Abb. 12: Trägerholz mit aufgeklebtem und zugeschnittenem Bohrkern TR02bG, bereit für das Stereomikroskop

4.2.1 Rückdatieren mit auszählen

Jeder Bohrkern hat eine gesunde und eine verletzte Seite, die getrennt ausgezählt und ausgemessen werden. Ausgehend vom innersten gemeinsamen Jahrring wird nach aussen jeder Jahrring gemessen und gezählt. Aus der Jahrringdifferenz zwischen der gesunden und der verletzten Seite und dem bekannten Zeitpunkt des letzten abgeschlossenen Jahrringes (2005) lässt sich nun der Verletzungszeitpunkt berechnen (Abb. 13).

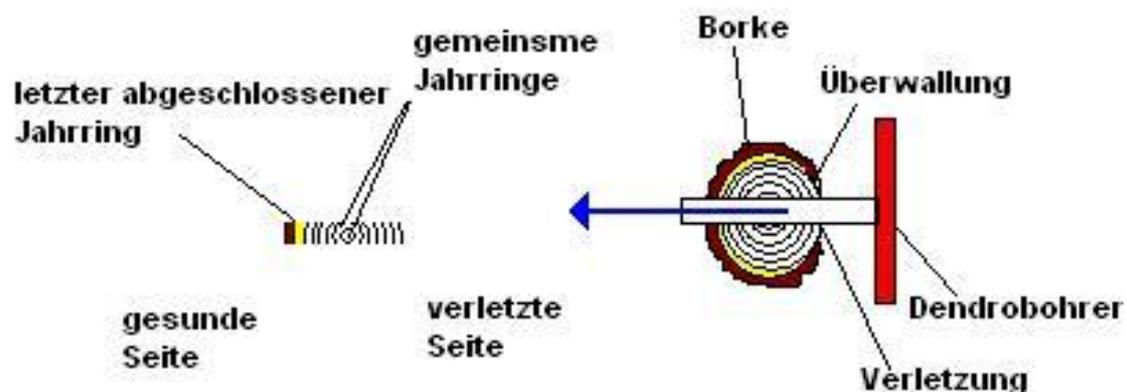


Abb. 13: Bohrkern mit gesunder Seite die den letzten abgeschlossenen Jahrring enthält und der verletzten Seite. Gezählt wird von innen nach aussen, beginnend beim innersten gemeinsamen Jahrring. Im Optimalfall ist dies das Zentrum.

4.2.2 Crossdatierung

Bei der Crossdatierung vergleicht man die Relativbewegungen der Jahrringbreiten im Verlaufe der Zeit (CHERUBINI et al. 2004). In Jahren mit guten Wuchsbedingungen werden breite Jahrringe produziert, in solchen mit schlechten schmale. Mit gut datierbaren Bohrkernen eines Standortes berechnet man eine Mittelkurve. Beim Vergleich der Bohrkern von verletzten Bäumen mit der Mittelkurve kann man die korrekte Datierung überprüfen. Fehlende Jahrringe können aufgespürt und in die Chronologie eingefügt werden. Dieser Abgleich wurde mit allen ausgemessenen Proben durchgeführt. Die Relativbewegungen der Stammproben wurden mit einer Mittelwertkurve der Region Brail verglichen. Diese wurde von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) zur Verfügung gestellt. Nach der Überprüfung nach fehlenden Jahren wird die Wachstumskurve der gesunden und der verletzten Seite so übereinander gelegt, dass sie dendrochronologisch übereinstimmen. So erhält man das Verletzungsjahr (Abb. 14).

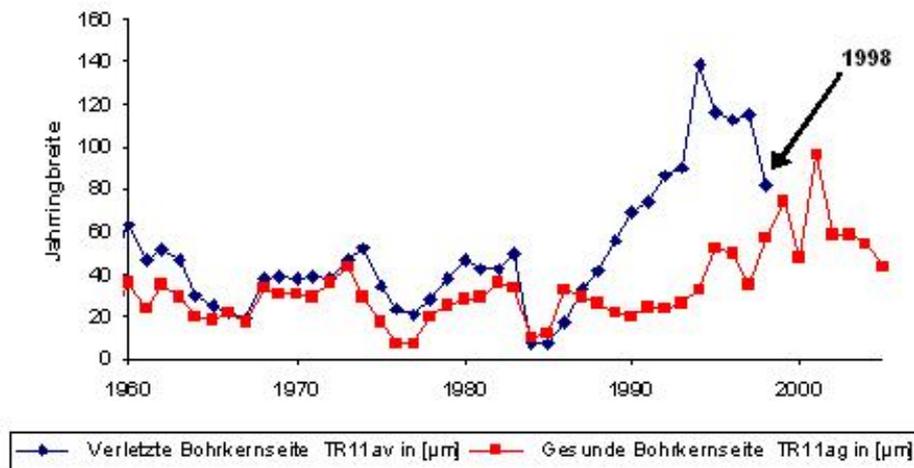


Abb. 14: Vom Bohrkern TR11a wird die Wachstumskurve der verletzten Seite (blau, TR11av) über die der gesunden Seite (rot, TR11ag) gelegt. Bei der gesunden Seite steht fest, dass sie im Jahr 2005 endet. Die verletzte Seite wird abgeglichen bis die ausschlaggebenden Relativbewegungen übereinstimmen. Dort wo die Wachstumskurve der verletzten Seite endet, kann man das Verletzungsjahr ablesen. Mitte der 1980er Jahre muss ein Ereignis stattgefunden haben, dass zu unregelmässigem Jahrringzuwachs führte. Dies kann eine frühere Stammverletzung gewesen sein.

4.3 Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten

Bei den meisten Nadelbaumarten lösen Verwundungen charakteristische Abwehrreaktionen aus: Harz fliesst aus der Wundstelle. Das Harz verhindert eine rasche Austrocknung der Wunde und bildet eine mechanische und chemische Barriere, die vom Pathogen und von Insekten schlecht oder gar nicht überwunden werden kann (SCHERDTFEGER 1970, BONNEMANN 1978). Das durch Harz imprägnierte Holz wird für Wasser, Luft und Mikroorganismen undurchdringlich (BUTIN & ZYCHA 1973).

Als auffällige und physiologisch wirkungsvolle Wundreaktion im Xylembereich tritt die Bildung von traumatischen Harzkanälen auf (TSCHIRCH 1906, MÜNCH 1919). Traumatische axiale Kanäle entstehen in Xylemgeweben, welche angrenzend an Wunden neu angelegt werden (HUG 1979).

Unter normalen Wachstumsbedingungen werden nur normale, und keine traumatischen Harzkanäle gebildet. Diese treten erst auf, falls mindestens eine Standortbedingung nicht mehr erfüllt ist. Normalen Wachstumsbedingungen sind gegeben „auf einem Standort, welcher den Ansprüchen der Pflanze in jeder Beziehung, d. h. betreffend den abiotischen und biotischen Faktoren, mindestens durchschnittlich entspricht“ (HUG 1979). Die Beeinträchtigung kann durch extreme Temperaturwerte, Konkurrenzdruck, Verletzungen oder Krankheiten auf den Baum wirken (HUG 1979). In der Literatur werden für Kieferngewächse (*Pinaceen*) zum grössten Teil natürliche oder künstliche, mechanisch verursachte Wundreize auf das Kambium als Ursache für axiale und radiale traumatische Harzkanäle angegeben (BOSSHARD 1976, HUG 1979). Für die relativ schwierige Unterscheidung zwischen normalen und traumatischen Harzkanälen, hat HUSSAIN (1983) eine ganze Reihe von Unterscheidungsmerkmalen aufgelistet (Tab. 1).

Für die vorliegende Arbeit wurden alle Bohrkerne auf den gesunden Seiten nach Harzkanälen abgesucht. Sie könnten Hinweise für alte Verletzungen sein, die von aussen nicht mehr erkennbar sind. Da die Unterscheidung zwischen normalen und traumatischen Harzkanälen sehr heikel ist (Tab. 1), wurde nur nach erhöhten Harzkanaldichten gesucht. Der Bohrkern zeigt mit 5 mm Breite einen sehr kleinen Abschnitt des Jahrringes. Ab mindesten 4 Harzkanälen pro Jahrring wurde dieser als Jahrring mit erhöhter Harzkanaldichte taxiert. Die Bohrkerne wurden bis zum Jahr 1950, mit dem Stereomikroskop auf Harzkanäle untersucht.

Tab. 1: Unterschiede zwischen traumatischen und normalen Harzkanälen

Merkmale	Normale Harzkanäle	Traumatische Harzkanäle
Anordnung	zerstreut	serial
Form des Lumens im Querschnitt	kreisförmig bis oval	meistens unregelmässig
Grösse des Lumens	wenig variabel	stark variabel
Vertikale Ausdehnung	kurz	lang
Epithelzellen	wenig	in der Regel zahlreich
Wand der Epithelzellen	dick	dünn
Lignifizierung der Epithelzellen	schwach	stark
Polyphenolreiche Parenchymzellen	nicht vorhanden	gruppenweise oder einzeln vorhanden

5. Ergebnisse

5.1 Stammverletzungen

a) Räumliche Verteilung der Stammverletzungen

Von den stammverletzten Bäumen wurde die Arve mit über 80 % Anteil am häufigsten vom Steinbock verletzt. Einige Stammverletzungen wurden noch an Lärchen aufgenommen, und nur eine an einer Fichte (Abb. 15). An der Waldgrenze waren Stammverletzungen am häufigsten. Mit wenigen Ausnahmen fand man in allen Stichprobenflächen an der Waldgrenze, die Bäume enthielten, auch Stammverletzungen. In tiefer gelegenen Stichprobenflächen konnten vereinzelt auch verletzte Bäume gefunden werden. Der höchste Anteil Stammverletzungen für eine Stichprobenfläche lag bei 19 %. Zusammen mit den vier umliegenden Stichprobenflächen wurden dort fast 40 % aller Stammverletzungen aufgenommen (Abb. 16).

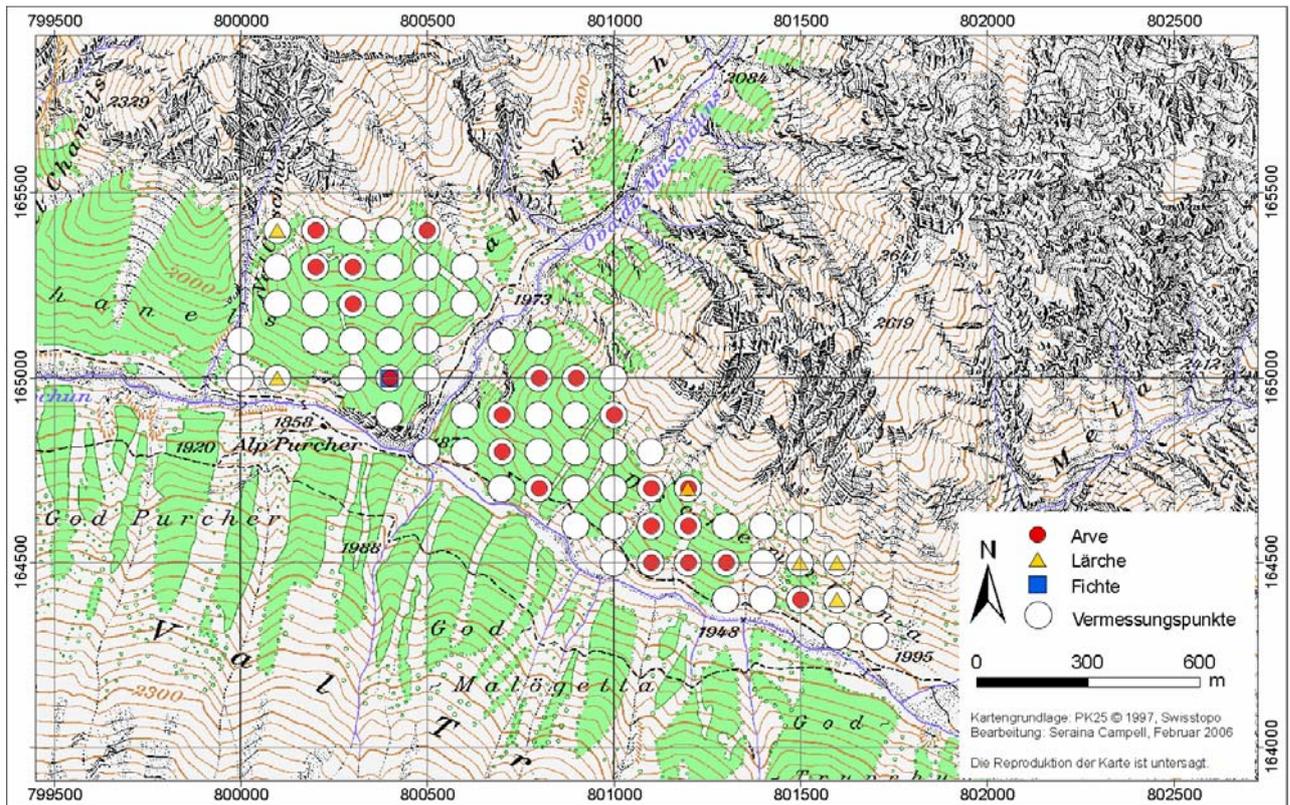


Abb. 15: Verteilung der am Stamm verletzten Baumart pro Stichprobenfläche

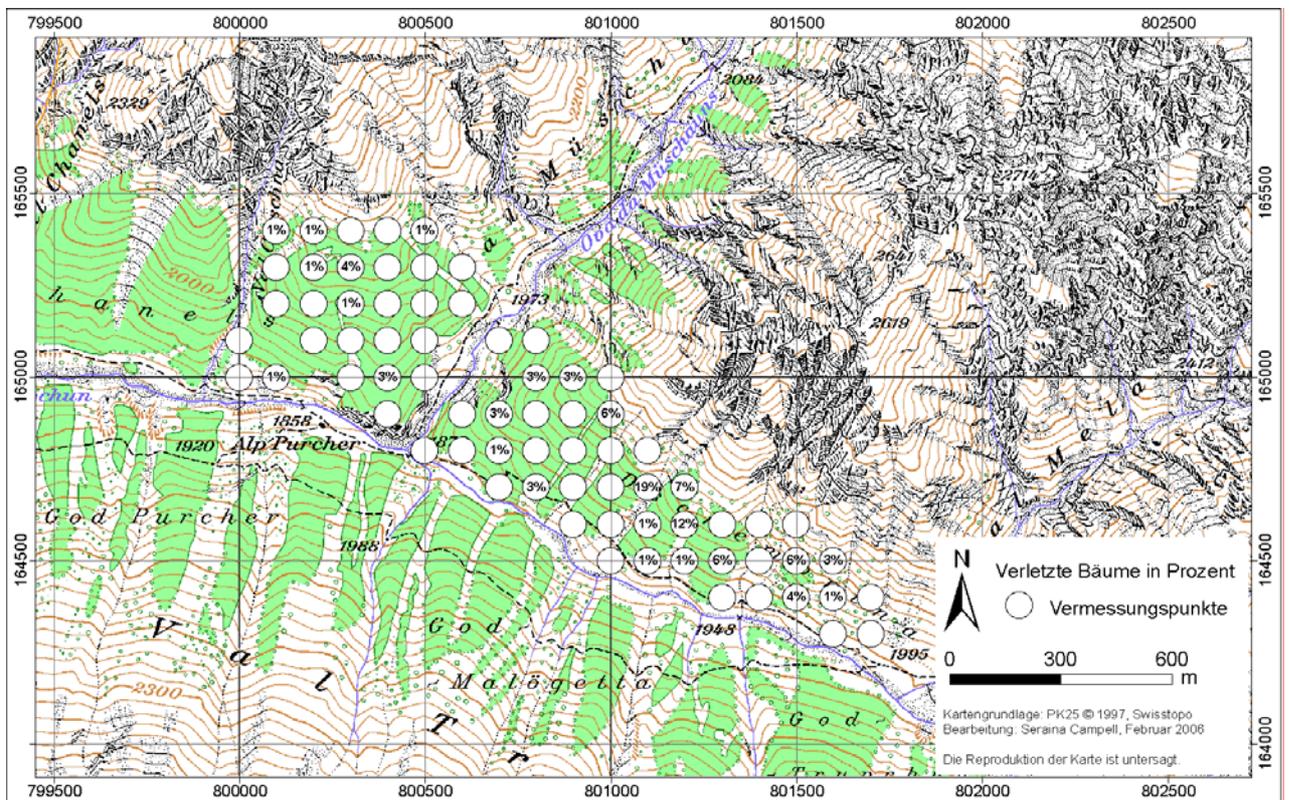


Abb. 16: Die prozentuale Verteilung pro Stichprobenfläche der Stammverletzungen

b) Rückdatierung der Stammverletzungen

Auf den 68 aufgenommenen Stichprobenflächen wurden 67 Stammverletzungen an 43 verschiedenen Bäumen gefunden und rückdatiert. Von den 43 am Stamm verletzten Bäumen waren 11 mindestens zwei Mal verletzt worden. Der Anteil wiederholt verletzter Bäume ist somit knapp über 25 %. Um die Entwicklung der Stammverletzungen besser zu veranschaulichen, wurden sie in 4-Jahresperioden zusammengefasst.

Von 1941 bis 1972 fanden sich pro Periode nur einmal mehr als vier neuentstandene Verletzungen (Abb. 17). Ab 1972 sind pro 4-Jahresperiode immer mehr als vier Verletzungen datiert worden.

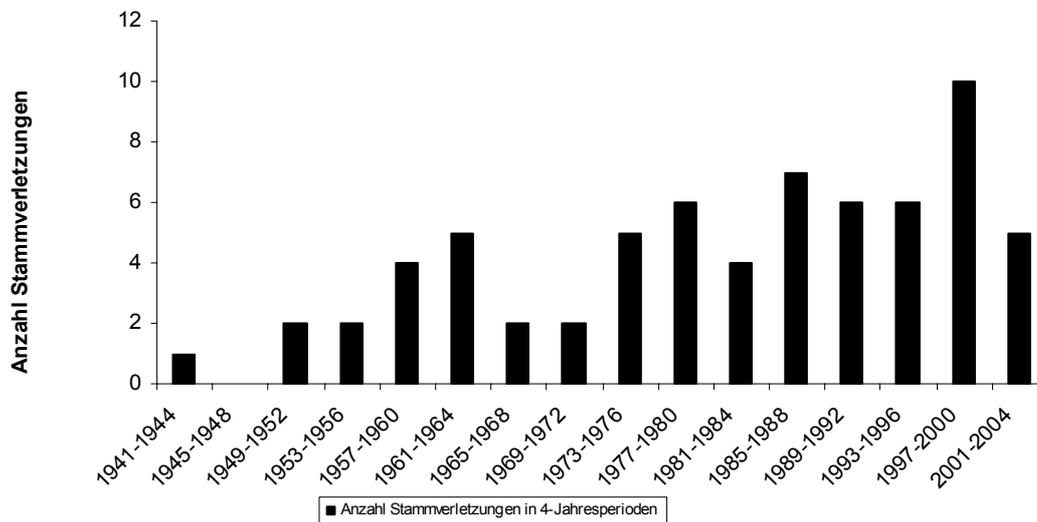


Abb. 17: Anzahl rückdatierte Stammverletzungen in 4-Jahresperioden

c) Jahrgang der rückdatierten Bäume

Von den Bäumen mit Schlagverletzungen durch den Steinbock, sind über 70 % zwischen 1901 und 1960 gekeimt. Der grösste Anteil mit über 30 % hat einen Jahrgang zwischen 1921 und 1940 (Abb. 18). Der älteste Baum mit Stammverletzung ist 1840 gekeimt, der jüngste 1980.

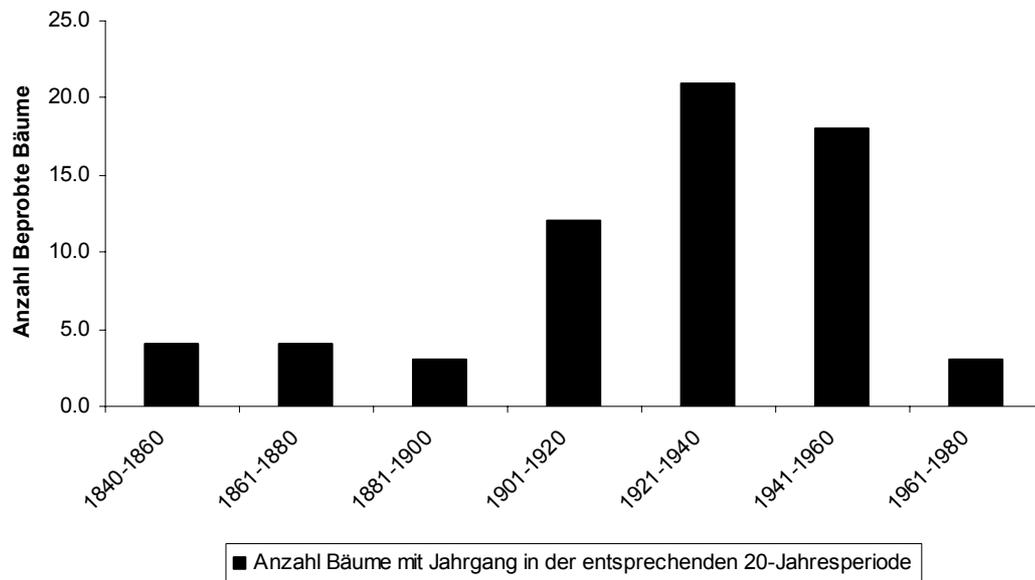


Abb. 18: Die prozentuale Verteilung der Jahrgänge der beprobten Bäume, aufgeteilt in Perioden von 20 Jahren

5.2 Stammverletzungen und Steinbockbestand

a) Vergleich zwischen Rückdatierungen der Verletzungen und Steinbockbestand

Die Entwicklung der Stammverletzungen im Vergleich mit der Entwicklung des Steinbockbestandes ist ab 1941 abgebildet (Abb. 19). Auffallend ist, dass mit wenigen Ausnahmen die Stammverletzungen gemeinsam mit dem Steinbockbestand zu- oder abnehmen. Nach den Höhepunkten des Steinbockbestandes 1961 bis 1964 und 1997 bis 2000 wurde beide Male ein starker Bestandesrückgang beobachtet. Dieser Bestandesrückgang zeichnet sich auch in der Anzahl Stammverletzungen ab. Im Jahr 1970 starben fast 100 Steinböcke in einer Lawine, die Anzahl Stammverletzungen von 1969-1972 sind dementsprechend tief.

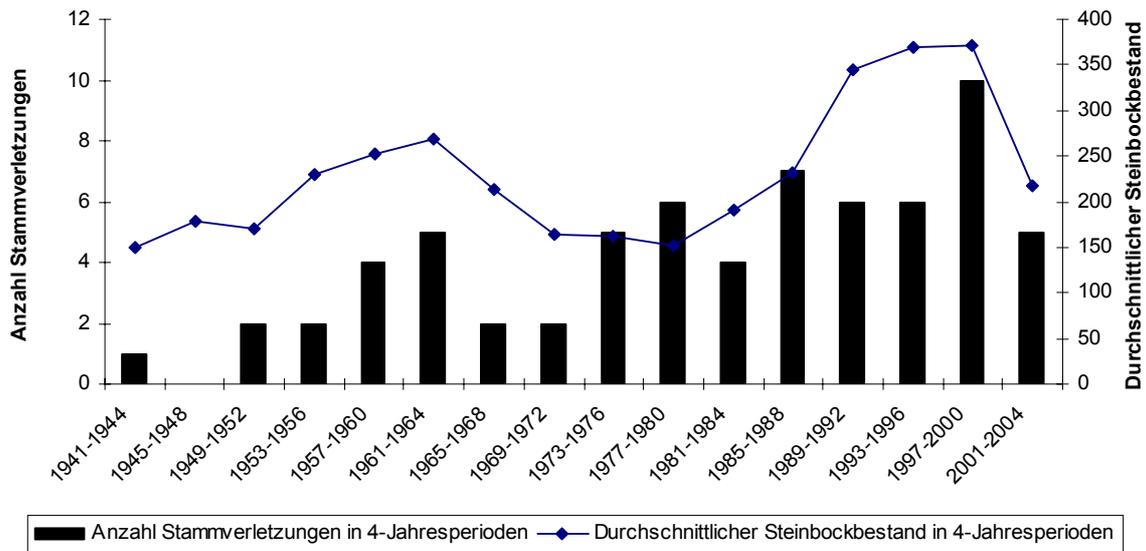


Abb. 19: Die Säulen zeigen die Anzahl Stammverletzungen. Die Entwicklung des durchschnittlichen Steinbockbestandes ist durch die blaue Linie dargestellt.

b) Vergleich zwischen rückdatierten Stammverletzungen und männlichem bzw. weiblichem Steinbockbestand

Die Bestandesentwicklung der Böcke unterscheidet sich nur leicht von der Bestandesentwicklung der Geissen. Die Böcke hatten in den 1970er Jahren einen positiven Zuwachs, die Geissen hingegen einen negativen. Anfang bis Mitte 1990er Jahre stagnierte der Bockbestand, bei den Geissen nahm die Anzahl zu. Die durchschnittliche Anzahl Böcke und Geissen werden mit der Anzahl Stammverletzungen ab 1969 verglichen. Die Entwicklungen des durchschnittlichen Bockbestandes folgt dem Trend der Entwicklung der Stammschäden (Pearson: $r = 0.66$, $p = 0.38$, zweiseitig). Der durchschnittliche Geissenbestand korreliert signifikant mit der Entwicklung der Stammschäden (Pearson: $r = 0.66$, $p = 0.04$, zweiseitig). In der Periode 1977 bis 1980 geht der weibliche Steinbockbestand zurück und die Anzahl, Verletzungen nehmen zu (Abb. 21). Von 1997 bis 2004 nimmt die Anzahl an weiblichen Tieren stark ab und die Anzahl Stammverletzungen gehen ebenfalls zurück.

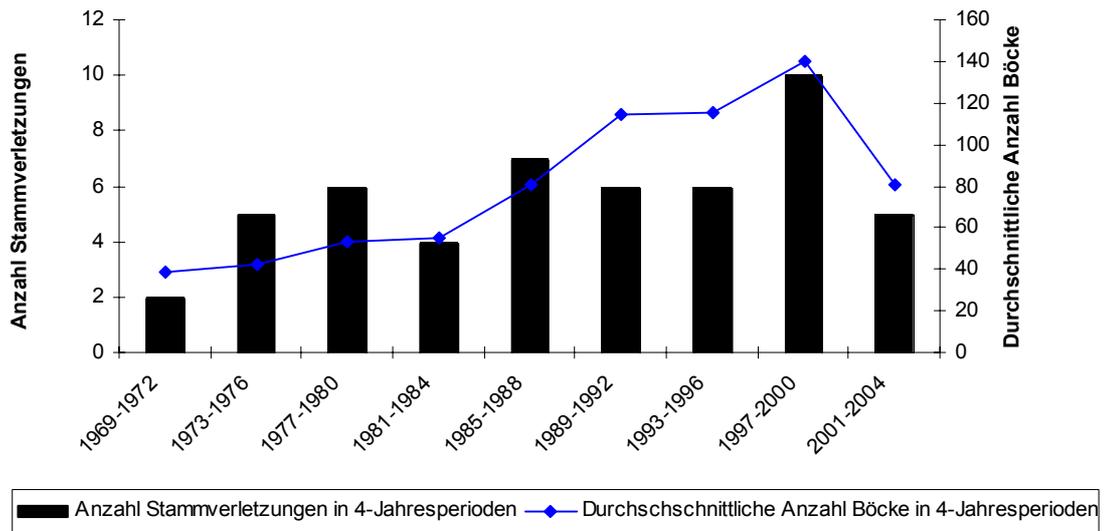


Abb. 20: Die blaue Kurve zeigt die Entwicklung des durchschnittlichen Bockbestandes. Die Anzahl Stammverletzungen ist mit Balken dargestellt.

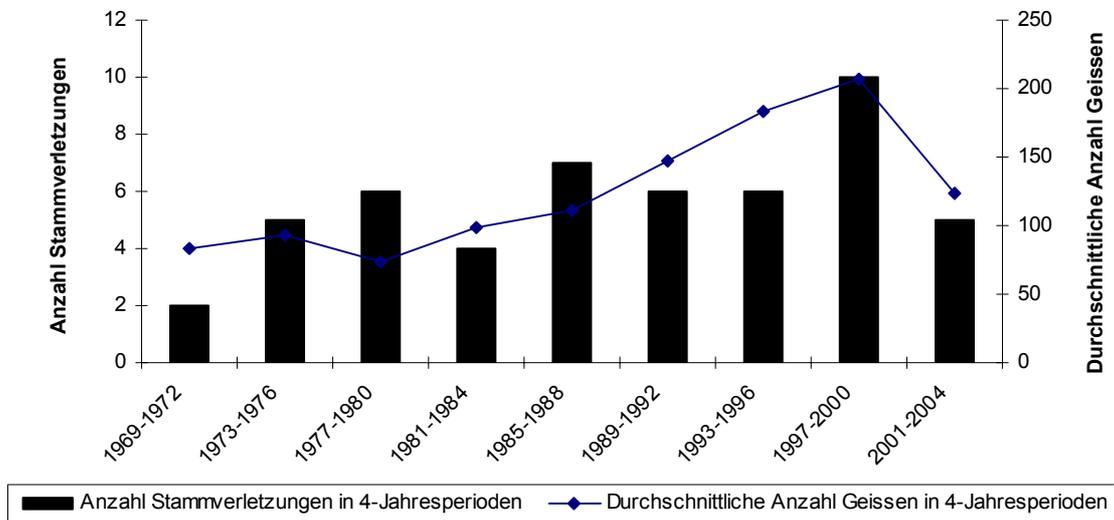


Abb. 21: Die Entwicklung des durchschnittlichen Geissenbestandes und die Anzahl Stammverletzungen in 4-Jahresperioden

Im Vergleich zwischen dem Geschlechterverhältnis (GV) und der Anzahl neuenstandener Stammverletzungen sieht man eine gegenläufige Entwicklung. Je höher das GV, umso tiefer ist Anzahl Stammverletzungen (Abb. 22). Eine signifikante Korrelation zwischen diesen Variablen wurde nicht festgestellt.

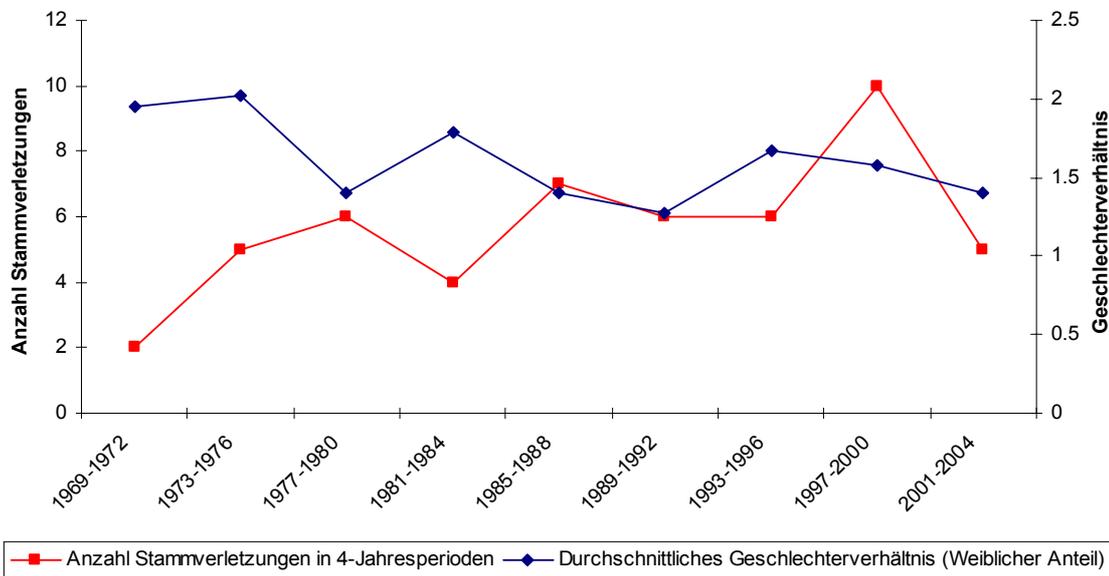


Abb. 22: Die Entwicklung der Stammverletzungen im Vergleich mit dem durchschnittlichen Geschlechterverhältnis.

5.3 Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten

a) Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten und rückdatierte Stammverletzungen

Die Bohrkerne der Stammverletzungen wurden auf der unverletzten Seite auf Jahrringe mit erhöhten Harzkanälen untersucht. Die Verteilung über die Jahre ist in Abbildung 23 zu sehen.

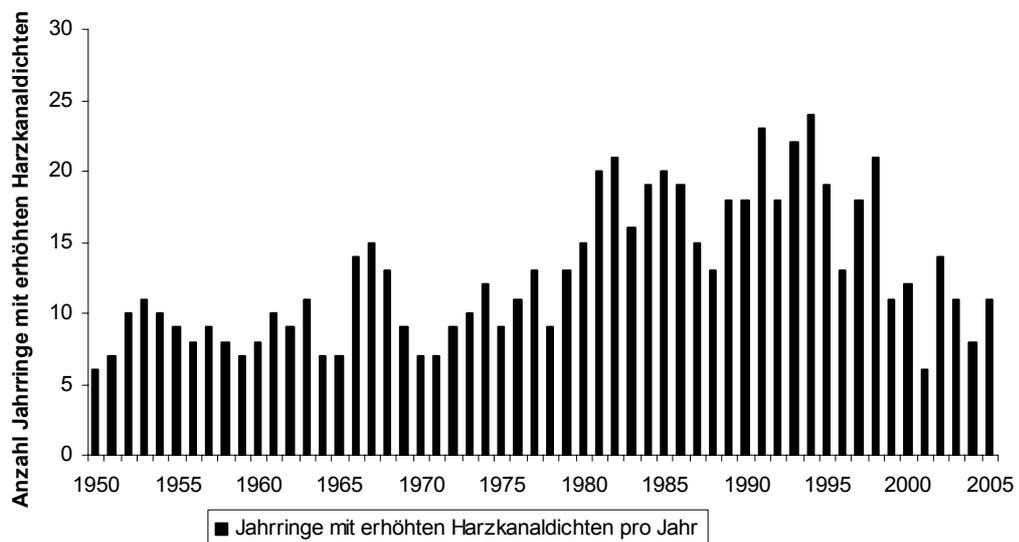


Abb. 23: Anzahl Jahrringe mit erhöhtem Vorkommen an Harzkanälen

Der prozentuale Anteil an Stammverletzungen korreliert signifikant (Pearson: $r = 0.58$, $p = 0.03$, zweiseitig) mit Entwicklung von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten (Abb. 24).

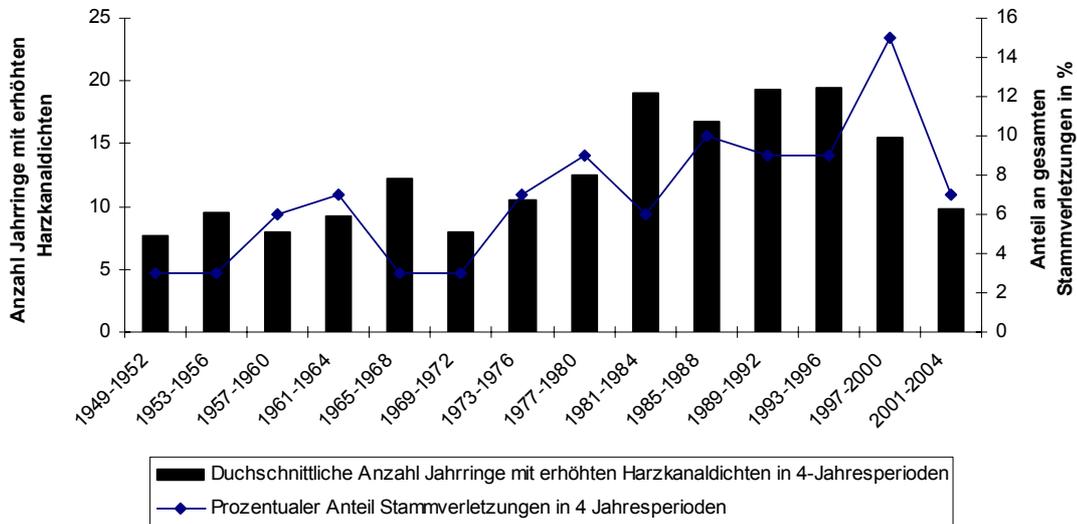


Abb. 24: Die Entwicklung der Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten im Vergleich mit den prozentualen Anteilen an Stammverletzungen

b) Vergleich von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten und dem Steinbockbestand

Die Entwicklung des gesamten Steinbockbestandes verglichen mit der Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten zeigt weitgehend gleiche Tendenzen (Abb. 25). Mit zunehmender Anzahl Steinböcke treten meistens auch vermehrt Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten auf und umgekehrt (Pearson: $r = 0.57$, $p = 0.001$, zweiseitig). Von 1980 bis 1985 stiegen die Jahrringe mit erhöhten Harzkanälen sprunghaft an. Ein möglicher Grund, könnte in diesen fünf Jahren mit der anhaltenden Trockenheit bestehen.

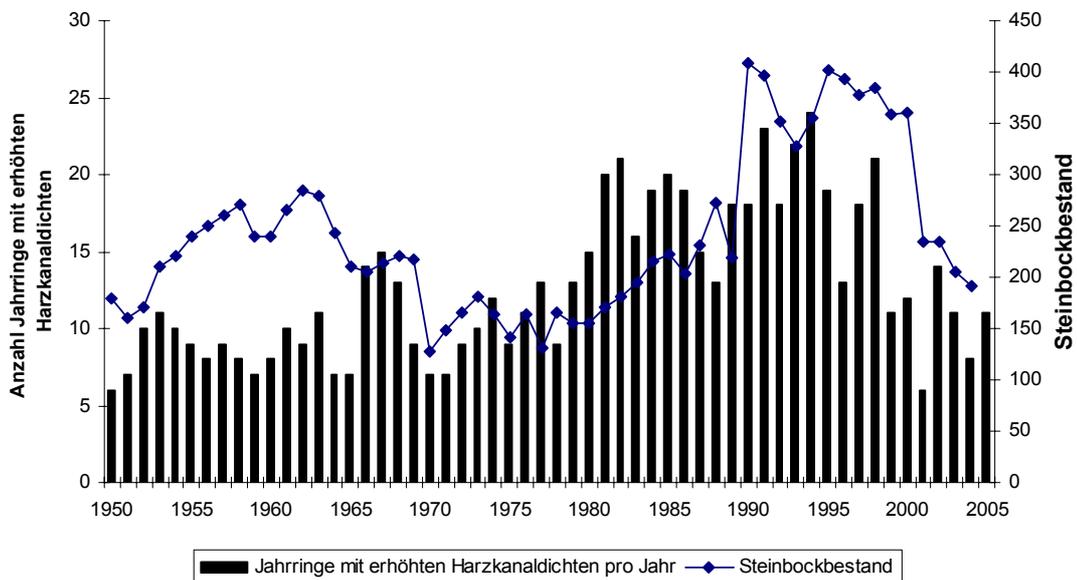


Abb. 25: Entwicklung des Steinbockbestandes im Vergleich mit den Jahrringen erhöhter Harzkanaldichten

In Abbildung 14 wurden die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten mit der Entwicklung des Bockbestandes verglichen. Vor allem für die letzten 15 Jahre ist eine auffallend gleichgerichtete Entwicklung zu beobachten (Pearson: $r = 0.55$, $p = 0.001$, zweiseitig).

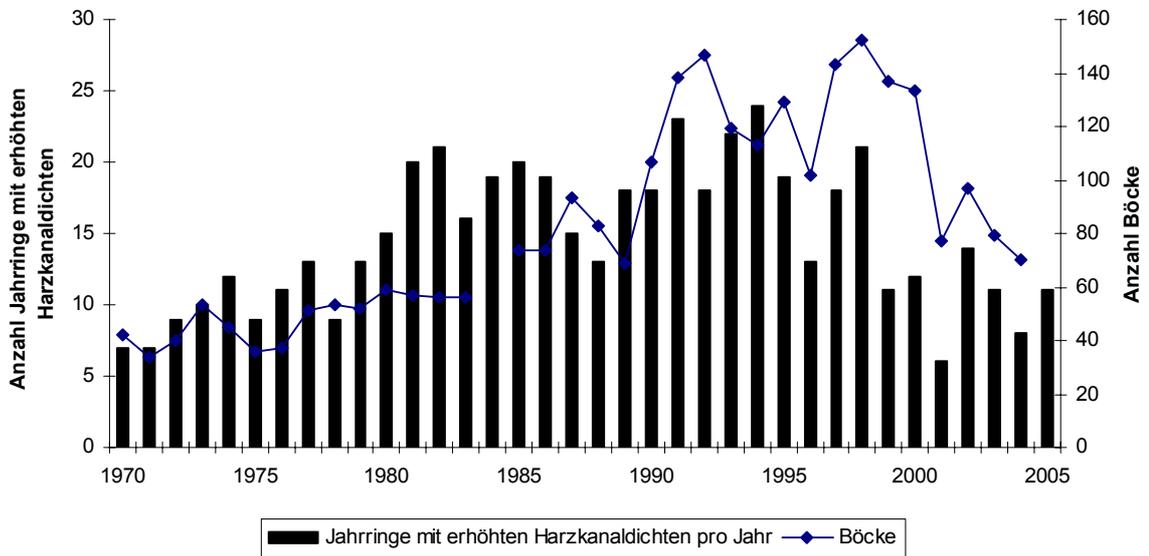


Abb. 26: Bestandesentwicklung der Böcke im Vergleich mit den Jahrringen erhöhter Harzkanaldichten

Um die Tendenzen zu verdeutlichen, sind in Abbildung 27 die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, und die Anzahl Böcke in Durchschnittszahlen für 4-Jahresperioden abgebildet. Die Periode von 1981 bis 1984 verzeichnete einen starken Anstieg an Jahrringen mit erhöhten Harzkanälen. Dies lag möglicherweise an der starken Trockenheit während dieser Jahre.

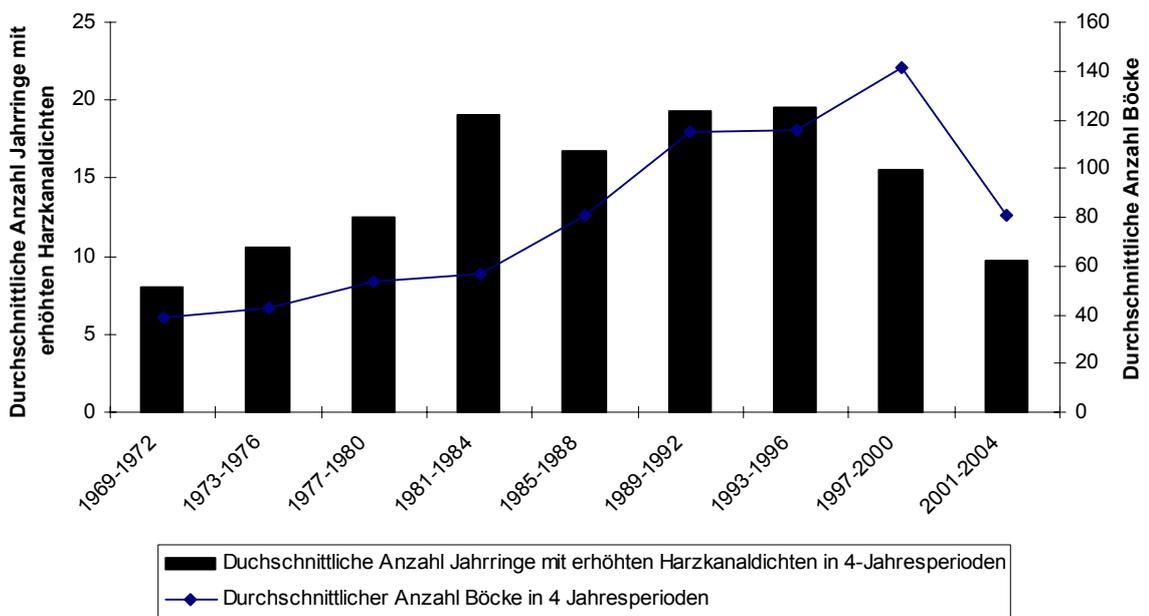


Abb. 27: Aufgeteilt in 4-Jahresperioden sieht man die Entwicklung des durchschnittlichen Bockbestandes, im Vergleich mit den Jahrringen erhöhter Harzkanaldichten.

Beim Vergleich der Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten mit dem Geissenbestand (Abb. 28) ist eine schwache aber signifikante Korrelation vorhanden (Pearson: $r = 0.34$, $p = 0.04$, zweiseitig).

Um diese Tendenzen zu verdeutlichen, sind in Abbildung 29 die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, und die Anzahl Geissen in Durchschnittszahlen für 4-Jahresperioden abgebildet.

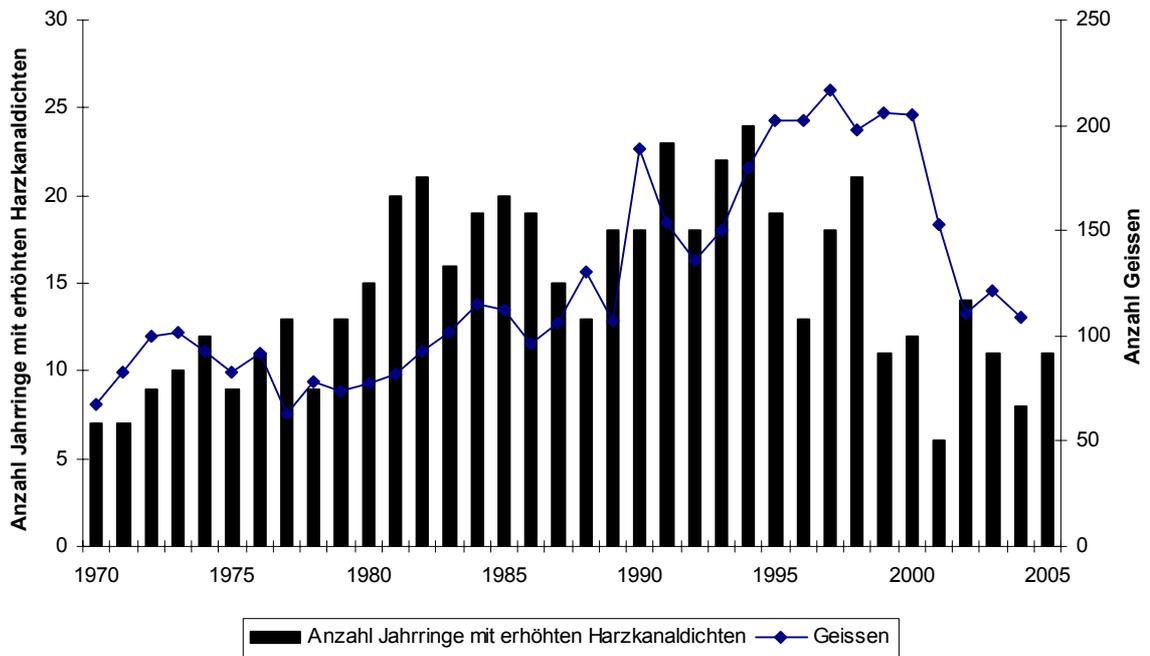


Abb. 28: Bestandesentwicklung der Geissen im Vergleich mit den Jahrringen erhöhter Harzkanaldichten

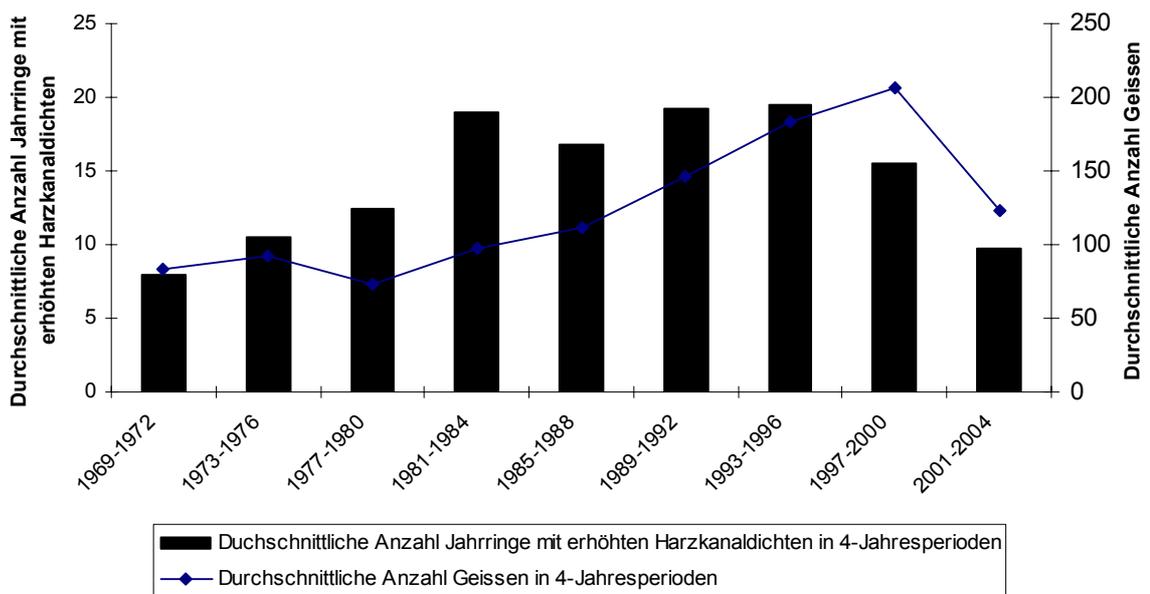


Abb. 29: In 4-Jahresperioden die Entwicklung des durchschnittlichen Geissenbestandes, im Vergleich mit den Jahrringen erhöhter Harzkanaldichten

c) Zusammenhang von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten und dem Klima

Niederschlag ist einer der wichtigsten Standortsfaktoren für Bäume. Lange Trockenzeiten können Bäume schwächen und somit anfällig auf schädliche Insekten oder Krankheiten machen. Dies kann sich im Jahrringprofil der untersuchten Bäume durch die Bildung von erhöhten Harzkanaldichten widerspiegeln.

In den folgenden Diagrammen wird die Bildung von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten mit den Niederschlägen in Form von Regen oder Schnee verglichen. Die durchschnittliche Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, zusammen mit der durchschnittlich maximalen Schneehöhe ist in Abbildung 30 sichtbar. Fast jedes Jahr wurden die höchsten Schneedecken in den Monaten Februar und März erreicht. Seltener wurden diese schon in den Monaten Dezember und Januar verzeichnet.

Mit Ausnahme der 4-Jahresperioden 1965 bis 1968 und 1977 bis 1980 entwickelten sich die Kurven gegenläufig (Abb. 30). Bei grösseren Schneehöhen sank die durchschnittliche Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, bei weniger Schnee nahm sie zu (Pearson: $r = 0.65$, $p = 0.02$, zweiseitig).

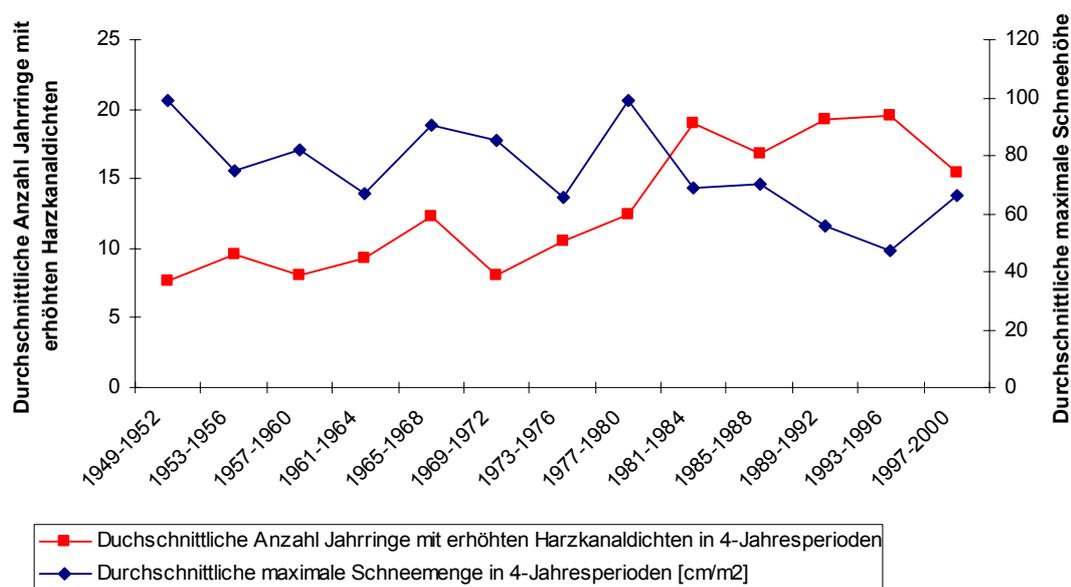


Abb. 30: Die Entwicklung der durchschnittlichen Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, im Vergleich mit dem Verlauf der durchschnittlichen maximalen Schneehöhe in 4-Jahresperioden

Der Steinbock nutzt die Waldstandorte in der Val Trupchun vor allem in den Frühlingsmonaten. Die durchschnittliche Schneehöhe der Monate März und April werden in der Abbildung 31 mit der Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten verglichen. Bei höheren Schneedecken erkennt man eine niedrigere Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten, während diese bei weniger Schnee zunahm (Pearson: $r = 0.62$, $p = 0.02$).

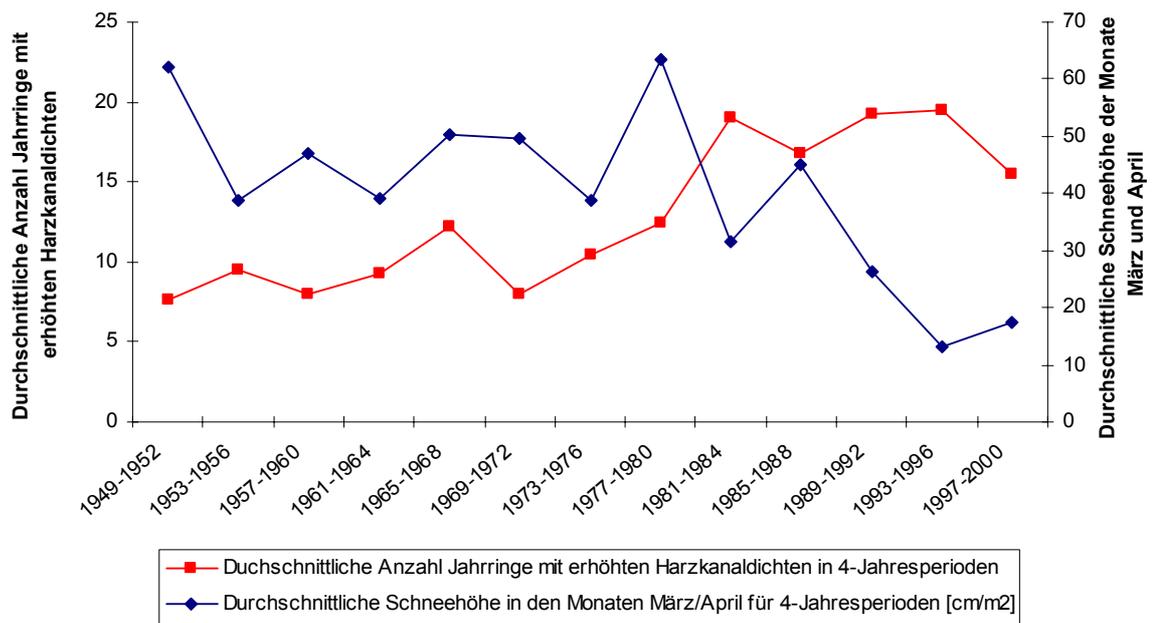


Abb. 31: Die durchschnittliche Schneehöhe der Monate März und April verglichen mit der Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten in 4-Jahresperioden

Der Verlauf des jeweils trockensten Monats zwischen Mai und September ist in Abbildung 32 sichtbar. Die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten werden in Abbildung 33, mit dem niederschlagsärmsten Monat zwischen Mai und September in 4-Jahresperioden verglichen.

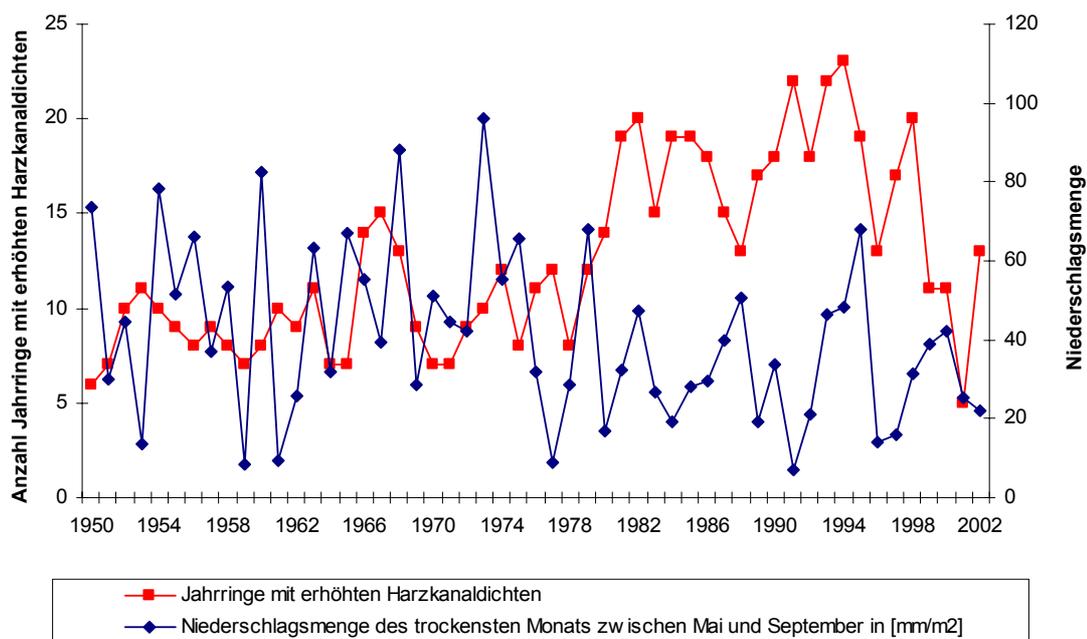


Abb. 32: Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten verglichen mit dem niederschlagsärmsten Monat zwischen Mai und September.

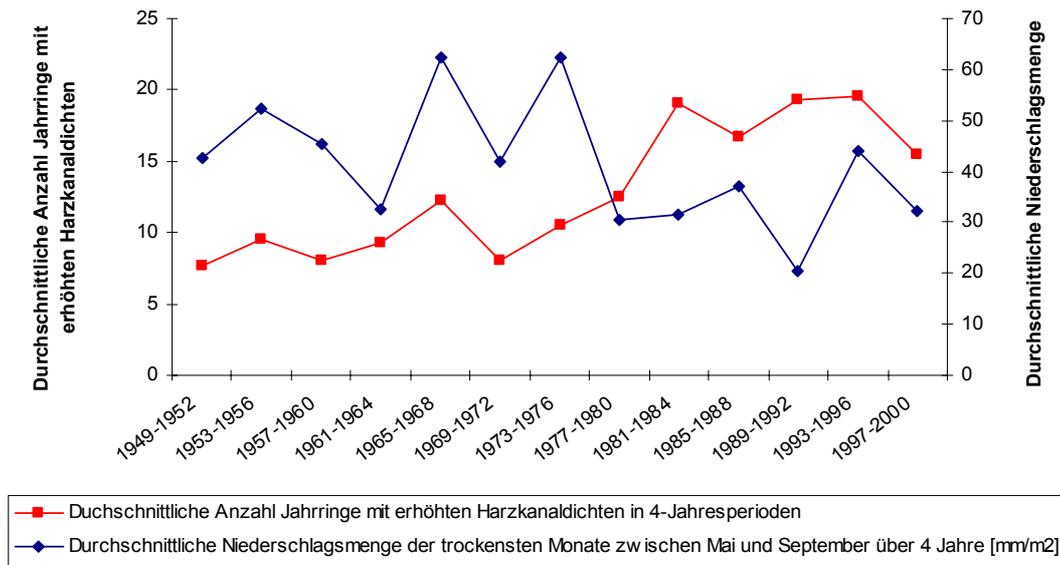


Abb. 33: Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten verglichen mit dem niederschlagsärmsten Monat zwischen Mai und September in 4-Jahresperioden.

5.4 Vergleich mit den Ergebnissen von FEUERSTEIN (1997) und WIESMANN (2005)

a) Vergleich mit der Untersuchung von FEUERSTEIN (1997) am Schafberg

FEUERSTEIN (1997) stellte fest, dass in der Periode von 1987 bis 1996 die Anzahl neuentstandener Stammverletzungen anstieg. Dies obwohl im gleichen Zeitabschnitt der Steinbockbestand jagdlich auf einen Drittel des Jahres 1987 reduziert wurde (Abb. 34 & 35). Bei den rückdatierten Stammverletzungen in der Val Trupchun ist eine solch gegenläufige Entwicklung nicht erkennbar. Die Anzahl der Stammverletzungen nimmt mit dem Steinbockbestand zu bzw. ab (Abb. 36 & 37).

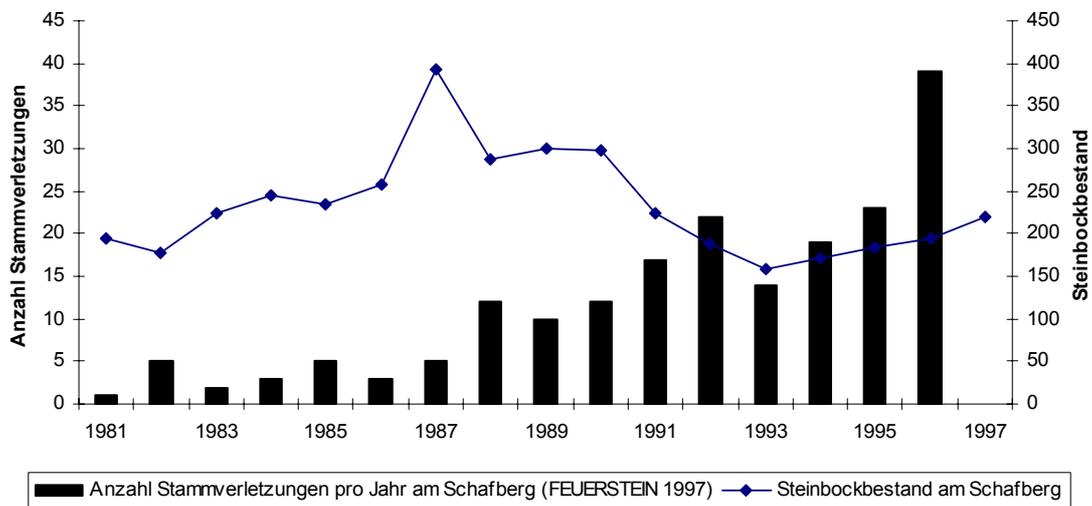


Abb. 34: Vergleich zwischen Rückdatierung der Verletzungen und Entwicklung des Steinbockbestandes Blais/Muragl (FEUERSTEIN 1997)

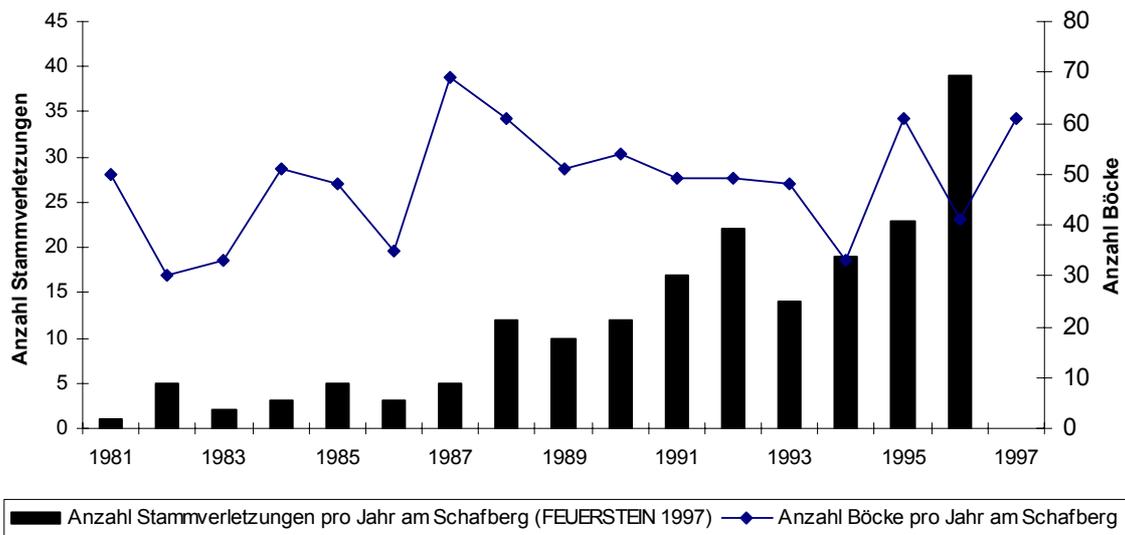


Abb. 35: Vergleich zwischen Rückdatierungen der Verletzungen und Entwicklung Bockbestandes Blais/Muragl (FEUERSTEIN1997)

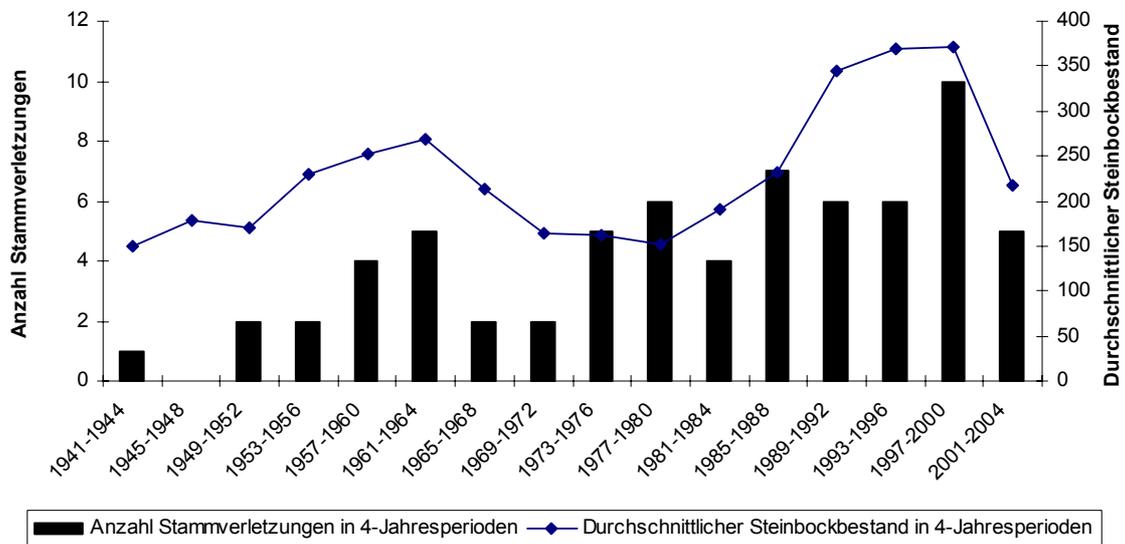


Abb. 36: Anzahl Stammverletzungen im Vergleich mit dem durchschnittlichen Steinbockbestand der Val Trupchun in 4-Jahresperioden

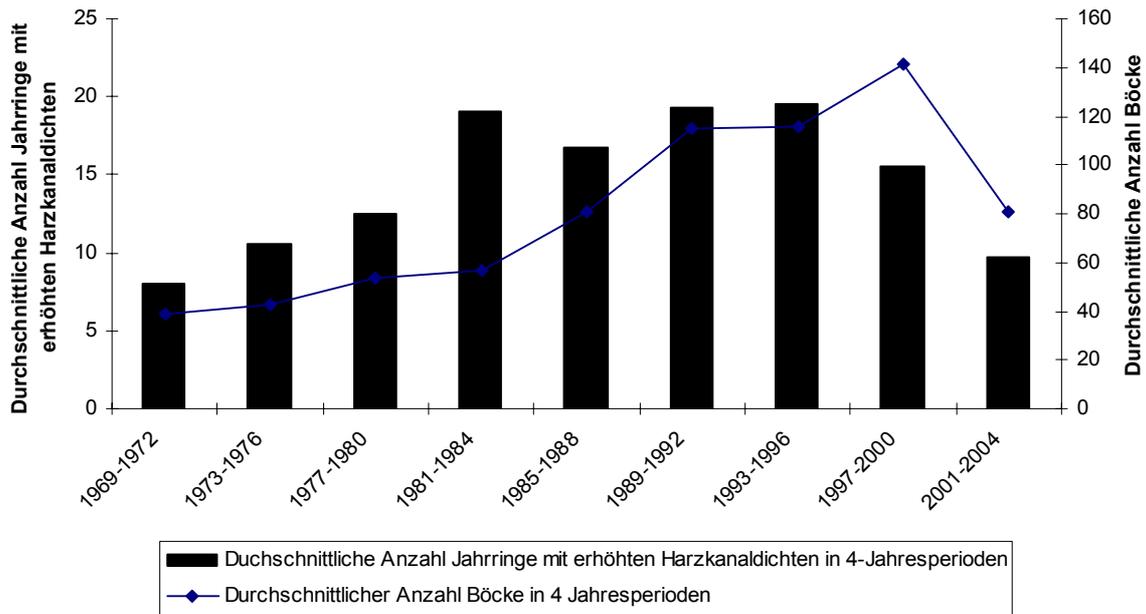


Abb. 37: Anzahl Stammverletzungen, verglichen mit der Entwicklung des männlichen Steinbockbestandes der Val Trupchun in 4-Jahresperioden

b) Folgeaufnahmen am Schafberg durch WIESMANN (2005)

WIESMANN (2005) konnte die gegenläufige Entwicklung, von Steinbockbestand und Anzahl Stammverletzungen für die Periode zwischen 1987 und 1996 bestätigen (Abb. 39 & 40). Von 1996 bis 2005 kann er jedoch keine Korrelation zwischen Anzahl Stammverletzungen und Steinbockbestand feststellen. Auffällig ist jedoch die konstant hohe Anzahl Stammverletzungen ab Mitte der 1990er Jahre.

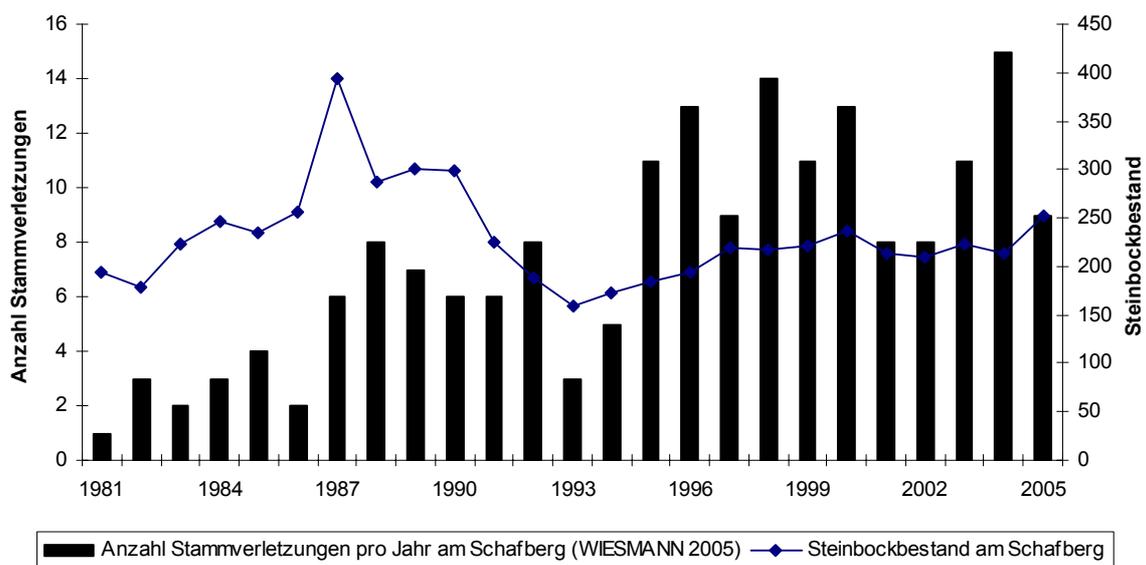


Abb. 38: Vergleich zwischen Rückdatierungen der Verletzungen und Entwicklung des Steinbockbestandes Blais/Muragl (WIESMANN 2005)

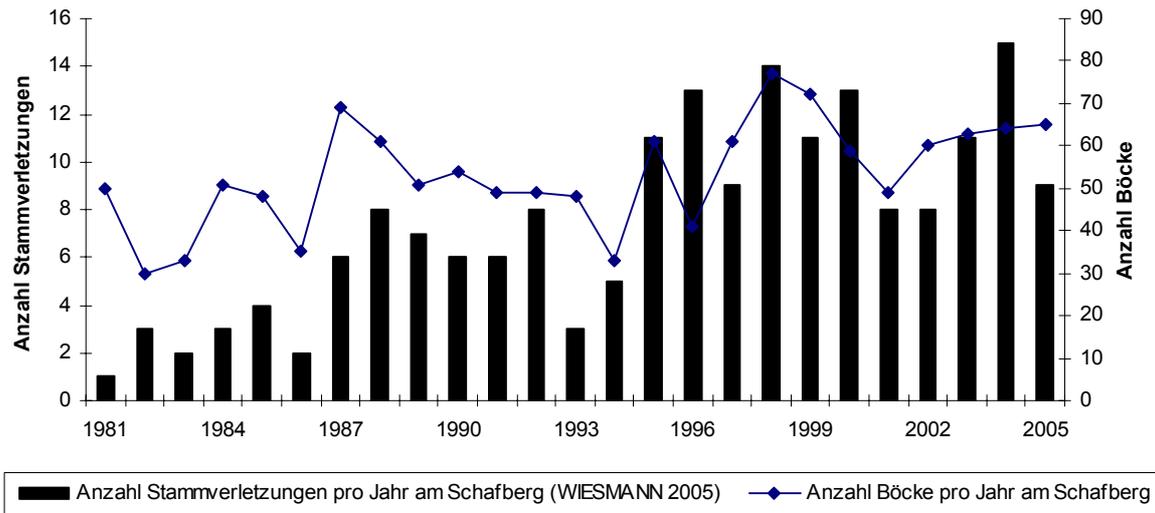


Abb. 39: Vergleich zwischen Rückdatierungen der Verletzungen und Entwicklung des Bockbestandes Blais/Muragl (WIESMANN 2005)

6. Diskussion

Räumliche Verteilung der Stammverletzungen

STAUFFER (1988) beobachtete von Ende August bis Mitte Dezember die Raumnutzung von Rothirsch, Gämse und Steinbock in der Val Trupchun. Die im Gebiet Müschauns äsenden Steinböcke verteilten sich über das ganze Gebiet, nutzten aber die höher gelegenen Flächen stärker als die tieferen. Gemessen an der Gämse stellt der Steinbock ziemlich restriktive Ansprüche an seinen Lebensraum und ist innerhalb seines Lebensraumes ausgesprochen ortstreu (NIEVERGELT 1966). In der Val Trupchun wurde beobachtet, dass die Steinböcke einen erheblichen Anteil ihrer Zeit im Lärchen-Arvenwald verbringen (Wirz 1991). Im Frühjahr (bis Juni) und im Spätherbst, wo WIRZ (1991) sowie ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) das Maximum des *Schlagens* feststellten, halten sich die Steinböcke im teilweise bewaldeten Wintereinstand auf. Betrachtet man die prozentuale Verteilung der aufgenommenen Stammverletzungen, so bestätigen sich die Feststellungen von WIRZ (1991) und ABDERHALDEN & BUCHLI (1998). An der Waldgrenze wurde nahezu auf jeder Stichprobenfläche die auch bewaldet war, mindestens eine Stammverletzung erhoben. Am meisten Stammverletzungen wurden auf zwei Stichprobenflächen entdeckt, die gerade angrenzend an eine Lawinenrunse waren. Der Anteil an den gesamten erhobenen Stammverletzungen, betrug auf der einen Stichprobenfläche 19 % und auf der anderen 12 %. Was für diese zufälligen Flächen zu beobachten war, konnte während der Datenerfassung auch allgemein festgestellt werden. Viele Bäume am Rande der Lawinenrunden wiesen Stammverletzungen auf. Diese Standorte sind vermutlich im Frühjahr sehr beliebt, da der Schnee abgleitet, und vermehrt apere Stellen vorhanden sind. In den Ergebnissen ist dies jedoch nicht klar ersichtlich. Oft lagen die Stichprobenflächen genau in den Lawinenrunden, oder sie waren wegen der lichten Bestockung ohne Bäume.

Die Höhenverteilung der rückdatierten Stammverletzungen zeigt, dass diese von den untersten bis zu den obersten Stichprobenflächen auftraten. Dass sich Steinböcke in den untersten Teilen des Untersuchungsgebietes Stammverletzungen verursachen, deckt sich mit Aufenthaltsbeobachtungen von WIRZ (1991): „Solange die Tiere sich im Bereich von Wanderwegen befanden, lenkten diese das Raumverhalten der beobachteten Gruppen massgeblich.“ Der Wanderweg auf der rechten Talseite der Val Trupchun entspricht in etwa der unteren Perimetergrenze. Auf den wenigen Probeflächen die unterhalb des Wanderweges lagen, konnten keine Stammverletzungen festgestellt werden.

Bei der Wahl der Baumart zeigte sich ein klares Bild. Über 80 % der Stammverletzungen die beprobt wurden, waren an Arven. Einige Lärchen, vor allem im obersten Teil des

Untersuchungsgebietes, und eine Fichte bildeten die restlichen knapp 20 %. FEUERSTEIN (1997) zeigte, dass die Arve signifikant häufiger geschlagen wurde als die übrigen Baumarten.

In der räumlichen Verteilung der beprobten Baumarten erkennt man, dass auf den Probeflächen in den hinteren Regionen der Val Trupchun vermehrt nur Lärchen aufgenommen wurden. Auf diesen Flächen war die Arve ganz selten, oder gar nicht vorhanden. Der Steinbock nahm beim Fehlen der Arve, zum *Schlagen* die Lärche als Alternative an.

Rückdatierung der Stammverletzungen

Für die 68 Stichprobenflächen im Untersuchungsgebiet konnten lediglich 67 Stammverletzungen rückdatiert werden. Nur bei zwei verletzten Bäumen konnte das Verletzungsdatum nicht bestimmt werden. Die Verletzungen lagen am Stammfuss, wo eine Beprobung mit dem Dendroböhrer nicht möglich war.

Aufgrund der relativ geringen Anzahl Daten sind die Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren. Die Ursachen für die kleine Anzahl beprobter Stämme waren verschieden. Ein Grund war das gewählte Stichprobenetz. Oft war die Lage des Stichprobenpunktes nur wenige Meter neben den stark vom Steinbock beeinträchtigten Waldarealen. Um die Objektivität zu wahren, wurde aber strikte am Stichprobenetz festgehalten. Bei einer Folgeaufnahme wäre sicherlich ein engmaschigeres Stichprobenetz angebracht. Dazu kam, dass der Lärchen-Arvenwald in der Val Trupchun einen sehr lockeren Bestand aufwies. Gerade an der Waldgrenze, wo am meisten Stammverletzungen auftraten, waren die Stammzahlen am geringsten. Die unteren Baumklassen, die beim Steinbock zum Schlagen beliebt waren, fehlten an der Waldgrenze teilweise gänzlich. Eine erhebliche Anzahl der verletzten Bäume war schon abgestorben. Diese wurden wegen der problematischeren Rückdatierung nicht beprobt, was die Datenmenge ebenfalls schmälerte. Die Stammverletzungen von vier Probeflächen konnten nicht erhoben werden (in Abb.5 blau markierte Probeflächen). Sie befanden sich auf einer Dauerbeobachtungsfläche des SNP, die unberührt bleiben musste. Alle diese Faktoren zusammen hatten dazu beigetragen, dass das Vorkommen von Stammverletzungen durch den Steinbock, im Untersuchungsgebiet selten schien. Bei der Datenaufnahme im Untersuchungsgebiet konnten aber relativ viele Bäume mit Stammverletzungen beobachtet werden. Vor allem in den Bereichen der Waldgrenze war nur selten ein völlig unverletzter Baumstamm zu finden.

Zu diesem Schluss kamen auch ABDERHALDEN & BUCHLI (1998), die auf der orographisch rechten Seite der Val Trupchun und am Schafberg wesentlich mehr Stammverletzungen feststellten als in anderen Gebieten. Sie untersuchten sieben Gebiete auf Stammverletzungen. In fünf von sieben Gebieten war der Anteil am Stamm verletzter Bäume teilweise weit unter 10 %. Der Anteil an Bäumen mit Stammverletzungen in den beiden Gebieten Val Trupchun und Schafberg betrug über 20 %. Von diesen 20 % am Stamm verletzter Bäume waren gemäss ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) die Hälfte durch den Steinbock entstanden. Für das Gebiet Schafberg kam auch FEUERSTEIN (1997) zum Ergebnis, dass Steinböcke die häufigste Ursache für Stammverletzungen waren. Bei 12.4 % aller taxierten Bäume beobachtete FEUERSTEIN (1997) eine Stammverletzung die er auf den Steinbock zurückführte.

Durch die Darstellung der Anzahl Stammverletzungen in 4-Jahresperioden kann man durchaus Tendenzen erkennen. Von den 1940er Jahre war ein Anstieg bis in die mittleren 1960er Jahre zu erkennen. In den letzten 30 Jahren war vor allem der Abschnitt zwischen 1997 und 2000, der mit der grössten Anzahl Stammverletzungen auffiel. Die absolute Anzahl der Datierungen nahm etwa ab den 1970er Jahren zu. Die Gründe dafür sind nicht ganz klar. Ältere Stammverletzungen waren vermutlich schon überwältigt worden, oder sie führten zum Absterben des Baumes.

Jahrgang der rückdatierten Bäume

Über 70 % der rückdatierten Bäume hatten einen Jahrgang zwischen 1901 und 1960. In den Höhenlagen der Lärchen-Arvenwälder in der Val Trupchun, haben 50- bis 100-Jährige Bäume noch nicht einen allzu grossen BHD. Diese Bäume wurden vom Steinbock zum schlagen gerne genutzt. Für die nachträgliche Zuordnung der Stammverletzungen auf den Verursacher, war der BHD jedoch gross genug.

Vergleich zwischen Rückdatierungen der Verletzungen und Steinbockbestand

Im ungestörten Raum waren die Schwankungen des Steinbockbestandes mit denen der Anzahl neuentstandener Stammverletzungen weitgehend gleichgerichtet. Die Kulminationen des Steinbockbestandes waren bei der Anzahl Stammverletzungen ebenfalls als solche zu erkennen. Im Jahr 1970 starben fast 100 Steinböcke in einer Lawine, was den Steinbockbestand auf einen Schlag stark reduzierte (FILLI 1995). Die Anzahl Stammverletzungen für die Jahre 1969-1972 ist dementsprechend tief. Der Steinbockbestand erholte sich in den folgenden Jahren kontinuierlich und hatte im Jahr 1985 seine einstige Populationsgrösse wieder erreicht (FILLI 1995). Die Stammverletzungen nahmen ab der 4-

Jahresperiode 1973-1976 auch wieder zu, jedoch nicht in der gleichen Masse wie der Steinbockbestand. Während den ganzen 1990er Jahren wurden die bisher höchsten Bestandeszahlen erfasst. Teilweise wurden über 400 Steinböcke gezählt. Die Stammverletzungen widerspiegelten dies ebenfalls mit einem Maximum für die 4-Jahresperiode 1997-2000. Der Steinbockbestand reduzierte sich aufgrund der strengen Winter Ende der 1990er Jahre ein weiteres Mal relativ stark. Für den letzten Abschnitt von 2001-2004 ging die Anzahl Stammverletzungen ebenfalls wieder zurück.

Diese Beobachtungen unterstützen die Schlussfolgerungen von FEUERSTEIN (1997) am Schafberg bei Pontresina. FEUERSTEIN (1997) beobachtete nach einer jagdlichen Reduktion des Steinwildbestandes am Schafberg eine Zunahme der neuenstandenen Stammverletzungen. Um diese Feststellung zu erklären formulierte FEUERSTEIN (1997) eine Theorie die sich auf das Sozialverhalten des Steinbocks bezieht. Eine Reduktion des Steinbockbestandes könnte die Gliederung der Sozialklassen beider Geschlechter massiv stören. Dies ist durchaus möglich, da sich die Tiere in einem Rudel kennen und „Banden“ bilden (NIEVERGELT 1966). Die starke Störung der sozialen Struktur könnte folglich ein aggressiveres Verhalten ausgelöst haben, was zu einer Zunahme der Stammverletzungen führte. Die Zunahme der Stammverletzungen trotz Reduktion des Steinbockbestandes konnte WIESMANN (2005) in einer Folgeaufnahme bestätigen.

In der Val Trupchun konnten solche gegenläufige Entwicklungen nicht beobachtet werden. Veränderungen der beiden Variablen waren bis auf wenige Ausnahmen gleichgerichtet. Die Schwankungen des Steinbockbestandes unterlagen ausschliesslich der natürlichen Mortalität, da die Jagd auf Nationalparkgebiet untersagt ist. Dies spricht für die Feststellungen von FEUERSTEIN (1997).

Betrachtet man die Böcke und Geissen getrennt, so korrelierte die Entwicklung des männlichen Steinbockbestandes besser mit dem Verlauf der neuenstandenen Stammverletzungen. Die Geissen hatten vermutlich auch einen Einfluss auf das Ausmass der Stammverletzungen, jedoch indirekt. Dies war vor allem im Vergleich zwischen dem Verlauf der neuenstandenen Stammverletzungen und dem Geschlechterverhältnis (GV) zu erkennen. Ob die absolute Anzahl an weiblichen Tieren ab- oder zunahm war nicht entscheidend, sondern wie viele weibliche Tiere im Verhältnis zu den männlichen vorhanden waren. Je mehr weibliche Steinböcke im Verhältnis zu ihren männlichen Artgenossen vorhanden waren, umso geringer fielen die Stammverletzungen aus. Der Grund könnte ein geringeres Aggressions- und Kampfpotenzial bei den Böcken gewesen sein, das vom höheren Angebot an weiblichen Tieren hervorging.

Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass nicht nur Schwankungen in der Bestandeszahl, sondern auch Schwankungen in der Bestandesstruktur Auswirkungen auf das Schlagverhalten nach sich ziehen.

Der Faktor „Störung“ könnte eine weitere Ursache für die unterschiedlichen Entwicklungen der Stammverletzungen zwischen Parkgebiet und Schafberg gewesen sein. Störungen sind Stresssituationen, die unter anderem auch die Aggressivität erhöhen können. Ein mögliches Fluchtgebiet ist der Wald (INGOLD et al. 1996). ABDERHALDEN (2005) stellte im ganzen Gebiet Albris-SNP fest, dass Steinböcke durch Störungen vermehrt in den Wald gedrängt wurden. In der Val Trupchun besteht für den Wanderer, wie im gesamten Nationalpark ein striktes Weggebot. Die Wanderwege in der Val Trupchun folgen der Talsohle, und führen nicht bis in die Sommereinstandsgebiete der Steinböcke. Im Winter ist der Nationalpark für den Wanderer gar geschlossen. Andere Freizeitaktivitäten wie Mountainbikefahren oder gar Gleitschirmfliegen sind im SNP untersagt. Die Reaktionen auf Störungen durch Wanderer, sind im Vergleich zu Flugobjekten sehr viel geringer (INGOLD et al. 1996). Am Schafberg zeigt sich ein ganz anderes Bild. Der Schafberg ist ein beliebtes Ausflugsziel für Wanderer, dieses kann auch bequem mit der Sesselbahn nach Alp Languard erreicht werden. Im Sommer stellt das Gebiet Schafberg zusätzlich ein beliebtes Fluggebiet für Gleitschirmflieger dar. Dementsprechend halten sich die Steinböcke am Schafberg auch fast ganzjährig im Wald auf (FEUERSTEIN 1997). Diese Störungen verursachen eine Stresssituation, und könnten im Zusammenhang mit erhöhter Aggressivität auch zu einer Erhöhung des Kampfverhaltens bzw. der Stammverletzungen führen. Dafür sprechen auch die Folgeaufnahmen am Schafberg von WIESMANN (2005). Die Anzahl neuentstandener Stammverletzungen, blieb trotz geringer Schwankungen im Steinbockbestand konstant hoch.

Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten

Die genaue Ursache für die Bildung traumatischer Harzkanäle bzw. von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten war bei den Bohrkernen dieser Arbeit nicht bekannt. Vermutungen bezüglich der Einflussfaktoren lassen sich jedoch stellen. Beinahe alles was von normalen Wachstumsbedingungen abweicht, kann als Einflussfaktor auftreten (HUG 1979). Normalen Wachstumsbedingungen sind gegeben „auf einem Standort, welcher den Ansprüchen der Pflanze in jeder Beziehung, d. h. betreffend den abiotischen und biotischen Faktoren, mindestens durchschnittlich entspricht.“ (HUG 1979).

Für *Pinaceen*-Arten sind zum grössten Teil natürliche oder künstliche, mechanische Wundreize auf das Kambium, als Ursache für axiale und radiale traumatische Harzkanäle

angegeben (BOSSHARD 1976, HUG 1979). In dieser Arbeit interessierte vor allem der Einflussfaktor „künstliche mechanische Verletzung durch den Steinbock“. Auf der orographisch rechten Talseite der Val Trupchun wiesen etwa 20 % der Bäume eine Stammverletzung auf. Die Hälfte dieser 20 % an Stammverletzungen wurde durch den Steinbock bewirkt (ABDERHALDEN & BUCHLI 1998). Die Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten können einen Hinweis auf frühere Stammverletzungen sein, die heute nicht mehr als solche zu erkennen sind. Falls der Steinbock gleiche Baumindividuen wiederholt schlägt, kann man ihn somit als Verursacher früherer Verletzungen zumindest vermuten. Die 67 erfassten Stammverletzungen stammen von lediglich 43 verschiedenen Bäumen. Von diesen 43 Bäumen wurden 11 (9 Arven, 2 Lärchen) mindestens zweimal am Stamm verletzt. Am Stamm verletzte Bäume waren somit knapp über 25 % wiederholt verletzt worden. Auch bei FEUERSTEIN (1997) wurden 22 % aller am Stamm verletzten Bäume mehrmals bzw. wiederholt durch den Steinbock verletzt. Zusätzlich zeigten seine Auswertungen, dass die Arve im Vergleich zu den übrigen Baumarten wiederholt häufiger verletzt wurde. In der vorliegenden Arbeit waren 80 % aller Bohrkerne von Arven. Von den wiederholt verletzten Bäumen waren bis auf zwei Lärchen, alles Arven. Diese Präferenz erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass eine Arve schon früher einmal vom Steinbock *geschlagen* wurde. Der Rothirsch könnte als Verursacher alter Verletzungen ebenfalls in Frage kommen. Traumatische Harzkanäle bzw. Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten würden in diesem Fall genau gleich gebildet. Von den erfassten Bäumen hatte keiner eine Verletzung die vom Rothirsch stammte. Zusätzlich *schlagen* Rothirsche nur selten den gleichen Baum zweimal, SCHLOETH (1968) stellte einen Anteil von lediglich 8 % durch Rothirsch wiederholt *geschlagener* Bäume fest. Ein unbekannter Anteil an Stammverletzungen war im steilen Untersuchungsgebiet auf Steinschlag zurückzuführen. Wiederholte „Treffer“ dürften beim Steinschlag wesentlich seltener sein, als wiederholt *geschlagene* Bäume.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde angenommen, dass der Steinbock indirekter Hauptverursacher der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten war. Im Vergleich zeigte die Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten eine positive Beziehung zum Verlauf des Steinbockbestandes. Im Jahr 1970, als fast 100 Steinböcke einer Lawine zum Opfer fielen, war die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten ebenfalls rückläufig und auf einem sehr tiefen Niveau. Anschliessend wuchs der Steinbockbestand kontinuierlich wieder an. Auch die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten nahm ab dem Jahr 1970 fast jährlich zu. Mit Ausnahme der Periode von 1980-1985 waren die 1990er Jahre am stärksten von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten betroffen. In diesem Zeitabschnitt

wiesen auch die Steinbockbestände die höchsten Stückzahlen auf. Ab Ende der 1990er Jahre sank die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten wieder stark ab, was mit der Entwicklung des Steinbockbestandes korrelierte. Die Trends waren für beide Geschlechter erkennbar, bei den Böcken korrelierten die beiden Variablen jedoch besser als bei den Geissen.

Klimatische Standortsbedingungen können ebenfalls als Verursacher der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten in Frage kommen. Die Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten wurden mit den Faktoren Schneehöhe und Niederschlagsmenge verglichen, um deren Einfluss abschätzen zu können. Bei fehlendem Niederschlag tritt mit der Trockenheit eine direkte Störung der Standortsbedingungen auf. Die Abgrenzung der Wirkung der Schneehöhe ist schwieriger. Schnee kann direkt durch mechanische Belastung einen Einfluss haben. Dies kann beispielsweise zum Abbrechen von Ästen führen. Aber auch eine indirekte Beeinflussung ist denkbar. Der Bewegungsradius von Tieren könnte durch die Schneehöhe eingeschränkt werden. Zwischen der Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten und dem Verlauf der Schneehöhe war eine negative Beziehung erkennbar. Die Schneehöhe als indirekter Einflussfaktor, der die Bewegungsfreiheit einschränkt wäre hier durchaus möglich. Dies galt vor allem für die Jahre nach 1980. Der Einfluss auf den Steinbock kann erheblich sein. Im Vergleich mit der Gämse, ist der Steinbock mit seinem Körperbau im Schnee stärker eingeschränkt in seiner Bewegungsfreiheit. Im Schnee ist die relativ grosse Körpermasse und die kurzen Beine ein Hindernis für den Steinbock. Plausibler ist jedoch, dass das Ausmass der Schneedecke auf den Steinbockbestand in Form von erhöhter Mortalität wirkt. Der Rückgang der Bestandeszahl hätte zugleich einen Rückgang der Stammverletzungen und der Bildung von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten zur Folge. Dies unterstützt die Annahme, dass die Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten einen Zusammenhang, mit der mechanischen Einwirkung von Steinböcken auf die Stämme aufweisen. FEUERSTEIN (1997) beobachtete das Gegenteil: „Die Übereinstimmung zwischen den Indikatoren für die Härte des Winters und dem Verlauf der Anzahl neuenstandener Verletzungen in den Jahren ist auffällig.“ Je kürzer und milder der Winter ausfällt, desto kürzer ist die Aufenthaltsdauer der Steinböcke im Wald. Dies senkt die Wahrscheinlichkeit von Stammverletzungen (FEUERSTEIN 1997).

Der Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Bildung von Jahrringen mit erhöhten Harzkanaldichten ist nicht zu unterschätzen. Jahre mit einem sehr trockenen Monat zwischen Mai und September, waren in der Entwicklung der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten

teilweise ebenfalls erkennbar. Beispielsweise stieg die Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten von 1980-1985 überdurchschnittlich im Verhältnis zum Anstieg des Steinbockbestandes. In den gleichen Jahren war mindestens ein sehr trockener Monat zu verzeichnen. Auch in anderen Jahren mit einem sehr trockenen Sommermonat konnte man einen Anstieg der Anzahl Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten beobachten. Niederschlagsmangel war jedoch nicht der Hauptverursacher der Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten. Diese wurden vielmehr durch mehrere Faktoren verursacht, wovon einer wahrscheinlich der Steinbock war.

Folgerungen bezüglich Aggressions- oder Komfortverhalten als Motivation des *Schlag-* und *Fege*verhaltens

Gegenwärtig bestehen zwei unterschiedliche ethologische Interpretationen des *Schlag*verhaltens von Steinböcken. WIRZ (1991) erklärte das *Schlag-* und *Fege*verhalten des Steinbocks als Komfortverhalten, das durch das Einsetzen des Haarwechsels ausgelöst wird. Bei ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) wurde das Schlagverhalten als aggressiv motiviertes Verhaltensmuster beschrieben. Sie stellten einen signifikanten Zusammenhang zwischen „Kämpfen“ und *Schlagen* fest. Beim Entstehungszeitpunkt der Stammverletzungen waren sich die Autoren WIRZ (1991) und ABDERHALDEN & BUCHLI (1998) einig. Neben dem Maximum des *Schlagens* im Frühjahr (Juni) wurde ein zweites im Spätherbst festgestellt. Der Zeitpunkt der Aktivität *Schlagen* kann für beide Theorien sprechen: Die Rangordnung wird im Frühjahr mit Kämpfen zwischen gleichaltrigen Artgenossen festgelegt, während der Brunft im Spätherbst finden ebenfalls vereinzelt Kämpfe statt (AESCHBACHER 1978). Dies spricht für die aggressionsbedingte Begründung. Etwa während den gleichen Zeitabschnitten wird aber auch der Haarwechsel vollzogen, was auch ein Komfortverhalten plausibel macht (WIRZ 1991). FEUERSTEIN (1997) sah in den zunehmenden Stammverletzungen trotz Bestandesreduktion einen Widerspruch zur ethologischen Interpretation von WIRZ (1991). „Die Anzahl Stammverletzungen infolge Komfortverhaltens wäre vermutlich direkt proportional dichteabhängig. Kleinere Bestandesdichten müssten dementsprechend weniger Stammverletzungen verursachen“ (FEUERSTEIN 1997). Bei der Steinbockpopulation der Val Trupchun reagierte die Anzahl Stammverletzungen proportional dichteabhängig. Dies könnte die Feststellungen von WIRZ (1991) unterstützen. Wahrscheinlich erklären sowohl das Aggressions- als auch das Komfortverhalten die ethologische Ursache des *Schlagens*. Begrifflich legte sich WIRZ (1991) vor allem auf das *Fegen* fest. Bei ABDERHALDEN &

BUCHLI (1998) sind die Verhaltenselemente *Schlagen* und *Reiben* zu einem Begriff zusammengefasst. Demnach könnte die Motivation des Steinbocks für das *Fegeverhalten* nach WIRZ (1991) eher einem Komfortverhalten, und das *Schlag-* und *Reibverhalten* nach ABDERHALDEN & BUCHLI (1998), einem Aggressionsverhalten entsprechen.

Ob Aggressions- oder Komfortverhalten, die genauen Faktoren die zu Stammverletzungen durch den Steinbock führen sind noch nicht ganz geklärt. Einerseits sind die jagdlichen Veränderungen der sozialen Struktur eine mögliche Erklärung, andererseits könnten auch die Störungen durch den „Tourismus“ eine grosse Rolle spielen. Um eine klare Aussage machen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen dieser Thematik.

7. Zusammenfassung

In den Frühlings- und Spätherbstmonaten finden in den Steinbockbeständen Kämpfe zwischen den Böcken statt. Im Frühling ist die Festlegung der Rangordnung, im Herbst die Brunft als Ursache für das Kämpfen zu betrachten. Wenn unter den Böcken gekämpft wird, sind Bäume oft Alternativen, die als Ersatzobjekte dienen. Bei den Interaktionen mit Bäumen entstehen am Stamm Schlagverletzungen. Die Ursachen die zu diesem Ausweichen auf das Ersatzobjekt „Baum“ führen, wurden teilweise in touristisch genutzten Gebieten untersucht. Die Faktoren Jagd und touristische Störung zeigten dabei mögliche Erklärungsansätze. Ein Vergleich mit der gleichen Situation in einem Ungestörten Gebiet wie der Val Trupchun im Schweizerischen Nationalpark, könnte bestehende Erklärungsansätze vertiefen. Im Vordergrund waren die Fragen: Welche Wirkung auf die Entstehung von *Schlagschäden* haben natürliche Schwankungen der Bestandesdichten und Bestandesstruktur? Welche Folgerungen können über das Aggressionsverhalten oder Komfortverhalten als Motivation für das Schlag- und Fegeverhalten gemacht werden? Welche Faktoren beeinflussen das Ausmass der Schlagschäden?

Im ungestörten Gebiet der Val Trupchun, hat die Anzahl Stammverletzungen eine positive Korrelation mit den Schwankungen des Steinbock- und insbesondere des Bockbestandes gezeigt. Im Gegensatz dazu, stieg im Gebiet des Schafbergs die Anzahl an Stammverletzungen nach einer jagdlichen Bestandesreduktion deutlich an. Eine gravierende Störung der sozialen Struktur im Bestand ist somit durchaus möglich. Nicht zu unterschätzen ist der Faktor „Störung“, der die Steinböcke in das Fluchtgebiet „Wald“ drängt und zusätzlich zu einer Stresssituation mit erhöhter Aggressivität führen kann. Die Ergebnisse unterstützen diese zwei Erklärungsansätze. Genaue Aussagen über die Ursachen des Schlagverhaltens an Baumstämmen, können aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren nicht gemacht werden. Dazu sind künftig weitere Untersuchungen erforderlich.

8. Literatur

- ABDERHALDEN, W. (2005): Die Raumnutzung und sexuelle Segregation beim Alpensteinbock (*Capra i. ibex*). Nat.park-Forsch. Schweiz 92
- ABDERHALDEN, W. & CH. BUCHLI (1998): Steinbockprojekt Albris/Schweizerischer Nationalpark (SNP) – Einwirkungen des Alpensteinbocks (*Capra i. ibex*) auf den Wald. Bericht. ARINAS/FORNAT AG, Zernez. (unveröffentlicht)
- AESCHBACHER, A. (1978): Das Brunftverhalten des Alpensteinwildes: Eine ethologische Beschreibung des Fortpflanzungsverhaltens des Alpensteinwildes (*Capra ibex L.*). Eugen Rentsch Verlag, Erlenbach-Zürich.
- BONNEMANN, I. (1978): Possibilities of biological and chemical control: Proc. 5th Int. Conf. Problems of root and butt rot in Conifers. IUFRO: 323-327
- BOSSHARD, H.H. (1976): Differenzierungsmechanismus von Wundkambium in Koniferen. Schweiz. Z. Forstwes. 57: 54-65
- BRÜLLHARDT, H. & P. LÜPS (1984): Entwicklung und Regulierung von Steinwild-Beständen (*Capra i. ibex L.*) im Berner Oberland. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern N.F. 41: 153-169
- BURCKHARDT, D. (1961): Aus dem Leben des Steinbockes. Schweiz. Naturschutz, Bd. XXVII,1. Basel
- BUTIN, H.; & H. ZYCHA (1973): Forstpathologie für Studium und Praxis. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- CHERUBINI, P., H. GÄRTNER, J. ESPER, M. KAENNEL DOBBERTIN, K.F. KAISER, A. RINGLING, K. TREYDTE, K.E. ZIMMERMANN & O.U. BRÄKER (2004): Jahrringe als Archive für interdisziplinäre Umweltforschung. Schweiz. Z. Forstwes. 155 (6): 162-168
- FEUERSTEIN, G.C. (1997): Analyse von Stammverletzungen durch den Alpensteinbock (*Capra i. ibex*). Diplomarbeit. ETH Zürich, Abteilung für Forstwissenschaften, Professur für Forsteinrichtung.
- FILLI, F. (2001): Die Wiederansiedlung des Steinbocks im Spiegel von Theorie und Management. Dissertation. Technische Universität München, Studienfakultät für Forstwissenschaften und Ressourcenmanagement, Fachgebiet Wildbiologie und Wildtiermanagement. Marmota, Zernez.
- FILLI, F. (1995): Wie entwickelte sich die Steinbockkolonie im Schweizerischen Nationalpark? Cratschla 3 (1): 30-35
- FREHNER, M. (1985): Die Lawinerverbauungen am Schafberg bei Pontresina. Diplomarbeit. ETH Zürich, Abteilung für Forstwissenschaften, Professur für forstliches Ingenieurwesen.
-

- GIACOMETTI, M. (1988): Zur Bewirtschaftung der Steinbockbestände (*Capra i. ibex*). Mit einem geschichtlichen Abriss der Steinbockkolonien im Kanton Graubünden. Dissertation. Universität Zürich, Veterinär-Medizinische Fakultät. ADAG Administration & Druck AG, Zürich.
- HALLER, R. (2002): Der Rothirsch im Schweizerischen Nationalpark und dessen Umgebung. Eine alpine Population von *Cervus elaphus* zeitlich und räumlich dokumentiert. Nat.park-Forsch. Schweiz 92
- HUG, E. (1979): Das Harzkanalsystem im juvenilen Stammholz von *Larix decidua* Mill. Dissertation. ETH Zürich, Institut für mikrotechnologische Holzforschung.
- HUSSAIN, J. (1983): Wundreaktion bei Koniferenwurzeln unter besonderer Berücksichtigung der traumatischen Harzkanäle. Dissertation. Forstwissenschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- INGOLD, P., R. SCHNIDRIG-PETRIG, H. MARBACHER, U. PFISTER & R. ZELLER (1996): Tourismus/ Freizeitsport und Wildtiere im Schweizer Alpenraum. Kurzbericht. Schriftenreihe Umwelt. Bundesamt für Umwelt, (BAFU), Bern.
- LÜPS, P.(1995): Der Steinbock. Desertina Verlag, Chur.
- LÜPS, P.& M. ZUBER (1986): 65 Jahre Steinwildhege im Berner Oberland (1921-1986). Bezug schweizerische Dokumentationsstelle für Wildforschung, Zürich.
- MÜNCH, E. (1919): Naturwissenschaftliche Kieferharznutzung. Verlag Paul Parey, Berlin, Bd. 10
- NIEVERGELT, B. (1966): Der Steinbock in seinem Lebensraum (genaue Ang. Folgen)
- TSCHIRCH, A. (1906): Die Harze und die Harzbehälter mit Einschluss der Milchsäfte. Gebrüder Bornträger Verlag, Leipzig, Bd.II, 2. Aufl.
- SCHERDTFEGER, F. (1970): Die Waldkrankheiten. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 3. Aufl.
- SCHLOETH, R. (1968): Analyse des Fegens und des Schlagens von Rothirschen (*Cervus elaphus* L.) in einem alpinen Lebensraum (Schweizerischen Nationalpark). Bezug beim Schweizerischen Nationalpark, Zernez. XI: 45-75
- SÆTHER, B.-E., S. ENGEN, F. FILLI, R. AANES, W. SCHRÖDER & R. ANDERSEN (2002): Stochastic population dynamics of an introduced swiss population of the ibex. Ecology, 83(12)
- STADLER, M., CH. BUCHLI & W. ABDERHALDEN (1993): Bericht zur Wildschadenssituation am Schafberg (Pontresina). Untersuchung der Wildschäden am Wald in der Umgebung des Schweizerischen Nationalparks. FORNAT AG/ Stadler und Abderhalden, Zernez. 5 S. (unveröffentlicht).
-

- STAUFFER, CH. (1988): Verteilung, Koexistenz und Äsungsdruck von Rothirsch, Alpensteinbock und Gemse im Val Trupchun, Schweizerischer Nationalpark. Diplomarbeit. Universität Zürich, Zoologisches Institut.
- WIESMANN, C. (2005): Steinbock-Schlagschäden am Schafberg, Folgeuntersuchung 2005. Bezug Amt für Wald Südbünden. (unveröffentlicht).
- WIRZ, D. (1991): Das Fegeverhalten des Alpensteinbocks (*Capra ibex* L.). Diplomarbeit. Universität Zürich, Zoologisches Institut.
-

I. Anhang

Korrelationen nach Pearson

		Steinbock- bestand	Boecke	Geissen	GV	Maximale Schneehöhe	Jahrringe mit erhöhten Harzkanälen
Stamm- verletzungen	Korrelation nach Pearson (R)	0.648	0.661	0.661	0.499	0.014	0.572
	Signifikanz (2-seitig)	0.090	0.370	0.038	0.172	0.974	0.033

		Steinbock- bestand	Boecke	Geissen	GV	Niederschlag-ärmster Monat	
Jahrringe mit erhöhten Harzkanaldichten	Korrelation nach Pearson (R)		0.573	0.547	0.344	0.460	0.239
	Signifikanz (2-seitig)		0.001	0.001	0.040	0.005	0.084