



# Analyse der Altersstruktur von Fichtenroten im Naturwald- reservat Uaul Prau Nausch in Sedrun

**Christina Zumbrunn**  
**Januar 2011**

Selbständige Arbeit an der Professur für Waldökologie  
Departement Umweltwissenschaften

Betreuer: Christoph Märki  
Referent: Christof Bigler

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	3
Zusammenfassung .....	4
1 Einleitung.....	5
1.1 Theoretische Grundlagen .....	5
1.1.1 Was ist eine Rotte? .....	5
1.1.2 Wie Rotten entstehen .....	6
1.1.3 Leben in der Rotte .....	6
1.1.4 Rotten fördern die Stabilität des subalpinen Fichtenwaldes .....	7
1.2 Zielsetzung und Fragestellung.....	7
2 Material und Methoden .....	8
2.1 Untersuchungsgebiet.....	8
2.2 Bestandesgeschichte .....	9
2.3 Datenerhebung und Datenverarbeitung .....	9
2.3.1 Feldaufnahmen.....	9
2.3.2 Laborarbeit .....	10
3 Resultate.....	12
3.1 Beschreibung der untersuchten Rotten .....	12
3.2 Durchmesser-, Höhen- und Altersverteilung der untersuchten Bäume.....	14
Das Alter in diesem Kapitel bezeichnet jeweils das Alter des innersten Jahrringes auf 0.7m Höhe gemessen.....	14
3.2.1 Höhen – Altersverteilung über alle Rottenbäume.....	14
3.2.2 BHD- Altersverteilung über alle Rottenbäume.....	14
3.2.3 Räumliche Alters- und Durchmesserverteilung der einzelnen Rotten .....	15
3.3 Radialzuwachs der Rottenbäume über die Zeit .....	21
3.3.1 Rotten 1 und 2 im dichteren Bestand .....	21
3.3.2 Rotten 4 und 5 im lichterem Bestand .....	23
3.4 Stabilität der Bäume .....	26
4 Diskussion.....	28
4.1 Variabilität des Alters .....	28
4.2 Radialzuwachs einzelner Bäume .....	28
4.3 Entwicklung der Rotten .....	29
4.4 Stabilität der Bäume .....	30
4.5 Methodenkritik .....	30
5 Literaturverzeichnis.....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausschnitt der Waldstandortkarte, Gebiet Tgom, Sedrun GR. (Doutaz, 2007) Die roten Kreise zeigen die zwei standorte der untersuchten Rotten. ....	8
Abbildung 2: Rotte 1 .....	12
Abbildung 3: Rotte 2 .....	12
Abbildung 4: Rotte 4 .....	13
Abbildung 5: Rotte 5 .....	13
Abbildung 6: Höhe – Altersverteilung über alle Rottenbäume .....	14
Abbildung 7: BHD-Altersverteilung (n. d. = nicht datiert, dunkel gefärbte Punkte bedeuten datiert mit COFECHA, heller markierte sind nicht datiert). Jede Rotte hat eine andere farbliche Markierung. ....	15
Abbildung 8: Rotte 1, räumliches Modell, Blasengrösse.....	16
Abbildung 9: Rotte 1, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges.....	16
Abbildung 10: Rotte 2, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht $D_{0,7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges.....	17
Abbildung 11: Rotte 2, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges .....	17
Abbildung 12: Rotte 4, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht $D_{0,7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges.....	18
Abbildung 13: Rotte 4, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges .....	18
Abbildung 14: Rotte 4 von oben.....	19
Abbildung 15: Rotte 5, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht $D_{0,7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges. Die blaue Ellipse umrandet die Vogelbeeren, auch im Kreis ist die tote Fichte.....	20
Abbildung 16: Rotte 5, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges. Die blaue Ellipse umrandet die Vogelbeeren. ....	20
Abbildung 17: Vogelbeeren innerhalb Rotte 5 .....	20
Abbildung 18: Rotte 1 mit Baumnummern .....	21
Abbildung 19: Rotte 1 - Radialzuwachs kumulativ, 101 – 119 stellen Baumnummern dar. ....	22
Abbildung 20: Rotte 2 mit Baumnummern .....	23
Abbildung 21: Rotte 2 - Radialzuwachs kumulativ .....	23
Abbildung 22: Rotte 4 mit Baumnummern .....	24
Abbildung 23: Rotte 4 – Radialzuwachs kumulativ.....	24
Abbildung 24: Rotte 5 mit Baumnummern .....	25
Abbildung 25: Rotte 5 - Radialzuwachs kumulativ .....	25
Abbildung 26: Höhe gegenüber BHD der einzelnen Bäume .....	26
Abbildung 27: h/d Wert gegenüber BHD der einzelnen Bäume .....	26

## Zusammenfassung

Im Gebirgswald dominieren vor allem in der subalpinen Höhenstufe Fichten-Rotten das Landschaftsbild. Mehrere truppweise zusammenstehende Bäume bilden dabei als Rotte eine stabile Einheit. Gegen aussen bilden die Kronen meist einen zusammenhängenden Mantel, welcher über mehr als zwei Drittel der Baumhöhe hinunterreicht. In der Schutzwaldpflege wird diese Rottenstruktur als idealer Waldzustand im fichtenreichen Gebirgswald angestrebt.

Über die natürliche Entstehung der Rotten ist relativ wenig bekannt. Auch ist nicht klar, wie gross Altersunterschiede der Bäume innerhalb von Rotten sein können und wie stark sie von Rotte zu Rotte variieren. Diese Fragen sollen in dieser Arbeit anhand von vier näher untersuchten Rotten im Gebiet Sedrun GR beantwortet werden.

Es konnte aufgezeigt werden, dass die Variabilität des Alters innerhalb der Rotten kleiner ist als zwischen den Rotten. Die untersuchten Rotten lassen sich jeweils in Altersklassen einteilen. Es konnte auch dargestellt werden, dass sich die Rotten von oben her in der Falllinie gegen unten entwickeln. Die ältesten Fichten stehen jeweils am oberen Ende der Rotten.

Mittels Bohrkern-Analysen wurden die Radialzuwachsverhältnisse der einzelnen Bäume ermittelt. Es zeigte sich, dass jeweils die Randbäume einen stärkeren Zuwachs, Bäume im Zentrum der Rotte einen schwächeren Zuwachs, verzeichnen. Auch wurde deutlich, dass dicht beieinander stehende Fichten einen eher schwächeren Radialzuwachs aufweisen. Diese Effekte werden vor allem durch erschwerte Konkurrenzverhältnisse der dicht stehenden Bäume begründet. Andererseits schützen sich die Bäume durch das Dichtstehen auch vor negativen Einflüssen wie zum Beispiel vor der Schneelast. Dichtstehende Bäume und Bäume im Innern der Rotten sind weniger stabil als Bäume am Rand der Rotte.

# 1 Einleitung

In der subalpinen Stufe im Gebirgswald bilden Fichten Rotten. Rotten sind Einheiten von Bäumen, die truppweise stehen und sich dadurch gegenseitig schützen. In der Schutzwaldpflege wird diese sogenannte Rottenstruktur als idealer Waldzustand im fichtenreichen Gebirgswald angestrebt. Im folgenden theoretischen Teil werden nötige Grundlagen über diese Rottenstrukturen dargestellt.

## 1.1 Theoretische Grundlagen

### 1.1.1 Was ist eine Rotte?

Klimatische Extreme, kurze Vegetationsperioden, Kleinstandorte und starke Geländeneigungen kennzeichnen die subalpinen Waldstandorte. Ebenfalls dominieren waldfähige und waldfekindliche Kleinstandorte die Entstehung und Dynamik des Fichtenwaldes. Wegen den verschiedenen Kleinstandorten stehen die Bäume in Rotten zusammen (Fillbrandt, 2000).

Der Begriff Rotte beschreibt einen Trupp von Bäumen, der sich von der Umgebung als Gruppe abhebt. Die Bäume innerhalb einer Rotte haben gemeinsam eine tief herab reichende Kronenummantelung, die Kronenlänge beträgt mehr als 2/3 der Baumhöhe. Die Kronen der Bäume in der Rotte sind stark verzahnt. Die Bestände in dieser Zone haben so auch kein geschlossenes Kronendach, es entstehen auf diese Weise natürliche innere Waldränder. Im Übershirmungsbereich im Innern der Rotte findet man vegetationsfreie Standflächen (Schönenberger, 1981; Ott et al., 1997; Strobel, 1997).

Als Einheit sind Rotten sehr stabil gegenüber Schnee und Wind. Die Konkurrenz um Wärme, Licht und Raum zwischen den Rotten ist geringer als in flächigen Beständen der hochmontanen Stufe, wo die Konkurrenz zwischen den meisten Bäumen gross ist. Die Bäume innerhalb der Rotte helfen sich gegenseitig und bilden eine Einheit gegen die negative Einflüsse von aussen, konkurrieren aber stark um das Licht (Ott et al., 1997).

Bischof (1987) beschreibt eine ideale Rotte folgendermaßen: Die Rotte soll ein Kleinkollektiv von 10 bis 20 Bäumen in einem Abstand von 0.7-1 m sein. Die Grundform ist am ehesten fischförmig, tropfenförmig oder elliptisch-eiförmig. Damit ergibt sich ein geringer Widerstand gegen Strömungen von Wind und Schnee. Rotten haben unter sich etwa 4-5 m Zwischenraum. Die Rotten wiederum bilden ein Grosskollektiv und sollten ebenfalls eine dem Fliessen des Schnees und Windes angepasste, fischförmige Grundform aufweisen.

Schönenberger (1981) beschreibt die Form der Rotte eher als Keil, mit der Spitze am luvalseitigen Rottenrand. Kuoch und Amiet (1970) bezeichnen die Form der Rotte als ein nach dem Hanggefälle ausgerichtetes Oval oder seltener als schmale Rechtecke oder Linien. Der Rottenaufriß in der Falllinie ist ähnlich einem ungleichseitigen Dreieck, im Zentrum sind die höchsten Fichten und nach aussen hin schliessen sich kleinere Pflanzen an.

Die Altersunterschiede in der Rotte können bis über hundert Jahre betragen. Ältere Bäume wachsen auch nach Abschluss des Höhenwachstums weiter in die Dicke. So können junge Bäume in deren Schutz aufkommen. Die Altersunterschiede sowie die Stammzahl innerhalb der Rotten nehmen gegen die Waldgrenze hin zu. An der Waldgrenze wachsen die Bäume sehr langsam, und die Rotten sind sehr widerstandsfähig (Ott et al., 1997).

Rotten fördern ein abwechslungsreiches Standortmosaik und die ökologische Vielfalt. Auf den offenen Flächen kann sich eine reichhaltige Pflanzen- und Tierwelt entwickeln, dies ist unter dem Schirm von dichten Beständen nicht möglich (Ott et al., 1997).

### 1.1.2 Wie Rotten entstehen

Es ist relativ wenig darüber bekannt, wie Rotten entstehen. Im Folgenden wird versucht, das Bekannte herzuleiten:

Die Entstehung von Rotten wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Geländemorphologie ist wohl die wichtigste Rahmenbedingung. Auch die Geländeexposition spielt eine wesentliche Rolle, denn sie beeinflusst den Wärmehaushalt des Kleinstandortes. Natürlich entstandene Rotten vermehren sich durch Ansamung am Rand im Schutz der anderen Bäume oder durch Ablegerbildung (Fillbrandt, 2000). Minimumfaktor ist meistens Wärme auf dem Boden, auch die Konkurrenzvegetation spielt bei der Ansamung eine wesentliche Rolle. Gerade in der obersten lichten Waldzone, der sogenannten Kampfzone, entstehen Rotten durch Ablegerbildung. Dort ist auch die mechanische Einwirkung durch Schnee am stärksten. Tribschädigungen durch Frost und Frostrocknis führen zu unkorreliertem Wachstum und Verlängerung der bodennahen Äste an der Talseite. Die Astspitzen richten sich auf und bilden mit Hilfe von Bodenkontakt und adventiver Bewurzelung der Äste neue Stämme. Die ehemaligen Äste bleiben als Verbindung zwischen den Stämmen lange erhalten und funktionsfähig (Kuoch et al, 1970; Schönenberger, 1981).

Diese Ablegerbildung führt dazu, dass im Steilhang die ältesten, dicksten und höchsten Stämme am oberen leeseitigen Rottenrand stehen. Die Bäumchen werden hangabwärts immer schwächer und niedriger (Schönenberger, 1981).

Junge Rotten entwickeln sich aus „Primärkollektiven“. Benachbarte Primärkollektive können durch Ausdehnung ihrer Kronen zusammenwachsen, die Äste greifen dann ineinander und „Sekundärkollektive“ bilden sich. Beim Weiterwachsen der Rotten verlieren sie ihre ursprüngliche Kegelform (Strobel 1997).

Auch in älteren Beständen bleibt die Rottenstruktur mehr oder weniger erhalten, dies ist an der Stammverteilung zu erkennen. Das Kronendach ist aber beinahe geschlossen. Trotz erheblichen Altersunterschieden sind die Bestände aber meist einförmig (Ott et al., 1997).

### 1.1.3 Leben in der Rotte

Die Rotten mildern die Extreme des Mikroklimas. Durch den gemeinsamen Kronenraum wird ein eigenes Bestandesklima im Innern der Rotte gebildet, welches gegenüber dem Freiland ausgeglichener ist. Die Rotten bilden eine in sich stabile Versorgungsgesellschaft und sorgen für Verjüngung (Schönenberger, 1981).

Die Bäume innerhalb der Rotte prägen sich gegenseitig: Unter schwerem Schnee brechen schwache Randbäume und geben den Rand den nächsten kräftigeren Bäumen frei, welche vom zusätzlichen Licht profitieren und so gegenüber den anderen im Innern im Vorteil sind.

Die Bäume bieten sich gegenseitig Windschutz. Im Winter wird der Kronenraum mit Schnee ausgefüllt, so ist innerhalb der Rotten der Boden vor Frost geschützt und die mit Schnee isolierten Zweige können nicht vertrocknen. Damit wird die Gefahr der Schäden durch Frostrocknis verkleinert. Dennoch besteht durch Schneeablagerung die Gefahr von Schneedruckschäden auf der

oberen Rottenseite, je nach Form der Rotte kann die Angriffsfläche auch recht gross sein. Die Gefahr wird aber verkleinert, da die stärksten Bäume oben stehen (Schönenberger, 1981).

#### 1.1.4 Rotten fördern die Stabilität des subalpinen Fichtenwaldes

Im Gegensatz zu gleichförmigen Aufforstungen weisen Rotten viel weniger negative Effekte auf, wie zum Beispiel Stabilitätsprobleme. Sie vermindern durch ihre stabilen Ränder die Anfälligkeit des Bestandes gegenüber flächigen Schäden. Die Struktur und Textur welche Rotten ausmachen, führen zusammen mit der Ungleichaltrigkeit der Bäume zu sehr stabilen und widerstandsfähigen Beständen. Durch die mosaikförmige Altersverteilung ist die Verjüngung wiederum mosaikförmig und kleinflächig. Verjüngungsgünstige Kleinstandorte sind immer wieder genügend vorhanden, diese werden durch Moderholz und Vogelbeere gefördert. Es gibt also kaum grossflächige und langfristige Verjüngungsunterbrüche (Ott et al., 1997; Zeller, 1994).

## 1.2 Zielsetzung und Fragestellung

In dieser Arbeit sollen die Alters- und Wachstumsunterschiede innerhalb von Rotten untersucht werden. Denn über die natürliche Entstehung ist relativ wenig bekannt. So ist zum Beispiel nicht genau klar, wie gross die Altersunterschiede der jeweiligen Bäume innerhalb einer Rotte sind und wie stark diese Unterschiede von Rotte zu Rotte variieren. Daher sollen nun folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie verhält sich die Variabilität des Alters innerhalb und zwischen den Rotten?
- Wie verhält sich der Zuwachs der einzelnen Bäume einer Rotte über die Zeit?
- Wie haben sich die Rotten entwickelt?
- Gibt es Unterschiede in der Stabilität von Bäumen innerhalb der Rotten?

Die Resultate werden in der Diskussion mit Resultaten ähnlicher Untersuchungen verglichen. Auch Strobel (1997) hat in Sedrun im Uaul Tgom Wachstumsuntersuchungen zu Rotten durchgeführt. Untersuchungen von Fillbrandt (2000) behandeln das Thema der Strukturentwicklung gepflanzter Fichtenkollektive in der hochmontanen und subalpinen Stufe. Dazu kommen Resultate aus einem kleinen Forschungsprojekt aus dem Gebirgswaldkurs der ETH in Davos im Juni 2010.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Uaul Tgom liegt oberhalb Sedrun im Kanton Graubünden. Sedrun gehört zur politischen Gemeinde Tujetsch, welche auch Waldbesitzerin des Lehrwaldes der ETH Zürich ist. Klimatisch liegt Sedrun in einer Übergangszone zwischen ozeanischem und kontinentalem Klima (ETHZ, 2009).

Eine Übersicht der Jahreswerte für die Klimastation Disentis (Entfernung zur Untersuchungsfläche rund 7 km, Höhenunterschied 500 m) zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Jahreswerte der Klimastation Disentis GR (Strobel, 1997 gemäss dem Schweizerischen Klimaatlas)

	Nieder- schlag- Summe	Neu- schnee	Tempe- ratur Durch- schnitt	Tempe- ratur Max	Tempe- ratur Min	Tage unter 0°C	Tage über 25°C	Luft- feucht- igkeit	Sonnen- stunden/ Jahr
Ein- heit	mm	mm	°C	°C	°C	Tage	Tage	%	Stunden
Mittel	1100	425	6.2	28.3	-16.2	131.7	15.4	67	1557

Vergleicht man die Standorte der untersuchten Rotten mit der Waldstandortskarte (siehe Abbildung 1), zeigt sich, dass auf diesem Gebiet der Alpenlattich-Fichtenwald (57A/V) vorherrscht.

Die vier untersuchten Rotten liegen auf einer Höhe zwischen 1690 und 1830 m. ü. M. und auf einem süd- bis südostexponierten Hang. Die zwei unteren Rotten liegen in einem dichteren Bestand in der subalpinen Stufe, die oberen Rotten sind in einem lockereren Bestand schon fast in der Kampfzone. Der obere Standort liegt im Bereich der Koordinaten 701760/168980, der untere Standort im Bereich der Koordinaten 702220/169250.

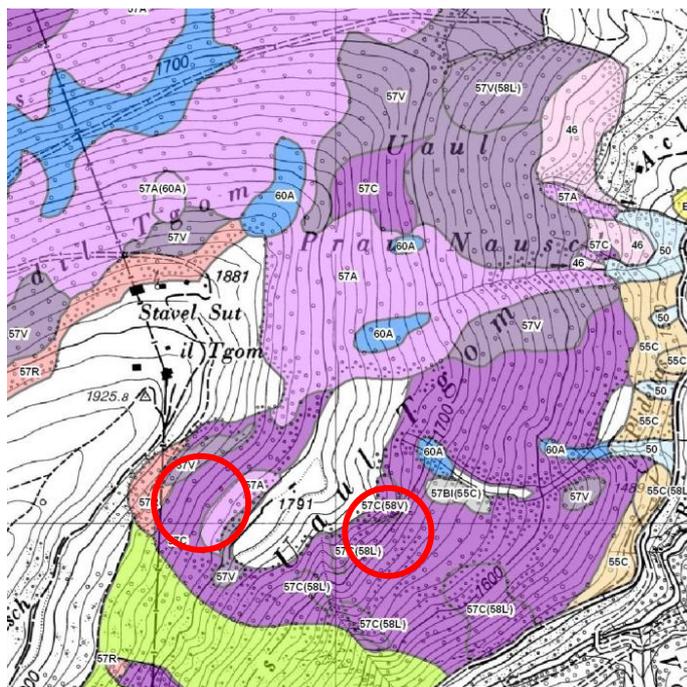


Abbildung 1: Ausschnitt der Waldstandortkarte, Gebiet Tgom, Sedrun GR. (Doutaz, 2007) Die roten Kreise zeigen die zwei Standorte der untersuchten Rotten. Massstab ca 1:10'000.

## 2.2 Bestandesgeschichte

Im Kanton Graubünden wurden die Waldbestände stark beeinflusst durch Rodungen zur Alpgewinnung, diese dauerten aber nur bis ins 14. Jahrhundert. Danach folgten grossflächige Kahlschläge, welche Ressourcen für die aufkommende Bergbauindustrie lieferten. Diese dauerten bis vor knapp zweihundert Jahren. (Campbell et al., 1955)

In der heutigen Gemeinde Tujetsch wurden die Bestände durch den kommunalen Weidegang beeinflusst. Nach der Schneeschmelze und nach dem Alpaufzug durfte sich das Vieh (Rinder, Ziegen, Schafe) während 1 bis 3 Wochen frei bewegen. Neben den Talwiesen war so auch der Wald vom Weidegang betroffen. In den 1990er Jahren wurde dieser freie Weidegang aber abgeschafft. Doch durch das Wild (Gämse, Hirsch, Reh) blieb der Verbissdruck mit starker Intensität erhalten (ETHZ, 2009).

Als der Wald noch nicht zum Lehrwald der ETH gehörte, dominierte keine Nutzungsart. In der Nähe der Siedlungen wurden vor allem Losholzschläge durchgeführt. Uaul Tgom, der Bestand der untersuchten Rotten, ist abgesehen von der Strasse zum Nalps-Stausee am Talgrund, praktisch unerschlossen. Deshalb ist anzunehmen, dass seit der Entstehung der jetzigen Bestockung keine planmässigen Hiebe durchgeführt worden sind. Untersuchungen von Strobel 1997 legen offen, dass es sich bei der Fläche vermutlich um eine ehemalige Weide handelt, die nur durch wenige Bäume bestockt war. 2007 wurde das Gebiet zu einem Reservat, welches unter Aufsicht der ETH Zürich steht. Auf eine forstliche Nutzung wird nun verzichtet (ETH Zürich, 2009; Strobel, 1997).

## 2.3 Datenerhebung und Datenverarbeitung

### 2.3.1 Feldaufnahmen

Im Folgenden wird aufgelistet, welche Messungen im Feld in Sedrun gemacht wurden. Im Vorfeld wurden fünf Rotten bestimmt, welche näher untersucht werden sollten. Bei der zweiten Begehung wurden die Aufnahmen getätigt. Die Feldaufnahmen wurden zu zweit durchgeführt. Die Anzahl der aufgenommenen Daten zeigt Tabelle 2.

#### **Entfernungsmessung und Azimut<sup>1</sup>**

Von einem Fixpunkt wurde mit einem Kompass das Azimut gemessen. Mit dem Vertex<sup>2</sup> wurde die Horizontalabstand zum Fixpunkt ermittelt. Anhand dieser Messungen konnte man so ein Koordinatennetz für die einzelnen Bäume jeder Rotte erstellen.

#### **Durchmesser der Bäume**

Jeder Baum wurde mit einem Durchmesser-Messband von der oberen Seite der Bäume und senkrecht in 0.7 und 1.3 m Höhe auf Zentimeter genau gemessen. Im Folgenden wird der Durchmesser auf 0.7 m  $D_{0.7}$  und derjenige auf 1.3 m  $BHD^3$  genannt.

#### **Baumhöhe**

Bei jedem Baum wurde versucht, die Höhe zu messen. Bei den Bäumen bis vier Meter Höhe wurde ein Klappmeter verwendet und die Höhe auf zehn Zentimeter genau gemessen. Bei den Bäumen

---

<sup>1</sup> Azimut: Abweichung von Norden, gemessen in Gon oder Grad

<sup>2</sup> Vertex: Ultraschallbasiertes Distanz- oder Neigungsmessgerät

<sup>3</sup> BHD: Brusthöhendurchmesser

über vier Meter Höhe erfolgte die Messung mit dem Vertex. Bei einigen Bäumen war dies aber problematisch, da man zum Teil weder aus dem Rotteninnern noch von aussen die Baumspitzen sehen konnte. Wenn man die Baumspitzen noch erahnen konnte, wurde die Höhe geschätzt und sonst wurde auf die Aufnahme der Höhe verzichtet.

### Bohrkerne

Bei allen Bäumen ab vier Zentimeter Durchmesser ( $D_{0.7}$ ) wurde mit einem Bohrer auf 0.7 m Höhe ein Bohrkern entnommen. Wenn der Kern deutlich neben dem Mark verlief, musste eine zweite Bohrung angesetzt werden. Wenn aber klar war, dass nur einige Millimeter fehlen würden, wurde auf die Entnahme eines zweiten Bohrkernes verzichtet. Aufgrund von Kernfäule war die vollständige Entnahme einiger Kerne unmöglich. Bei zwei Rotten wurde auch an jedem Baum am Stammfuss ein Kern entnommen. Der Kern wurde dort entnommen, wo es gerade noch möglich war, den Bohrer zu drehen. Bei Bäumen unter vier Zentimetern  $D_{0.7}$  wurde das Alter optisch mit Triebzählungen geschätzt.

### Hangneigung

Die Hangneigung wurde mit dem Vertex gemessen.

Tabelle 2: Aufgenommene Daten im Feld

Aufnahmegrößen	Anzahl
<b>RAUMKOORDINATEN</b>	
Lebende Bäume	60
Tote stehende Bäume	9
Bäume gesamt	69
Rotten	4
<b>MESSGRÖSSEN</b>	
Baumhöhe (gemessen in m)	53
BHD(gemessen in m)	64
$D_{0.7}$ (gemessen in m)	66
<b>JAHRRINGANALYSE</b>	
Bohrkerne auf 0.7 m Höhe	60
Bohrkerne auf Stammfushöhe	12

Insgesamt wurden fünf Rotten aufgenommen. Beim Bohren der Kerne stellte sich heraus, dass die meisten Fichten von Rotte 3 innen faul waren. Daher wäre eine Analyse der Bohrkerne nicht gut möglich gewesen. Deshalb wurde Rotte 3 in der weiteren Auswertung weggelassen.

### 2.3.2 Laborarbeit

Für die Jahrringanalyse wurden im Labor die Bohrkerne der Höhe von 0.7 m mit Hilfe des Mikroskops und dem Programm TsapWin die Jahrringe auf 0.01 Millimeter genau gemessen. Danach wurden mit Hilfe eines bereits datierten Fichtendatensatzes aus Scatlè GR die zehn ältesten untersuchten Fichten aus Sedrun quantitativ mit COFECHA<sup>4</sup> datiert. Mit Hilfe dieses Datensatzes der ältesten Fichten konnten die restlichen untersuchten Fichten datiert werden. Unter den untersuchten Bohrkernen waren einige von toten Fichten dabei. Bei den meisten war dank des Referenzdatensatzes sofort möglich, sie quantitativ mit COFECHA zu datieren. Dort, wo es nicht einfach war, wurden die

<sup>4</sup>COFECHA: Statistisches Programm zur Datierung und Qualitätskontrolle von Bohrkernen

Zuwachskurven optisch verglichen und so versucht, Start und Ende des vorhandenen Kerns zu bestimmen. Fand man optisch eine Übereinstimmung, wurde nochmals untersucht, ob die optische Datierung statistisch überhaupt stimmen kann.

Da die Datierung nicht bei ganz allen untersuchten Kernen möglich war, wurde die Qualität der Datierung ebenfalls beurteilt. Die Datierungen wurden mit 1 oder 2 rangiert. 1 bedeutet nach COFECHA datiert und 2 bedeutet, dass bei der Datierung noch Problemstellen vorhanden sind. Bei der weiteren Verwendung der Daten wurde unterschieden, ob sie gut datiert waren oder nicht. Bei Rotte 4 ist diese Rangierung aber ein wenig problematisch, denn die meisten untersuchten Fichten sind noch sehr jung (durchschnittlich zwischen dreissig und sechzig Jahre alt). Laut COFECHA ist bei vielen Bohrkernen die Datierung nicht möglich. Die untersuchten Kerne weisen aber sehr deutliche und breite Jahrringe auf, weshalb Fehler beim Zählen und Messen nicht häufig sein dürften; auch ergaben sich beim wiederholten Messen dieselben Zuwachskurven. Deshalb wurden die Daten dieser Kerne weiter verwendet, auch wenn sie nach COFECHA keine optimale Qualität aufweisen.

Bei den Bohrkernen des Stammfusses wurden zum Auswerten des Alters die Jahrringe gezählt. Auf diese Weise kann man die Anzahl Jahrringe, die beim Bohren auf 0.7m Höhe nicht mehr vorhanden sind, ermitteln und damit das tatsächliche Alter der Bäume noch genauer angeben. Beim Zählen der Jahrringe zeigte sich aber, dass es grosse Unterschiede zwischen der zusätzlichen Anzahl der Jahre der verschiedenen Kerne gab. Bei einigen Kernen waren auf der tieferen Höhe sogar weniger Jahrringe vorhanden. Auch wurde bei vielen Bohrkernen das Mark nicht getroffen. Als Lösung dieses Problems wurde ein einfaches System angewendet, um die fehlenden Jahrringe zum Mark abzuschätzen. Kreisschablonen unterschiedlicher Grössen wurden an die letzten vorhandenen Jahrringe angepasst. Durch Hochrechnen der mittleren Dicke der letzten Jahrringe auf den Radius der Schablone konnte man die fehlenden Jahre nun abschätzen. Auf diese Weise liess sich bei drei weiteren Bäumen das tatsächliche Alter abschätzen.

### 3 Resultate

#### 3.1 Beschreibung der untersuchten Rotten

Im Folgenden werden die untersuchten Rotten kurz vorgestellt. Rotte 1 und Rotte 2 befinden sich tiefer unten und demnach in dichterem Bestand als Rotte 4 und Rotte 5.

ROTTE 1	
Höhe über Meer	1690 m
Exposition	Süd-Ost
Hangneigung	33° resp. 65%
Anzahl Bäume	19 (Fichten)
<i>davon tote Bäume</i>	5
Anzahl Bohrkerne	17
<i>davon datierte mit COFECHHA</i>	13
Durchschnittsalter <sup>5</sup> (nur datierte)	135 Jahre (SD <sup>6</sup> = 25)
Minimal-/Maximalalter	73/169 Jahre
BHD	M <sup>6</sup> =0.28 m, SD=0.12, Max <sup>6</sup> =0.51 m
D <sub>0.7</sub>	M=0.3 m, SD=0.12, Max=0.54 m
Höhe	M=18.9 m, SD=8.7, Max=31.2 m



Abbildung 2: Rotte 1

ROTTE 2	
Höhe über Meer	1710 m
Exposition	Süd-Ost
Hangneigung	34° resp. 67%
Anzahl Bäume	23 (Fichten)
<i>davon tote Bäume</i>	8
Anzahl Bohrkerne	17
<i>davon datierte mit COFECHA</i>	11
Durchschnittsalter (nur datierte)	148 Jahre (SD = 14)
Minimal-/Maximalalter	99/176 Jahre
BHD	M=0.24 m, SD=0.11, Max=0.43 m
D <sub>0.7</sub>	M=0.26 m, SD=0.12, Max=0.45 m
Höhe	M=15.2 m, SD=11.1, Max=30.9 m



Abbildung 3: Rotte 2

<sup>5</sup> Das Alter entspricht dem innersten Jahrring auf 0.7 m Höhe der Bäume

<sup>6</sup> SD= Standard Abweichung, M=Durchschnitt, Max=Maximaler Wert

<b>ROTTE 4</b>	
Höhe über Meer	1810 m
Exposition	Ost bis Süd-Ost
Hangneigung	36° resp. 73%
Anzahl Bäume	19 (Fichten)
<i>davon tote Bäume</i>	0
Anzahl Bohrkerne	19
<i>davon datierte mit COFECHA</i>	8
Durchschnittsalter (nur datierte)	85 Jahre (SD = 40)
Minimal-/Maximalalter	41/226 Jahre
BHD	M=0.21 m, SD=0.11, Max=1.12 m
D <sub>0.7</sub>	M=0.24 m, SD=0.12, Max=1.2 m
Höhe	M=11.2 m, SD=5.9, Max=30.3 m



Abbildung 4: Rotte 4

<b>ROTTE 5</b>	
Höhe über Meer	1834 m
Exposition	Süd-Ost
Hangneigung	31° resp. 60%
Anzahl Bäume	8 (5 Fichten, 3 Vogelbeeren)
<i>davon tote Bäume</i>	1 (Fichte)
Anzahl Bohrkerne	7
<i>davon datierte mit COFECHA</i>	4
Durchschnittsalter (nur datierte)	113 Jahre (SD = 42)
Minimal-/Maximalalter	35/156 Jahre
BHD	M=0.31 m, SD=0.22, Max=0.67m
D <sub>0.7</sub>	M=0.36 m, SD=0.22, Max=0.74m
Höhe	M=13.4 m, SD=7.9, Max=26 m



Abbildung 5: Rotte 5

## 3.2 Durchmesser-, Höhen- und Altersverteilung der untersuchten Bäume

Das Alter in diesem Kapitel bezeichnet jeweils das Alter des innersten Jahrringes auf 0.7m Höhe gemessen

### 3.2.1 Höhen – Altersverteilung über alle Rottenbäume

Eine Übersicht über das Alter der einzelnen Bäume aller Rotten in Abhängigkeit vom Alter der jeweiligen Bäume zeigt Abbildung 6. Es zeigt sich, dass die Rotten 1 und 2 die breiteste Streuung in Alter und Höhe aufweisen. Rotte 4 zeigt eine Gruppe junger, eher kleiner Bäume und einen einzelnen alten, hohen Baum. Bei Rotte 4 war das Messen der Höhe durch den dichten Wuchs der Bäume erschwert, deshalb sind nicht alle Datenpunkte zu sehen. Rotte 5 hat nur wenige Bäume, auch diese weisen eine relativ breite Streuung des Alters und der Höhe auf. Abschliessend gilt zu bemerken, dass ausser Rotte 4 alle Rotten eine breite Verteilung des Alters und der Höhe aufweisen.

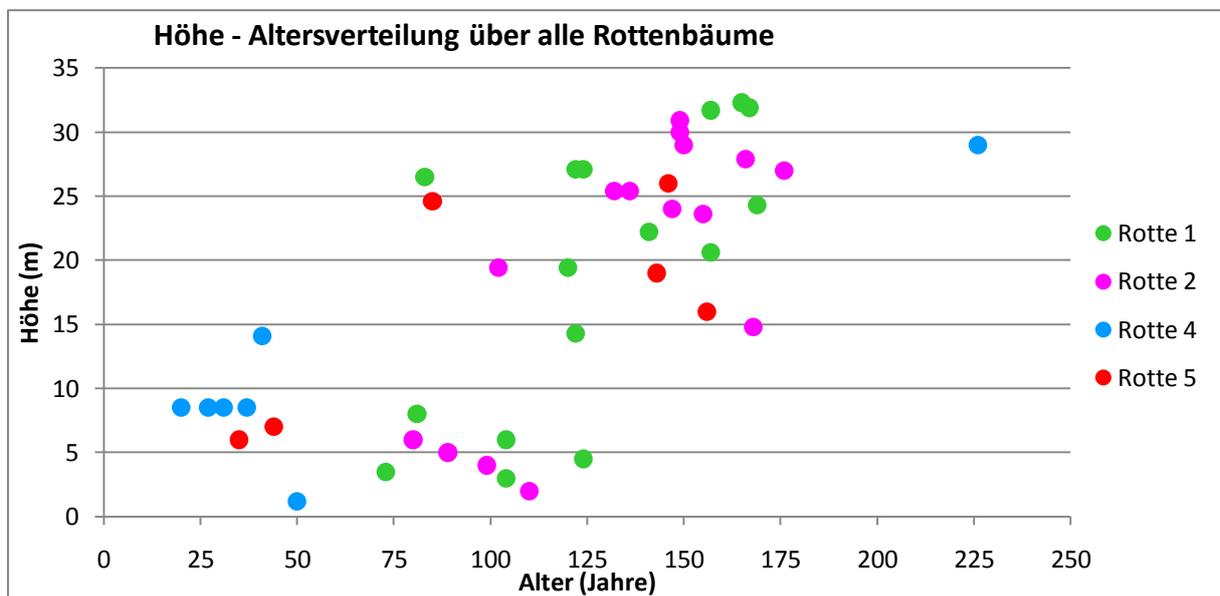


Abbildung 6: Höhe – Altersverteilung über alle Rottenbäume

### 3.2.2 BHD- Altersverteilung über alle Rottenbäume

Die folgende Darstellung (Abbildung 7) zeigt die Streuung des Alters der Bäume gegenüber dem BHD. Zudem ist zu sehen, welche Bäume datiert sind und welche nicht. Es ist ersichtlich, dass Rotte 4 deutlich am meisten junge, dünnere Bäume hat, interessant ist allerdings, dass der älteste und dickste Baum auch von dieser Rotte stammt. Die dicksten Bäume von Rotte 5 sind eher im oberen BHD Bereich. Bei Rotte 5 sind die vier dicksten Bäume Fichten, die restlichen drei sind Vogelbeeren. Die Bäume von Rotte 1 und 2 sind weiter gestreut als die der anderen beiden Rotten.

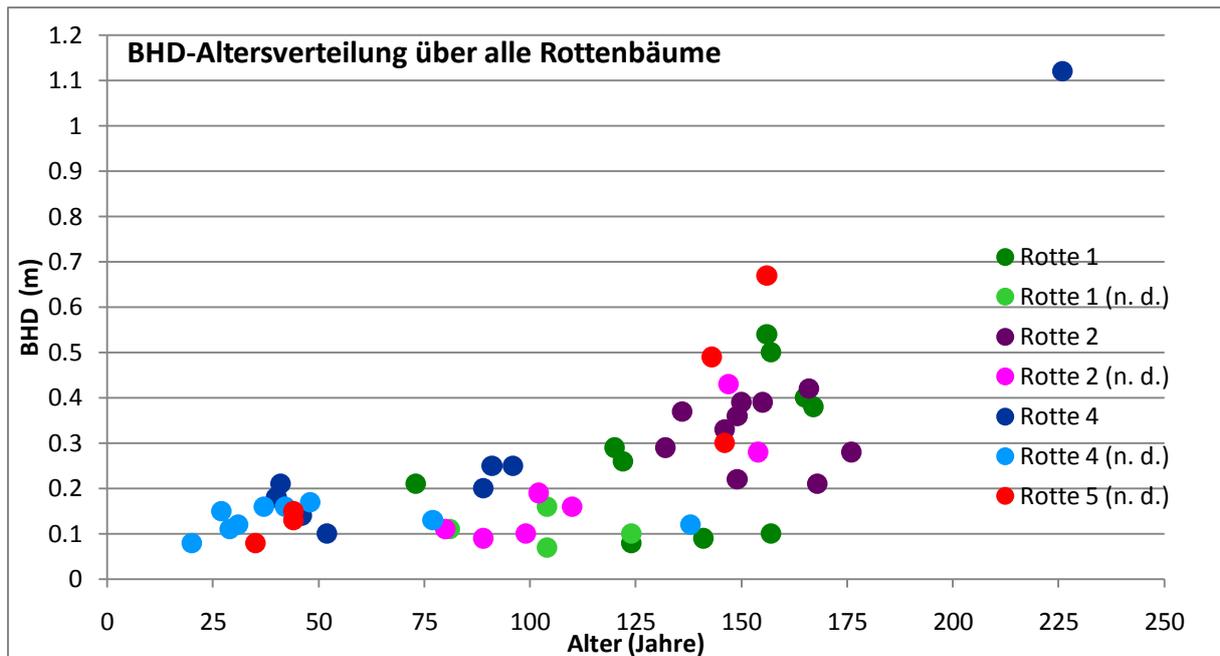


Abbildung 7: BHD-Altersverteilung (n. d. = nicht datiert, dunkel gefärbte Punkte bedeuten datiert mit COFECHA, heller markierte sind nicht datiert). Jede Rotte hat eine andere farbliche Markierung.

Vergleicht man die Verteilung der Höhe (Abbildung 6) und jene des BHD (Abbildung 7) gegenüber dem jeweiligen Alter der Bäume, zeigt sich, dass die Streuung der Höhe grösser ist als diejenige des BHD.

#### **Variabilität des Alters innerhalb und zwischen den Rotten**

Es zeigt sich deutlich, dass nur eine Fichte über 180 Jahre alt ist. Die einzelnen Rotten lassen sich in Altersbereiche einteilen. Rotte 1 liegt im Bereich von 100 bis 170 Jahren, Rotte 2 liegt im Bereich von 75 bis 175 Jahren. Rotte 4 liegt zum grössten Teil im Bereich von 30 bis 50 Jahren, eine zweite Gruppe von Rotte 4 liegt zwischen 70 und 100 Jahren. Die Variabilität des Alters zwischen den Rotten ist also grösser als die Variabilität des Alters innerhalb einer Rotte.

#### **Das tatsächliche Alter der Bäume**

Durch die Analyse der Bohrkerne des Stammfusses von insgesamt sechs Bäumen ergibt sich folgendes Bild: Bei fünf Bäumen liegt die zusätzliche Anzahl von Jahren zwischen 4 und 9 Jahren, dies ergibt einen Durchschnitt von rund 6 Jahren. Bei einem Baum liegt die zusätzliche Anzahl bei 20 Jahren.

### **3.2.3 Räumliche Alters- und Durchmesserverteilung der einzelnen Rotten**

Im Folgenden wird aufgezeigt, wo in der Rotte die ältesten und dicksten<sup>7</sup> Bäume stehen. Daraus lässt sich schliessen, welche die ältesten Bäume innerhalb der Rotten sind und wo diese stehen. Rotte 1 und Rotte 2 stehen beide in dichterem Bestand, es war nicht ganz eindeutig, welche Bäume zu diesen Rotten gehörten. Rotte 4 und 5 haben eine eindeutiger Form, auch waren die Merkmale einer Rotte deutlicher zu erkennen.

<sup>7</sup> Bei der ganzen Auswertung bezüglich der räumlichen Durchmesserverteilung wurde der Durchmesser auf 0.7m Höhe verwendet.

### 3.2.3.1 Rotte 1

Die folgenden zwei Abbildungen (Abb. 8/9) zeigen als Vergleich, welche Fichten die dicksten und ältesten sind.

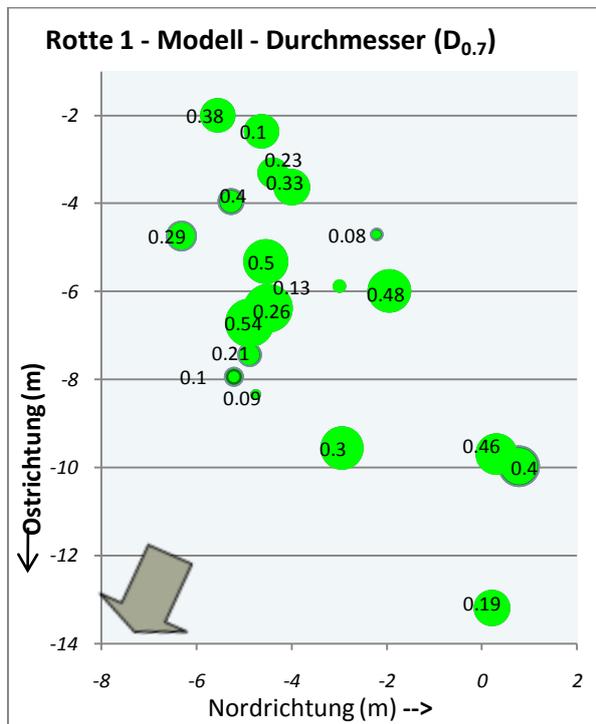


Abbildung 8: Rotte 1, räumliches Modell, Blasengröße entspricht  $D_{0.7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

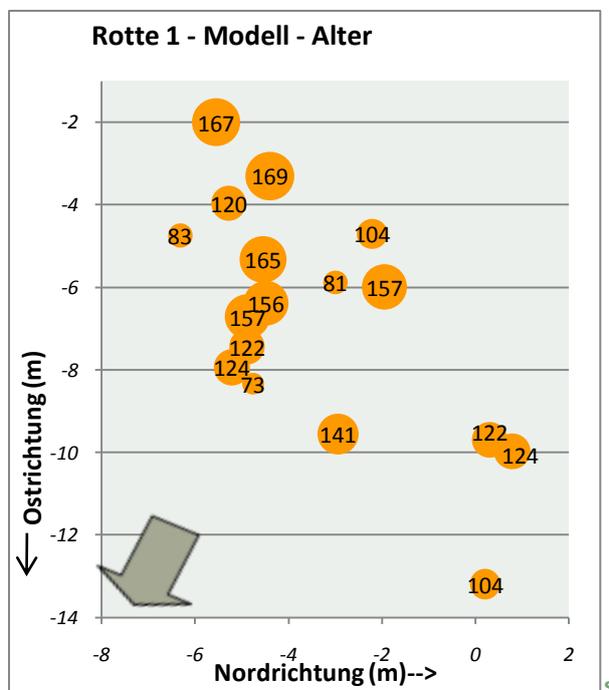


Abbildung 9: Rotte 1, räumliches Modell, Blasengröße entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

Es zeigt sich, dass die ältesten Fichten oben (Alter 167 und 169) und im Zentrum (Alter 157) der Rotte stehen. Die zwei oberen Fichten sind aber nicht die dicksten ( $D_{0.7} = 0.38\text{m}$  und  $0.33\text{m}$ ). Die Fichte im Zentrum der Rotte ist mit einem  $D_{0.7}$  von  $0.54\text{m}$  deutlich die dickste und auch eine der ältesten. Trotz relativ kleinen Durchmessern ist keiner der untersuchten Bäume unter achtzig Jahre alt. Eine Fichte (104) weist mit etwas über hundert Jahren nur einen  $D_{0.7}$  von acht Zentimetern auf. Vergleicht man die Altersverteilung dieser Rotte mit allen untersuchten Fichten, liegen diese Alters- und Durchmesserverteilungen im Durchschnitt (siehe Abbildung 7).

#### Entwicklung von Rotte 1 (Süd-Ost Exposition)

Rotte 1 hat sich von oben gegen unten und gegen die Seiten entwickelt. Die zwei ältesten Bäume stehen oben im Hang. Mehr oder weniger in einer Linie darunter haben sich die nächsten Bäume angesiedelt. Geschützt von diesen Bäumen haben sich die jüngsten im Zentrum und am Rand angesiedelt.

### 3.2.3.2 Rotte 2

Im Gegensatz zu Rotte 1 ist diese Rotte in Falllinie länger und in horizontaler Richtung weniger breit (siehe Abbildung 10/11). Die Form ist ähnlich, ähnelt einem Kegel mit der breiteren Seite hangaufwärts. Mit der kleinen Gruppe von Bäumen im Südwesten der Rotte weitet sich die Rotte gegen unten wieder ein bisschen aus.

Auch hier liegen die ältesten Fichten am oberen Rand der Rotte. In dieser Rotte ist die Altersstreuung grösser als in Rotte 1, Rotte 1 und 2 sind aber im Durchschnitt ungefähr gleich alt (siehe Abbildung 11).

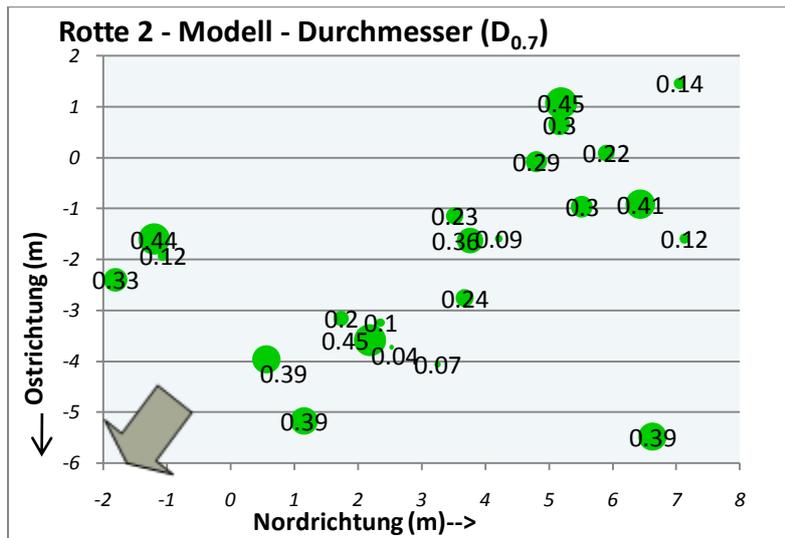


Abbildung 10: Rotte 2, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht  $D_{0.7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

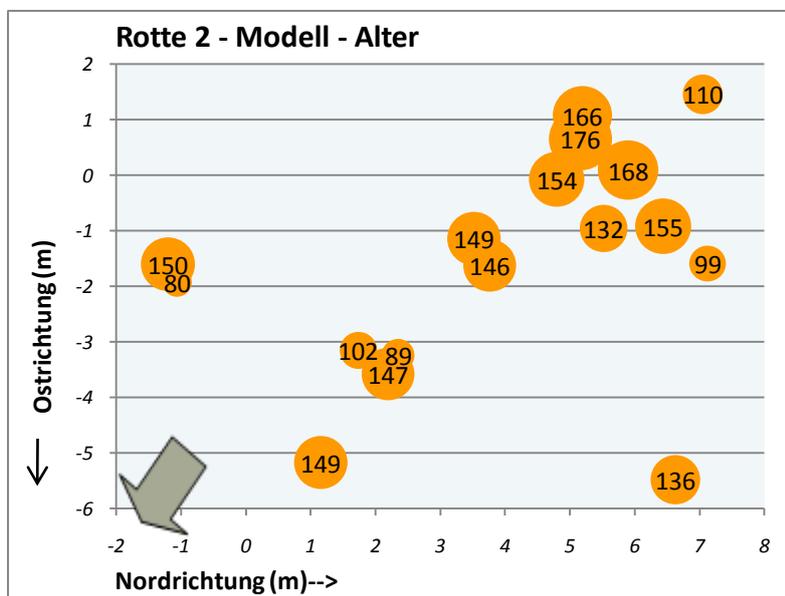


Abbildung 11: Rotte 2, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

#### **Entwicklung von Rotte 2 (Süd-Ost Exposition)**

Rotte 2 hat sich klar hangabwärts entwickelt. Die Bäume, die rund 170 Jahre alt sind, haben sich zuerst etabliert. Danach haben sich zuerst rund um diese Bäume die nächsten entwickelt. So ergeben sich fünf dichtstehende Bäume mit rund zwanzig Jahren Altersunterschied. Als nächstes haben sich

rund um diese fünf und in einer Linie hangabwärts die nächsten Bäume entwickelt. Im Südwesten stehen zwei Fichten etwas abseits, aber auch diese gehören zu dieser Rotte, denn zwischen den Bäumen in der Falllinie und dieser kleinen Gruppe war viel Totholz vorhanden, was darauf schliessen lässt, dass dazwischen eine Verbindung vorhanden war.

### 3.2.3.3 Rotte 4

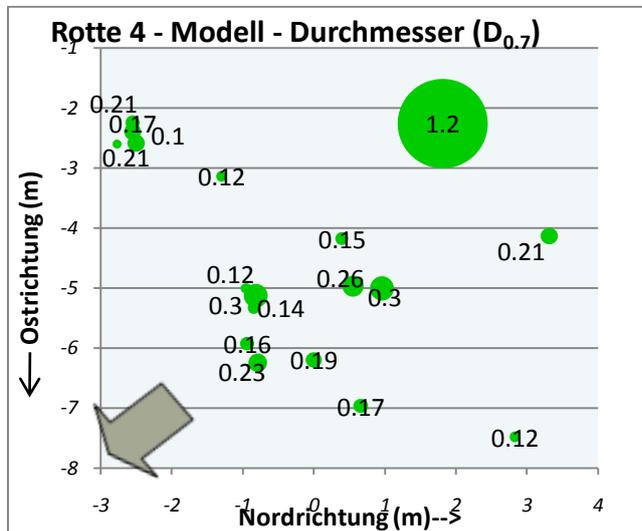


Abbildung 12: Rotte 4, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht D<sub>0.7</sub>, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

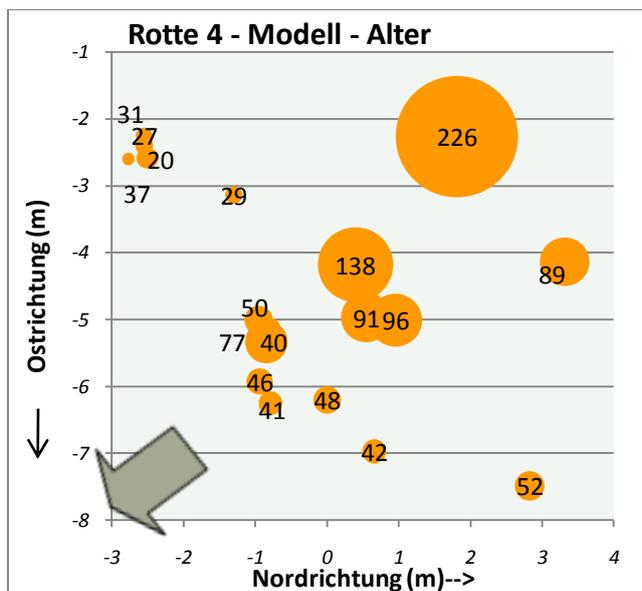


Abbildung 13: Rotte 4, räumliches Modell, Blasengrösse entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges

Rotte 4 hat die rundeste Form der untersuchten Rotten (siehe Abbildung 12). Auch war bei dieser Rotte der typische umgebende Kronenmantel deutlich zu erkennen.

Bemerkenswert ist sicher die dicke und alte Fichte oben. Sie ist rund hundert Jahre älter als die restlichen Rottenbäume (siehe Abbildung 13). Unterhalb und neben dieser Fichte gruppieren sich die restlichen Rottenbäume. Die zweitälteste Fichte (138 Jahre) weist mit einem D<sub>0.7</sub> von 15 Zentimetern auf 0.7 m Höhe eine sehr geringe Dicke auf. Neben diesen zwei alten Fichten sind die restlichen Bäume eher jung, dies zeigt auch der Vergleich mit der BHD-Altersstreuung (siehe Abbildung 7).



Abbildung 14: Rotte 4 von oben

**Entwicklung von Rotte 4 (Ost bis Süd-Ost Exposition)**

Rotte 4 entwickelte sich eindeutig ausgehend von der alten Fichte oben im Hang. Im Schutz unterhalb der ältesten Fichte entwickelten sich die restlichen Rottenbäume, die sich nun auch am Rand der Rotte gegen Nordosten und Südwesten angesiedelt haben. Oberhalb der grossen Fichte haben sich keine weiteren Fichten angesiedelt.

Abbildung 14 zeigt einen Blick von oben in Falllinie auf Rotte 4. Die grosse Fichte im Zentrum des Bildes stellt den Ursprungspunkt der Rotte dar. Wie auf Abbildung 14 zu sehen ist, ist diese Fichte ein Zwiesel.

### 3.2.3.4 Rotte 5

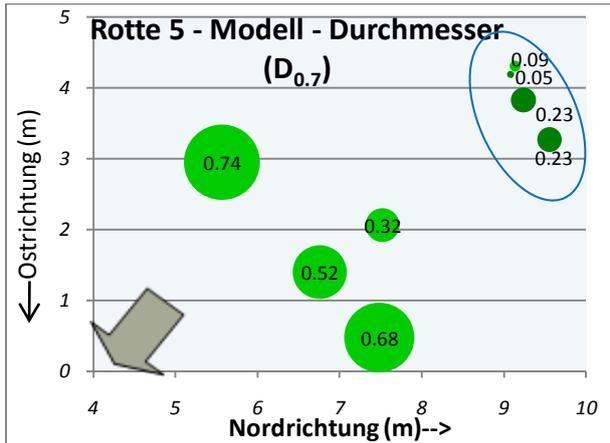


Abbildung 15: Rotte 5, räumliches Modell, Blasengröße entspricht  $D_{0,7}$ , der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges. Die blaue Ellipse umrandet die Vogelbeeren, auch im Kreis ist die tote Fichte.

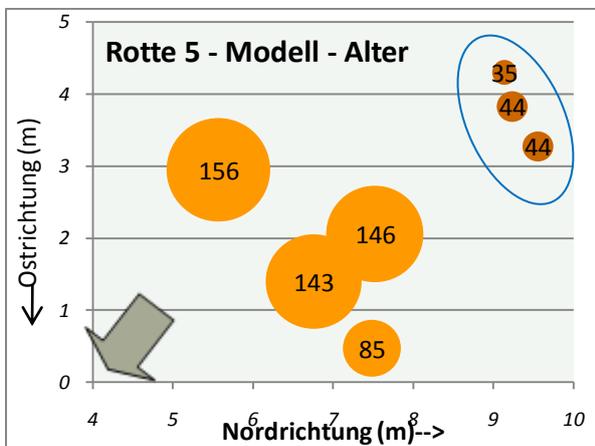


Abbildung 16: Rotte 5, räumliches Modell, Blasengröße entspricht dem Alter, der graue Pfeil zeigt die Falllinie des Hanges. Die blaue Ellipse umrandet die Vogelbeeren.

Neben den Vogelbeeren besteht Rotte 5 aus nur fünf Fichten, davon leben vier (siehe Abbildung 15). Die tote Fichte steht westlich der Vogelbeeren, sie hat nur einen BHD von 5 cm und wurde nicht angebohrt, deshalb ist sie auf Abbildung 16 nicht sichtbar. Zu dieser Rotte gehören drei Vogelbeeren, wobei sich zwei auf einer Höhe von rund 80 cm verzweigen, dies ist auf Abbildung 17 sichtbar.

Die vier lebenden Fichten dieser Rotte bilden annähernd eine Linie, die Vogelbeeren bilden gegen Norden eine zweite Linie. Drei der fünf Fichten liegen ungefähr im selben Altersbereich, die unterste ist mit rund fünfzig Jahren Unterschied die jüngste. Die Vogelbeeren sind rund fünfundvierzig Jahre alt (siehe Abbildung 16). Auch bei dieser Rotte war es unproblematisch, sie als Rotte zu definieren.

#### Entwicklung von Rotte 5 (Süd-Ost Exposition)



Abbildung 17: Vogelbeeren innerhalb Rotte 5

Zwei Fichten (156 und 146 Jahre alt) etablierten sich als erste. Danach sind unter diesen weitere zwei Fichten aufgekommen. Die Vogelbeeren sind erst rund hundert Jahre später angewachsen. Die Vogelbeeren stehen oberhalb der Fichten unter deren Schirm. Abbildung 17 zeigt die Stellung der Vogelbeere innerhalb der Rotte. Im Vordergrund des Bildes sieht man, wie die Äste der Fichten verwachsen sind.

### 3.3 Radialzuwachs der Rottenbäume über die Zeit<sup>8</sup>

Wachstumskurven sind eine aussagefähige Darstellung für Stammanalysen. Die Darstellung des Radialzuwachses zeigt, welche Bäume wie stark gewachsen sind (Abbildungen 19, 21, 23, 25). Zum Vergleich ist von jeder Rotte ein kleines Koordinatensystem abgebildet, darauf ersichtlich ist der Standort der einzelnen Bäume (Abbildungen 18, 20, 22, 24). Die Baumnummern auf dem Koordinatensystem entsprechen den Nummern auf den Darstellungen des jeweiligen Radialzuwachses. Farbig markiert sind nur wenige Bäume, welche aber symbolisch für andere stehen sollen.

#### 3.3.1 Rotten 1 und 2 im dichteren Bestand

##### ROTTE 1

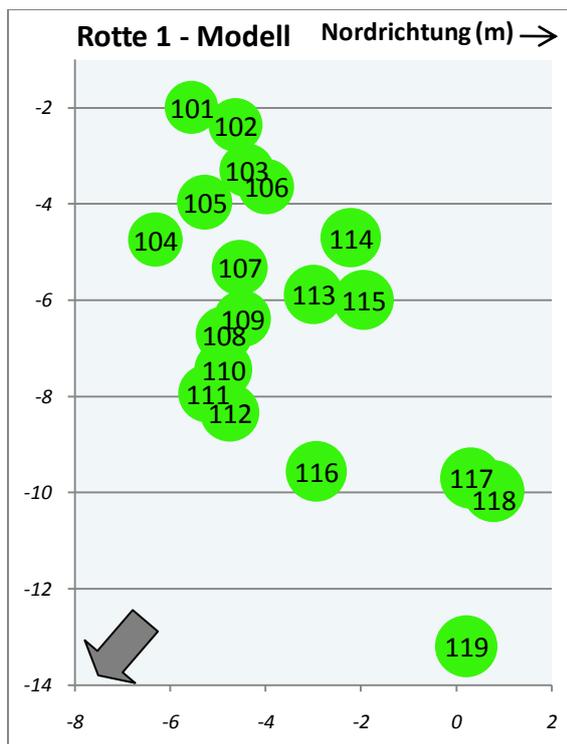


Abbildung 18: Rotte 1 mit Baumnummern

Es zeigt sich, dass der Baum 107 im Zentrum der Rotte über rund 150 Jahre einen sehr starken und stetigen Zuwachs verzeichnet. Baum 108 steht auch im Zentrum der Rotte, zeigt aber einen etwas weniger starken Zuwachs als 107. Bei dieser Rotte ist es allerdings aufgrund der länglichen Form etwas schwierig, ein Zentrum zu definieren. Die beiden Randbäume (117, 118) gegen Nordosten zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf ihrer Zuwachskurven. Diese zwei zeigen ab rund 1915 den stärksten Zuwachs der ganzen Rotte, obwohl sie eigentlich recht dicht beieinander stehen. Baum 104 gegen Südwesten dagegen zeigt einen eher schwachen Zuwachs. Baum 105, auch im Südwesten, zeigt bis 1900 einen guten Zuwachs, welcher dann abnimmt und nicht mehr weiterwächst, der Baum stirbt schliesslich 1956.

Baum 103, der am oberen Rand der Rotte steht, zeigt einen durchschnittlichen Zuwachs, ist aber einer der ältesten Bäume. Tendenziell zeigt sich hier, dass die Bäume, die dicht neben anderen stehen, einen eher schwächeren Zuwachs verzeichnen (z.B. 108, 110) als Bäume, die am Rand der Rotte und weniger dicht stehen (z.B. 115, 117, 118).

<sup>8</sup> Zeit resp. Alter entspricht dem gemessenen Alter der Jahrringe auf 0.7 m Höhe der Bäume.

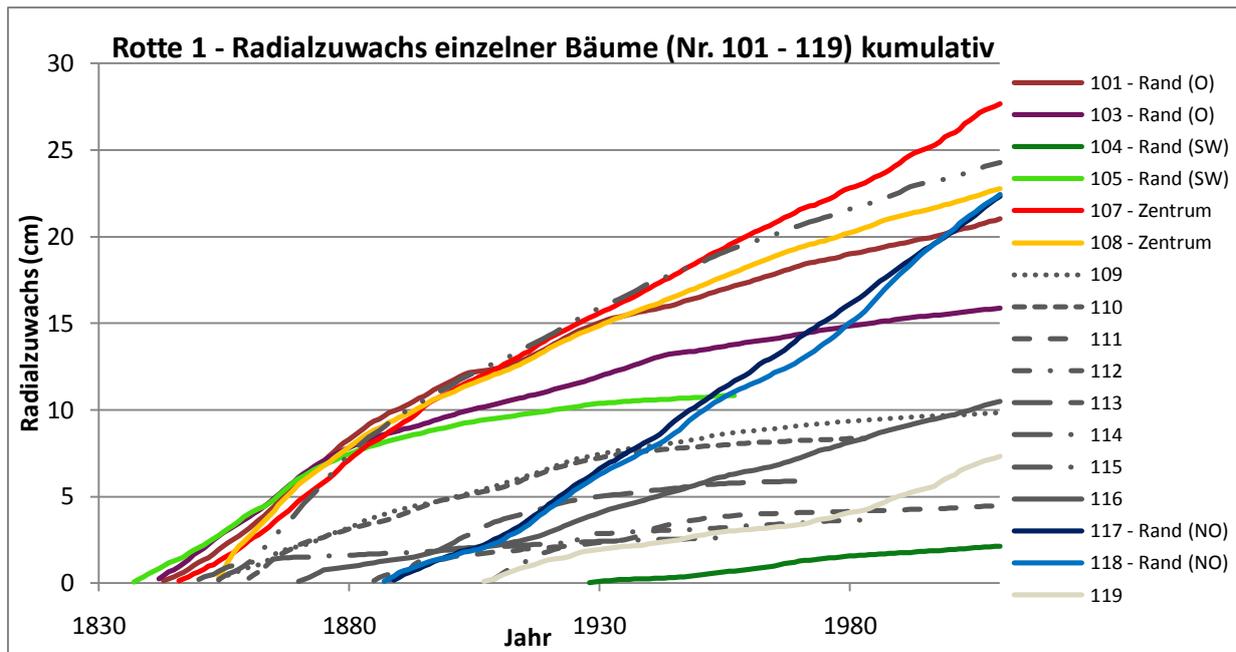


Abbildung 19: Rotte 1 - Radialzuwachs kumulativ, 101 – 119 stellen Baumnummern dar.

## ROTTE 2

Die Bäume von Rotte 1 und 2 sind in etwa gleich alt, die meisten sind aus der Zeit von 1840-1875. Auch bei Rotte 2 ist es schwierig, ein Zentrum zu definieren, einfacher zu finden sind die Randbäume. Eventuell ist Rotte 2 auch aus mehreren kleineren Rotten zusammengewachsen. Bei Rotte 2 verzeichnen die Bäume im Zentrum (205, 212) keinen so starken Zuwachs wie bei Rotte 1. Baum 206 am Nordost-Rand zeigt, wie in Rotte 1, einen sehr starken Zuwachs. Baum 219, der am Nordost-Rand steht, ist tot und hat lange vor seinem Tod nur einen schwachen Zuwachs verzeichnet. Die Bäume am oberen Rand (201, 202) zeigen wie bei Rotte 1 einen durchschnittlichen bis guten Zuwachs. 202 zeigt anfangs bis 1875 einen sehr starken Zuwachs, der aber, wahrscheinlich mit Aufkommen der anderen Bäume der Rotte, abflacht. Die zwei Bäume im Süden (214, 221) zeigen anfangs einen relativ starken Zuwachs. Hier zeigt sich deutlicher als in Rotte 1, dass die Bäume anfangs einen stärkeren Zuwachs aufweisen als später in ihrem Leben. Dies lässt sich sehr wahrscheinlich dadurch begründen, dass in Rotte 2 die Bäume dichter stehen und somit die Konkurrenz untereinander, je mehr Bäume in der Rotte, stärker wird. Die drei Bäume mit eher schwachem Zuwachs (203, 219, 222) stehen in der Rotte dicht bei anderen, welche wohl deren Wachstum behindern. Baum 220, der eher im Abseits und wahrscheinlich nicht unter so starker Konkurrenz wie die anderen steht, zeigt einen starken Zuwachs. Die drei dicksten Bäume (201, 216, und 219) stehen alle etwas weniger dicht neben anderen und eher am Rand der Rotte.

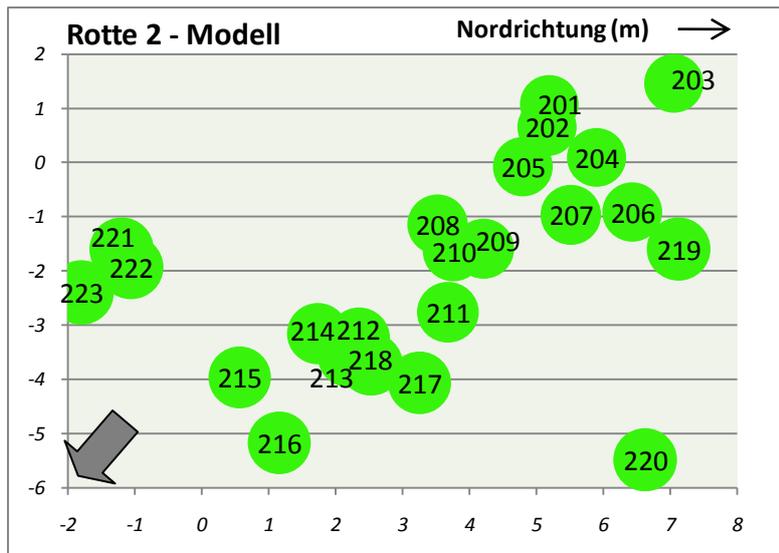


Abbildung 20: Rotte 2 mit Baumnummern

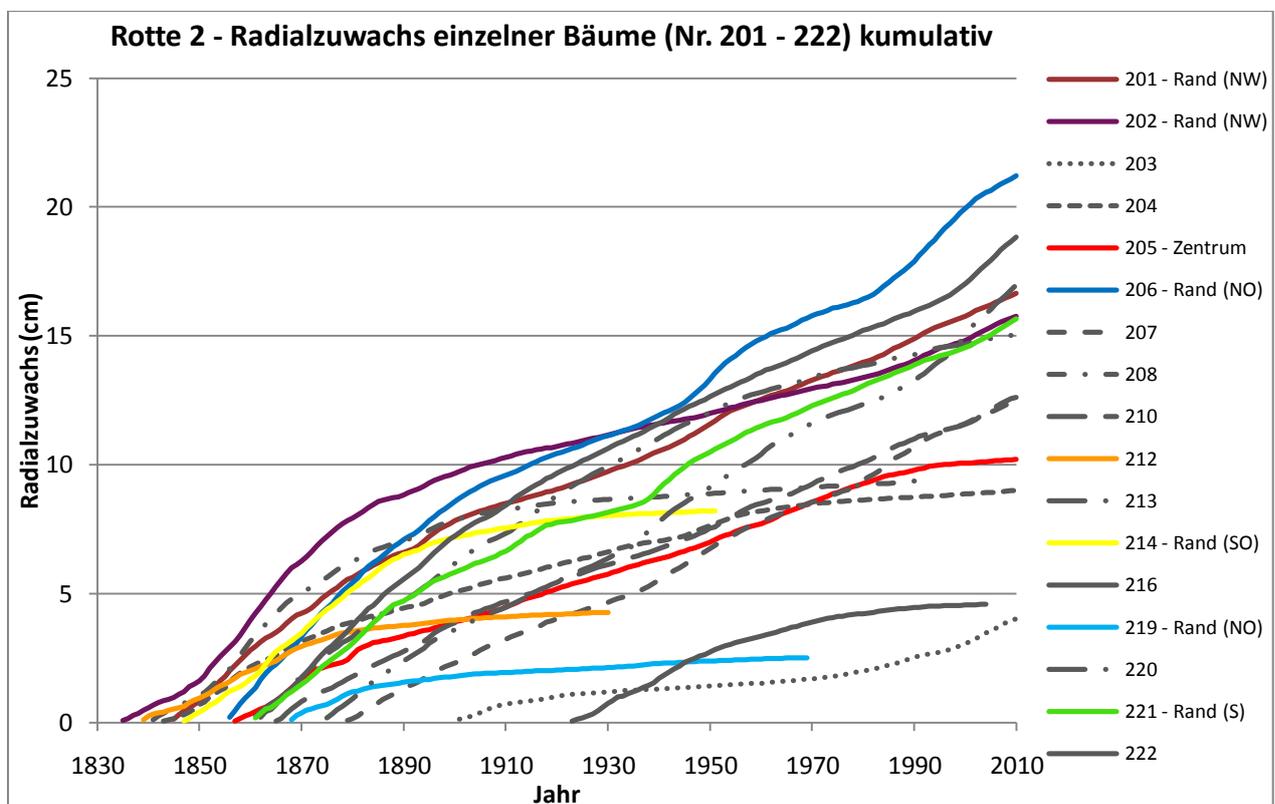


Abbildung 21: Rotte 2 - Radialzuwachs kumulativ

### 3.3.2 Rotten 4 und 5 im lichterem Bestand

Bei den Rotten weiter oben lässt sich leichter ein Zentrum innerhalb der Rotte definieren. Auch ist hier das Zusammenwachsen zu Sekundärkollektiven eher weniger häufig als weiter unten im dichteren Bestand. Dies wird auch durch Rotte 3 bestätigt, die zwar aufgenommen wurde, aber nicht weiter ausgewertet; auch sie war im lichterem Bestand und hatte ein deutliches Rottzentrum.

## ROTTE 4

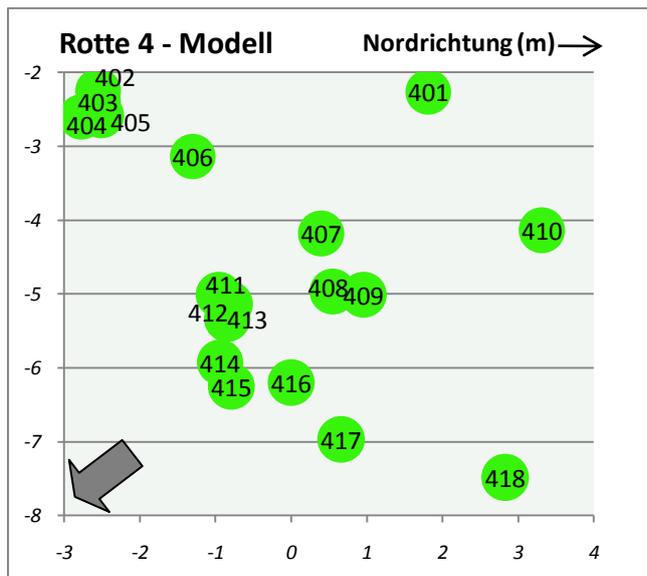


Abbildung 22: Rotte 4 mit Baumnummern

Auffallend bei Rotte 4 ist die alte Fichte 401, die über ihre gesamte Lebensdauer einen starken und stetigen Zuwachs verzeichnet. Baum 407 dagegen, um welchen sich später die anderen Fichten gruppiert haben, weist einen eher geringen Zuwachs auf. Obwohl bis 1925 keine anderen Fichten aufkommen, ist der Zuwachs von 407 auch zu dieser Zeit gering. Mit dem Aufkommen der weiteren Bäume um 1925 flacht der Zuwachs dann noch deutlicher ab. Allgemein zeigen die aufkommenden Bäume einen starken Zuwachs, vor allem jene, welche zwischen 1950 und 1975 aufkommen.

Dies lässt sich mit Rotte 2 vergleichen, wo die Bäume anfangs auch einen starken Zuwachs aufweisen, der aber später abflacht. Diese Abflachung wird wohl bei Rotte 4 erst noch kommen, da die Bäume wahrscheinlich momentan die Konkurrenz noch ertragen. Die Bäume (402 und 405) am Südwestrand zeigen einen überaus starken Zuwachs, sie sind mit rund dreissig Jahren noch eher jung. Baum 410 ist etwas älter und zeigt einen geringeren Zuwachs.

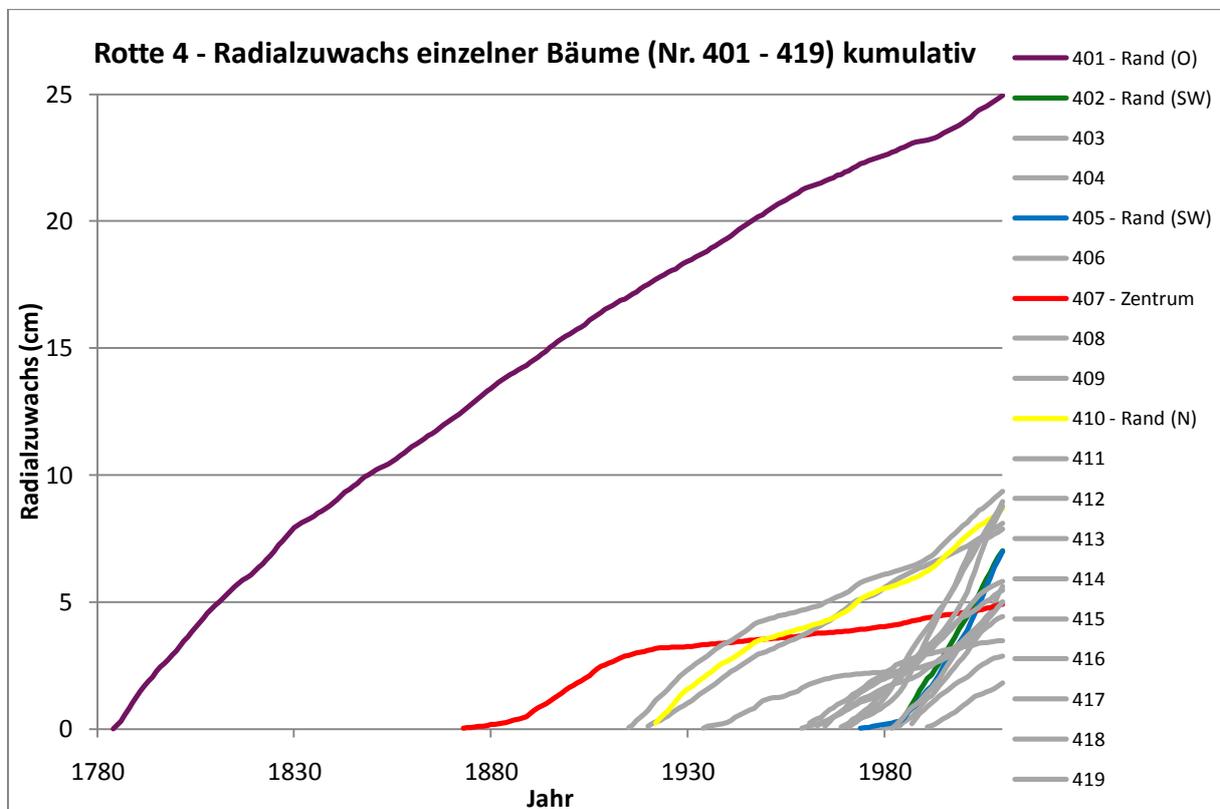
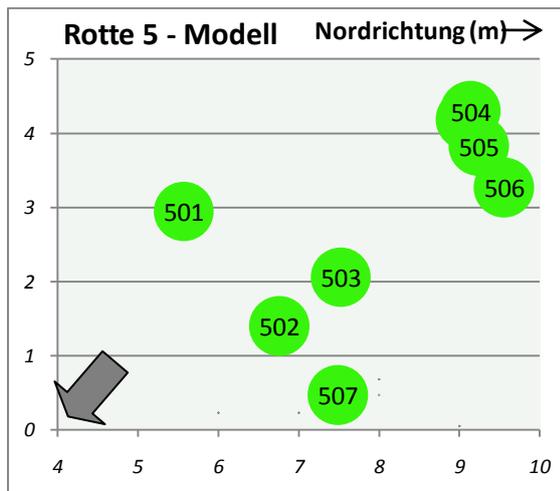


Abbildung 23: Rotte 4 – Radialzuwachs kumulativ

## ROTTE 5



Bei Rotte 5 sind zwei Gruppen zu erkennen: die Fichten und die Vogelbeeren. Der älteste Baum 501 verzeichnet einen stetigen Zuwachs. Baum 502, der einen weniger starken Zuwachs verzeichnet, steht eingeklemt zwischen den Bäumen 501 und 507 und hat daher wohl stärkere Konkurrenzverhältnisse. 501 und 507 erhalten sicher mehr Licht als 502, was sich auch in deren Zuwachs zeigt. Verglichen mit anderen Rotten stehen hier die Fichten weniger dicht, deshalb zeigen sie wohl alle einen relativ guten Zuwachs.

Abbildung 24: Rotte 5 mit Baumnummern

Auch bei den Vogelbeeren wurde der Radialzuwachs gemessen. Die Bäume der Nummern 504, 505, 506 sind Vogelbeeren (siehe Abbildung 24). Da 505 und 506 aus einem Stamm wachsen, ist bei der Darstellung des Radialzuwachses nur 505 zu sehen. Die räumliche Darstellung zeigt die Position der Stämme oberhalb der Verzweigung der Stämme.

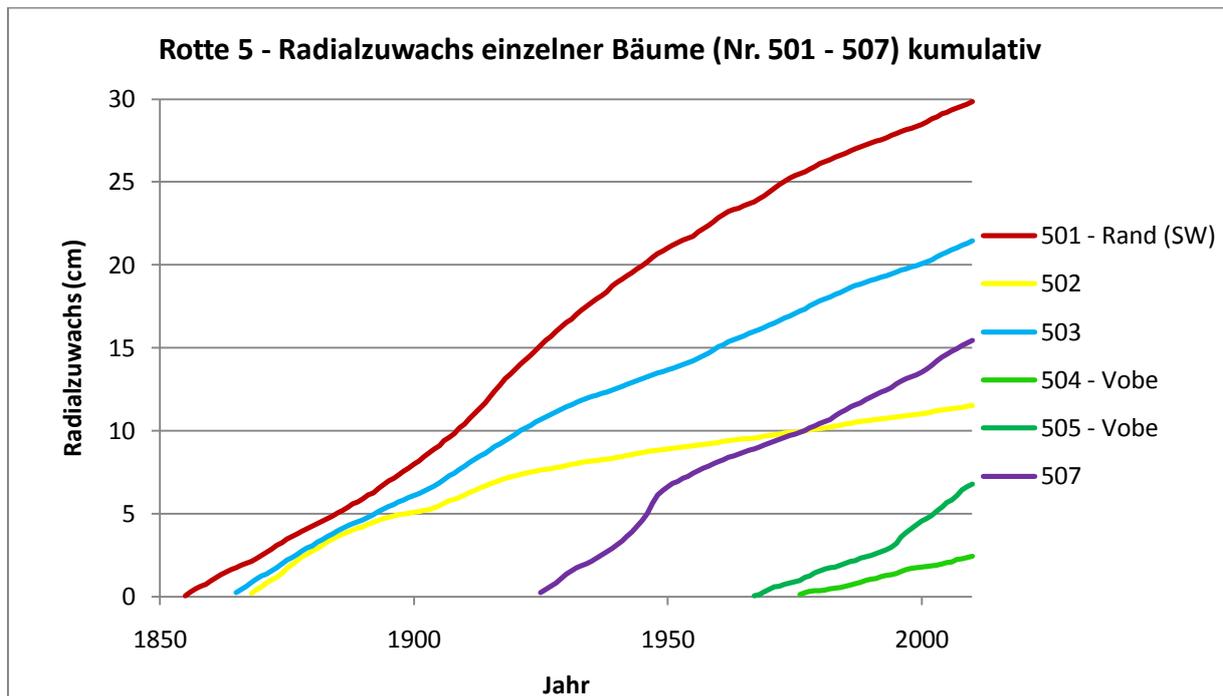


Abbildung 25: Rotte 5 - Radialzuwachs kumulativ

### 3.4 Stabilität der Bäume

In diesem Teil wird untersucht, ob es Unterschiede der Stabilität zwischen den Bäumen innerhalb und zwischen den Rotten gibt. Mit Hilfe des Schlankheitsgrades eines Baumes lässt sich dessen Stabilität oder Standfestigkeit gegenüber Schnee und Wind beurteilen. Der Schlankheitsgrad wird aus dem Quotient zwischen Höhe und BHD eines Baumes ermittelt, dies ergibt den h/d Wert. Fichten im Reinbestand weisen einen Schlankheitsgrad zwischen 60 und 100 auf, Werte über 80 werden kritisch bezüglich Stabilität. Freistehende ältere Fichten erreichen Schlankheitsgrade um 40 (Bachmann, 1999).

Abbildung 26 zeigt die beiden Messgrößen Höhe und BHD, welche den Schlankheitsgrad bestimmen. Da das Höhenwachstum vor dem Dickenwachstum kulminiert, ist die Durchschnittskurve der Werte erst zunehmend und flacht dann bei fortschreitender Höhe und BHD ab. Deutlich sticht wieder die dicke Fichte von Rotte 4 heraus, sie hat zwar einen sehr grossen BHD, vergleichsweise ist sie aber nicht viel grösser als die anderen Fichten.

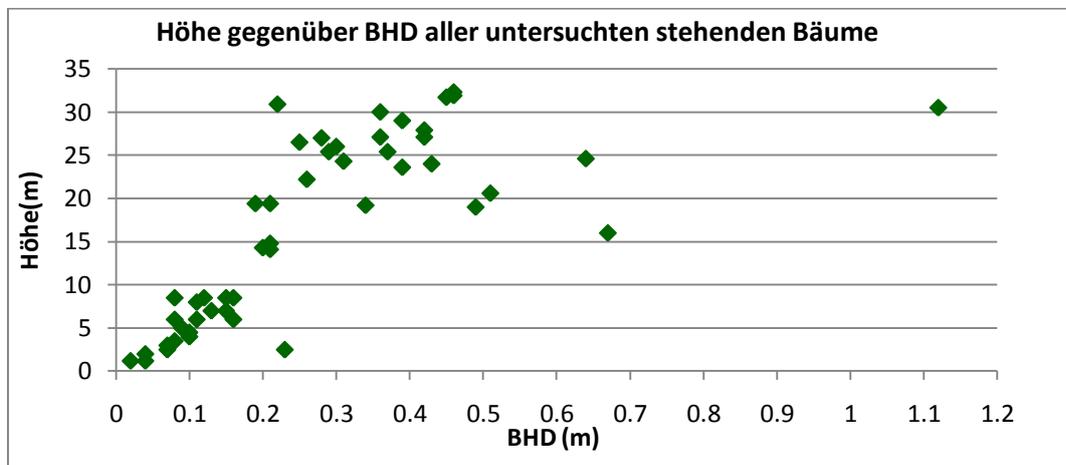


Abbildung 26: Höhe gegenüber BHD der einzelnen Bäume

Wie sich die Schlankheitsgrade in den Rotten unterscheiden, zeigt Abbildung 27. Abbildung 27 lässt sich aus Abbildung 26 ableiten. Es ist sichtbar, wie die Schlankheitsgrade bis zu einem BHD von rund 0.3 m zunehmen und dann wieder abnehmen. Die Abnahme beginnt am Punkt, an dem die Bäume nicht mehr weiter in die Höhe wachsen, sondern ihr Dickenwachstum zunimmt.

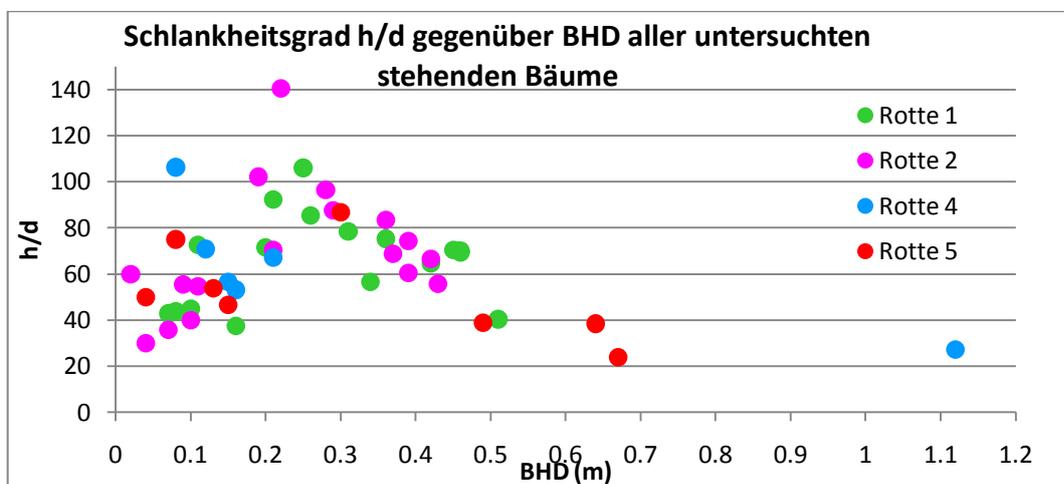


Abbildung 27: h/d Wert gegenüber BHD der einzelnen Bäume

Unterschiede im Schlankheitsgrad der Bäume der verschiedenen Rotten sind nicht eindeutig. Rote 1 und 2 haben Bäume mit sehr breit gestreuten unterschiedlichen Schlankheitsgraden. Bei Rote 2 sticht der Baum mit Schlankheitsgrad um 140 deutlich hervor. Diese Fichte (Nr. 208) steht eher am Rand der Rote, ist aber bedrängt von zwei deutlich stärkeren Bäumen. Auch bei den zwei Bäumen von Rote 4 und 1, welche einen  $h/d$  – Wert etwas über 100 haben, handelt es sich um Bäume, welche in starkem Konkurrenzdruck stehen. Auffallend ist auch der Baum der Rote 4 mit BHD 1.1m, er hat einen sehr kleinen Schlankheitsgrad, dies lässt sich dadurch erklären, dass er sich etwa auf 2 m Höhe verzweigt oder aus zwei zusammengewachsenen Stämmen besteht (Vgl. Abbildung 14).

Die Bäume werden nach deren Standort innerhalb der Rotten (Randbäume, Zentralbäume, Solitär**ä**ume<sup>9</sup>) eingeteilt. Tabelle 3 zeigt, dass der durchschnittliche Schlankheitsgrad der Randbäume zwischen dem der Zentralbäume und dem der Solitär**ä**ume liegt. Die Solitär**ä**ume weisen einen leicht kleineren Schlankheitsgrad auf, die Zentralbäume einen höheren. Allerdings ist der Mittelwert der Solitär**ä**ume nur aus vier Bäumen errechnet worden, weshalb man diesen Wert vorsichtig betrachten sollte.

**Tabelle 3: Schlankheitsgrade nach Standort innerhalb der Rote**

		<b>Randbäume</b>	<b>Zentralbäume</b>	<b>Solitär<b>ä</b>ume</b>
	Anzahl	18	20	4
<b>Schlankheitsgrad (h/d)</b>	Mittelwert	59	68	54
	<i>Standardabweichung</i>	16	20	23

---

<sup>9</sup> Solitär**ä**ume stehen mit einem grösseren Abstand zu den anderen Bäumen am Rand, aber noch innerhalb der Rote.

## 4 Diskussion

### 4.1 Variabilität des Alters

Im untersuchten Gebiet ist die Variabilität des Alters innerhalb der Rotten kleiner als zwischen den Rotten. Die Rotten lassen sich jeweils in einzelne Altersklassen einteilen. Die zwei Rotten im dichteren Bestand haben eine grössere Streuung des Alters als diejenigen im lockereren Bestand. Dies lässt sich wahrscheinlich so begründen, dass es sich bei den Rotten im dichteren Bestand eher um Sekundärkollektive, also zusammengewachsene Rotten handelt. Deshalb sind die Altersunterschiede zwischen den Rotten durch die ursprünglichen Primärkollektive gegeben. Ein gleiches Ergebnis zeigt auch Strobel (1997) in seinen Untersuchungen, die nicht weit entfernt, auch im Uaul Tgom, durchgeführt wurden: Bei ihm ergibt sich eine geringe Altersdifferenzierung innerhalb der Rotten. Die Altersunterschiede betragen in seinen untersuchten Primärrotten nur einige Jahre; auffallend ist die stärkere Differenzierung nach Höhe und Durchmesser. Strobel zeigt auch, dass die Ansamung der untersuchten Primärkollektive innerhalb sehr kurzer Zeit erfolgte. Dieses Ergebnis kann in der vorliegenden Untersuchung wiederholt aufgezeigt werden. Auch hier zeigt sich, dass zum Teil die Fichten zwar ähnlich alt sind, aber sehr verschiedene Durchmesser und Höhen aufweisen.

Als Vergleichsmöglichkeit werden auch die Resultate aus dem Gebirgswaldökologiekurs der ETH in Davos zu Hilfe gezogen; die untersuchten Rotten dort liegen auf ähnlicher Höhe (rund 2000 m. ü. M) und ähnlicher Hangneigung (30°). Dort wurde festgestellt, dass Bäume innerhalb einer Rotte nicht gleich alt sind. Die jüngeren Rotten zeigten eine homogenere Altersverteilung, die älteren eine grössere Variabilität des Alters. In Davos ist die Altersvariabilität innerhalb der Rotten grösser als in Sedrun (Zumbrunn, 2010). Aber auch in Davos lassen sich die Rotten in einzelne Altersklassen einteilen. Bebi (mündl.) teilte uns damals mit, dass ungleichaltrige Rotten durch vegetative Vermehrung, gleichaltrige Rotten durch die extremen Bedingungen der Mikrostandorte entstehen. Also wären nun die Bäume der Rotten in Sedrun eher durch die Bedingungen des Mikrostandortes entstanden und jene in Davos durch vegetative Vermehrung. Ein Merkmal, das diese Folgerung unterstützt, sind Verbindungen zwischen den Bäumen, die in Davos häufiger zu sehen waren als in Sedrun. Aber auch in Sedrun kann vegetative Vermehrung nicht ausgeschlossen werden, denn diese Verbindungen können auch nur noch unterirdisch vorhanden sein.

Ergebnisse von Strobel (1997) und dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass sich die Rotten auf einer ehemals beweideten Fläche entwickelten. Nach Einstellen der Beweidung konnten sich mit Hilfe der vorhandenen einzelnen Samenbäume die Rotten bilden.

### 4.2 Radialzuwachs einzelner Bäume

Aus der Auswertung der Bohrkerne wird ersichtlich, dass in den untersuchten Rotten jeweils die Randbäume einen stärkeren Zuwachs verzeichnen. Es zeigt sich auch, dass dicht beieinander stehende Fichten einen eher schwächeren Radialzuwachs aufweisen. Diese zwei Effekte lassen sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass die Randbäume in weniger starken Konkurrenzverhältnissen leben und die dicht stehenden Bäume stärker durch die anderen beeinflusst werden.

Eine ähnliche Beobachtung stammt von Strobel (1996), der zeigen konnte, dass die Bäume im Rotteninnern nicht gut wachsen, da sie von allen Seiten bedrängt werden.

Gegenläufige Resultate liegen aber aus Davos vor. Dort wurde aufgezeigt, dass die Randbäume einen geringeren Zuwachs verzeichnen. Dieser Unterschied könnte daher kommen, dass sich die untersuchten Rotten in Davos auf einer stark beweideten Alpweide befinden, wodurch die Bäume am Rand eher unter Beweidungsdruck leiden. Auch Fillbrandt (2000) zeigte, dass randständige Bäume stärker beeinflusst werden durch Faktoren wie z.B. Schnee und Wild und damit stärker am Wachstum behindert werden, während die Bäume im Innern der Rotte vom günstigeren Mikroklima profitieren.

Es zeigen sich also keine einheitlichen Resultate aus den verglichenen Studien. Wahrscheinlich muss jeweils vor Ort beurteilt werden, welche Einflüsse - seien es nun Schnee und Wild, welche eher Randbäume behindern oder limitierende Faktoren wie Licht und Wärme, welche die Bäume im Zentrum negativ beeinflussen – die Rotten dominieren. Dies ist aber nicht einfach, da das Zusammenspiel der Faktoren massgebend für die Verhältnisse in den jeweiligen Mikrostandorten ist und selten nur ein einzelner Faktor. Auch hängt der Radialzuwachs von der Art, wie dicht die Bäume zusammenstehen, ab.

### 4.3 Entwicklung der Rotten

Die Resultate zeigen deutlich, dass sich die untersuchten Rotten von oben her entwickeln. Die ältesten Fichten stehen jeweils innerhalb der Rotte oben. Die weiteren Bäume haben sich dann in der Falllinie unterhalb der ältesten Fichten und durch Ansamung am Rand entwickelt. Damit haben sie den Schutz der vorhandenen Fichten vor Schneebewegungen ausgenützt.

Auch die Untersuchungen in Davos zeigten, dass die älteren Bäume eher oben im Hang stehen (Zumbrunn, 2010). Fillbrandt (2000) stellte ähnliche Resultate fest: Die rottenförmige Struktur wird häufig durch Bäume, welche durch Ablegerbildung entstehen oder sich im Abstand von wenigen Jahrzehnten am Rand angesamt haben, bestimmt. Mit den sich entsprechenden Resultaten bezüglich der Entwicklung der Rotten zeigt sich also, dass für die Verjüngung im Gebirgswald das Vorhandensein von Schutzfaktoren wichtig ist und dadurch die Extreme der Standorte abgeschwächt werden.

Ott, Frehner, Frey, & Lüscher (1997) beschreiben ältere Rottenbestände als eher einförmig, trotz erheblichen Altersunterschieden. Dies kann hier bestätigt werden. Die Rotten innerhalb der dichteren Bestände weiter unten sind durchschnittlich ein wenig älter als oben. Der Rottenrand im dichteren Bestand ist auch nicht so klar zu erkennen wie bei den höher gelegenen Rotten. Trotzdem ist die truppweise Anordnung der Bäume erkennbar. Es ist auch wahrscheinlich, dass die Rotten im dichteren Bestand eher aus Primärkollektiven zu Sekundärkollektiven zusammengewachsen sind. Diese Entwicklung lässt sich bei den weiter oben gelegenen Rotten nicht feststellen. Auch die Form der Rotten bestätigt diese Vermutung: die unteren Rotten haben eine weniger eindeutige Form, da sie wahrscheinlich zusammengewachsen sind, die Rotten im lichterem Bestand haben eher eine runde bis kegelige Form.

Was nicht beantwortet werden kann, ist die ganz frühe Entwicklung der Rotten. Zum Beispiel ist in Rotte 4 der älteste Baum über 200 Jahre alt. Wir wissen nicht, wie die Verhältnisse für diese Fichte damals, vor 200 Jahren, waren. Stand sie alleine? Oder ist auch sie im Schutz einer Rotte aufgekommen?

## 4.4 Stabilität der Bäume

Nach Fillbrandt (2000) befinden sich die Stabilitätsträger in gepflanzten Kollektiven spätestens ab Beginn des Kronenschlusses am Rand der Kollektive. Bäume im Innern haben keinen positiven Einfluss auf die Stabilität. Natürliche Baumkollektive weisen ähnliche Entwicklungen auf: die dicksten und stärksten Stämme stehen am Rand der Rotten.

Strobels (1997) Untersuchungen bezüglich der Stabilität zeigen folgende Ergebnisse: Die h/d Werte liegen meist zwischen 40 und 100, im BHD Bereich von 20 cm liegt der durchschnittliche h/d Wert bei 60. Auch wird ersichtlich, dass die Einzelbäume durchschnittlich tiefere Schlankheitsgrade aufweisen als Rottenbäume. Bäume innerhalb der Rotten haben einen höheren Schlankheitsgrad als Randbäume.

Auch aus dieser Untersuchung geht hervor, dass Solitärbäume einen tieferen Schlankheitsgrad als Rottenbäume aufweisen. Innerhalb der Rotten haben Zentralbäume einen deutlich höheren Schlankheitsgrad als Randbäume. Damit werden die Resultate von Strobel bestätigt. Es wird deutlich, dass Bäume innerhalb der Rotten unter einem stärkeren Konkurrenzdruck um Kronenraum und Licht stehen. Um ans Licht zu gelangen, müssen sie vor allem ins Höhenwachstum investieren, was zu einem hohen Schlankheitsgrad führt. Randbäume stehen unter weniger Konkurrenz, um ans Licht zu gelangen, müssen sie nicht in die Höhe wachsen.

Die rottenförmige Struktur im Gebirgswald beinhaltet verschiedene Entwicklungsstufen, diese ergeben sich durch Rotten verschieden Alters. Dies konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, da sich die Rotten in verschiedene Altersklassen einteilen lassen. Rotte 4 ist die jüngste, Rotte 2 die älteste. Durch das Mosaik aus strukturgebenden Rotten ergibt sich ein nachhaltiger Bestandaufbau, einige Rotten befinden sich in der Phase des Aufbaus, andere in der Phase des Zerfalls und Wiederverjüngung. Die Form der Rotten gewährleistet innere Waldränder, welche die Attraktivität der Ökosysteme erhöhen. Dies sind Faktoren, welche dazu beitragen, dass die Rottenstruktur als optimaler Waldzustand des Gebirgswaldes angestrebt wird.

## 4.5 Methodenkritik

Leider war es nicht einfach, das tatsächliche Alter der einzelnen Bäume oder Rotten anzugeben. Dazu sind Stammfussbohrungen durchgeführt worden, beim Zählen des Alters ergaben sich aber grosse Unterschiede, zum Teil wurden sogar weniger Jahrringe als bei den Bohrungen auf 0.7 m Höhe gezählt. Diese Bohrungen hätten mehrfach pro Baum ausgeführt werden sollen. So wäre es möglich geworden, einen Durchschnitt an zusätzlichen Jahren herauszufinden. Auch wäre es gut gewesen, wirklich das Mark der Bäume zu treffen. Das System mit den Schablonen ist eine Möglichkeit, diesen Fehler auszubessern, allerdings nimmt so die Genauigkeit der Altersangabe ab.

Es ist nicht klar, ob der grosse Aufwand für die Datierung der Bohrkerne nötig gewesen ist. Wobei es natürlich wichtig ist, die Daten zu validieren und zu kontrollieren, ob die Ergebnisse stimmen können. Andererseits hätte ich die Zeit für die Datierung anderswo einsetzen können. Auch wäre es möglich

gewesen, aus den gemessenen Radialzuwachsen noch mehr Erkenntnisse zu gewinnen. Ich hätte beispielsweise die Entwicklung der Rotten noch in einzelne Entwicklungsstufen unterteilen können.

Die Aufnahme der Koordinaten der einzelnen Bäume hat sich als sehr hilfreich erwiesen. Damit konnte ich sehr schön und einfach darstellen, wo die Bäume innerhalb der Rotte stehen.

Noch schöner wäre eine dreidimensionale räumliche Darstellung der Rotten gewesen. Damit hätte ich für die einzelnen Bäume neben dem Durchmesser auch noch die Höhe angeben und darstellen können. Dies war aber mit der herkömmlichen Excel-Datenverarbeitung nicht möglich.

## 5 Literaturverzeichnis

- Abetz, P. (1994). Beiträge zum Baumwachstum - Der h/d-Wert - mehr als ein Schlankheitsgrad! *FoHoWi* 31: 389 - 393 .
- Bachmann, P. (April 1999). *WSL: Script Waldwachstum I/II, 35 Form*. Abgerufen am 25. Januar 2011 von [http://www.wsl.ch/forest/waldman/vorlesung/ww\\_tk35.ehtml](http://www.wsl.ch/forest/waldman/vorlesung/ww_tk35.ehtml)
- Bischof, N. (1987). *Begründung und pflegliche Nutzung von Gebirgswäldern*. Bern: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale.
- Campell, E., Kuoch, R., Richard, F., & Trepp, W. (Dezember 1955). Ertragreiche Nadelwaldgesellschaften im Gebiete der schweizerischen Alpen, unter besonderer Berücksichtigung Graubündens. *Beiheft Nr. 5 zum "Bündnerwald"* .
- Doutaz, J. (2007). Waldstandortkarte des Lehr- und Forschungswaldes ETH Sedrun. 27-36.
- ETHZ. (6. Mai 2009). *ETH Zurich - DUWIS - Forest Ecology - Lehrwald Sedrun*. Abgerufen am 12. November 2010 von <http://www.fe.ethz.ch/sedrun/Portrait>
- Fillbrandt, T. (1997). Pflanzungen im Gebirgswald zur Nachahmung natürlicher Rotten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 148 , S. 73-92.
- Fillbrandt, T. (2000). *Strukturentwicklung gepflanzter Fichtenkollektive (Rotten) in der hochmontanen und subalpinen Stufe*. Zürich: Beiheft Nr. 87 zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen.
- Kuoch, R., & Amiet, R. (1970). Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen - mit Berücksichtigung von Vegetation und Ablegerbildung. *Gebirgsprogramm: 10. Beitrag* . Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 46.
- Ott, E., Frehner, M., Frey, H. U., & Lüscher, P. (1997). *Gebirgsnadelwälder: praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung*. Bern; Stuttgart; Wien: Verlag Paul Haupt.
- Schönenberger, W. (März 1981). Die Wuchsformen der Bäume an der alpinen Waldgrenze. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 132 , S. 149-162.
- Strobel, G. (1997). Rottenstruktur und Konkurrenz im subalpinen Fichtenwald, eine modellhafte Betrachtung. *Beiheft Nr.81 Schweizerische Zeitung für Forstwesen* .
- Strobel, G. (1996). Waldwachstumskundliche Untersuchungen an Fichten-Rotten der subalpinen Höhenstufe. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 148 , S. 45-72.
- Zeller, E. (1994). *Stabilitätspflege im Gebirgswald, Beurteilungs- und Entscheidungshilfen für die waldbauliche Praxis*. Maienfeld: Projekt Gebirgswaldpflege II.
- Zumbrunn, C. (Juni 2010). Wachstumsdynamik von Fichtenrotten an der oberen Waldgrenze im Sertigtal. *Unveröffentlicht* . Davos: Resultierend aus einer Gruppenarbeit von L. Jost, S. Schmutz, A. Probst, A. Rickenbacher, C. Zumbrunn.

## ANHANG

ANHANG A: COFECHA Output des Datensatzes der ältesten Bäume in Sedrun.

ANHANG B: COFECHA Output des Datensatzes aller Bäume in Sedrun.

**ANHANG A:**

PART 5: CORRELATION OF SERIES BY SEGMENTS:

13:35 Thu 27 Jan 2011 Page 5

Correlations of 50-year dated segments, lagged 25 years

Flags: A = correlation under .3281 but highest as dated; B = correlation higher at other than dated position

Seq Series	Time_span	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975
		1874	1899	1924	1949	1974	1999	2024
1 101	1842 2009	.41	.38	.44	.46	.59	.56	.52
2 103	1841 2010	.31A	.34	.62	.60	.55	.72	.68
3 107	1845 2010	.54	.49	.43	.26B	.40	.48	.35
4 108	1853 2010		.46	.62	.57	.55	.49	.54
5 115	1853 2010		.29A	.63	.65	.64	.66	.67
6 201	1844 2010	.32A	.39	.69	.53	.43	.65	.60
7 202	1860 2010		.59	.67	.55	.55	.69	.72
8 206	1855 2010		.45	.66	.56	.56	.56	.40
9 207	1878 2010			.71	.77	.45	.40	.36
10 210	1864 2010		.70	.67	.62	.48	.52	.51
11 401	1784 2010	.10B	.30A	.58	.54	.37	.11B	.07B
Av segment correlation		.34	.44	.61	.56	.51	.53	.49

PART 7: DESCRIPTIVE STATISTICS:

13:35 Thu 27 Jan 2011 Page 6

Seq Series	Interval	No. Years	No. Segmt	No. Flags	Corr with Master	Mean msmt	Max msmt	Std dev	Auto corr	Mean sens	Max value	Std dev	Auto corr	AR
1 101	1842 2009	168	7	0	.442	1.25	3.05	.683	.936	.153	2.48	.393	-.018	1
2 103	1841 2010	170	7	1	.541	.93	2.79	.654	.960	.142	2.52	.358	-.049	1
3 107	1845 2010	166	7	1	.365	1.68	3.04	.469	.635	.177	2.58	.310	-.020	1
4 108	1853 2010	158	6	0	.519	1.45	4.88	.794	.950	.128	2.50	.421	-.047	1
5 115	1853 2010	158	6	1	.560	1.54	3.66	.734	.947	.129	2.64	.500	-.067	1
6 201	1844 2010	167	7	1	.480	1.00	2.26	.413	.853	.158	2.63	.402	-.060	1
7 202	1860 2010	151	6	0	.576	.79	2.73	.559	.942	.212	2.39	.332	-.058	1
8 206	1855 2010	156	6	0	.465	1.36	3.18	.597	.873	.163	2.56	.350	-.006	1
9 207	1878 2010	133	5	0	.582	.95	1.78	.258	.719	.156	2.69	.415	-.022	1
10 210	1864 2010	147	6	0	.561	.86	1.88	.272	.707	.184	2.57	.424	-.079	1
11 401	1784 2010	227	7	4	.298	1.10	2.58	.420	.823	.177	2.77	.450	.015	1
Total or mean:		1801	70	8	.486	1.18	4.88	.534	.851	.162	2.77	.397	-.035	

- = [ COFECHA ZZZ COF ] = -

**ANHANG B:**

PART 5: CORRELATION OF SERIES BY SEGMENTS:

11:28 Tue 25 Jan 2011 Page 5

Correlations of 50-year dated segments, lagged 25 years

Flags: A = correlation under .3281 but highest as dated; B = correlation higher at other than dated position

Seq	Series	Time_span	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975
			1874	1899	1924	1949	1974	1999	2024
1	101	1842 2009	.43	.33	.42	.52	.64	.54	.47
2	103	1841 2010	.32A	.28A	.65	.59	.53	.70	.65
3	104	1927 2010					.41	.46	.34
4	105	1836 1956	.53	.52	.65	.36B	.34B		
5	107	1845 2010	.42	.44	.47	.27B	.32B	.40	.28A
6	108	1853 2010		.48	.60	.59	.53	.46	.45
7	109	1853 2009		-.13B	.36	.61	.52	.53	.39
8	110	1859 1981		.05B	.39	.57	.56	.54	
9	111	1884 2008			.03B	-.08B	.04B	.06B	.24A
10	112	1908 1981				.35	.24B	.26B	
11	113	1887 1968			.42	.39	.26A		
12	114	1849 1953	.03B	.05B	.33A	.36	.35		
13	115	1853 2010		.19B	.55	.56	.52	.49	.49
14	116	1869 2010		.16B	.16B	.35	.63	.73	.64
15	117	1888 2010			.34	.33B	.41	.44	.42
16	118	1886 2010			.44B	.45	.30A	.38	.39
17	119	1906 2010				-.14B	.16B	.26A	.25A
18	201	1844 2010	.35	.59	.66	.50	.40	.61	.53
19	202	1834 2010	.05B	.44	.69	.52	.45	.61	.63
20	203	1900 2010				.14B	-.06B	-.05B	-.06B
21	204	1842 2010	.41	.59	.76	.61	.30A	.36	.36
22	205stamm	1856 2010		.09B	-.03B	-.17B	-.12B	.12B	.13B
23	206	1855 2010		.50	.73	.59	.58	.67	.59
24	207	1878 2010			.75	.80	.47	.41	.38
25	208	1840 1989	.52	.58	.69	.64	.53	.40	
26	210	1864 2010		.66	.70	.64	.49	.51	.52
27	212	1838 1927	.17B	.11B	.28B	.30A			
28	213	1860 2007		.24B	.23B	.34	.44	.46	.53
29	214	1846 1948	.13B	.01B	.40	.31B			
30	216	1861 2010		.34	.39	.42	.55	.63	.58
31	219	1867 1966		.59	.59	.63	.42		
32	220	1874 2010		.50	.51	.39	.28A	.49	.51
33	221	1860 2010		.34	.37	.38	.62	.61	.62
34	222	1922 2002				.17B	.13B	.18B	.20B

35	401	1784	2010	-.04B	.31A	.56	.56	.51	.28A	.28A	
36	402	1983	2010							.21B	
37	403	1979	2010							.25B	
38	404	1990	2010							-.05B	
39	405	1973	2010						.34		
40	406	1981	2010							.27B	
41	407	1872	2010	-.18B-	.23B-	.30B-	.25B	.00B	.19B		
42	408	1919	2010			.44	.42	.25B	.35		
43	409	1914	2010			.11B	.32A	.25A	.32A		
44	410	1921	2010			.47	.46	.28A	.34		
45	411	1960	2010					-.08B-	.10B		
46	412	1970	2010					.47			
47	413	1933	2010			-.16B	.09B	.20A			
48	414	1964	2010					.13B			
49	415	1969	2010					.25A			
50	416	1962	2010					.15B			
51	417	1968	2010					.04B			
52	418	1958	2010					.38	.42		
53	419	1986	2010						.01B		
54	501	1854	2010		.27A	.47	.46	.36	.35	.53	
55	502b	1867	2010	-.13B-	.11B-	.25B	.03B	.49	.61		
56	503	1864	2010		.27A	.11B	.23B	.28A	.22A	.30A	
57	504	1975	2010							-.28B	
58	505	1966	2010					-.04B			
59	507cz	1924	2009			.51	.58	.59	.62		
Av segment correlation				.28	.29	.42	.37	.35	.36	.35	

Seq	Series	Interval	No. Years	No. Segmt	No. Flags	Corr with Master	//----- Mean msmt	Unfiltered Max msmt	-----\\ Std dev	Auto corr	Mean sens	//---- Max value	Filtered Std dev	----\\ Auto corr	AR ( )
1	101	1842 2009	168	7	0	.466	1.25	3.05	.683	.936	.153	2.48	.393	-.018	1
2	103	1841 2010	170	7	2	.532	.93	2.79	.654	.960	.142	2.52	.358	-.049	1
3	104	1927 2010	84	3	0	.335	.26	.73	.122	.801	.253	2.67	.426	-.037	1
4	105	1836 1956	121	5	2	.419	.90	2.69	.697	.945	.208	2.63	.440	-.046	1
5	107	1845 2010	166	7	3	.328	1.68	3.04	.469	.635	.177	2.58	.310	-.020	1
6	108	1853 2010	158	6	0	.504	1.45	4.88	.794	.950	.128	2.50	.421	-.047	1
7	109	1853 2009	157	6	1	.363	.63	2.95	.426	.874	.200	2.74	.416	-.083	3
8	110	1859 1981	123	5	1	.381	.68	3.00	.567	.923	.206	2.62	.390	-.028	1
9	111	1884 2008	125	5	5	.071	.36	1.88	.372	.868	.274	2.75	.381	-.022	1
10	112	1908 1981	74	3	2	.253	.49	2.58	.631	.894	.357	2.66	.523	.012	2
11	113	1887 1968	82	3	1	.322	.72	2.93	.648	.783	.272	2.69	.472	-.031	1
12	114	1849 1953	105	5	3	.241	.25	2.02	.342	.867	.287	2.51	.318	-.060	1
13	115	1853 2010	158	6	1	.446	1.54	3.66	.734	.947	.129	2.64	.500	-.067	1
14	116	1869 2010	142	6	2	.403	.74	1.50	.274	.842	.161	2.59	.351	.025	1
15	117	1888 2010	123	5	1	.362	1.84	2.94	.442	.717	.155	2.52	.345	.029	3
16	118	1886 2010	125	5	2	.402	1.81	3.27	.627	.871	.150	2.55	.402	.025	1
17	119	1906 2010	105	4	4	.075	.71	2.19	.417	.809	.260	2.64	.413	-.016	1
18	201	1844 2010	167	7	0	.459	1.00	2.26	.413	.853	.158	2.63	.402	-.060	1
19	202	1834 2010	177	7	1	.475	.90	3.10	.650	.923	.218	2.42	.325	-.051	1
20	203	1900 2010	111	4	4	.072	.36	1.49	.306	.848	.288	2.62	.445	.037	1
21	204	1842 2010	169	7	1	.499	.53	2.50	.386	.869	.210	2.70	.361	-.040	1
22	205stamm	1856 2010	155	6	6	-.006	.66	2.01	.344	.831	.223	2.47	.320	-.057	1
23	206	1855 2010	156	6	0	.563	1.36	3.18	.597	.873	.163	2.56	.350	-.006	1
24	207	1878 2010	133	5	0	.628	.95	1.78	.258	.719	.156	2.69	.415	-.022	1
25	208	1840 1989	150	6	0	.491	.62	2.78	.682	.964	.283	2.68	.424	-.072	1
26	210	1864 2010	147	6	0	.556	.86	1.88	.272	.707	.184	2.57	.424	-.079	1
27	212	1838 1927	90	4	4	.238	.48	1.57	.420	.828	.273	2.88	.599	.086	1
28	213	1860 2007	148	6	2	.357	1.01	2.48	.502	.873	.182	2.76	.339	-.009	1
29	214	1846 1948	103	4	3	.227	.80	2.90	.680	.923	.230	2.70	.455	.006	1
30	216	1861 2010	150	6	0	.469	1.27	2.55	.486	.843	.138	2.66	.388	-.076	1
31	219	1867 1966	100	4	0	.515	.25	1.62	.303	.899	.373	2.54	.377	-.060	1
32	220	1874 2010	137	6	1	.387	1.25	2.68	.428	.836	.144	3.03	.561	-.031	1
33	221	1860 2010	151	6	0	.434	1.05	2.02	.445	.836	.173	2.36	.306	-.045	1
34	222	1922 2002	81	4	4	.221	.57	1.62	.395	.886	.244	2.57	.507	-.079	1
35	401	1784 2010	227	7	4	.328	1.10	2.58	.420	.823	.177	2.77	.450	.015	1
36	402	1983 2010	28	1	1	.215	2.59	3.22	.415	.183	.156	2.41	.502	-.021	1
37	403	1979 2010	32	1	1	.245	1.85	3.89	.964	.904	.213	2.58	.610	-.073	1

38	404	1990	2010	21	1	1	-.047	.93	1.42	.279	.633	.207	2.34	.523	-.045	1	
39	405	1973	2010	38	1	0	.336	1.92	3.99	1.241	.933	.265	2.75	.606	-.032	1	
40	406	1981	2010	30	1	1	.266	1.70	2.64	.516	.698	.197	2.47	.670	-.059	1	
41	407	1872	2010	139	6	6	-.107	.35	1.49	.315	.910	.263	2.83	.440	-.030	2	
42	408	1919	2010	92	4	1	.395	.89	1.40	.207	.712	.140	2.54	.456	.066	1	
43	409	1914	2010	97	4	4	.229	.98	2.03	.450	.848	.170	2.44	.322	-.081	1	
44	410	1921	2010	90	4	1	.390	.98	2.21	.441	.897	.159	2.61	.393	.004	1	
45	411	1960	2010	51	2	2	-.101	.70	2.20	.460	.702	.345	2.79	.520	.028	1	
46	412	1970	2010	41	1	0	.475	1.94	3.84	1.139	.905	.206	2.56	.487	.152	1	
47	413	1933	2010	78	3	3	.020	.58	1.58	.411	.819	.270	2.88	.568	-.027	1	
48	414	1964	2010	47	1	1	.133	1.18	1.86	.329	.673	.181	3.01	.766	.085	2	
49	415	1969	2010	42	1	1	.252	2.18	4.63	1.059	.904	.176	2.69	.635	-.078	1	
50	416	1962	2010	49	1	1	.154	1.05	1.95	.370	.847	.168	2.46	.473	-.077	1	
51	417	1968	2010	43	1	1	.041	2.16	3.56	.845	.857	.171	2.75	.678	-.007	1	
52	418	1958	2010	53	2	0	.391	1.11	2.37	.500	.881	.167	2.64	.458	.081	1	
53	419	1986	2010	25	1	1	.008	1.16	2.14	.480	.816	.209	2.41	.504	-.097	1	
54	501	1854	2010	157	6	1	.393	1.91	3.85	.663	.795	.180	2.73	.461	-.060	1	
55	502b	1867	2010	144	6	4	.094	.80	3.10	.566	.938	.182	2.71	.374	-.015	1	
56	503	1864	2010	147	6	6	.263	1.47	2.36	.374	.693	.162	2.50	.344	.006	2	
57	504	1975	2010	36	1	1	-.281	.71	1.36	.330	.177	.444	2.73	.646	-.020	1	
58	505	1966	2010	45	1	1	-.035	1.55	3.74	.785	.688	.372	2.74	.479	-.032	1	
59	507cz	1924	2009	86	4	0	.558	1.80	6.13	.857	.814	.182	2.87	.504	-.038	1	
-----				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total or mean:				6349	249	99	.335	1.02	6.13	.503	.841	.201	3.03	.420	-.026		

- = [ COFECHA ZZZ COF ] = -