

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 146 (1995)
Heft: 8

Artikel: Datierung und Nachweis von Rutschungen mit Hilfe von Jahrringen
Autor: Schmid, Daniel / Schweingruber, Fritz H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766988>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Datierung und Nachweis von Rutschungen mit Hilfe von Jahrringen

Eine dendrogeomorphologische Studie im Rutschgebiet Brunjini, Oberwallis

Von *Daniel Schmid* und *Fritz H. Schweingruber*

Keywords: dendrochronology, geomorphology, landslides, canton of Valais (Switzerland).

FDK 181.65: 551: 815: (494.44) UDK 551.4

Einleitung und Zielsetzung

Das Rutschgebiet «Brunjini» bei Mörel im Walliser Rottental (*Abbildung 1*) ist seit vielen Jahren in Diskussion, denn der spätglaziale Sackungskörper zeigt aktive geomorphologische Vorgänge unterschiedlicher Art und Ausmasses.

Im Rutschgebiet treten kleine Felsstürze, Translations- und Rotationsrutschungen und Fliessbewegungen auf. Die instabilen Verhältnisse führen *Recordon* und *Pellissier* (1988) auf den hohen Gehalt an Feinpartikeln zurück, deren geringe Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit die Stabilität des Hanges nicht gewährleisten könnten. In den Jahren 1982/83 führten sie Studien über die Rutschungen durch, da die Ende 70er/Anfang 80er Jahre festgestellten starken Oberflächenbewegungen eine Druckleitung gefährdeten. Mittels Neuvermessung von alten Katastersteinen, Installation von Neigungsmessern und geodätischen Vermessungen von Fixpunkten konnten Betrag und Richtung der Bewegung von einzelnen Punkten im Hang rekonstruiert werden.

Um die punktuellen und zeitlich unregelmässig erhobenen Messungen zu ergänzen, wurde eine dendrochronologische Studie durchgeführt. In Jahrringabfolgen und an Stammachsen können geomorphologische Vorgänge kontinuierlich an beliebigen Punkten in einer Fläche erkannt werden. Dendrochronologische Methoden ermöglichen zusätzlich eine jahrgenaue Datierung wesentlicher Vorgänge. *Alestalo* (1971) und *Shroder* (1980) stellten fest, dass bei Bodenbewegungen Stammachsen gekrümmt, schief gestellt und überschüttet werden; Wurzelwerk wird zerrissen und freigelegt. In der Folge ver-

ändern sich die Licht-, Wasser-, Nährstoff- und Gleichgewichtsverhältnisse für jeden einzelnen Baum.

Die wichtigsten Reaktionen des Baumes auf geomorphologische Prozesse sind abrupte Wachstumsveränderungen und die Bildung von Reaktionsholz. Somit sind geomorphologische Ereignisse datierbar. Mit Erfolg haben z.B. *Bégin* und *Filion* 1988 in Kanada, *Denneler* 1992 in der Schweiz und *Higashi et al.* 1971 in Japan die Geschichte von Hangrutschungen datiert.

Anhand von Beispielen wird die dendrogeomorphologische Arbeitsweise (die Verbindung der beiden Wissenschaften Geomorphologie und Jahrringanalyse) dokumentiert und in Beziehung zu den Probeflächen in und ausserhalb des rutschaktiven Gebietes gesetzt.



Abbildung 1. Ansicht des Rutschgebietes Brunjini vom gegenüberliegenden Hang oberhalb Mörel. Eingezeichnet sind die drei Untersuchungsflächen. Unterhalb der Zahl 3 ist das Trasse der Druckleitung erkennbar, die mittlerweile in den sicheren Fels verlegt wurde.

Material

Im Sommer 1992 wurden im Rutschgebiet 20 Bäume (11 Fichten, 2 Lärchen, 2 Föhren, 1 Birke, 1 Weide, 1 Grauerle) ausgewählt, die von geomorphologischen Vorgängen auf unterschiedliche Art und Weise beeinflusst waren. Zur Kartierung der räumlichen Verhältnisse (*Abbildung 9 bis 13*) im rutschaktiven Gebiet auf drei geomorphologisch homogenen, mindestens 300 m² grossen Untersuchungsflächen (*Abbildung 1*) dienten alle Bäume mit einer

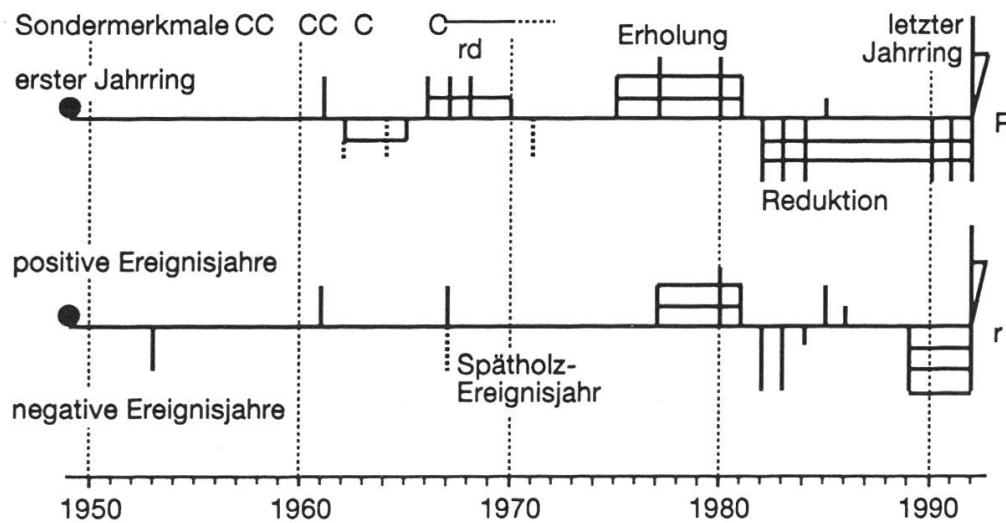
Höhe von über 1,50 m (69 Individuen: 47 Fichten, 10 Föhren, 5 Lärchen, 5 Birken und 2 Weiden).

Die durchgehende Bohrung wurde so gewählt, dass Druckholzbildung und exzentrisches Wachstum möglichst gut erfasst werden. Geneigte Bäume wurden in der Neigungsrichtung, Bäume mit Krümmungserscheinungen im kleinsten Krümmungsradius und Bäume ohne erkennbare Krümmung oder Neigung von der Hangunterseite her gebohrt.

Infolge fehlender und auskeilender Jahrringe gingen die Daten von insgesamt 18 Bäumen (darunter alle Proben der toten Bäume und jene der Birken) aus den Untersuchungsflächen für die Auswertung verloren.

Die erhobenen Merkmale

Die extremen Ereignisse wurden in Skeletonplots (*Abbildung 2*) dargestellt. (*Stokes und Smiley 1968* und *Schweingruber et al. 1990*). Mit dieser Darstellung werden nur auffallende, vom langjährigen Durchschnitt abweichende Merkmale aufgezeichnet.



- Abkürzungen:
- R langer Radius
 - r kurzer Radius
 - C Druckholz (compression wood)
 - i Verletzung (injury)
 - rd Harzkanäle (resin ducts)

Abbildung 2. Schematische Darstellung von Jahrringmerkmalen in einem Skeletonplot. Als Ereignisjahr bezeichnet man ein optisch leicht erkennbares Merkmal innerhalb der gesamten Jahrringfolge. Überdurchschnittlich breite Jahrringe werden über, unterdurchschnittlich schmale Jahrringe werden unter der Mittellinie dargestellt. Die marknahe Zone wird als Referenzperiode angenommen. Die Intensität der Merkmale kommt durch die Strichlänge und die Anzahl Balken zum Ausdruck.

Folgende auf dem Bohrkern ersichtliche Parameter wurden in den Skele-
tonplots aufgezeichnet:

- der innerste Jahrring
- der letzte Jahrring, die sogenannte Waldkante
- Intraannuelle Dichteschwankungen: Dichteänderungen des Holzes innerhalb eines Jahrringes, erkennbar an den Helligkeitsunterschieden.
- Kambiumverletzungen: Vorwiegend ausgezeichnet durch traumatische Harzkanäle, also tangential angeordnete axiale Harzkanäle, entstanden durch geringfügige Verletzungen.
- Negative Spätholzereignisjahre: Jahrringe mit unterdurchschnittlichem Spätholzanteil. Jahre mit überdurchschnittlichem Spätholzanteil wurden nicht erfasst, da diese z. T. schlecht von Jahrringen mit Druckholz unterschieden werden können.
- Jahrringbreite-Ereignisjahre: Bis zu drei aufeinanderfolgende, im Vergleich zu den benachbarten besonders schmale oder breite Jahrringe. Sind sie besonders schmal, werden sie als negative, im umgekehrten Fall als positive Ereignisjahre bezeichnet.
- Abrupte Zuwachsänderungen: Der Radialzuwachs ist während mehr als drei Jahren um mindestens 40% im Vergleich zu den vorausgehenden vier Jahren reduziert (Reduktion) (*Abbildung 3a*) bzw. um mindestens 150% vermehrt (Erholung).
- Druckholz: Es wurden sowohl Druckholzphasen als auch einzelne Jahre mit Druckholz aufgenommen (*Abbildung 6*).



Abbildung 3

Abbildung 3. Auf einer Scholle hangabwärts transportierte Fichte. Der untere Stammteil ist hangwärts geneigt. Erst nachdem der Baum wieder im Gleichgewicht stand, wuchs der Gipfeltrieb lotrecht.

Abbildung 3a. Bohrkern. Vergrößerung 1,5fach. Durch die Beschädigung der Wurzeln im Sommer 1980 blieb das Spätholz dieses Jahres schmal, ab 1981 folgt eine Sequenz von schmalen Jahrringen. 1992 setzte die Erholungsphase ein.

Abbildung 3a



Die ökologische Bedeutung der Merkmale

Zuwachsreduktionen weisen auf Untergrundbewegungen hin, bei denen das Wurzelwerk stark beschädigt wurde (*Abbildung 3* und *3a*). Klimatischer Stress (z. B. eine Trockenperiode) begrenzt das radiale Wachstum in der Regel nur während einer Saison (*Abbildung 10*). Die Jahrringbilder können oft nur anhand mikroskopischer Querschnitte sicher beurteilt werden (*Abbildung 4*).

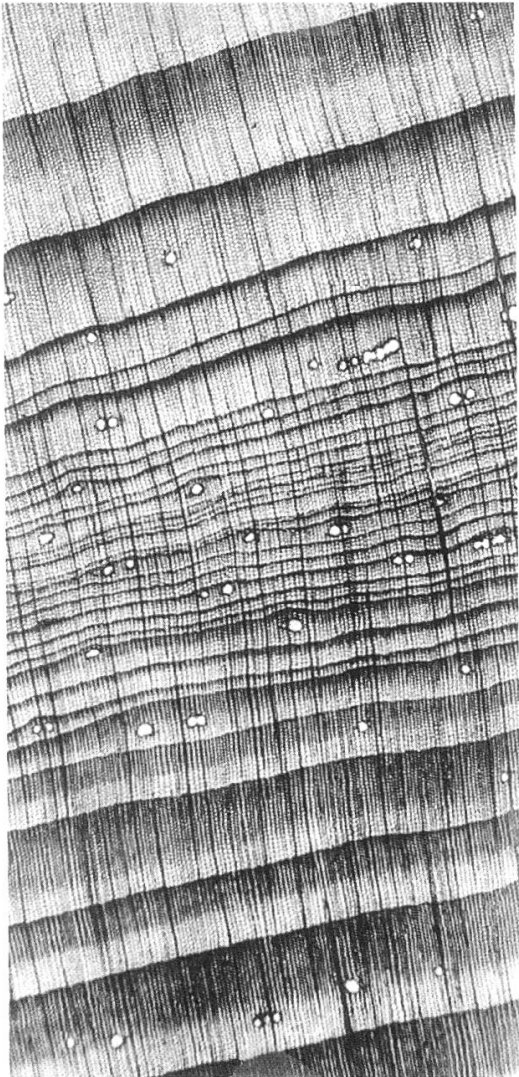


Abbildung 4. Mikroschnitt (Fichte, 45:1) durch eine Zone mit makroskopisch nicht unterscheidbaren Jahrringen. Im Bereich der Wachstumsreduktion sind auskeilende Jahrringe erkennbar. Vermutlich fehlen einige Jahrringe.

Durch Untergrundbewegungen und damit verbundene Wurzelbeschädigungen wird die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen erschwert. Das Wachstum des Baumes bleibt während mehreren Jahren limitiert, bis sich die Wurzeln wieder neu gebildet haben. Bei starker Beeinträchtigung des Wachstums ist ein Verlust der Blatt- oder Nadelmasse feststellbar. Bereits nach wenigen Jahren kann der Baum sich aber wieder erholt haben, und der Vorgang ist nur noch anhand des Jahrringbildes nachvollziehbar.

Die grosse Fichte (*Abbildung 3*), die auf einer etwa 20 cm mächtigen Scholle rund 7 m nach unten verfrachtet wurde, zeigt die für diese Rutschbewegung typische S-Form. Der Jungwuchs auf dem oberhalb der Scholle freigelegten Untergrund ist erst wenige Jahre alt, ansonsten fehlen weitere Hinweise auf das Datum der Hangbewegung.

Eine abrupte Wachstumsreduktion fand im Jahre 1981 (*Abbildung 3a*) statt. Bereits das Spätholz des Jahres 1980 ist spärlich ausgebildet. Der Rutsch (und die damit verbundene Beschädigung der Wurzeln) erfolgte im Verlaufe des Sommers 1980. Mittlerweile hat sich der Baum auf seinem neuen Standort wieder etabliert und zeigt ein den Vorjahren entsprechendes Dickenwachstum.

Wird der Baum in seinem Wachstum sehr stark beeinträchtigt, können einzelne Jahrringe so schmal ausgebildet werden, dass sie von blossem Auge nicht mehr sichtbar sind. Sie können aber auch ganz fehlen oder nur über einen Teilbereich des Stammquerschnittes ausgebildet sein (*Abbildung 4*). Solche fehlende oder auskeilende Jahrringe erschweren die Datierung.

Bei Lageveränderungen reagieren die Nadelbäume mit der Bildung von Druckholz (*Abbildung 5* und *6*) und speziellen Baumwuchsformen. Die auf kontinuierlich kriechenden Hängen am meisten anzutreffende Form ist der bogenförmige Säbelwuchs (*Abbildung 7*). Die konventionelle Annahme (*Alestalo 1971, Sharpe 1938*) über dessen Entstehung geht davon aus, dass sich die Bäume mit ihren Wurzeln in tieferen Bodenschichten oder gar im anstehenden Gestein verankern. Da sich die oberen Bodenschichten infolge der abnehmenden Reibung schneller hangabwärts bewegen als die unteren Schichten, kommt es durch die Hebelwirkung zu einer Schrägstellung der Bäume hangabwärts, während die Baumspitze ein aufrechtes Wachstum anstrebt (*Abbildung 7*).

Die Morphologie eines Baumes kann bereits einen Hinweis auf die *Art* der Hangaktivität geben. Bogenförmige Wuchsformen deuten auf kontinuierliche Untergrundbewegungen, auf ruckweise bewegten Hängen ist die Formenvielfalt der Bäume grösser. In einigen Fällen gelingt anhand der Wuchsform auch eine zeitliche Einordnung der Hangbewegung.

Die ausgeprägt säbelförmige Fichte («Sichelform» wäre angebrachter) mit leichter Überkorrektur wuchs auf einer stark und kontinuierlich bewegten Böschung auf (*Abbildung 8*). Diese stabilisierte sich später innerhalb kurzer Zeit soweit, dass der Baum lotrecht weiterwachsen konnte. Es wäre denkbar, dass sich der Baum durch das im Alter tiefer reichende Wurzelwerk selber stabilisieren könnte; in diesem Falle wäre der Übergang zwischen den beiden Wachstumsformen aber nicht so eindeutig abgrenzbar.

Eine Bohrung am Stammfuss ergibt ein Keimdatum um 1850. Das Datum 1887 liefert eine Bohrung (Bohrung 2) am Ansatz des gerade wachsenden Stückes (*Abbildung 8a*). Dieser Teil des Hanges ist also seit über 100 Jahren nicht mehr aktiv. Darum zeigen auch die benachbarten jüngeren Bäume kaum Anzeichen von Untergrundbewegungen.

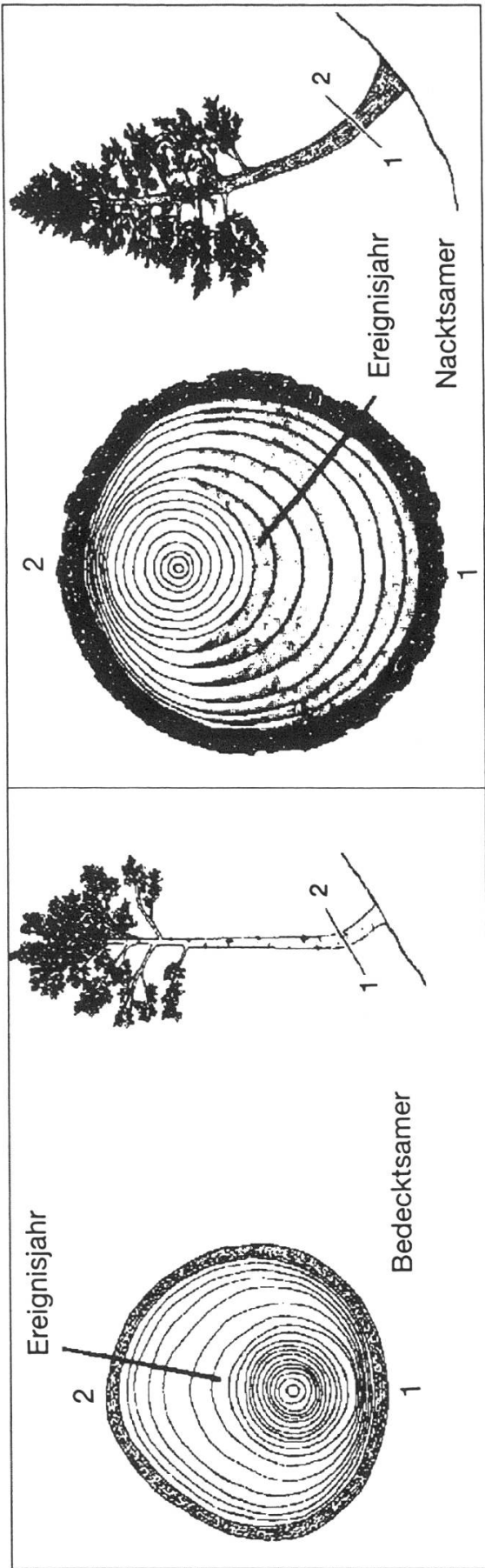


Abbildung 5. Schematische Darstellung der Zug- und Druckholzbildung. Wird ein Nadelbaum schräggestellt (rechter Bildteil), beginnt er mit der Ausbildung von Druckholz und exzentrischen Jahrringen; damit kann das auslösende Ereignis genau datiert werden. Laubbäume bilden Zugholz (linker Bildteil). Auf diese Art lassen sich Jahre mit grösseren Rutschbeträgen nachweisen (aus *Fritts* 1976).

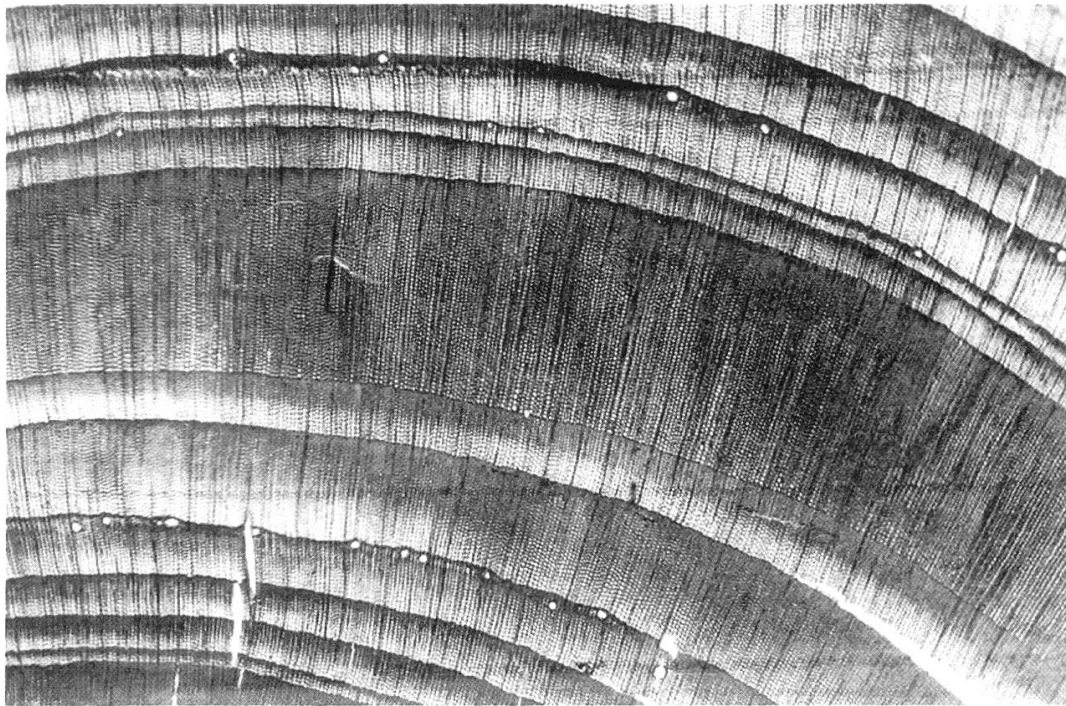


Abbildung 6. Mikroschnitt (Fichte, 45:1) mit einem ausgeprägten Druckholzjahr innerhalb einer Druckholzsequenz. Die Druckholzbildung setzte im Unterschied zu allen anderen Jahren bereits zu Beginn der Wachstumsperiode (Frühholz) ein. Wird ein bereits schrägstehender Baum durch ein erneutes Ereignis noch mehr schräggestellt, wird das Druckholz von diesem Datum an stärker ausgebildet. So lassen sich auch auf kontinuierlich bewegten Hängen einzelne Jahre mit grosser geomorphologischer Aktivität ermitteln.

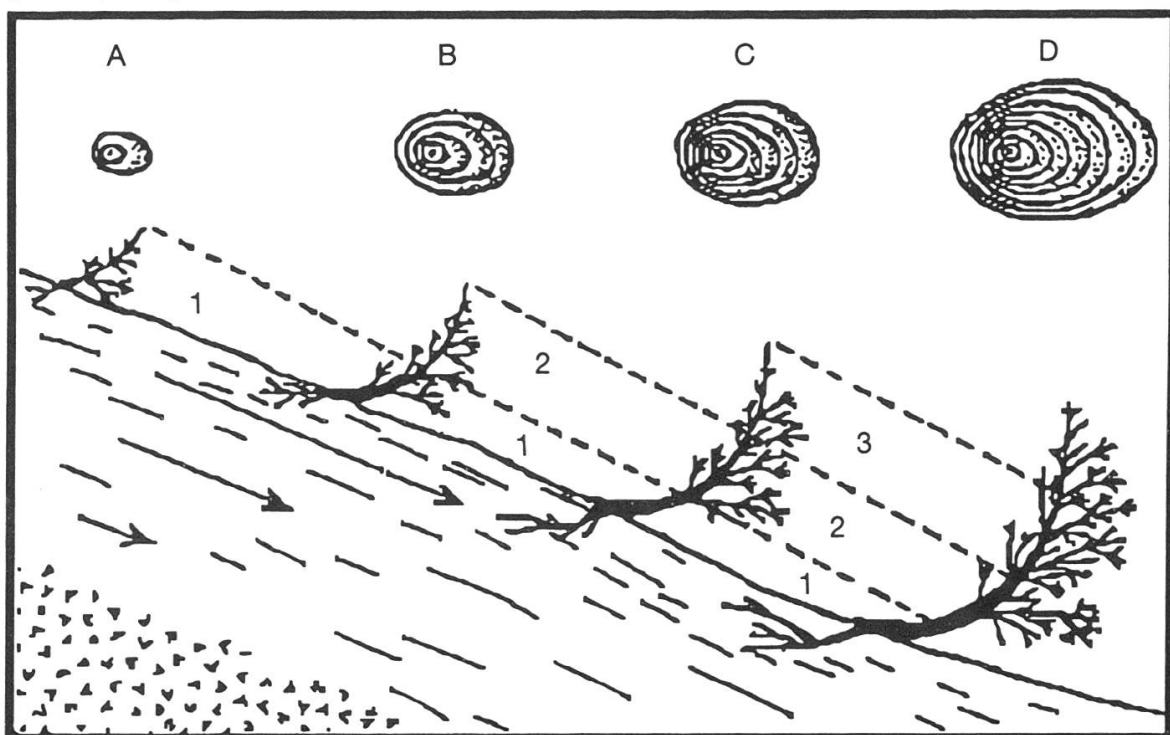


Abbildung 7. Hypothetische Abfolge des Wachstums eines Nadelbaumes auf langsam und kontinuierlich bewegtem Untergrund (nach Parizek und Woodruff 1957, abgeändert). Die Pfeile deuten die Hangbewegung an. 1-3 zeigen den jährlichen Höhenzuwachs. A-D entsprechen vier Stadien desselben Baumes nach jeweils zwei Jahren. Punktiert ist das Druckholz.

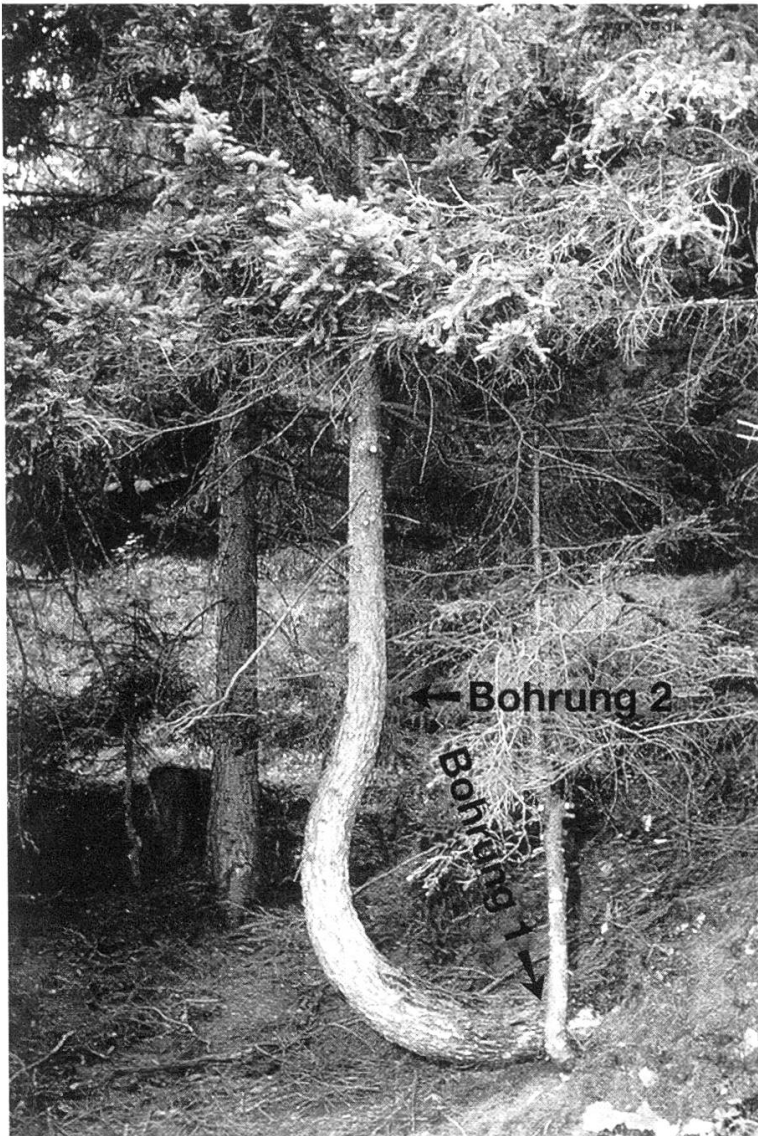


Abbildung 8

Abbildung 8. Säbelwüchsige Fichte im Rutschgebiet Brunjini. Mit der unteren Bohrung (1) wird der Zeitpunkt der Schrägstellung, mit der oberen (2) derjenige der Stabilisation erfasst.

Abbildung 8a. Bohrkern der oberen Bohrung (2). Vergrößerung 1,5fach. Mit dem ersten breiten Jahrring wird das Ende der rutschaktiven Periode datiert (1949).

Abbildung 8a



Interpretation der Ergebnisse

Zuwachsreduktionen

Über mehrere Jahre anhaltende Wachstumsreduktionen sind bei den Bäumen im Untersuchungsgebiet häufig und meistens sehr ausgeprägt (*Abbildung 9*). Deutlich abgrenzbare, in beiden Bohrhälften synchron auftretende abrupte Wachstumsreduktionen wurden aber nur wenige festgestellt. Meistens nehmen die Jahrringbreiten stufenweise über Jahre hinweg ab. Nur selten konnte so der Anfangspunkt von Phasen mit limitiertem Wachstum eindeutig abgegrenzt werden von Phasen mit stärkerem Dickenwachstum. Zudem verlaufen die Phasen häufig in den beiden Radien zeitlich verschoben.

Abrupte Zuwachsveränderungen sind eventuell Ausdruck von Wurzelschäden und würden damit Hinweise auf geomorphologische Aktivitäten geben. Da aber im Untersuchungsgebiet kaum Phasengleichheiten feststellbar sind, ist eine Interpretation der Ursachen schwierig. Die Reduktionen können bedingt sein durch:

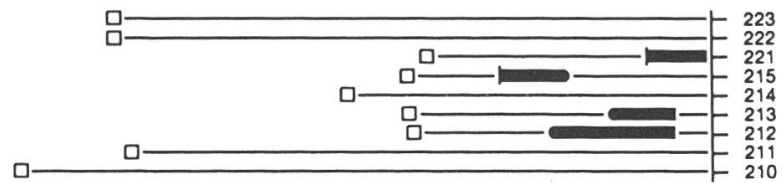
- populationsdynamische Faktoren. Die vielen und ausgeprägten Wachstumsreduktionen sind dann weniger ein Ausdruck der geomorphologischen Tätigkeit als vielmehr ein Zeichen des Konkurrenzdruckes auf einem Grenzstandort des Baumwachstums.
- kleinräumliche, weniger abrupte Untergrundbewegungen. Vorgänge im Untergrund könnten nur wenige Meter weit greifen und somit nur einzelne Bäume beeinträchtigen. Diese These konnte nicht überprüft werden.

Einzeljahre

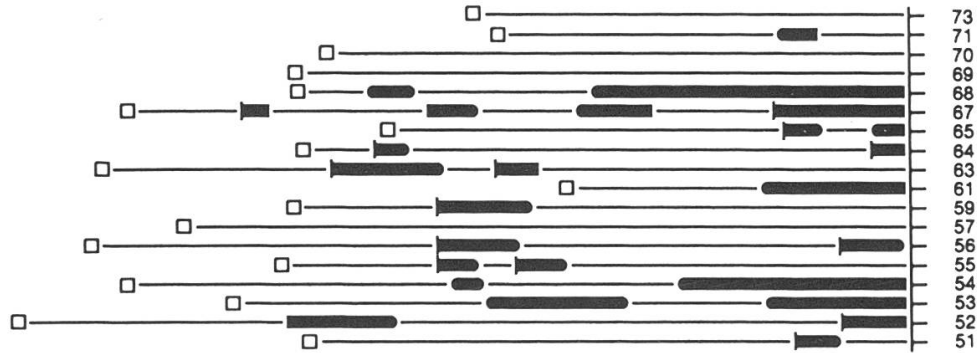
Einzelne schmale Jahrringe sind im Untersuchungsgebiet häufig. *Abbildung 10* zeigt das Wachstumsverhalten auf den drei Untersuchungsflächen im Jahre 1990.

Sind nur einzelne Jahrringe schmal ausgebildet, sind diese vorwiegend klimatisch bedingt (*Abbildung 11*). In der Höhenlage des Untersuchungsgebietes (ca. 900 m ü.M.) sind die sommerlichen Niederschlagsdefizite wachstumslimitierend. Bedingt durch die flachgründigen Böden im abschüssigen Hang sind die niederschlagsarmen Jahre 1921, 1974, 1976 und 1990 als ausgeprägte negative Jahrringbreite-Ereignisjahre erkennbar. Das Jahr 1990 ist dabei ein Beispiel für längere Perioden mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen: Obwohl keine extrem trockenen Perioden vorkamen, bewirkten die durchschnittlich 50% zu trockenen Monate bei praktisch allen Bäumen eine deutliche Zuwachsreduktion.

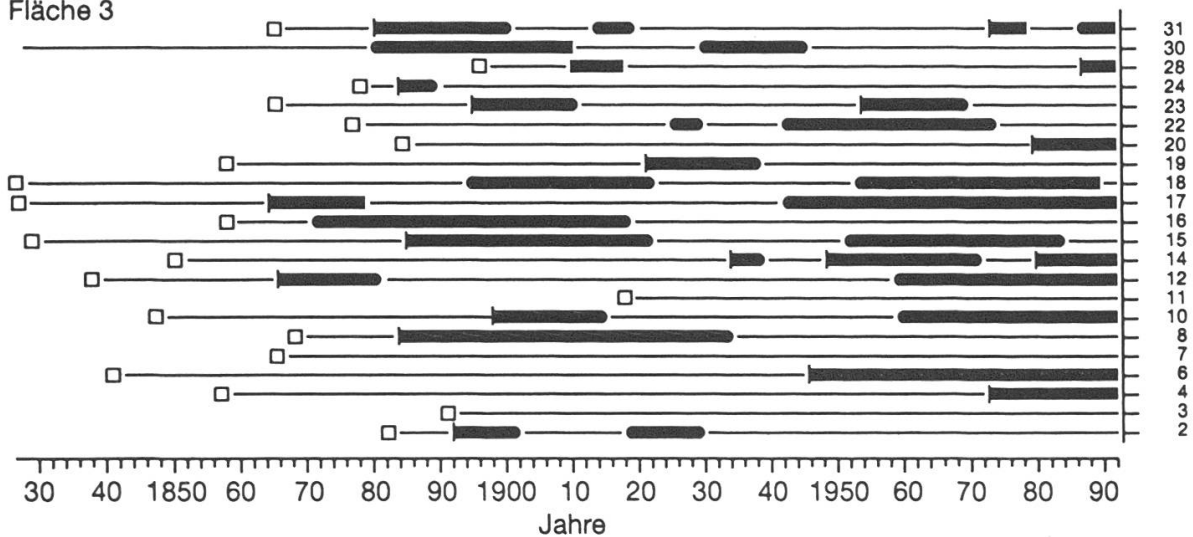
Fläche 1



Fläche 2



Fläche 3



- erster Jahrring auf der Probe
- Wachstumsreduktion auf beiden Bohrhälften im selben Jahr beginnend respektive endend
- ▬ Beginn bzw. Ende der Wachstumsreduktion nicht genau datierbar oder auf Bohrhälfte nicht identisch

Abbildung 9. Datierung der Wachstumsreduktionen auf den drei Untersuchungsflächen. Zum gleichen Zeitpunkt beginnende Reduktionen, die auf einen ganzflächig wirksamen Stressfaktor schliessen liessen, sind praktisch keine vorhanden. Eingetragen sind die in beiden Bohrhälften gleichzeitig oder höchstens drei Jahre verschoben beginnenden Reduktionen.

Druckholz

Aus verschiedenen Gründen konnte der *Beginn* der Druckholzbildung in den Bohrkernen aus den Untersuchungsflächen schlecht erfasst werden. Deshalb wurde das Reaktionsholz nach folgenden Kriterien aufgenommen:

- 1 einzelne Druckholzjahre
- 2 Jahre mit starker Druckholzbildung innerhalb von Druckholzzonen

1990

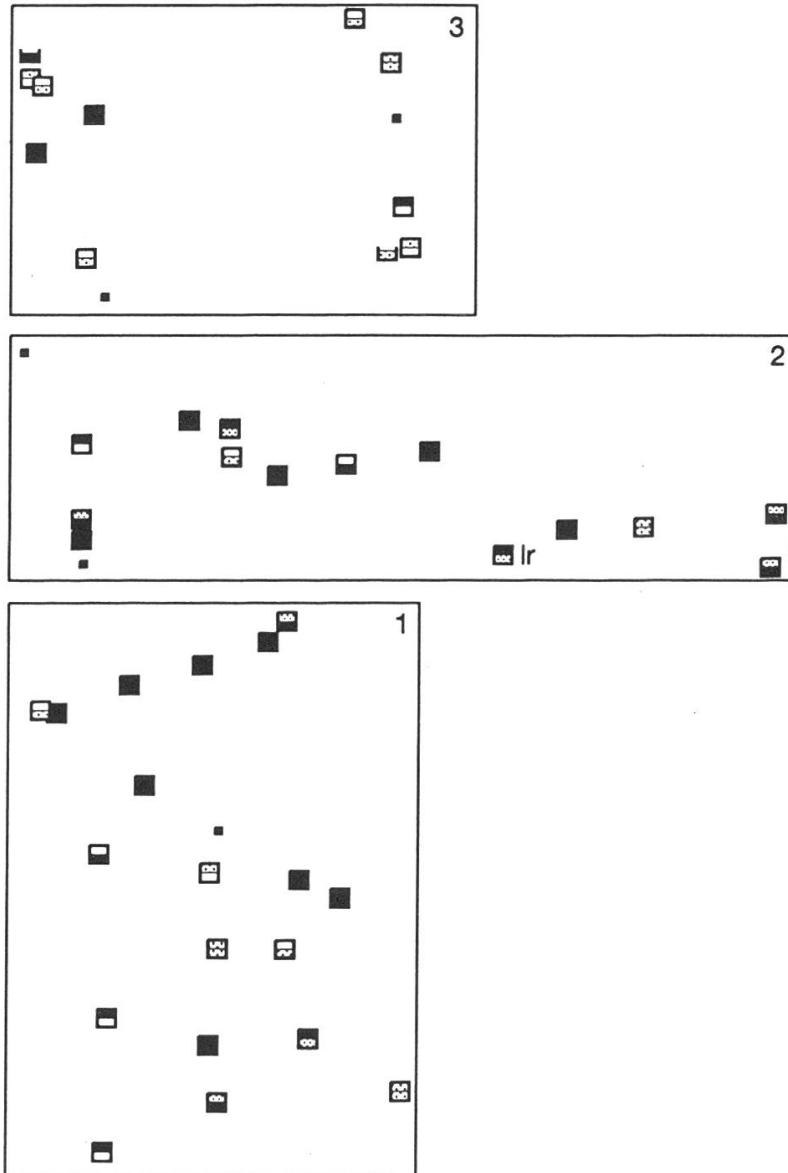


Abbildung 10. Ereignisjahr in Bäumen im Jahr 1990 in den drei Untersuchungsflächen. Fast alle Bäume in allen drei Flächen reagierten mit einem negativen Ereignisjahr. Dies ist vermutlich auf die Sommertrockenheit zurückzuführen.

- — kurzer Radius
- — langer Radius
- — kein Ereignis in beiden Radien
- — Wachstumserhöhung bzw. keine Wachstumsreduktion
- — Wachstumsreduktion <40%
- — Wachstumsreduktion >40%
- d Dichteschwankung
- rd traumatische Harzkanäle und Kallusgewebe
- lr kleiner Spätholzanteil

- Damit werden Ereignisse erfasst, die:
- den Baum nur schwach beeinflussten und nur zu *einem* erkennbaren Druckholzjahr führten,
 - einen bereits schräggestellten Baum erfassen.

Anzahl Bäume

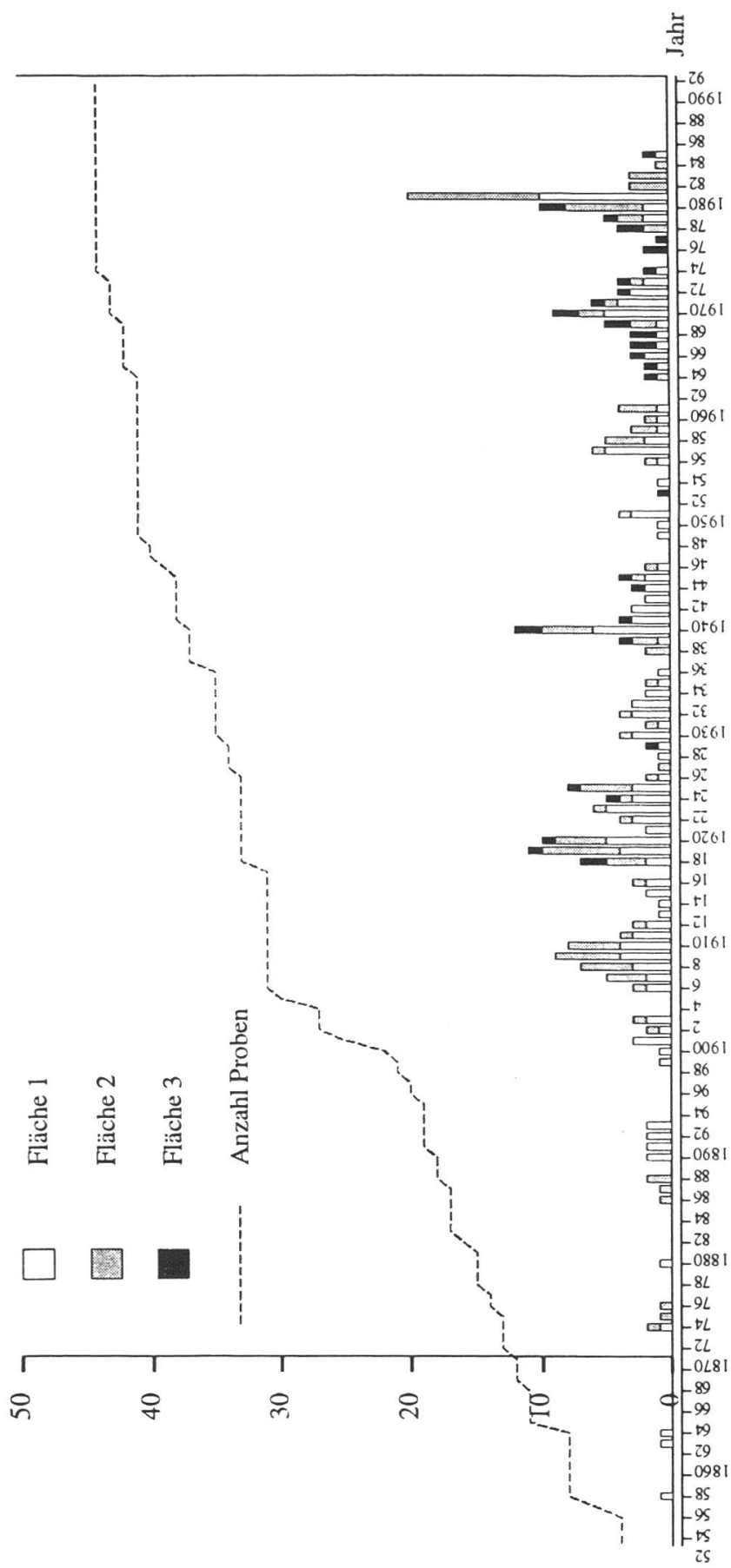


Abbildung 11. Summe aller Bäume aus den drei Rutschungsflächen mit einzelnen Druckholzjahren oder periodischen Druckholzphasen. Druckholz-Ereignisjahre häufen sich um die Jahrzehntenenden 1910, 1920, 1940, 1958, 1970, 1980.

Die im folgenden *Starke Druckholzjahre* genannten Daten zeigen eine ausgeprägte Häufigkeitsverteilung (*Abbildung 11*):

Es besteht eine deutliche Gleichläufigkeit der Häufigkeitsverteilungen von Fläche 1 und 2; bemerkenswert die Häufung von Ereignisjahren fast immer um die Jahrzehntenwenden, die Verteilung ist beinahe rhythmisch. Das Jahr 1981 zeigt die stärkste Häufung an starken Druckholzjahren.

Fläche 3 zeigt eine andere Verteilung. Vor allem das deutliche Jahr 1981 ist nicht verzeichnet. Die Fläche wird von heftigeren geomorphologischen Vorgängen beeinflusst, die anderen Kausalitäten unterliegen.

Beziehung zwischen Rutschgeschwindigkeit und Druckholzbildung (Abbildung 12)

Da die einzelnen Messungen von *Recordon* und *Pellissier* (1988) z. T. mehrere Jahre auseinanderliegen, mussten die Beträge der Rutschgeschwindigkeit

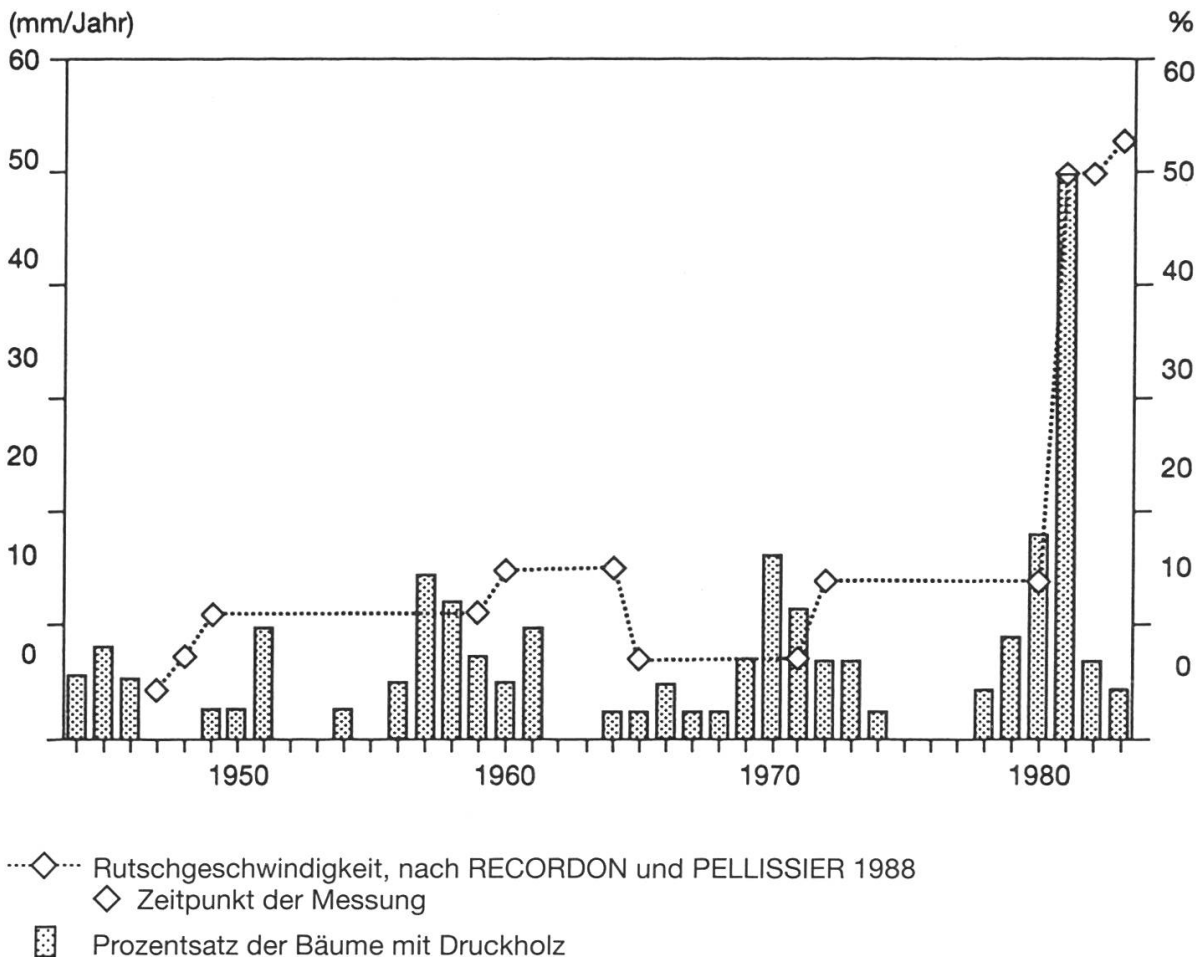


Abbildung 12. Vergleich der Druckholzbildung (Säulen) in den Untersuchungsflächen 1 und 2 mit der gemessenen Rutschgeschwindigkeit. Die Werte der Rutschgeschwindigkeiten zwischen den einzelnen Messungen (L) sind gemittelt. Sie basieren auf geodätischen Vermessungen. Nur gerade die Messung von 1981 wird durch dendrochronologische Befunde bestätigt.

keiten zwischen den einzelnen Daten gemittelt werden. Zeitgleich ist nur gerade der Anstieg der Rutschgeschwindigkeit und der Anzahl Druckholzjahre im Jahre 1981. Die Diskrepanz zwischen den geodätischen Messungen und den dendrochronologischen Befunden ist durch die nicht identischen Messpunkte und die unterschiedliche Aussage der Werte zu erklären. Mit Bäumen kann die Bewegung eines Hanges an jedem beliebigen Ort über Jahrzehnte retrospektiv rekonstruiert werden. Geodätische Messungen sind an Fixpunkte gebunden, die über Jahrzehnte immer wieder neu vermessen werden müssen.

Beziehung zwischen Witterung und Druckholzbildung

Niederschläge können geomorphologische Vorgänge auslösen. Wie *Abbildung 13* zeigt, ist im Untersuchungsgebiet aber kein eindeutiger Zusammenhang der Druckholzbildung mit der Summe der jährlichen Niederschlagsmenge feststellbar. Die Jahre mit starker Druckholzbildung zeichnen sich aus durch hohe Niederschlagssummen; dieselben bewirken aber nicht in jedem Fall eine erhöhte Druckholzbildung.

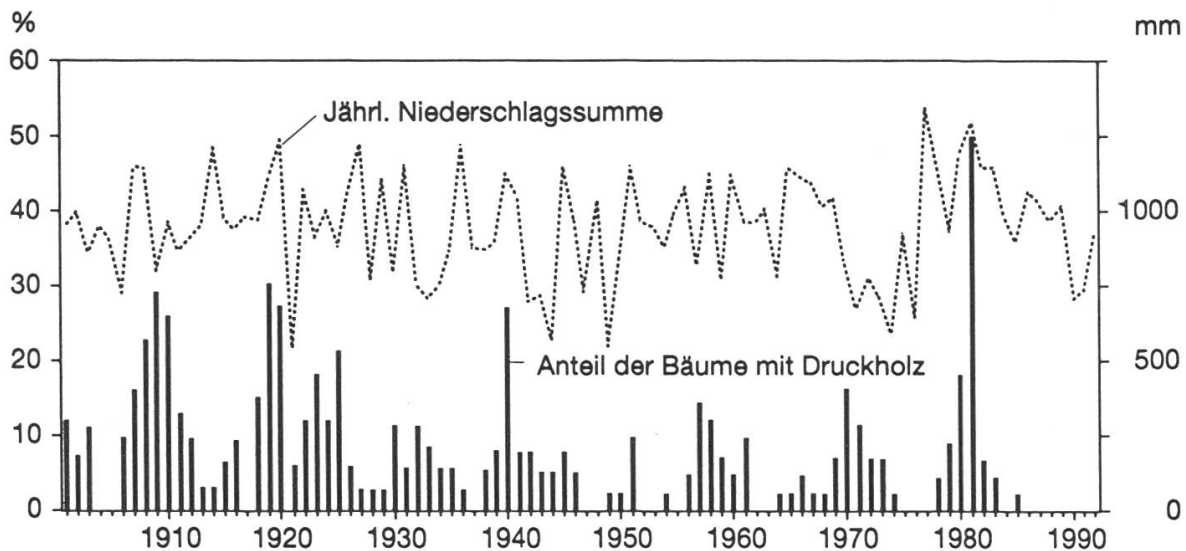


Abbildung 13. Vergleich der Druckholzbildung in den Untersuchungsflächen 1 und 2 mit den Jahresniederschlägen. Starke Druckholzbildung erfolgt bei hohen Niederschlagsmengen, hohe Jahresniederschläge bewirken aber nicht in jedem Fall einen Anstieg der Druckholzkurve. Die im Gebiet verzeichneten Starkniederschläge liessen sich ebenfalls nicht korrelieren. Die Niederschläge der hydrologischen Jahre (1. Oktober bis 30. September) sind auf die Station Fiesch gemittelt. Nach Daten der SMA.

Diskussion

Heftige geomorphologische Aktivitäten sind mit der Jahrringanalyse schnell und einfach rekonstruierbar; langsame Prozesse (Kriechen) dagegen sind im Untersuchungsgebiet dendrochronologisch schwer zu erfassen. Die Schwierigkeit besteht darin, die Merkmale des Baumes einer eindeutigen Ursache zuzuordnen. Generell wären Wachstumsreduktionen und Reaktionsholzbildung geeignete Parameter für eine Rekonstruktion der Aktivität; es ergaben sich aber folgende Probleme:

- Es konnte nicht bestimmt werden, ob die häufigen und ausgeprägten Wachstumsrückgänge auf Untergrundbewegungen oder populationsdynamische Faktoren zurückzuführen sind. Die Jahrringe in den reduzierten Phasen sind zudem häufig so schmal, dass Datierungen nur mit grossem Aufwand oder gar nicht möglich sind. Zudem ist eine leichte Druckholzbildung nicht eindeutig von einem breiten Spätholz zu unterscheiden. Wo Bäume standortbedingt ein reduziertes Wachstum aufweisen, sollte sich die Probenauswahl auf herrschende und mitherrschende Individuen beschränken.
- In Phasen mit einem grossen Anteil an wachstumsreduzierten Individuen sinkt auch der Anteil der Druckholzjahre, da bei starken Zuwachsrückgängen die Reaktionsholzbildung unterdrückt wird. Dasselbe gilt für ausgeprägte negative Jahrringbreite-Ereignisjahre. Dieser Effekt liesse sich minimieren, wenn schneller wachsende, d.h. freigestellte Individuen beprobt würden und zudem die Druckholzbildung quantitativ besser erfassbar wäre.
- In Bohrkernen sind einzelne Merkmale nicht immer eindeutig erkennbar. Die Entnahme mehrerer Bohrkern pro Baum (vgl. *Shroder* 1978) oder ganzer Stammscheiben (*Denneler* 1992) ist nicht immer möglich, verbessert aber die Datierung und die Erfassung der Parameter enorm.

Zusammenfassung

Die geomorphologische Kartierung des Hanggebietes «Brunjini» zeigt die unterschiedlichen geomorphologischen Prozessbereiche.

Anhand von Beispielen wird die dendrogeomorphologische Arbeitsweise dokumentiert. Die Methodik erweist sich als vielseitig, und sie erlaubt mit einfachen Mitteln eine Datierung von geomorphologischen Vorgängen schnellerer Art. Das Datum des Ereignisses kann in einzelnen Fällen auf den Monat genau bestimmt oder mindestens innerhalb weniger Jahre eingegrenzt werden.

Auf Probeflächen in und ausserhalb des rutschaktiven Gebietes wurde die Reaktion der Bäume auf langsamere Untergrundbewegungen untersucht. Die Resultate zeigen:

- Die klimatischen Einflüsse sind unverkennbar: starke Trockenjahre zeichnen sich als ausgeprägte negative Jahrringbreite-Ereignisjahre ab. Es wurden mehrheitlich Proben von Fichten ausgewertet, die als Flachwurzler vor allem auf Sommer-trockenheit empfindlich sind.
- Im Untersuchungsgebiet ist die Druckholzbildung das einzige Jahrringmerkmal, das die langsamen Untergrundbewegungen widerspiegeln könnte. Die abrupten Wachstumsreduktionen sind vorwiegend Zeichen des Konkurrenzdruckes, die anderen Jahrringmerkmale sind fast ausschliesslich klimabedingt.
- Die Druckholzsegmente sind in den Bohrkernen schlecht zu erkennen. Die Verluste an interpretierbaren Daten werden durch die häufigen Phasen mit ausgeprägten Zuwachsreduktionen noch grösser.
- Das Druckholz wurde quantitativ erfasst, d. h. die Jahre mit starker oder isolierter Druckholzbildung wurden ermittelt. Die Häufigkeitsverteilung dieser Druckholzjahre zeigt ein rhythmisches Verteilungsmuster mit grossen Häufigkeiten um die Jahrzehntenwenden. Das ausgeprägteste Jahr 1981 ist durch grosse Beträge der Rutschbewegungen nachgewiesen. Ob und wie gut diese Daten mit den Rutschbewegungen korrelierbar sind, muss Gegenstand weiterer Untersuchungen bleiben.
- Es wurde kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den starken Druckholzjahren und den Jahresniederschlägen festgestellt. Jahre mit ausgeprägter Druckholzbildung sind zwar durch hohe Jahresniederschläge ausgezeichnet, hohe Niederschlagswerte ihrerseits bedingen nicht zwangsläufig starke Druckholzjahre.

Résumé

Datation et détection de glissements de terrain à l'aide des cernes annuels

Une étude dendrogéomorphologique réalisée dans la région instable de «Brunjini», en Haut-Valais

La carte géomorphologique des pentes de «Brunjini» montre les différents secteurs géomorphologiquement actifs.

Le déroulement du travail est expliqué à l'aide d'exemples. La méthode adoptée étant multifonctionnelle, elle facilite largement la datation des processus rapides. Dans certains cas, la date de l'événement peut être déterminée au mois près ou tout au moins dans une fourchette de peu d'années.

La réaction des arbres à des mouvements souterrains lents a été examinée à l'intérieur et à l'extérieur des secteurs instables soumis à cette recherche. En voici les résultats:

- Les influences climatiques sont évidentes: les années de sécheresse extrême se reflètent dans la largeur des cernes, qui est inférieure à celle des autres années. La majorité des échantillons a été prélevée sur des épicéas, une essence à racines traçantes connue pour sa vulnérabilité sous l'effet des sécheresses estivales.
- Dans la région analysée, la formation de bois de compression (ou veines rouges) est le seul indice susceptible de révéler, au travers des cernes, certains mouvements souterrains lents. Les forts ralentissements de croissance illustrent le plus souvent une pression concurrentielle; quant aux autres caractéristiques décelées sur les cernes, elles sont presque toujours le résultat d'influences climatiques.

- Les segments de bois de compression ne sont pas facilement détectables dans les carottes. Le nombre de données ainsi perdues augmente encore à la mesure de la fréquence des phases de ralentissement de croissance.
- L'analyse quantitative des veines rouges met en lumière les années à formation de bois de compression. La répartition graphique de ces «années à compression» se traduit par un schéma rythmique avec une accumulation des fréquences au tournant des décennies. Pour 1981, l'année la plus significative, une grande quantité de glissements a été constatée. Des études supplémentaires seront nécessaires afin de déterminer si et comment il est possible d'établir une corrélation entre les données indiquant la mise en mouvement de ces glissements.

Traduction: *Brigitte Corboz*

Literatur

- Alestalo, J.* (1971): Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennia 105*, Societas Geographica Fennia, Helsinki 1971. S. 1–140.
- Bégin, C.; Filion, L.* (1988): Age of landslides along the Grande Rivière de la Baleine estuary, eastern coast of Hudson Bay, Quebec (Canada). *Boreas, 17*, Oslo. p. 289–299.
- Denneler, B.* (1992): Hangkriechen. Eine dendrogeomorphologische Studie in Gams, St. Galler Rheintal. Diplomarbeit am Geogr. Inst. der Universität Zürich. 95 S.
- Fritts, H. C.* (1976): *Tree Rings and Climate*. Academic Press, San Francisco. 567 p.
- Higashi, S.; Fujiwara, K.; Araya, T.; Murai, N.* (1971): Dendrochronological studies on the transition of the creeping land. *Res. Bull. Coll. Exp. For. College of Agriculture, Hokkaido Univ. 28*: 339–420.
- Parizek, E. J.; Woodruff, J. F.* (1957): Mass wasting and the deformation of trees. *Am. J. Sci. 255*: 63–70.
- Recordon, E.; Pellissier, P.* (1988): Aménagement hydroélectrique de Mörel – Glissement de la conduite forcée. In: Publication No 132 des laboratoires des sols et des roches. Extrait de: 5e Symposium International sur les glissements de terrain, Lausanne, 10–15 juillet 1988. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- Schweingruber, F. H.; Eckstein, D.; Serre-Bachet, F.; Bräker, O. U.* (1990): Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia 8*: 9–38.
- Sharpe, C. F.* (1938): *Landslides and Related Phenomena*. Columbia Univ. Press, New York. 136 S.
- Shroder J. F.* (1978): Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. In: *Quaternary Research 9*, 168–185. Department of Geography and Geology, University of Nebraska at Omaha.
- Shroder, J. F.* (1980): Dendrogeomorphology: review and new techniques of tree-ring dating. *Progr. Phys. Geog. 4*: 161–188.
- Stokes, M. A.; Smiley, T. L.* (1968): *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago, London. 73 S.

Gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.

Verfasser:

Daniel Schmid, dipl. Geogr., Geographisches Institut der Universität Zürich, CH-8057 Zürich.
Prof. Dr. Fritz H. Schweingruber, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.