

Auswirkungen des Waldbrandes vom 10. bis 14. Mai 1965 am Monte San Giorgio, Tessin, Schweiz : eine dendroökologische Studie

Autor(en): **Berli, Stefan / Schweingruber, Fritz H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **143 (1992)**

Heft 12

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-765866>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Auswirkungen des Waldbrandes vom 10. bis 14. Mai 1965 am Monte San Giorgio, Tessin, Schweiz: eine dendroökologische Studie

Von *Stefan Berli* und *Fritz H. Schweingruber*

FDK 181.43: 43: (494.5)

Einleitung, Ziele

Seit Beginn der 70er Jahre wird in den Trockengebieten in den USA intensive Waldbrandforschung mit dendrochronologischen Methoden betrieben (*White*, 1972). Die Studien ergaben, dass Waldfeuer einen wesentlichen Faktor in der Ökologie dieser Wälder darstellen. Infolge dieser Erkenntnis wurden entsprechende Studien in den borealen Wäldern Europas (*Zackrisson*, 1981) und Kanadas (*Payette*, 1989) durchgeführt. Sowohl im semiariden (*Swetnam*, 1989) als auch im borealen Klima (*Payette*, 1989) besteht eine Beziehung zwischen Feuerfrequenz und Trockenperioden. Obwohl Feuer auch die Laubwälder des Mittelmeerraumes und des Alpensüdfusses häufig beeinträchtigen, entstanden bis anhin keine entsprechenden Untersuchungen im Alpenraum.

Ziel dieser Studie ist es, im südalpinen Laubwaldgebiet artspezifische, qualitative und quantitative Reaktionen und Interaktionen von Gehölzen nach einem dendrochronologisch datierbaren Brand in einer vegetationskundlich begrenzten, ziemlich einheitlichen Fläche zu untersuchen. Die zeitliche Verschiebung des Baumdeckungsgrads sowie die Häufigkeit einzelner Arten sollen dokumentiert und interpretiert werden. Im weiteren werden mikroskopische und makroskopische holzanatomische Veränderungen aufgrund der Hitzeeinwirkung beschrieben.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt östlich der Gipfelregion des Monte San Giorgio auf 820 bis 1020 m ü. M. Die ungefähr 7 ha umfassende Fläche befindet sich in der Laubwaldstufe des Sottoceneri (Südtessin).

Die Vegetation in der Baum-, Strauch- und Krautschicht entspricht einem *Fraxino orni-Ostryetum* (Ellenberg-Klötzli Nr. 37) (*Abbildung 1*).



Abbildung 1. Ansicht der Untersuchungsfläche im Winter 1989/90. In der Baumschicht herrscht die Flaumeiche (*Quercus pubescens*), in der Krautschicht das Strand-Pfeifengras (*Molinia arundinacea*) vor. Die Pflanzengesellschaft gehört der Assoziation *Fraxino orni-Ostryetum* an.

Material und Methoden

An über 100 Proben verschiedener Baumarten wurden verletzte und unverletzte Kernwüchse und Stockausschläge von Bäumen und Sträuchern verschiedener Altersklassen entnommen (*Tabelle 1*).

Als Probenmaterial dienten Stammscheiben, Astscheiben und Bohrkerne mit und ohne offensichtliche Brandverletzungen. Sie sind erkennbar an den typischen, dreieckigen Verletzungen an Stammbasen und den überwallenden Wunden am Stamm und an den Astunterseiten (*Abbildungen 2, 3*).

Table 1. Anzahl und Art der Proben. Insgesamt wurden 105 Proben von 16 Laubholzarten untersucht. Davon sind 51 verletzt und 54 unverletzt.

Art	Anzahl Kernwüchse		Anzahl Stockausschläge		Total
	verletzt/unverletzt		verletzt/unverletzt		
Flaumeiche (<i>Quercus pubescens</i> Willd.)	18	6	5	3	32
Winterlinde (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	5	1	3	5	14
Gemeiner Goldregen (<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.)	1	7	–	3	11
Hopfenbuche (<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.)	3	–	4	3	10
Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	6	–	1	1	8
Hängebirke (<i>Betula pendula</i> Roth)	1	6	–	–	7
Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	–	–	–	6	6
Mehlbeere (<i>Sorbus aria</i> [L.] Crantz)	1	–	–	3	4
Gemeine Esche (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	2	–	–	1	3
Stechpalme (<i>Ilex aquifolium</i> L.)	–	–	–	2	2
Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	1	–	–	1	2
Schwarzdorn (<i>Prunus spinosa</i> L.)	–	2	–	–	2
Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	–	–	–	1	1
Weide (<i>Salix spec.</i> L.)	–	–	–	1	1
Waldrebe (<i>Clematis vitalba</i> L.)	–	1	–	–	1
Eingrifflicher Weissdorn (<i>Crataegus monogynea</i> Jacq.)	–	1	–	–	1
Total	38	24	13	30	105

Zur Datierung des Branddatums (Mai 1965) eignen sich Astscheiben ebenso gut wie Stammscheiben; sie enthalten alle wünschbaren Informationen. Stammscheiben sind nur in begrenztem Umfang verfügbar, da bei der Entnahme der Baum gefällt werden muss. Bei Analysen von Bohrkernen ist infolge auskeilender Jahrringe mit Datierungsproblemen zu rechnen.



Abbildung 2. Typisch dreieckige (deltoide) Brandverletzung an der Mehlbeere (*Sorbus aria*). Regenerationsverhalten eines Baumes (Mehlbeere) nach einem Brand. Die dreieckige (deltoide) Wunde wird überwält, und aus dem Stock treiben Langtriebe.

Nachdem die Jahrringe und deren Strukturen durch Schleifen der Proben mit Sandpapier abnehmender Körnung sichtbar gemacht worden waren, konnten die Datierungen vorgenommen werden. Durch Rückwärtszählen der Jahrringe von der Waldkante (letzter angelegter Jahrring) her, konnte der Zeitpunkt des zu untersuchenden Ereignisses ermittelt werden. Da alle Gehölze unter durchschnittlichen Lebensbedingungen in der Lage sind, verletztes Gewebe abzuschotten und nachher zu überwält, werden auch in den Überwältungen Jahrringe gebildet (Abbildung 7). Somit ist das Branddatum auch an der verletzten Stelle gespeichert.

Um von bloßem Auge nicht mehr erkennbare Strukturen sichtbar zu machen, wurden mit einem Mikrotom Dünnschnitte angefertigt und unter dem Mikroskop mit geeigneter Vergrößerung analysiert und fotografiert.



Abbildung 3. Typisch rinnenförmige Brandverletzung an der Astunterseite einer Winterlinde (*Tilia cordata*) in 4,5 m Höhe.

Zur flächenmässigen Erfassung der Verwaldung (durch fehlende Bewirtschaftung) und der Auflichtung durch den Grossbrand von 1965 wurden Luftbilder ausgewertet, die seit 1934 regelmässig aufgenommen worden waren (Abbildung 4 a-d). Da die Fotos zu verschiedenen Jahreszeiten, aus verschiedenen Anflugwinkeln und in unterschiedlichen Flughöhen erstellt worden waren, konnten die Grenzen zwischen Wald und offenem Feld abgeschätzt und deren Flächen erfasst und berechnet werden. Die Prozentangaben (Abbildung 5) sind somit in einem gewissen Mass subjektiv. Als Vergleichsmass galt der offenste Zustand von 1934 als 100%.

Die Flammenhöhe konnte anhand der Feuerverletzungen an Stämmen und Ästen ermittelt werden. Als Messparameter erwies sich die Höhe der sichtbaren Brandverletzungen als zweckmässig. Zur Erfassung der Feuerrichtung diente die geografische Ausrichtung der Verletzungen an den Proben.

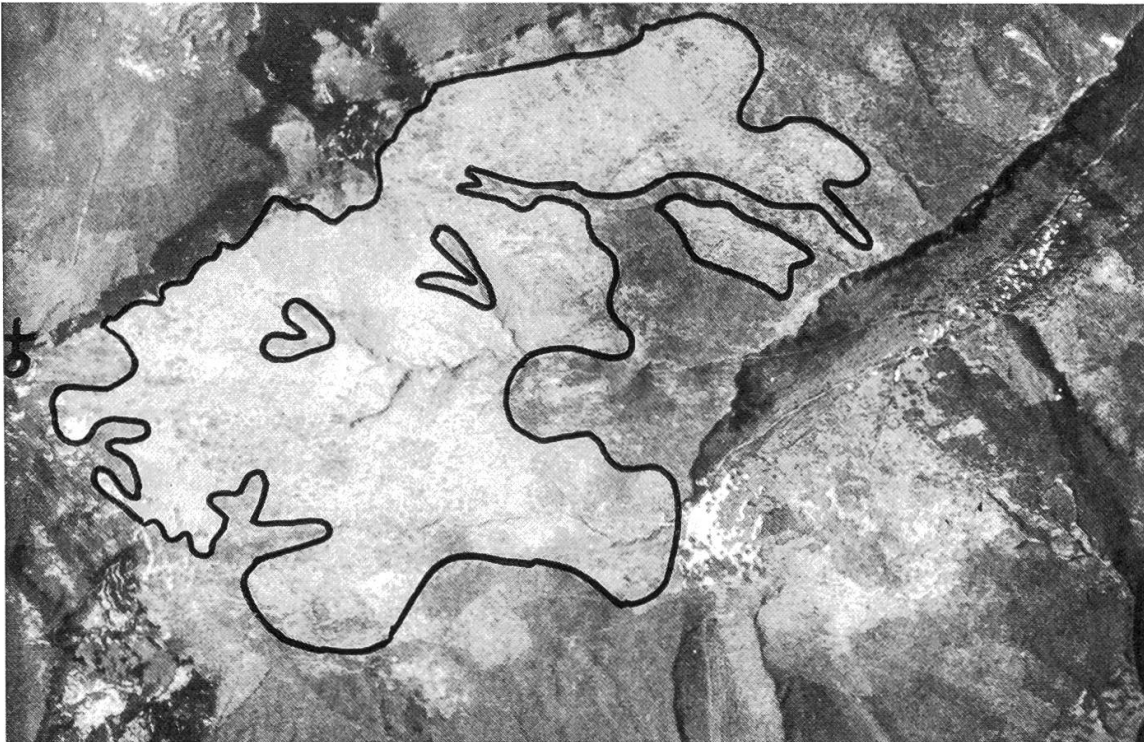
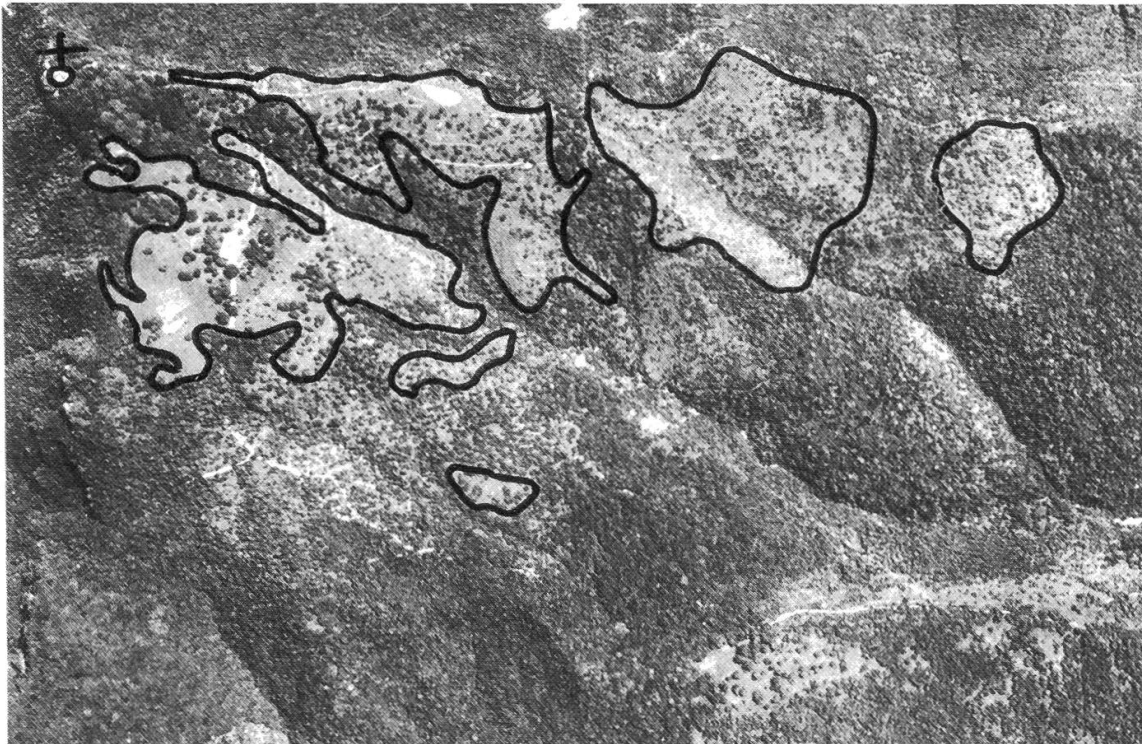
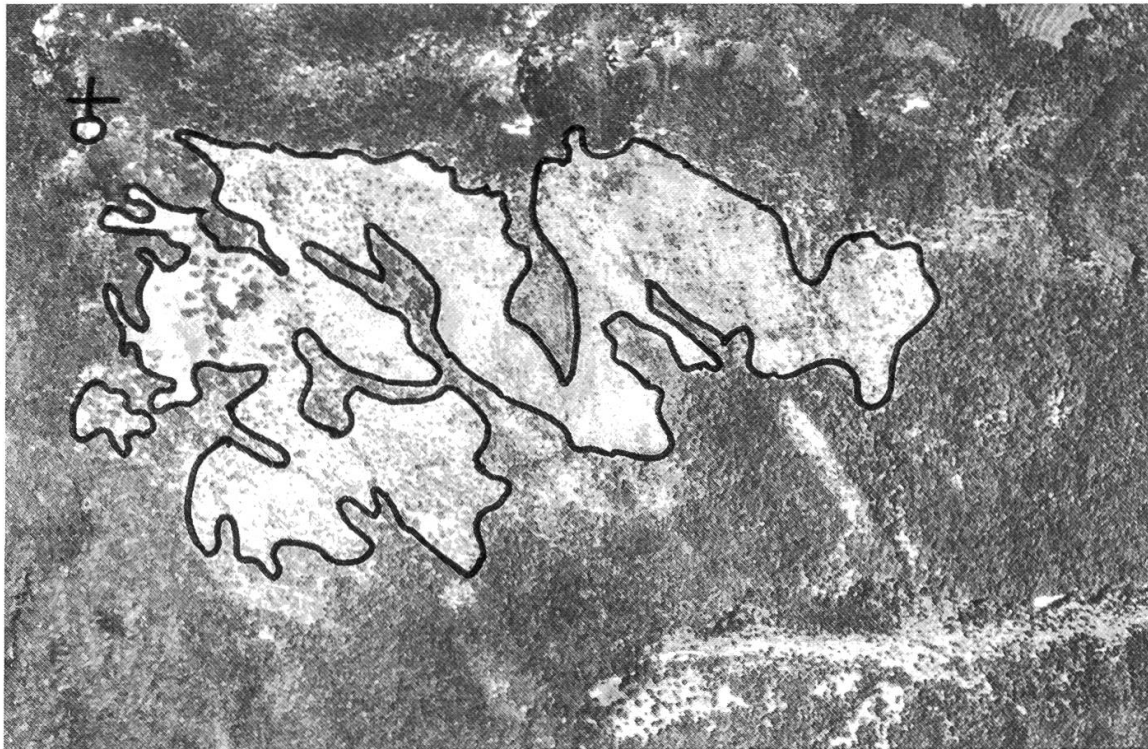


Abbildung 4a–d. Dynamik der Wald-Wiesland-Verteilung am Monte San Giorgio seit 1934. Rekonstruktion anhand von Luftbildern, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 18. Juni 1992.

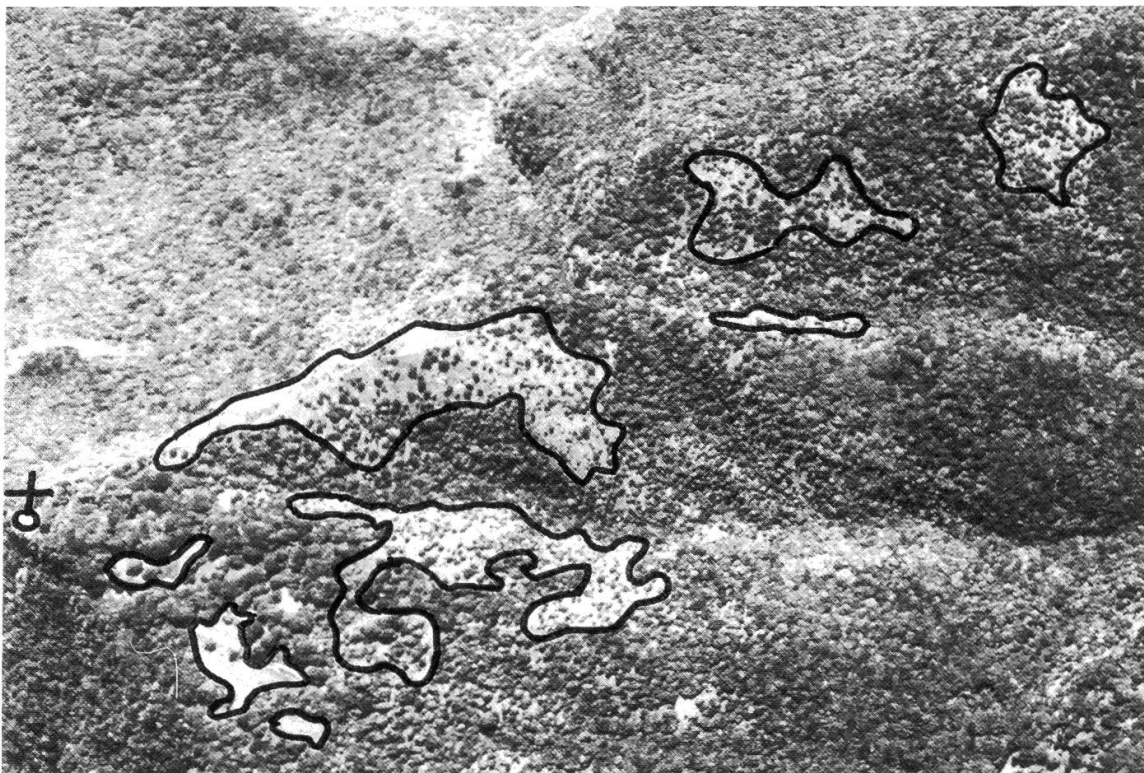
4a. 1934: 100% offene Fläche. Der Waldanteil ist infolge intensiver Beweidung gering. Der prozentuale Anteil der Weidefläche wird in bezug zu den folgenden Jahren als 100% angenommen.



4b. 1958: Der Anteil der Weidefläche ist wegen der extensiveren Bewirtschaftungsart stark zurückgegangen. Die Fläche ist jetzt zur Hälfte bewaldet.



4c. 1967: 1965 zerstörte ein Brand einen grossen Teil des Waldes. Die Fläche ist nur noch zu einem Viertel bewaldet.



4d. 1989: Nach dem Brand von 1965 setzte wegen der nun fehlenden Bewirtschaftung ein rascher Wiederbewaldungsprozess ein. In den 22 Jahren (ab 1967) ist die Weidefläche um mehr als die Hälfte zurückgegangen. Sie nimmt 1989 nur noch 20% des Areal ein. (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 4. Juli 1990.)

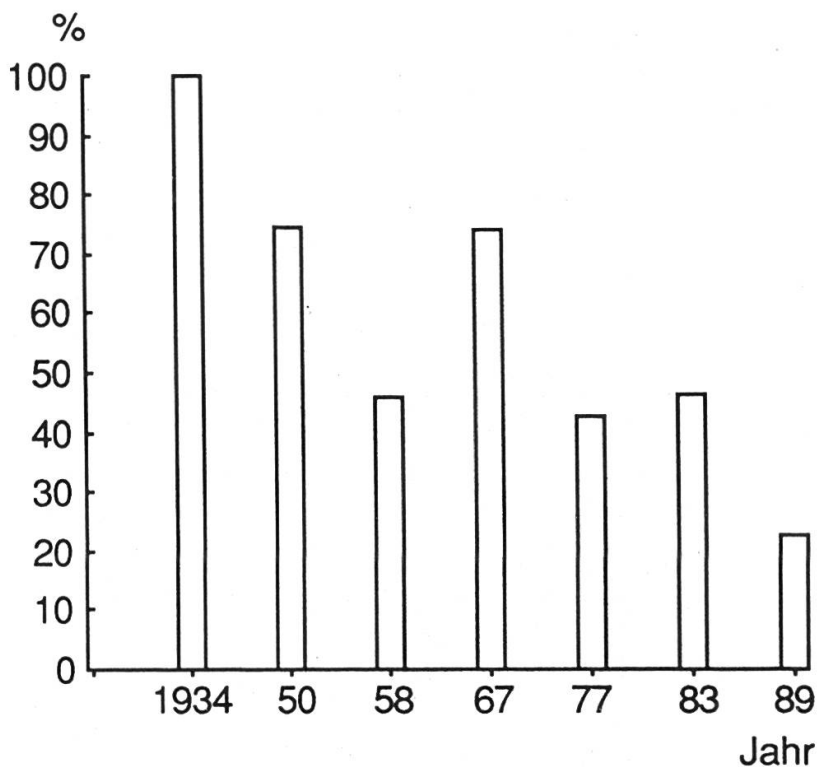


Abbildung 5. Prozentuale Anteile der offenen, nicht bewaldeten Fläche in der Zeit von 1934 bis 1989. Die Anteile wurden anhand von Luftbildern ermittelt. Weitere Erläuterungen im Text.

Resultate

Feuerintensität

13 Bäume mit gut sichtbaren Feuerverletzungen (Abbildungen 2, 3) wiesen Brandschäden in 4 bis 5 m Höhe auf. Dies entspricht ungefähr der Flammenhöhe (4 bis 5 m). Die Feuerfront überstreicht ein Gebiet mit unterschiedlicher Intensität, da die Bestandesdichte, das Vorhandensein von brennbarem Material, die Bodenfeuchtigkeit und die topografisch bedingten Unterschiede in der Windgeschwindigkeit kleinräumig stark divergieren können (Bovio, 1988). Dennoch lässt sich anhand der vertikalen Ausdehnung der Brandwunden sagen, dass es sich um ein intensives Feuer mit grosser Hitzeentwicklung gehandelt hat. In den Brandrapporten der Kreisforstämter des Kantons Tessin lässt sich ersehen, dass dann die grössten Schäden auftreten, wenn es sich um Oberflächen- und Kronenfeuer handelt und wenn mehr als 50% des Bestandes geschädigt werden, was beim vorliegenden Brand der Fall war.

Verwaldung und Freistellung nach dem Brand im Untersuchungsgebiet von 1934 bis 1989

Der Brand vom Mai 1965 zerstörte einen grossen Teil des Waldes. Nach diesem Ereignis war das Gebiet nur noch zu einem Viertel bewaldet. Darauf

verwaldete das Gebiet beschleunigt, so dass 1989 noch $\pm 20\%$ der Fläche von 1934 offen waren (*Abbildungen 4 a–d, 5*). Die oberen Hangteile unterhalb des Grates blieben weitgehend offen, während sich die unteren Hangteile dichter mit Baum- und Straucharten bestockten.

Feuerrichtung

An allen von aussen sichtbar verwundeten Bäumen ($n = 56$) befanden sich die Verletzungen an der Hangoberseite. In der Regel sammelt sich brennbares Material in Hanglagen oberseits der Stämme an, was dazu führt, dass sich die grösste Hitze dort entwickelt, wo die Flammen am meisten Nahrung finden. Zusätzlich unterstützt der Verwirbelungseffekt der Flammen an der der Feuerfront entgegengesetzten Seite der Stämme diesen Vorgang, was vermuten lässt, dass die Feuerfront hangaufwärts vorgedrungen war (*Tunstall et al.*, 1976). Im vorliegenden Fall breitete sich das Feuer jedoch hangabwärts von Nordost nach Südwest aus, wie aus den Daten der Diplomarbeit von *Bettelini* (1983) ersichtlich ist. Dieses paradoxe Brandverhalten ist nicht erklärbar, zumal keine meteorologischen Aufzeichnungen über Windrichtung und -stärke vorliegen.

Branddatum

Der Brand brach gemäss Forstbericht am 10. Mai 1965 aus und konnte am 14. Mai 1965 unter Kontrolle gebracht werden (*Bettelini*, 1983). An mikroskopischen Querschnitten lässt sich das Brandjahr an der abrupten (radialen) Wachstumsreduktion und der unregelmässig orientierten Anordnung der Frühholzzellen (Leitgefässe) erkennen (*Abbildung 6*). Auch die Bildung phenolischer Einschlüsse lässt auf das Ereignis «Feuer» schliessen. Die im Frühjahr bereits voll ausgebildeten Frühholzzellen belegen, dass der Baum Mitte Mai schon physiologisch aktiv war. In der folgenden Vegetationsperiode bildeten sich ausnehmend viele grosse Gefässe und wenig Fasern. Die typische Struktur des Eichenholzes mit flammenartiger Verteilung der Spätholzporen ist durch die Hitzeeinwirkung gestört worden. Erst der Jahrring des folgenden Jahres war wieder normal gewachsen. Die ersten Knospen hatten vermutlich schon ausgetrieben. Der Brand traf die Bäume in einem sehr empfindlichen Entwicklungsstadium.

Reaktionen auf Verletzungen

Holzpflanzen schotten ihr gesundes Gewebe durch Kompartimentalisierung vom verletzten ab, um sekundäre Infektionen zu vermeiden. Da ver-

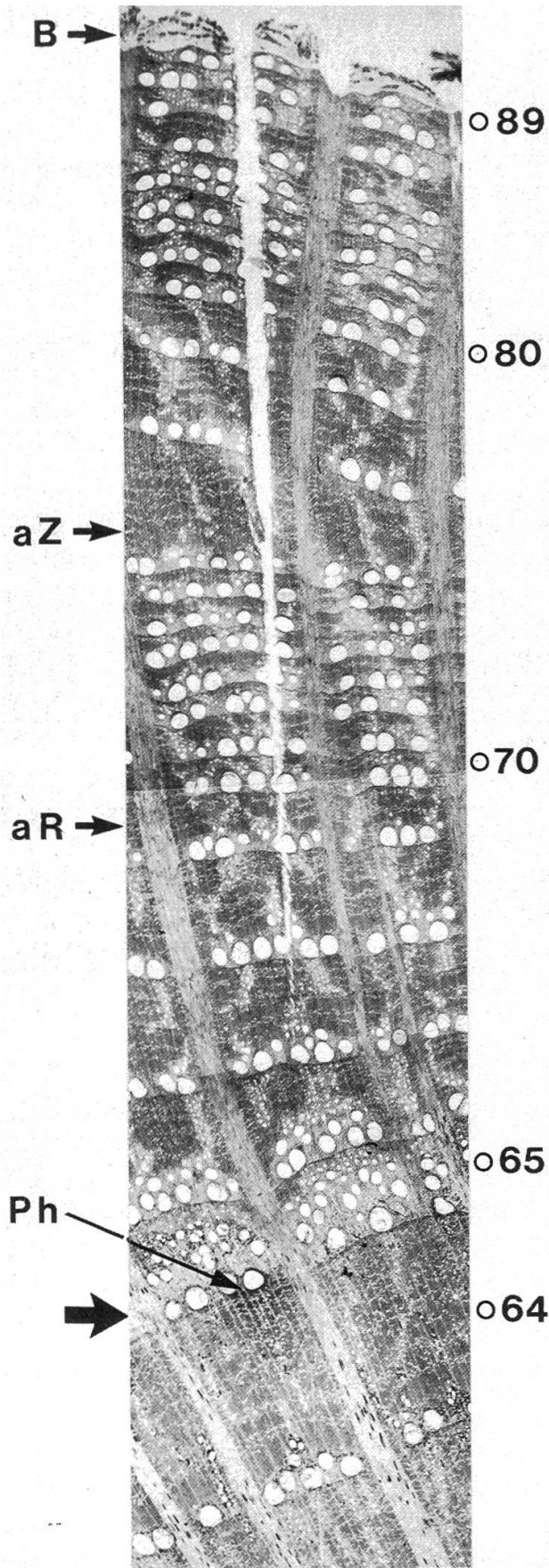


Abbildung 6a. Querschnitt eines Flaumeichenstammes, etwa 10fach vergrößert. Der Baum befand sich zur Zeit des Brandes in physiologisch aktivem Zustand (dicker Pfeil). 1965 erfolgte eine abrupte Wachstumsreduktion, die bis 1969 andauerte. In den Jahren 1970 bis 1976 erfolgte eine nochmalige, verstärkte abrupte Wachstumsreduktion. 1977 erfuhr der Baum eine abrupte Wachstumszunahme. B = Borke, Ph = phenolische Einschlüsse, aR = abrupte Wachstumsreduktion, aZ = abrupte Wachstumszunahme. Die Jahreszahlen befinden sich rechts der Abbildung.

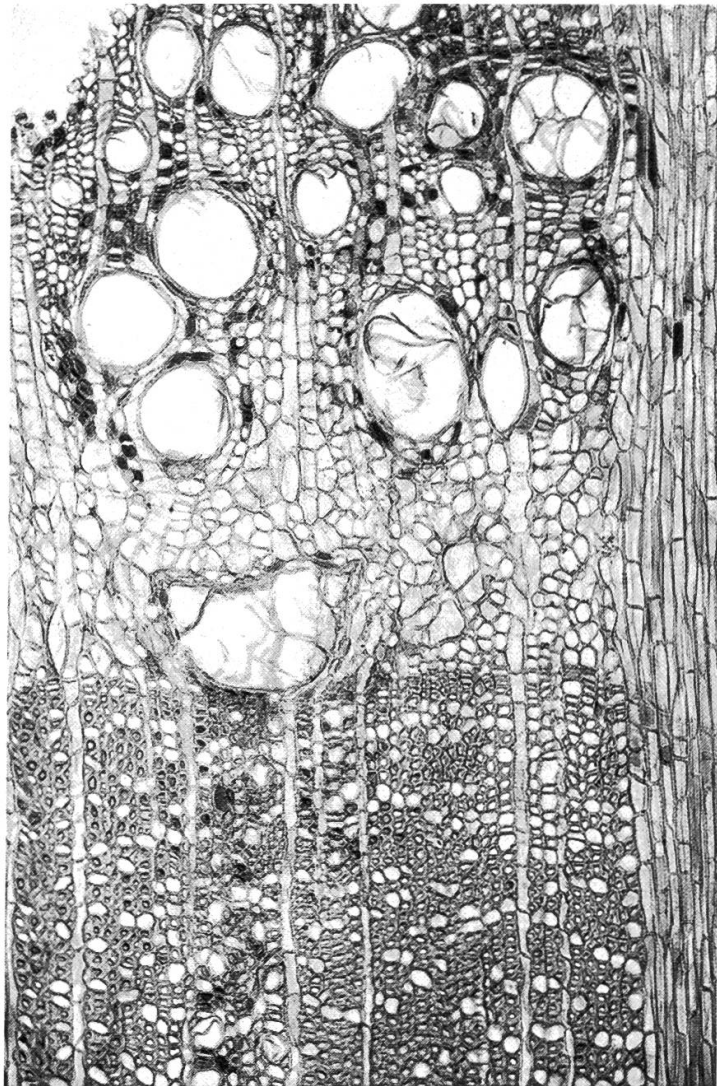


Abbildung 6b. Ausschnitt aus *Abbildung 6a*, 40fach vergrößert. Im Frühholzbereich weisen die meisten Zellen Anomalien auf: Die Grundgewebezellen haben unregelmäßige Formen (Kallusgewebe), die einreihigen Holzstrahlen sind anfänglich kallusartig. Ein erstes in Differenzierung begriffenes Frühholzgefäß konnte sich nicht mehr voll entwickeln (halbmondförmige Zelle) und andere im Initialstadium wurden zu Kallusgewebe. Die Gefäße sind auffallend stark verthyllt. Einzig der breite Holzstrahl (rechts im Bild) wurde von der Hitze nicht beeinträchtigt.

letztes Gewebe bald von holzabbauenden Organismen befallen wird, synthetisieren die lebenden Parenchymzellen und die Zellen des Kambiums antimikrobielle Substanzen (phenolische Verbindungen). Diese werden durch mobilisierte Speicherenergie zum Verletzungsort transportiert und in die Zellwände der angrenzenden, gesunden Zellen eingelagert. Diese «Imprägnierung» gegen Mikroben, die oft auch makroskopisch als dunkle Verfärbung sichtbar ist, bildet definierbare Zonen: chemische Barrieren. *Shigo* (1986) unterscheidet vier verschiedene Barrieren:

Wand 1 verhindert die vertikale Ausbreitung von Pathogenen.

Wand 2 verhindert die radiale (zum Kern) Ausbreitung von Pathogenen.

Wand 3 verhindert die laterale, sektorielle Ausbreitung von Pathogenen.

Wand 4, die Barriere-Zone, die vom Kambium gebildet wird, schützt das gesunde, nach der Verletzung überwallende Holz vor Infektionen (*Abbildung 7*).

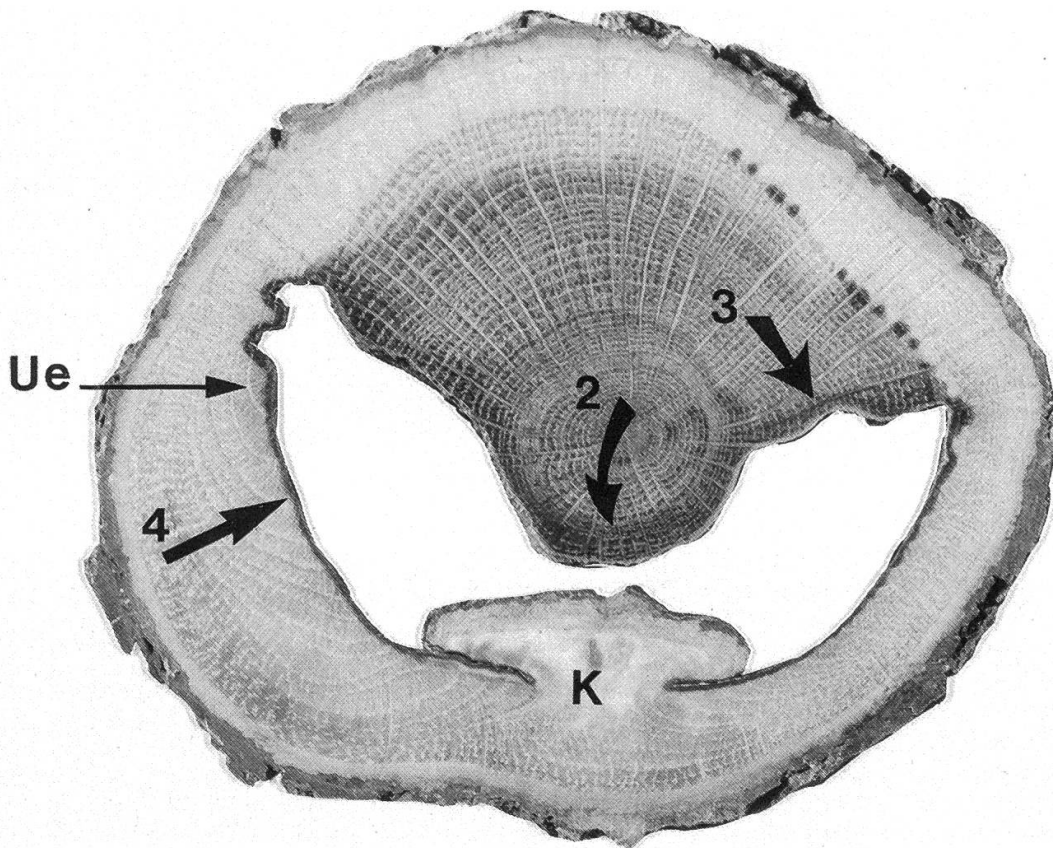


Abbildung 7. Bildung verschiedener Barrieren, Überwallungen und eines Kallusgewebes am Beispiel der Stammscheibe einer Flaumeiche (*Quercus pubescens*). 2: Wand 2. Diese Barriere verhindert die radiale (zum Kern) Ausbreitung von Pathogenen. 3: Wand 3. Diese Barriere verhindert die laterale, sektorielle Ausbreitung von Pathogenen. 4: Wand 4. Diese Barriere-Zone wird vom Kambium gebildet und schützt das gesunde, nach der Verletzung sich bildende Holz (Überwallung) vor Infektionen. Ue = Überwallung, K = Kallusgewebe. Weitere Erläuterungen im Text.

Brandresistenz, Regenerationsfähigkeit und Altersverteilung einiger Arten

Die Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) ist die häufigste Art im Bestand. Mit ihrer dicken Borke überlebte sie den Brand in ihren oberirdischen Teilen (Stamm, Äste) und war fähig, vegetativ im Wurzelstock wie auch generativ als Same zu überdauern. Stockausschläge und Kernwüchse sind häufig zu finden. Ihre Altersverteilung entspricht weitgehend derjenigen des ganzen Bestandes (Abbildung 8).

Die Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) wie die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.), die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia* Scop.), die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) überlebten den Brand oberirdisch und im Wurzelstock. Diese Arten sind recht zahlreich im Flaumeichen-Bestand vertreten.

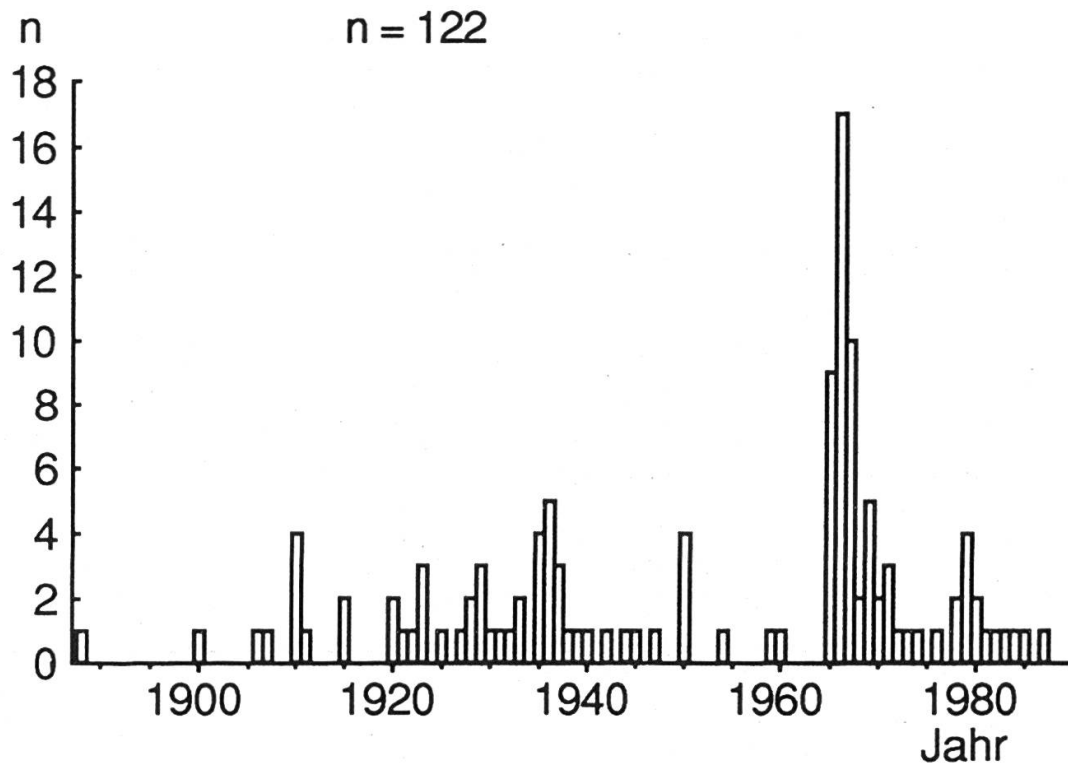


Abbildung 8. Altersverteilung der Gehölze im ganzen Bestand. Von 1965 bis 1967 ist eine Häufung festzustellen, die vor allem auf die vermehrte Bildung von Stockausschlägen nach dem Brand zurückzuführen ist. Individuen mit Stamm und mehreren Stockausschlägen sind als einzelne Proben berücksichtigt.

Der Goldregen (*Laburnum anagyroides* Medik.) überlebte fast ausschliesslich nur im Wurzelstock und als Same. Für Stämme mit dünner Borke sind Feuer letal. Stockausschläge und Kernwüchse sind über die ganze Untersuchungsfläche verteilt (Abbildung 9).

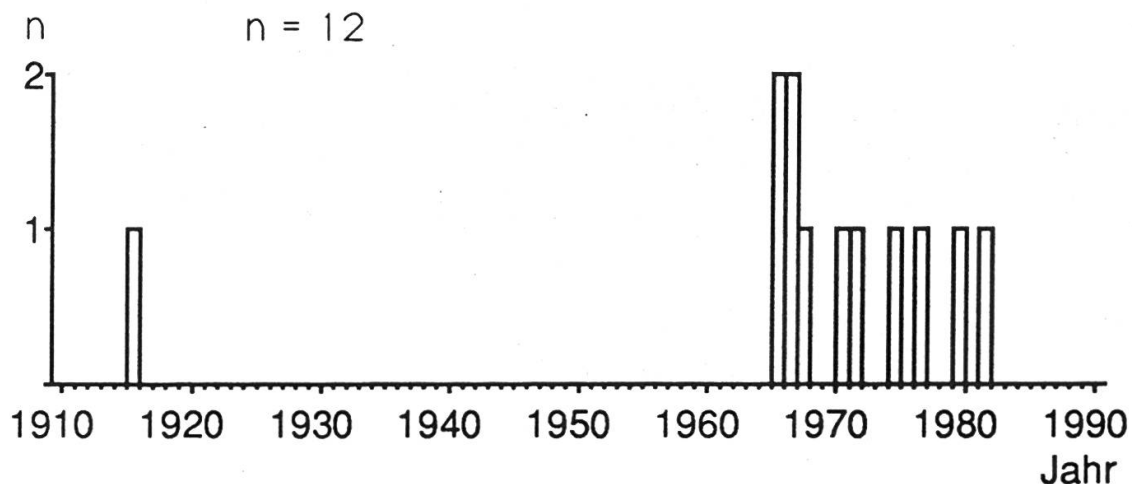


Abbildung 9. Altersverteilung des Goldregens (*Laburnum anagyroides*). Im Gegensatz zur regelmässigen Bestandesentwicklung seit der Jahrhundertwende entwickelten sich die Goldregen-Proben nach dem Brand alle im Jahr 1965 und in den folgenden Jahren (Kernwüchse und Stockausschläge).

Als Mass für die vegetative Regenerationsfähigkeit des ganzen Bestandes diente die Anzahl von Stockausschlägen aller Arten des Bestandes nach 1965 (Abbildung 10). Schon im Sommer während des Brandjahrs trieben Winterlinden und Edelkastanien neu aus. Im Jahr darauf, 1966, erreichte die vegetative Regeneration von Winterlinde, Flaumeiche, Goldregen und Hopfenbuche ihren Höhepunkt und nahm in den darauffolgenden Jahren wieder das Niveau vor 1965 ein.

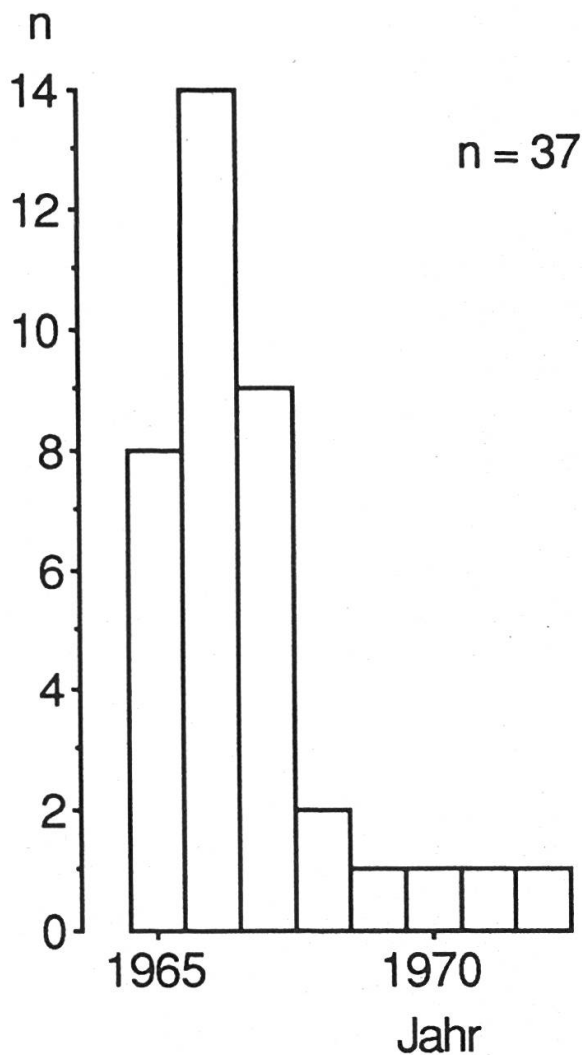


Abbildung 10. Austrieb von Stockausschlägen aller Arten des Bestands (n = 16) im Brandjahr 1965 und in den folgenden Jahren. In den ersten drei Vegetationsperioden nach dem Brand trieben die Gehölze vermehrt Stockausschläge aus. Ab 1968 ist ein rapider Abfall zu Werten wie vor 1965 festzustellen.

Schlussfolgerungen

Aufgrund der Befunde anhand von Luftbildanalysen und der dendrochronologischen Untersuchungen lassen sich folgende Aussagen machen:

Um die Artenzusammensetzung und das Artenmosaik eines Gebiets pflanzensoziologisch interpretieren und verstehen zu können, ist es unumgänglich, eine minimale Feuergeschichte mitzubersichtigen.

Durch die rasche Verwaldung mangels Bewirtschaftung (extensive Weide und Mahd) ändert sich das Vegetationsmosaik eines Gebiets in kurzer Zeit nachhaltig, denn waldfähige Arten verdrängen die Lichtarten rasch. Ein einziger Brand verändert die Artenzusammensetzung ebenfalls gravierend; durch die abrupte Auflichtung, den Düngeeffekt und die Abnahme des Konkurrenzdrucks durch Bäume werden günstige Lebensbedingungen für Licht- und Pionierarten in der Kraut-, Strauch- und Baumschicht geschaffen. Die beschleunigte Verwaldung nach dem Brand zeigt jedoch, dass die lichtreiche Phase nur von kurzer Dauer ist und die Sukzession zu geschlossenen Beständen, falls ungestört, beschleunigt verläuft. Die bestandesbildenden Arten sind brandadaptiert.

Résumé

Le feu de forêt du 10 au 14 mai 1965 au Monte San Giorgio, Tessin, Suisse: Une étude dendroécologique

Ce travail analyse les effets du feu qui s'était propagé dans un peuplement clairié de chêne pubescent à Frêne fleuri situé à l'étage des feuillus au Sud du Tessin. Ces recherches s'appuient sur des méthodes dendrochronologiques et sur l'examen de photos aériennes. Nous avons reconstitué l'incendie de mai 1965 en procédant à des coupes micrographiques et à des préparations macroscopiques. Après avoir tracé les zones limitrophes et observé les changements soudains survenus dans la croissance et dans les structures, nous avons pu déceler les perturbations physiologiques consécutives aux effets de la chaleur.

Les espèces formant ce peuplement, soit le chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.), le tilleul d'hiver (*Tilia cordata* Mill.), le charme houblon (*Ostrya carpinifolia* Scop.) ainsi que le hêtre commun ou foyard (*Fagus sylvatica* L.) ont survécu à l'incendie dans leur souche et ont conservé leurs semences (après 1965, il ne restait que des brins de semences). Pour ce qui est du cytise (*Laburnum anagyroides* Medik.), il n'est resté que des rejets de souches et des brins de semences qui se sont développés après l'incendie.

Ce peuplement n'ayant pas été soumis à une gestion intensive depuis 1934 (année où il était total), il avait diminué de moitié en 1958. En 1967, il était de nouveau clairié aux deux tiers. Puis la région s'est rapidement reboisée et embroussaillée, si bien qu'en 1989, il ne restait plus que 20% de la surface de 1934 encore clairiée. Le feu a éclaté sur le versant nord-est du Monte San Giorgio et il s'est propagé par-dessus la crête des sommets de cette région pour passer sur le versant sud-est. Il a endommagé les arbres jusque dans leur houppier. Les troncs et les branches qu'il a touchés présentent des blessures allant jusqu'à une hauteur de 4 à 5 mètres en moyenne.

Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- Bettelini, D.*, 1983: Pianificazione di una rete di esbosco integrale con particolare riguardo per la protezione del passaggio. Lavoro di diploma presso la scuola politecnica federale di Zurigo.
- Bovio, G.*, 1988: Come proteggerci dagli incendi boschivi. Collana «Protezione Civile e Ambiente», Regione Piemonte, S. 45–57.
- Payette, S., Morneau, C., Sirois, L., Despôts, M.*, 1989: Recent fire history of the northern Quebec bioms. *Ecology* 70, S. 656–673.
- Shigo, A. L.*, 1986: A new tree biology. Shigo and Trees, Associates, Durham, New Hampshire, 03824, 618 S.
- Swetnam, T.*, 1989: Fire history and climate in the Southwestern United States. In: USDA For. Serv., Rocky Mtn. Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Co., Gen. Tech. Rep. RM-191, S. 6–17.
- Tunstall, B. R., Walker, J., Gill, A. M.*, 1976: Temperature distribution around synthetic trees during grass fires. *For. Sci.* 22, S. 269–276.
- White, G. F.*, 1972: History of fire in North America. Fire and the environment. Symp. Proc. May 1–5, For. Serv. US Dept. of Agriculture, FAO FS-276, 3 S.
- Zackrisson, O.*, 1981: Forest fire history: Ecological significance and dating problems in the North Swedish Boreal Forest USDA, For. Serv., General Technical Report RM-81. Rocky Mtn. Forest and Range Experiment. Station, October 20–24, Tucson, Arizona, S. 120–125.

Verfasser: Stefan Berli, dipl. Biol., Botanisches Institut der Universität Basel, CH-4056 Basel, und Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.
Prof. Dr. F. H. Schweingruber, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.