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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 120 (1969)

Heft: 9

Artikel: Über den Einfluss von Blitzeinwirkungen auf Fichten

Autor: Bosshard, H.H. / Meier, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767744

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 13.07.2025

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

Über den Einfluß von Blitzeinwirkungen auf Fichten

(Picea abies L.)

Von *H. H. Bosshard* und *B. Meier*

Institut für Mikrotechnologische Holzforschung, ETH, Zürich

1. Einleitung

Oxf. 111.94:426.1

In der forstlichen Praxis ist die Blitzbeanspruchung von Waldbäumen sehr gut bekannt. Neben den Schadenwirkungen an Einzelbäumen wird auch die Einwirkung von sogenannten «Flächenblitzen» auf Baumgruppen erwähnt, welche als Ursache von «Blitzlöchern» oder «Blitznestern» vorwiegend in Nadelholzbeständen angenommen werden. — Die Wirkung von Blitzschlägen auf Einzelbäume ist von S. Szpor (1945) untersucht worden. Er kommt zum Schluß, daß weder die spezifischen Widerstände der Bäume noch deren Erdwiderstände einen wesentlichen Einfluß auf die Anziehung von Blitzen haben, und weist darauf hin, daß die unterschiedlichen Schadenwirkungen von Einschlägen eher auf die Rindenstrukturen und damit auf die Funkenentladung längs des Stammes zurückzuführen seien. Bei inneren Entladungen, die explosionsartige Folgen haben, wird der Stamm häufig zerrissen, während äußere Funken ungefährlich sind.

Untersuchungen über die Einwirkung von sogenannten «Flächenblitzen» sind den Verfassern keine bekannt, obwohl in der forstlichen Praxis immer wieder ursächliche Zusammenhänge zwischen «Flächenblitzen» und «Blitzlöchern» vermutet werden. Was ist nun aber ein «Flächenblitz»? Der Blitzfachmann versteht darunter ein flächenhaftes Aufleuchten von hohen Cirrus-Schleiern als Reflexwirkung von sehr weit von der Beobachtungsstation entfernten Linienblitzen (K. Berger, 1966). Ein Flächenblitz in diesem Sinn kann Erdobjekte nicht beeinträchtigen. Eine andere Art von flächenhaften Blitzentladungen wird gelegentlich im Schneetreiben beobachtet. Es wäre in diesem Zusammenhang am Rande noch auf die Kugelblitze zu verweisen, deren Existenz aber fraglich ist (es ist noch nie eine wissenschaftlich schlüssige photographische Aufnahme eines Kugelblitzes gemacht worden) und deren mögliche Entstehung in den USA noch studiert wird. Als Ursachen für die «Blitzlöcher» in Nadelholzbeständen kommen sie nicht in Frage.

Nach Angaben von K. Berger (1966) erzeugt ein Blitzeinschlag im Boden einen Spannungs- oder Erdungstrichter (Abb. 1). Der radiale Spannungsabfall im Erdungstrichter bewirkt Spannungsdifferenzen, die zum Beispiel groß genug sind, um Mensch und Tier zu gefährden und sicher auch das Wurzel-

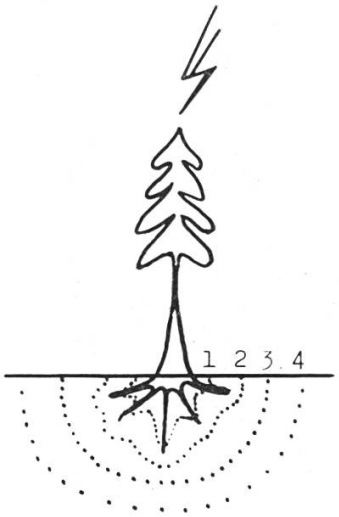

Abbildung 1
Schematische Darstellung des Erdungstrichters im Boden nach Blitzeinschlag (nach K. Berger, 1966).

werk der Bäume zu beeinflussen. Die Größe des Spannungstrichters ist neben der in den Boden eindringenden Strommenge von der Bodenstruktur und der Leitfähigkeit des Bodens abhängig. Auf Grund dieser Auskünfte muß angenommen werden, daß nach einem Blitzeinschlag in einem Nadelholzbestand die Größe des Spannungsabfalles und der Durchmesser des Erdungstrichters die Fläche des «Blitzloches» bestimmen, indem in diesem Bereich das Wurzelwerk nicht nur des vom Blitz getroffenen Baumes, sondern auch der benachbarten Bäume stark geschwächt wird. Diese Reduktion der Vitalität disponiert die betroffenen Bäume für den Befall durch Hallimasch *(Armillaria mellea)* oder Borkenkäfer. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangt E. Gäumann (1951). Als Beispiel für diese Annahme können Beobachtungen in einem «Blitzloch» bei Oberhasli (Kanton Zürich) herangezogen werden, auf das wir im Frühjahr 1966 durch den vor Jahresfrist verstorbenen Forstmeister Hans Müller aufmerksam gemacht worden sind. In Abbildung 2 ist eine Situationsskizze zusammen mit einer ausführlichen Legende gegeben. Dieser Darstellung ist zu entnehmen, daß die Bäume auf der Schadenfläche an sehr aggressivem Hallimaschbefall eingegangen sind. Leider waren die meisten Stämme bei unserem ersten Augenschein schon aufgerüstet, so daß eventuelle Blitzspuren an Rinden nicht beobachtet werden konnten.

2. Blitzexperimente mit jungen Fichtenpflanzen

Zur Klärung der Blitzeinwirkung auf Waldbäume sind in Zusammenarbeit mit dem Laboratorium für Hochspannungstechnik* (Prof. Dr. K. Ber-

* Für die freundliche Mithilfe danke ich Herrn Prof. Dr. K. Berger und seinem Oberassistenten, Herrn Dr. F. Schwab, bestens.

ger) im Frühjahr 1967 experimentelle Untersuchungen an Fichten-Jungpflanzen durchgeführt worden. – Nach der Blitzbeanspruchung sind die Pflanzen wieder im Freiland gehalten und laufend kontrolliert worden. Die Versuchsanordnung und die Ergebnisse können wie folgt zusammengestellt werden:

2.1 *Versuchsobjekte und Versuchsanlage*

Fichten, Herkunft Basadingen TG, 450 m ü. M., wurden im Verschulgarten der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen am 20. Dezember 1966 samt Ballen gestochen und mit Kompost eingetopft und anschließend in einem Freilandeinschlagkasten der EAFV gelagert. Von den Versuchsbäumchen wurden einige zu Beginn der Versuchsreihen als Nullproben ausgeschieden.

Als Versuchsanlage diente eine Hochspannungsanlage im Laboratorium für Hochspannungstechnik der ETH. Die Stromzuleitung erfolgte durch Kupferdraht auf die Gipfeltriebe der Versuchsbäumchen. Die Gegenelektrode in Form von vier Peralumanbändern (Legierung Al/Zn/Mg/Cu) wurde an den Wänden der Tongefäße befestigt. Erdung: verzinktes Eisenblech.

2.2 *Vorversuch vom 8. März 1967*

Zur Ermittlung der Spannungs- und Stromstärkeverhältnisse wurde ein Bäumchen wechselnden Beanspruchungen ausgesetzt. Es zeigte sich, daß der elektrische Widerstand des Versuchsobjektes infolge des geringen stromleitenden Querschnittes des Stämmchens sehr groß war und daß demzufolge nur mit sehr geringen Stromstößen gearbeitet werden konnte. Das Versuchsbäumchen 0 erhielt rund 30 Stromstöße bei wechselnder Spannung. Hohe Spannungen hatten Überschläge zur Folge. Durch eine erste starke Entladung wurde der Gipfeltrieb abgesprengt, dann folgten Zerstörung des gesamten Rindenmantels zwischen oberstem und zweitoberstem Astquirl sowie starke Beschädigung der Rinde bis zum dritten Quirl; lokale Rindenverletzungen waren auch auf 5 bis 8 cm Höhe zu beobachten.

2.3 *Hauptversuch vom 8. März 1967*

Unmittelbar nach dem Vorversuch wurde eine erste Serie von 6 Bäumchen elektrischen Stößen mit steigender Spannung von Fichte I/1 bis Fichte I/6 unterworfen. An den Fichten I/5 und I/6 wurden Überschläge beobachtet. Die Versuchsbäumchen des Hauptversuches I standen am Ende der Vegetationsruhe. Es ist möglich, daß sie schon aktive Saftströmung aufwiesen; äußerliche Anhaltspunkte dafür fehlten jedoch. Die Bäumchen wurden in abgetrocknetem Zustand unter Spannung gesetzt.

Abbildung 2
«Blitzloch» Oberhasli. Untersuchungen vom 30. 6. 1966.

—·—·— *gegenwärtige Grenzen* des «Blitzloches».

Wurzelstöcke

○ mit eindeutigem Hallimaschbefall;

● mit Primärerscheinungen von Hallimaschbefall (Zerstörung des Kambiums und der Bastschicht; hohe Feuchtigkeit, beißender Geruch und rasche Oxydation der Innenfläche abgelöster Rindenteile; gelbliche Verfärbung des äußersten Xylems).

Stehende Bäume

① Fichte, etwa 80jährig, dürr. Harzsticken in der Krone. Rinde am Schaft leicht ablösbar; Kambium zerstört; Bast sehr feucht, nur noch lose mit Rinde und Xylem verbunden, grau-rosa, innert weniger Minuten nach Freilegen braun-rot oxydierend, beißender Geruch ähnlich jenem der Sulfit-Ablauge; äußerstes Xylem auffallend gelb verfärbt. Hallimaschmycel an untersten Abschnitten der Wurzelanläufe. Sekundärbefall durch Xyloterus lineatus.

② Fichte, etwa 80jährig, dürr. Kambium am Stammfuß gesund erscheinend, auf 2 m Höhe ausgetrocknet und zerstört. Nester von Borkenkäfer- und Fliegenlarven im Bast. Äußerstes Xylem streifenweise braun verfärbt. Destruktionsfäule? Hallimasch nicht direkt nachweisbar.

□ Waldföhre, etwa 80jährig, freigestellt, dürr. Rinde auf mittlerem Stammabschnitt abgelöst. Weißes Hallimaschmycel bis auf 1 m Stammhöhe. Darüber ähnliche Erscheinungen wie bei Fichte 1: Auflösung des Kambiums und der Bastschicht, beißender Geruch, gelbe Verfärbung des Xylems. Sekundärbefall durch Xyloterus lineatus.

Daten der Versuchsbäumchen

Fichte	*Baumhöhe*	*Schaftdurchmesser am Stammfuß*	*Schaftdurchmesser auf 30 cm Höhe*	*Krone*
Nr.	*cm*	*cm*	*cm*	
0	57	1,3	0,9	licht
I/1	57	1,2	0,8	licht
I/2	61	2,0	0,9	buschig, verzwieselt
I/3	58	1,8	0,8	licht
I/4	61	2,4	0,9	buschig
I/5	66	1,9	0,9	licht
I/6	70	2,5	1,4	buschig

Beanspruchungen der Versuchsbäume durch die Hochspannungsanlage (negative Stöße)

Baum	*Scheitelspannung* $\hat{u}$	*Halbwertzeit* $T_H(\hat{u})$	*Stromstoßscheitelwert* $\hat{i}$	*Halbwertzeit* $T_H(\hat{i})$
Nr.	*kV*	*ms*	*A*	*ms*
I/1	40	22	0,12	23
I/2	67,5	20	0,21	23
I/3	80	18	0,42	23
I/4	100	16	0,9	23
I/5	(116)	—	(1,55)	— Überschlag
I/6	(135)	—	(2,8)	— Überschlag

(Ermittlungen auf Grund von Diagrammen eines Kathodenstrahloszillographen.)

Bemerkungen zum Versuchsablauf

Fichte 0: zahlreiche Entladungen bei wechselnden Spannungen und Stromstärken zur Ermittlung optimaler Versuchsbedingungen.

Fichte I/1: erhält versehentlich drei gleich schwache Stromstöße; geringe Knall- und Glüheffekte an Kontaktstelle Elektrode/Gipfeltrieb sowie Verdampfungserscheinungen.

Fichten I/2—4: je ein Stromstoß von zunehmender Stärke bei ebenfalls zunehmender Spannung; den Beanspruchungen entsprechend unterschiedliche Knall- und Glüheffekte sowie Verdampfungserscheinungen.

Fichten I/5 und 6: Spannungsüberschläge; starke Knall- und Flammwirkungen.

Unmittelbare Auswirkungen der Versuche

Fichten I/1—4: entweder keine sichtbaren Auswirkungen oder leichte Verkohlung der Nadelbasis an Kontaktstellen Elektrode/Gipfeltrieb. Gelegentlich Verlust einiger Nadeln.

Fichte I/5: 3 cm langer Haarriß auf etwa 40 cm Höhe.

Fichte I/6: keine sichtbaren Auswirkungen.

Daten der Versuchsbäumchen

Fichte Nr.	*Baumhöhe cm*	*Schaftdurchmesser am Stammfuß cm*	*Schaftdurchmesser auf 30 cm Höhe cm*	*Krone*
II/1	72	1,8	0,9	schlank, locker leicht asymmetrisch
II/2	65	1,8	0,8	normal, etwas fahl
II/3	68	2,0	0,8	kräftig bis buschig
II/4	73	1,9	1,1	normal, etwas fahl
II/5	62	1,4	0,6	leicht asymmetrisch,
II/6	70	2,1	0,5	oben buschig

Beanspruchungen der Versuchsbäume durch die Hochspannungsanlage (negative Stöße)

Baum Nr.	*Scheitelspannung û kV*	*Stromstoßscheitelwert i A*	*Halbwertzeit $T_H(i)$ ms*
II/1	37,4	0,1	—
II/2	70	0,42	—
II/3	87	0,82	—
II/4	44	0,6	—
II/5	(56)	(1,8)	Überschlag
II/6	(140)	(3,5)	Überschlag

(Ermittlungen auf Grund von Diagrammen eines Kathodenstrahloszillographen.)

Bemerkungen zum Versuchsablauf

Fichten II/1—4: Entladungen an Kontaktstellen Elektrode/Gipfeltriebe deutlich wahrnehmbar; zunehmend stärkere Knall- bzw. Glüheffekte von II/1 bis II/4, verbunden mit Verdampfungserscheinungen.

Fichte II/5: etwa 30 cm langer Spannungsüberschlag ab Kontaktstelle Elektrode/Gipfeltrieb bis etwa halbe Baumhöhe.

Fichte II/6: vollständiger Spannungsüberschlag.

Unmittelbare Auswirkungen der Versuche

Fichten II/1—4: leichte, punktweise Verkohlung der Nadelbasis an Kontaktstellen Elektrode/Gipfeltrieb; Verlust weniger Nadeln.

Fichte II/5: offener, starker Rindenriß, 28 bis 40 cm ab Spitze.

Fichte II/6: leichte Beschädigungen der Rinde mit Harzergüssen an vier Stellen, 32 bis 46 cm ab Spitze.

2.5 Beobachtungen vom 30. März 1967 an Bäumchen des Vorversuches und des Hauptversuches I

Fichte 0: Der Schaft oberhalb 20 cm ist physiologisch tot. Die Nadeln längs des ganzen Schafts sind dürr, auch an der Basis der Hauptzweige.

Fichte I/1: Die Nadeln des Haupttriebes wurden auf 6 cm Länge unterhalb der Gipfelknospe fast ausnahmslos abgeworfen. Leicht verkohlte Rin-

denstellen können in 5 cm Entfernung von der Gipfelknospe festgestellt werden.

Fichte I/2: Die Nadeln auf 2 bis 3 cm Distanz unterhalb der Gipfelknospe sind weitgehend abgefallen. Leichte, punktweise Verkohlung der Rinde 2 cm unterhalb der Gipfelknospe.

Fichte I/3: Auf 9 cm Distanz unterhalb der Gipfelknospe fehlen fast alle Nadeln; nur einzelne dürre Nadeln sind noch vorhanden.

Dürre Nadeln kommen auch an der Basis zweier Hauptzweige des zweiten Astquirls vor; leichte, punktweise Verkohlung unmittelbar unterhalb der Gipfelknospe.

Fichte I/4: Zeigt starke Verbrennung des Gipfeltriebes bis 12 cm unterhalb der Gipfelknospe; schwach ausgeprägte Spirale von noch grünen Nadeln ist vorhanden.

Fichte I/5: Nadelverbrennungen längs des Schaftes zwischen oberstem und drittoberstem Astquirl; der nach dem Stromstoß konstatierte Rindenriß tritt deutlich zutage.

Fichte I/6: Zeigt auffallend geringe Anzeichen von Schädigungen; nur die Seitenknospen am Haupttriebende scheinen angeschlagen zu sein. Außerdem sind die Randzweige eines Astes 25 cm ab Boden beschädigt; starker Nadelverlust, partielle Nadelverbrennungen.

2.6 Beobachtungen vom 11. Juli 1967 an Bäumchen des Vorversuches und der Hauptversuche I und II

Allgemeine Feststellungen

Die physiologischen Schadenwirkungen der Stromstöße sind groß. Auffallend ist die Übereinstimmung der Schäden zwischen einander entsprechenden Bäumen beider Versuchsreihen.

Im allgemeinen ist eine Zunahme der Schadenwirkungen von Baum 1 bis Baum 5 wahrzunehmen. Sie entspricht der schrittweisen Steigerung der Beanspruchungen durch die Hochspannungsanlage. Interessanterweise blieben die Bäume 6 fast unbeschädigt; hier scheinen die Spannungsüberschläge so rasch erfolgt zu sein, daß die Entladungen vollständig außerhalb des Baumes erfolgten. Bei den Bäumen 5 hingegen drangen die Stromstöße in den Schaft ein und verursachten dabei äußerlich erkennbare Verletzungen der Rinde.

Beobachtungen an den einzelnen Versuchsbäumen

Fichte 0 (Probebäumchen des Vorversuches): ist vollständig entnadelt und dürr.

Fichte I/1: ist mit Ausnahme eines kleinen Astes am Stammgrund dürr. Der außerordentliche Schaden ist auf die versehentliche Beanspruchung durch drei gleich schwache Stromstöße zurückzuführen.

Fichte I/2: zeigt Absterben des Gipfeltriebes, der beiden obersten Astquirle sowie von Teilen des drittobersten Astquirls. Der vom Stammgrund ausgehende zweite Haupttrieb (Zwiesel) ist, ähnlich wie die untere Hälfte des ersten Haupttriebes, intakt geblieben.

Fichte I/3: ist bis auf wenige Äste des drittuntersten bis untersten Astquirls dürr.

Fichte I/4: Nur der unterste Astquirl ist noch fahl begrünt.

Fichte I/5: Einzig zwei Äste am Stammfuß sind grün geblieben. Der vom Eintritt des Blitzes herrührende Riß auf 40 cm Höhe hat sich verbreitert.

Fichte I/6: Es sind fast keine Schäden wahrzunehmen; einzig die Seitenknospen des Gipfeltriebes scheinen derart verletzt worden zu sein, daß im Frühjahr 1967 keine neuen Seitentriebe gebildet wurden. Außerdem sind die Randzweige eines Astes 25 cm über dem Boden abgedörrt.

Fichte II/1: zeigt Absterben des Gipfeltriebes und des größten Teils des obersten Astquirls.

Fichte II/2: weist vollständiges Abdörren des Gipfeltriebes und der beiden obersten Astquirle sowie teilweises Abdörren des drittobersten Astquirls auf; das unterste Drittel des Baumes ist grün geblieben.

Fichte II/3: ist dürr bis auf einen kleinen Zweig am Stammgrund.

Fichte II/4: ist mit Ausnahme der untersten Äste am Stammgrund dürr.

Fichte II/5: Die Äste im untersten Viertel des Baumes sind noch grün. Der vom Stromstoß verursachte Riß auf halber Höhe des Stammes ist sehr deutlich zu erkennen.

Fichte II/6: zeigt vitales, gesundes Aussehen. Der Schaden ist vermutlich auf die Verletzung einer Seitenknospe des Gipfeltriebes begrenzt.

2.7 *Beobachtungen vom 6. Dezember 1967*

Allgemeine Feststellungen

Die Tendenzen der Schadenwirkungen blieben in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode 1967 unverändert. Die Schäden selber haben sich verstärkt, vor allem bei den Versuchsbäumen 3, 4 und 5.

Zustand der einzelnen Versuchsbäume

Fichte 0: dürr.

Fichte I/1: dürr.

Fichte I/2: Gipfeltrieb, oberster und zweitoberster Quirl sowie zwei Äste des drittobersten Quirls sind dürr (Schadenlänge 36 cm). Zwiesel vollständig gesund.

Fichte I/3: dürr.

Fichte I/4: dürr.

Fichte I/5: ist mit Ausnahme zweier vom Boden ausgehender Äste dürr. Vermutlich haben sich diese beiden Äste im Frühjahr und Sommer 1967 selbständig bewurzelt.

Fichte I/6: ist gesund, vital. Die Knospen des letzten Quirls (= Seitenknospen am Ende des Gipfeltriebes 1966) sind nicht ausgetrieben. Die äußere Partie eines Astes etwa 25 cm über dem Boden ist infolge Verletzung abgedörrt. — Der Längenzuwachs des Gipfeltriebes 1967 beträgt 9 cm.

Fichte II/1: Gipfeltrieb, oberster Quirl und ein Ast zwischen zweitoberstem und oberstem Quirl sind dürr (Schadenlänge 28 cm).

Fichte II/2: Der Gipfeltrieb und die drei obersten Quirle sind dürr (Schadenlänge 47 cm). Die übrigen noch benadelten Partien zeigen zum Teil geschädigtes Aussehen (gelbliche bis bräunliche Verfärbung der Nadeln).

Fichte II/3: dürr.

Fichte II/4: dürr.

Fichte II/5: dürr.

Fichte II/6: ist völlig unbeschädigt, gesund. Längenzuwachs des Gipfeltriebes 1967: 6 cm.

2.8 Beobachtungen vom 7. November 1968

Die Schadenwirkungen haben sich durchwegs verstärkt und zum vollständigen Absterben von sieben Pflanzen geführt. Drei Fichten sind stark bis sehr stark geschädigt. Die Fichten II/1, II/2 und II/6 sind noch belaubt, ihre Nadeln sind aber stark vergilbt.

3. Diskussion und Zusammenfassung

Die Schadenwirkungen der künstlichen Blitzschläge bei Jungfichten sind eindeutig. Obwohl direkt nach der Blitzeinwirkung die Pflanzen kaum beschädigt waren, sind in der Versuchsreihe I schon nach drei Wochen deutliche Veränderungen eingetreten; vorwiegend beginnende oder fortgeschrittene Entlaubung und Absterben der Gipfelpartien. Ähnliche Beobachtungen sind auch im Versuch II protokolliert. Ausnahmen bilden die beiden Fichten I/6 und II/6, die mit den höchsten Spannungen beansprucht worden sind. In beiden Fällen sind vollständige Spannungsüberschläge vermerkt worden. Die beiden Fichten haben die Behandlung am längsten überstanden, sind aber schließlich auch eingegangen. Aus diesen Darstellungen kann geschlossen werden, daß in den Fällen der direkten Stromleitung durch den Stamm die saftfrischen Kambien zerstört worden sind, was zu einem raschen Absterben der Bäumchen geführt hat. Im Beispiel der letztgenannten Fichten I/6 und II/6 hingegen ist anzunehmen, daß die Blitzbeanspruchung den Wurzelraum berührt hat. Die Pflanzen konnten dem Experiment länger standhalten, sind dann aber durch Schädigungen der Wurzeln trotzdem dürr geworden und abgestorben.

Literatur

Berger, K. (1966): Mündliche Mitteilungen.

Berger, K., und *Vogelsanger, E.*: Photographische Blitzuntersuchungen der Jahre 1955 ... 1965 auf dem Monte San Salvatore. Bull. Schweiz. Elektrotechnischer Verein *57*, 1966, 1–22.

Gäumann, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Verlag Birkhäuser, Basel, 1951, S. 550/551

Szpor, S.: Elektrische Widerstände der Bäume und Blitzgefährdung. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen *96*/9, 1945, S. 209–219.