Vergleichende Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen.

Von Privatdozent Dr. **Georg Funk**, Gießen.

Sooft in den letzten Jahrzehnten der Winter uns außergewöhnlich tiefe Temperaturen brachte, erschienen in der Literatur reichliche Angaben über die Wirkungen solch extremer Witterungsfaktoren auf unsere Wald- und Parkbäume. Namentlich in den »Mitt. d. DDG.« [1]) ist eine ganze Reihe solcher Beobachtungen niedergelegt, die mehr oder weniger unsere Erfahrungen über Frostverhalten fremdländischer Holzgewächse vermehren, und uns in der Hauptsache vor unliebsamen Enttäuschungen bei Neuanpflanzungen bewahren sollen. Dem Zweck solcher Mitteilungen entsprechend ist hierbei mehr die Tatsache der Schädigungen, gelegentlich auch unter genauerer Berücksichtigung der Eigenarten des Standortes, hervorgehoben als die Form der Schädigungen an den einzelnen Holzarten. Ich mache sehr wohl den Unterschied zwischen Früh-, Winter- und Spätfrostschädigungen. So finden wir über die Winterfrostschädigungen, d. h. Schädigungen durch tiefe Wintertemperatur[2]), an immergrünen Koniferen, die am augenfälligsten bald in Erscheinung treten, in den betreffenden Zusammenstellungen meist nur die Angaben »geschädigt«, »gebräunt«, »schwach« oder »stark gelitten« usw. während nur in seltenen Fällen genaueres über die Art dieser Bräunung usw., die, wie wir sehen werden, zu weitgehenden physiologischen Schlüssen berechtigt, gesagt ist.

Wenn es sich freilich nur darum handelt, das Verhalten der einzelnen Holzarten dem Frost gegenüber für die Anbaupraxis festzulegen, werden solche kurzen Bezeichnungen wohl auch genügen. Es könnte aber von anderen praktischen Gesichtspunkten aus eine mehr ins einzelne gehende Betrachtung dieser Nadelschädigungen erwünscht sein, z. B. wenn es sich darum dreht, Schädigungen an der einen oder anderen Holzart nach ihrer Natur zu erkennen, insbesondere in solchen Fällen, in denen eine sichere Unterscheidung zwischen Frostschädigung und parasitärer Erkrankung makroskopisch nicht ohne weiteres möglich ist. Für solche Fälle halte ich eine genauere Beschreibung der Winterfrostschäden für nicht gerade überflüssig.

Da mir bisher aus der Literatur derartige Vergleichungen[3]) nicht bekannt geworden sind, möchte ich die Gelegenheit benutzen, meine eignen Beobachtungen an Koniferennadeln zu diesem Thema mitzuteilen und diese hierbei in ein System und mit den zum gleichen Thema vorliegenden experimentellen Untersuchungen im Zusammenhang zu bringen versuchen.

Die uns interessierenden Schädigungen traten Ende Februar 1922 nach der großen Periode strengen Frostes plötzlich in Erscheinung. Der Witterungsverlauf im Winter 1921/22 war in Gießen etwa folgender: (Siehe Tab. S. 136.)

Nach meiner Überzeugung kommt eine Schädigung der Koniferen durch die ersten Fröste vom 8. November bis 6. Dezember nicht in Frage, wenn auch in dieser Zeit eine Kälte von —14° erreicht wurde. Denn im Dezember und Januar waren dann Sonnentage genug, an denen die getöteten Nadeln sich durch postmortale Bräunung hätten zu erkennen geben müssen. Ich habe aber bis Ende Januar an den meisten später geschädigten Koniferen fast tagtäglich die unversehrt frisch grüne

---

[1]) Vergl. die Literatur-Übersicht am Ende der Arbeit.

[2]) Unter Winterfrostschädigungen möchte ich nicht nur diejenigen durch tiefe Temperaturen an sich verstehen, welche für überwinternde Pflanzenorgane spezifische Tötungstemperaturen darstellen, sondern auch diejenigen durch bestimmte Begleitumstände, wie mächtige, oft tägliche Temperaturschwankungen bei längerem klaren Frostwetter, die noch oberhalb des spezifischen Tötungsminimums tödliche Wirkung haben können.

[3]) Zusammenstellungen nach anderen Gesichtspunkten findet man bei *Alers*, *Büttner*, *Forster*, *Fürst* und *Prantl* (s. Lit.).

Zeit	Witterungsart	Temperatur ⁰ C		
		Durchschnitt	Max.	Min.
24./25. Okt.	Erster Frost			—3
25. Okt.—8. Nov.	Frostfrei	6,5	13	0
8. Nov.—6. Dez.	Leichte Fröste	—3,15	4	—14
7.—11. Dez.	Frostfrei	3	6	0
12.—16. Dez.	Leichte Fröste	—5,5	1	—13
17. Dez —2. Jan.	Z. T. warme Regentage	7	12	—3 (nur an einem Tag)
3. Jan.—3. Febr.	Wechselnder Regen, Schnee, Frost	—0,7	8	—14
3./4. Febr.	Schneeschmelze mit Regen bei 8⁰. In der Nacht heftiger Schneefall und Temp.-Sturz auf —9⁰			
4.—12. Febr.	Ununterbrochen strenger Frost bei Schnee. Sonnenschein, N- und NO-Winde	—10,7	—0 (einmal)	10 bis —23
13. Febr.—Anf. März	Frostfrei. Erstes Sichtbarwerden der Winterfrostschädigungen			

Färbung konstatieren können. Als die kritische Zeit, in der wir den Eintritt der Schädigungen höchst wahrscheinlich anzunehmen haben, sehe ich die Periode vom 3.—12. Februar 1922 an, und zwar möchte ich ganz besonders den schroffen Witterungswechsel vom 3. auf den 4. Februar verantwortlich machen, bei dem abends noch eine Wärme von 8⁰ mit Regen herrschte, und in der Nacht die angenäßten Nadeln festfroren und in den nächsten Tagen den tiefsten Temperaturen dieses Winters (mehrere Nächte —20 bis —23⁰) ausgesetzt wurden. Eine volle Besonnung an wolkenlosen Tagen fand ebenfalls in jener Periode statt.

Wenn nun die zu besprechenden Schädigungen ihre unmittelbare Ursache ganz auffällig in dem extremen Winterfrost haben, so ist dennoch nicht außer acht zu lassen, daß diesem strengen Winter ein außergewöhnlich trockener Sommer vorangegangen ist, so daß vielleicht die eine oder andere Erscheinung als eine kombinierte Wirkung der vorangegangenen Trockenheit und des jähen Frostes anzusehen ist. Indessen beziehen sich meine Beobachtungen vornehmlich auf Bäume des botanischen Gartens und der städtischen Anlagen, in denen während der großen Trockenperiode ab und zu mit Wasser gespritzt wurde, so daß man da eine Nachwirkung der Trockenheit nicht annehmen sollte. Wie dem auch sei, die Erscheinungen sind durchweg derartig unmittelbar der bezeichneten Frostperiode auf dem Fuße gefolgt, daß zum mindesten an einer Auslösung durch den Frost gar nicht gezweifelt werden kann.

Schließlich wäre nicht zu vergessen, daß meine Beobachtungen nur in Gießen (200 m ü. M.) und seiner nächsten Umgebung angestellt wurden. Daß namentlich im Gebirge ganz andere Verhältnisse vorliegen, unter denen z. B. an Fichten gar keine Frostschädigungen bei noch tieferen Wintertemperaturen vorkommen, ist hinlänglich bekannt.

Es ist nun nicht meine Absicht die Ätiologie des Nadeltodes, d. h. die für die Zelle des Koniferenblattes in Betracht kommenden Tötungsfaktoren zu erörtern, über die bekanntlich die Ansichten stark auseinandergehen. Sie werden gedeutet teils als Wirkung tiefer Temperatur an sich, teils als Lichttod des Chlorophyllapparates, der sich bei plötzlich einsetzender tiefer Temperatur nicht in die entsprechende Schutzstellung bewegen kann, und teils als Frosttrocknis infolge der erschwerten Wasseraufnahme aus dem gefrorenen Boden. Immerhin glaube ich nicht, daß nur auf

eine einzige Weise diese Schädigungen zustande kommen, wie das *Neger* [1]) auf Grund seiner Versuche an Fichten (1915) anzunehmen scheint. Hierbei ist es *Neger* bekanntlich gelungen auf experimentellem Wege »dieselbe Erscheinung zu erzeugen, welche im ersten Frühjahr (vor der Entwicklung der Maitriebe!) in der freien Natur so überaus häufig auftritt, und damit die wahre Ursache der als Frosttrocknis bekannten Erscheinung festzustellen«.

Neger sagt dann weiter: »Fichtenzweige, deren Winterknospen eben aufbrachen — hieraus kann der Schluß gezogen werden, daß auch die jüngsten überwinterten Nadeln schon zur Lebenstätigkeit erwachten — wurden in Glasgefäßen einer Kältewirkung von 8—10° während einiger Tage ausgesetzt, dann einzeln untersucht, inwieweit die Nadeln noch am Leben oder schon getötet waren (Plasmolyseverfahren). Es zeigte sich nun die bemerkenswerte Tatsache: Die Abtötung der Nadeln war um so vollständiger, je jünger die Nadeln waren, d. h. vorjährige Nadeln waren vollkommen, zweijährige Nadeln weniger, dreijährige Nadeln noch weniger geschädigt, noch ältere Nadeln waren am Leben geblieben.«

»Man darf hieraus unbedenklich den Schluß ziehen, daß die einzelnen Nadeljahrgänge unserer Nadelhölzer im Frühjahr ungleich schnell zur Lebenstätigkeit erwachen, zuerst die einjährigen, dann die zweijährigen usw., während die ältesten am längsten in der Winterruhe verharren.«

»Wurden die so behandelten Fichtenzweige dem Licht ausgesetzt, so trat an den durch Frost getöteten Nadeln die charakteristische, den Tod anzeigende Rotfärbung ein, während die am Leben gebliebenen Nadeln der älteren Jahrgänge ihre grüne Farbe behielten, mit anderen Worten, es zeigte sich das gleiche Krankheitsbild, das auch in der Natur im ersten Frühjahr so häufig beobachtet wird.«

»Damit ist gleichzeitig der Beweis geliefert, daß die leuchtendrote Färbung die wir an den toten Nadeln vieler Koniferen so häufig beobachten (z. B. Tanne, Fichte, Douglasfichte, Weymouths-Kiefer, Kiefer usw.) mit der Art des Todes nichts zu tun hat, sondern ein postmortaler Vorgang ist, zu dessen Zustandekommen ein gewisser Wassergehalt sowie intensive Lichtwirkung unentbehrlich sind. Werden durch Frost oder Heißluft oder giftige Gase getötete Fichtentriebe im Dunkelraum so lange gehalten, bis sie den größten Teil ihres Wassers abgegeben haben, so bleiben sie grün, auch wenn sie nachträglich noch belichtet werden.«

»Aus all dem geht hervor, daß wohl in den meisten Fällen, jene Erscheinung, welche im ersten Frühjahr in unseren Nadelholzbeständen so überaus häufig auftritt, und welche in der Regel als ‚Frosttrocknis' angesprochen wird — Rötung und Abfall eines Teils der überwinterten Nadeln — nichts anderes ist, als eine besondere Form von Spätfrostwirkung auf die zeitig zur Lebenstätigkeit erwachenden Nadeln des letzten Jahrestriebes.«

Aus *Negers* Versuchen vermag ich nun lediglich zu entnehmen, daß an Picea excelsa im ersten Frühjahr die jüngsten einmal überwinterten Nadeln durch hinreichend tiefe Temperatur getötet werden können, ich kann aber mit dieser Erfahrung allein an Picea excelsa mir noch nicht die tatsächlich in der Natur vorhandene viel größere Verschiedenartigkeit der Schädigungen durch tiefe Wintertemperaturen erklären. Es stehen den *Neger*schen Untersuchungen andere, von *Neger* in diesem Punkt allerdings angezweifelte, Untersuchungen von *A. Winkler* (1913) gegenüber, die bei Pinus montana, Picea pungens, Torreya nucifera und Juniperus communis eine größere Frosthärte gerade der jüngsten Nadeln ergaben. Das kann ich aus meinen Beobachtungen in der freien Natur für andere Koniferen bestätigen. Leider hat *Winkler* seine Versuche nicht auch auf Picea

[1]) *Neger, F. W.*, Die Krankheiten unserer Waldbäume. Stuttgart 1919, S. 17.

excelsa ausgedehnt, die, wie unten beschrieben, sich nach zwei durchaus verschiedenen Typen bei Frost verhalten kann.

Meines Erachtens liegen die Dinge wohl noch viel komplizierter und zu ihrer Erklärung scheinen mir auch andere Theorien ein gut Teil Berechtigung zu haben. Wir wollen darauf weiter unten noch einmal kurz zurückkommen. In dieser Beziehung mögen meine nun folgenden Beobachtungen zu einer allseitigen Beleuchtung des Problems beitragen.

Wir können unsere Holzarten bekanntlich einteilen in solche, die bei einer bestimmten tiefen Wintertemperatur — sagen wir einmal -20^0 C — 1. stets getötet werden, 2. nur gelegentlich leiden und 3. absolut frosthart sind. Es interessieren uns hier lediglich diejenigen der Gruppe 2, da die ersteren für einen freien Anbau in Deutschland wenig in Frage kommen und die letzteren bereits hinreichend bekannt sind. Meine Beobachtungen bestätigten übrigens wiederum mit einer unten genannten Ausnahme vollauf die Erfahrung, daß Koniferen mit blaubereiften Nadeln sowohl innerhalb der Gattung wie der Art in diese letztere Gruppe der frostharten Koniferen hineingehören.

Unter den lediglich geschädigten Koniferen sehen wir dann folgende Verschiedenheiten. Knüpfen wir zunächst an die *Neger*schen Untersuchungen an, so stellen wir als Typus 1 der Winterfrostschädigung diejenigen Fälle fest, bei denen die jüngsten Nadeln getötet werden und später bei trocken-warmer Witterung abfallen. Vielfach sind es mit scharfer Grenze gerade nur diejenigen des letztjährigen Triebes, die also dadurch eine erhöhte Frostempfindlichkeit gegenüber den Nadeln älterer Triebe dokumentieren. Nur diesen Typus konnte *Neger* mit seinen Versuchen künstlich hervorrufen, der die gewöhnliche Form der sogenannten »Frostschütte« oder »Frosttrocknis« an unseren einheimischen Fichten darstellt. Ich habe diese Form an den Waldrändern der Umgebung Gießens häufig gesehen, muß aber dabei betonen, daß sie da immer nur an vereinzelten Exemplaren zu beobachten war, die zwischen nicht geschädigten und nach anderem Typus geschädigten Fichten standen. Die Beschränkung dieses Typs auf nur einen Teil der Bäume mag auf individuelle Veranlagungen der Bäume, auf ihren Ernährungszustand, verursacht durch Bodenverhältnisse oder auf sonstiges zurückzuführen sein. Es ist aber nun weiterhin hervorzuheben, daß dieser Typus sich fast durchweg an unterdrückten oder absterbenden Bäumen und Bäumchen auch mitten im Walde unter einem durchaus geschlossenen Kronendach zeigte. Diese letztere Beobachtung berechtigt ohne Zweifel zu dem Schluß, daß die in ungünstigem Ernährungszustand — im weitesten Sinne! — befindlichen Individuen stärker dem Frost preisgegeben sind.

Zum selben Schluß führt nun auch die Beobachtung, daß freudig gedeihende Fichtenkulturen noch weit unter Stangenholzalter ungeschädigt blieben, während zu gleicher Zeit und durch denselben Frost alle gleichalterigen kränkelnden Fichten in den verschiedensten Lagen der Stadt an teils geschützten und teils stark exponierten Stellen in geradezu verheerender Weise ihre so erfrorenen und gebräunten Nadeln abwerfen.

Denselben Typus beobachtete ich in sehr interessanter Form ausgebildet bei Picea orientalis. Ein etwa 2 m hohes Exemplar in den Gießener städtischen Anlagen zeigte nach dem Frost die jüngsten Triebe mit braunen Nadeln, ausgenommen den Gipfeltrieb und die darunter stehenden letzten Quirltriebe. Die Nadeln waren unter scharfer Einhaltung der Jahresgrenze gebräunt und fallen jetzt Anfang April unter Einfluß trockener Witterung allmählich ab. Ein besonderes Verhalten zeigen hierbei die Spitzentriebe der Äste, bei denen nur die Nadeln der Flanken gebräunt sind, dagegen die Nadelreihe auf dem Rücken dieser Triebe gesund und frischgrün geblieben sind. Eine Abhängigkeit dieser Verhältnisse von der Richtung des einfallenden Lichtes — auch etwa von der Schneedecke des Bodens reflektierter Strahlen — ist nicht zu erkennen, da die Erscheinung nicht nur rundum

an der Peripherie des Baumes sondern auch an Ästen mitten in der Krone durchaus im Schatten zu beobachten ist. Ich erkläre mir das Grünbleiben der einjährigen Nadeln sowohl am Gipfeltrieb wie derjenigen auf dem Rücken der Astspitzentriebe aus ihrer kräftigeren Konstitution, mit der eine höhere Frosthärte der Zellen verbunden sein muß, da ich keine Anhaltspunkte dafür finde, die Unterschiede im Verhalten der Nadeln etwa auf äußere Ursachen, wie Richtung oder Intensität der Beleuchtung bezw. stärkere oder schwächere Frostexposition der betreffenden Organe zurückzuführen. Worin nun aber diese physiologische Verschiedenheit der Nadeln letzten Endes ihren Grund hat, ist freilich noch ein Problem, dessen Lösung mir nicht einfach erscheint. Mikroskopisch konnte ich keinerlei Unterschiede feststellen. Jedenfalls gibt uns aber das von der freien Natur direkt ausgeführte Experiment wertvolle Fingerzeige zunächst für die direkte Wahrnehmung derartiger physiologischer Verschiedenheiten, für deren Erkennung uns bisher noch keine anschaulichere Methode zur Verfügung steht.

Auch bei Abies pinsapo liegt derselbe Typus vor, wo ich ihn in ausgeprägtester Form an einem etwa 1,50 m hohen Exemplar des Botanischen Gartens konstatierte. Hier zeigten nur die letztjährigen Nadeln zuerst braune Flecken, welche sich rasch vergrößerten und bald die ganze Nadel gleichmäßig verfärbten, wobei die Nadelbasis bis zuletzt grün blieb. Auch hier wiederum eine besondere Eigentümlichkeit: Die etwa 12—15 Nadeln direkt unterhalb der Winterknospen sind frosthart, bleiben frischgrün und fallen nicht ab. Es ließ sich an diesem im allgemeinen schlechtwüchsigen Exemplar weiterhin die Tatsache feststellen, daß einzelne Äste, die durch kräftigen Wuchs auffielen, auch vollkommen frosthart mitsamt den jüngsten Nadeln gewesen sind, wiederum ganz ohne Zusammenhang mit etwaigen äußeren Verhältnissen, und trotzdem in den Nadeln solcher Zweige der Wassergehalt doch sehr wahrscheinlich höher ist, und wir deswegen wie bei krautigen Pflanzen [1]) und Laubhölzern [2]) auch eine höhere Frostempfindlichkeit erwarten sollten. Man wird auch darin den Beweis erblicken, daß kräftigere physiologische Konstitution mit einer größeren Frosthärte verbunden ist. Bewerkenswert war dann ferner die Tatsache, daß beim Austreiben im Frühjahr sich an diesem Exemplar die Winterknospen auch an den geschädigten Zweigen sämtlich gesund erwiesen, während bei den Fichten mit dem Nadeltod vielfach auch ein solcher der jüngsten Zweigabschnitte mit den sie tragenden Winterknospen eingetreten war.

Die alte Pinsapo-Tanne im forstbotanischen Garten dagegen war vollkommen ungeschädigt geblieben. Ob hierbei Standortseinflüsse oder die allgemein bekannte Erscheinung, daß Exoten in höherem Alter frosthärter werden, oder die von mir vermutete kräftigere physiologische Konstitution des betreffenden Exemplars eine Rolle spielt, mag dahingestellt bleiben.

Beim Typus 2 liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Die ältesten Nadeljahrgänge sind am stärksten, die jüngsten am wenigsten, unter Umständen überhaupt nicht geschädigt. Dieser Fall liegt am deutlichsten vor bei Abies Nordmanniana, bei der die Nadeln in der Regel von ihren Spitzen her gebräunt sind und die ältesten auch mit dem Abfallen beginnen. Aber auch bei Picea excelsa kann man denselben Typus beobachten, und zwar in den Wäldern unserer Umgegend ganz allgemein verbreitet, neben Exemplaren vom Typus 1. Ich habe auch in der städtischen Anlage Gießens nur wenige Meter von dem nach Typus 1 geschädigten Exemplar von Picea orientalis ein etwas größeres aber gleichalteriges gesehen, an dem sämtliche jüngsten Nadeln ungeschädigt, aber an den meisten Ästen die ältesten Nadeln gebräunt waren. Es überwog an anderen Exemplaren von Picea orientalis indessen entschieden der erstere Typ. Unter

[1]) *Molisch*, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Aufl. Jena 1921. S. 213/14.
[2]) *Fürst* und *Prantl* (1880) S. 477.

diesen fand sich ferner ein Baum von etwa 10 m Höhe, an dem die oberen Nadeln der ältesten 3 Jahrgänge gebräunt sind, aber auch einige Äste eine Schädigung nach Typus 1 aufweisen.

Es sind also allgemein beim Typus 2 die ältesten Nadeln die frostempfindlicheren, die jüngsten dagegen die frosthärteren. Ich glaube nicht, daß sich die Erscheinung des Typus 2 etwa daraus herleitet, daß in der kritischen Witterungsperiode die ältesten von den darüberstehenden Ästen überschirmten Nadeln in geringerem Maße von schützendem Schnee bedeckt waren, als die jüngeren an der Peripherie. Es erscheint mir um so interessanter, als diese beiden Typen 1 und 2 an nebeneinanderstehenden nahezu gleichwertigen Exemplaren derselben Art auftreten können. Soweit dieser Typus 2 an Fichten beobachtet wurde, müssen wir dazu folgendes bemerken. Die Bräunung der Nadeln ist durchaus verschieden von der des Typus 1. Während dort eine gleichmäßige fuchsrote Färbung eintritt, sehen wir hier insbesondere die Nadeln der Zweigoberseite und diese zumeist von der Spitze her gelblichbraun verfärbt, so daß es den Anschein gewinnt, als seien die Nadeln von oben her angesengt. Es kommt also zu keiner solchen völligen Abtötung des Nadelgewebes wie bei Typus 1, ja vielfach handelt es sich nur um eine vorübergehende winterliche Verfärbung die nach anderen Beobachtern (*Hupfauf*) im Frühjahr der frisch grünen Farbe wieder weicht, in ähnlicher Weise also, wie wir das von Thuja und anderen Koniferen in jedem Winter gewöhnt sind. Aber bei Fichten ist die Erscheinung nach meinen Beobachtungen doch nicht so harmlos, denn immerhin wurden in unserem Falle viele Nadeln bis über die Mitte abgetötet, so daß sie alsbald abfielen oder noch lange bis in den Herbst hinein gebräunt und kränkelnd an den Zweigen sitzen. Diese beiden Typen 1 und 2 kommen also bei Picea excelsa und orientalis fast stets getrennt auf verschiedenen Individuen, auch an mitten aus dem Bestand heraus gefällten Kronen, zur Beobachtung. Ob es sich hierbei noch um die Mitwirkung anderer Außenfaktoren oder um Rasseeigentümlichkeiten der verschiedenen Individuen handelt, ist nicht entschieden. Wir wollen später noch einmal auf diesbezügliche Fragen zurückkommen, im übrigen möge die Tatsache uns Fingerzeige für experimentelle Untersuchungen und weitere Beobachtungen geben.

Der Typus 3 ist dadurch charakterisiert, daß alle Nadeln vom verschiedensten Alter in gleicher Weise geschädigt werden, also keinerlei Unterschiede in der Frostempfindlichkeit aufweisen. Am deutlichsten habe ich ihn eintreten gesehen bei Abies amabilis, und zwar einem etwa 5 m hohen Exemplar des Gießener Botanischen Gartens, bei dem durchweg die äußere Hälfte einer jeden Nadel braun verfärbt und mit scharfer Begrenzung die basale Hälfte grün, also noch lebend geblieben war. Der Baum macht nicht gerade den Eindruck freudigen Gedeihens, andere Exemplare derselben Art fehlen aber hier. Auch Abies Nordmanniana zeigt an verschiedenen schlechtwüchsigen Exemplaren denselben Typus, wie überhaupt bei dieser Art eine scharfe Trennung zwischen Typus 2 und 3 nicht möglich ist.

Sehr deutlich aber trat Typus 3 auch in Erscheinung an der grünen Pseudotsuga Douglasii, von der namentlich ein 15 m hohes Exemplar am Teich der Ostanlage zu Gießen vom Gipfel bis herunter sämtliche Nadeln in der gleichen Weise gebräunt zeigt, freilich vielfach ohne solch scharfe Grenze zwischen braunem Nadelende und grüner Nadelbasis. Daß übrigens die Douglasie gerade auf feuchtem Boden unter Winterfrost zu leiden hat, ist in der Literatur mehrfach festgelegt.

Tsuga canadensis verhielt sich ähnlich. Hier beobachtete ich die Schädigung nur an einer Gruppe noch ziemlich junger 1—3 m hoher Bäumchen, die kein besonderes Gedeihen zeigten. Fast sämtliche Nadeln waren genau wie bei Abies amabilis von der Spitze her mit scharfer Grenze gegen die grüne untere Nadelhälfte abgetötet. Es fand sich auch an verschiedenen Ästen ein verschieden großer

Prozentsatz unbeschädigter Nadeln zwischen den gebräunten. Größere Bäume zeigten sich meist völlig unbeschädigt.

Auch frostempfindliche Kiefern verhielten sich nach diesem Typus, so Pinus strobus, die nicht allein in der Stadt, sondern auch in 5—10jährigen Kulturen des Stadtwaldes alle Nadelspitzen mehr oder weniger tief herunter gebräunt und vielfach auch braune Flecken nach der Nadelbasis zu zeigten. Auch vereinzelt waren ältere etwa 40jährige Bäume in dieser Weise geschädigt. An manchen Exemplaren waren auch stärkere Äste und gelegentlich auch die jüngsten Nadeln unbeschädigt geblieben, ebenso wie ein größerer Prozentsatz sich als völlig frosthart erwiesen hatte.

Bei Pinus excelsa und Pinus Sabiniana waren die Schädigungen von derselben Art, nur stärker, so daß zum Teil weit mehr als die Nadelhälfte von der Spitze her gebräunt war. An den büschelförmig hängenden Nadeln von Pinus excelsa zeigte sich an einzelnen Sprossen auch die eigentümliche Erscheinung, daß die Nadelbasis gebräunt und die Nadelspitze grün geblieben war, indessen wird dies als aus äußeren Umständen wie stärkerer Exposition und Bestrahlung veranlaßt anzusehen sein. Wenn auch bei diesen Kiefern Nadeln aller Jahrgänge geschädigt waren, konnte doch vielfach eine stärkere Frosthärte der jüngsten Nadeln festgestellt werden. Das veranlaßt mich gerade auch hier, ebenso wie bei Abies Nordmanniana, zur Bemerkung, daß in einzelnen Fällen eine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Schädigungstypen schwer zu ziehen ist.

Auch die Zedern reagieren nach diesem Typus, wir haben von Cedrus atlantica in den städtischen Anlagen zwei schön gedeihende 12jährige Bäumchen. Von diesen ist das eine vollkommen gebräunt, d. h. alle Nadeln sind von der Spitze bis etwa zur Mitte abgetötet und fallen bei wärmerer Witterung langsam ab. Das andere nur etwa 20 m entfernt stehende, gleich hohe und gleich gut gedeihende, aber dem Ostwind wohl etwas weniger ausgesetzte Exemplar, ist vollkommen grün geblieben. Ob dies die einzige Ursache ihres verschiedenen Verhaltens ist oder ob auch konstitutionelle Eigentümlichkeiten dabei eine Rolle spielen, mag dahingestellt bleiben.

Ich schließe nun zunächst noch als Typus 4 der Schädigungen denjenigen der Taxaceae an. Bei diesen verläuft die Schädigung in der Weise, daß insbesondere die jüngsten Triebe, aber auch darüber zurück ältere vollkommen abgetötet werden. Es zeigen dann nicht nur fast alle Nadeln der betreffenden Triebe von der Nadelspitze bis zur Basis gleichmäßige Bräunung, sondern auch die Sprosse selbst sind gebräunt, und zeigen dadurch bereits ihren Tod an.[1]) Die meisten Eiben der Stadt waren winterhart, nur bei wenigen war diese Schädigung in vollkommener Weise zu sehen, und dies waren offenbar solche Exemplare, die aus anderen nicht sicher feststellbaren Ursachen an und für sich bereits schlecht gediehen. Bei der gewöhnlichen Taxus baccata war aber mehrfach deutlich die Erscheinung zu beobachten, daß kräftige Triebe, insbesondere Stammlohden und üppige Wasserreiser ganz unabhängig von ihrer Stellung zur Himmelsrichtung unbeschädigt geblieben waren. Stark war dieselbe Schädigung auch an der Pyramidenform Taxus baccata var. fastigiata, die in den Anlagen und Gärten Gießens zahlreich vertreten ist. Etwa die Hälfte solcher Eiben zeigte keine Schädigung — insbesondere diejenigen, welche schattigen Standort hatten —, die übrigen aber zeigten Frosttod der Nadeln wie bei der Hauptart ausgesprochen nur an der Süd- und Süd-Westseite der Sträucher.

Cephalotaxus Fortunei, die wir in einem etwa 20jährigen Exemplar im Botanischen Garten besitzen, erwies sich in derselben Weise geschädigt, es war sogar die Mitwirkung des Lichtes bei der Bräunung hier noch viel deutlicher, in-

[1]) Eine scharfe Trennung gegen Typus 1 wird freilich in vielen Fällen nicht möglich sein, da auch dort gelegentlich Abtötung der Zweige erfolgt, ohne sich indessen sofort mit der Deutlichkeit zu erkennen zu geben, wie bei der grünen Zweigrinde der Eiben.

sofern als einzelne Triebe nur diejenige Nadelreihe gebräunt zeigte, welche der Mittagssonne zugekehrt waren, wogegen die diesen gegenüberstehenden Nadeln sich grün erhalten hatten. Aber auch von den Sprossen im Schatten waren viele erfroren, die, obwohl sie keine Bräunung besitzen, trocken sind und allmählich abfallen.

Zum Typus 5, der sich eigentlich nicht wesentlich von dem vierten unterscheidet, sehe ich die Schädigungen einiger Cupressaceae, insbesondere diejenigen von Chamaecyparis Lawsoniana[1]), und Libocedrus decurrens an. Bei ihnen sind größere oder kleinere Sproßabschnitte von der jüngsten Spitze her tot und braun und fallen, soweit sie diese Schädigung erfahren haben, mit scharfer Grenze gegen gesunde Sproßteile nur ganz allmählich ab. Eine Beeinflussung der Schädigung durch die Richtung des Lichtes ist namentlich an mehreren Exemplaren von Chamaecyparis Lawsoniana deutlich wahrnehmbar. Auch Cryptomeria japonica, von der bei uns fast in jedem Winter einige größere oder kleinere Zweige erfrieren, wäre hierher zu stellen.

Wir wollen nun das Beobachtungsmaterial noch einmal überblicken, um dann einige theoretischen Erörterungen daran zu knüpfen. Die zuletzt genannten Typen 4 und 5 mögen dabei einmal ganz ausschalten, da sie ohne Zweifel bei der stets vorhandenen Tötung ganzer Sproßabschnitte den Übergang zu denjenigen Koniferen vermitteln, die durch größte Frostempfindlichkeit in unseren Breiten ausgezeichnet sind. Ohne Zweifel würde man auch viele andere bei uns absolut nicht aushaltende Koniferen in diese Gruppen zu stellen haben. Bei Typus 1—3 dagegen handelt es sich um Schädigungen, die sich nur an den Nadeln zeigen. Die weitere Frage erhebt sich, ob diese Typen etwas prinzipiell verschiedenes sind, etwa derart, daß bei Picea orientalis und Picea excelsa, wo ja Typus 1 und 2 nebeneinander an verschiedenen Exemplaren zur Beobachtung gelangten, eine erblich feststehende Disposition dieser Individuen besteht, so daß also die einen nur in der einen Weise, die anderen nur in der anderen Weise auf Frost reagieren. Darüber können nur größere Versuchsserien mit unter möglichst gleichen Bedingungen erzogenen Pflanzen Aufschluß gewähren.

Die zweite Möglichkeit, die zur Erörterung steht, ist die, daß ein- und dasselbe Individuum unter gewissen Umständen nur nach dem einen Typus und unter anderen nur nach dem anderen Typus reagiert. Unter »Umständen« wären hierbei insbesondere zu verstehen: Unterschiede in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit von Boden und Luft (vorangegangene Temperatur, Licht-, Schnee- und Windverhältnisse) zu verschiedenen Wintern, und physiologisch verschiedene Konstitution bei verschiedenem Alter. Letzteres spielt ja ziemlich sicher eine Rolle, nach der bekannten Erfahrung, daß Bäume aller Gruppen mit steigendem Alter an Frosthärte zunehmen. Weitere Beobachtungen in kommenden Wintern an denselben Individuen müßten also über diese Frage Auskunft geben können.

Die dritte Erklärungsmöglichkeit, die bereits oben zur Erörterung stand, ist die, daß ein und dasselbe Individuum nach verschiedenem Typus reagiert je nachdem der für die Schädigung in Betracht kommende Frost früher oder später im Winter einsetzt. Man würde also nach *Neger* das verschiedene Verhalten der beiden Seite 139 erwähnten Exemplare von Picea orientalis so erklären, daß das eine mit den Schädigungen an den jüngsten Nadeln (Typus 1) früher aus der Winterruhe erwacht sei als das andere, welches sich noch in einem früheren Stadium seiner Winterruhe befände. Aber damit können wir die größere Frostempfindlichkeit der älteren Nadeln noch nicht erklären.

Ohne vergleichende Beobachtungen am Spaltöffnungsapparat, sowie mikrochemische Untersuchungen der Nadeln verschiedener Jahrgänge werden wir hier

[1]) Nur die grüne Varietät zeigt solche Schädigungen, die blaue Form erwies sich in den verschiedensten Lagen als frosthart.

freilich dem Ziele nicht näher kommen. Ich könnte mir z. B. auch vorstellen, daß ähnliche Schwankungen in der Verteilung gewisser Stoffe, wie sie von *Berthold*[1]) und seinen Schülern, namentlich für den Gerbstoff, an anderen Pflanzen festgestellt wurden, bei dem Zustandekommen der verschiedenen Frostempfindlichkeitstypen der Koniferen ebensogut wie Wassergehalt und osmotischer Druck eine Rolle spielen.

Eine Gruppe weiterer Fragen würden die Beziehungen von anderen nichtparasitären Schädigungen, etwa durch Rauch und Trockenheit, sowie der Pilzkrankheiten zu den Frostschädigungen in strengen Wintern zum Gegenstand haben. Die bei meinen Beobachtungen allgemein zutage getretene Erscheinung, daß gesunde, kräftige Exemplare derselben Art und kräftige Organe desselben Individuums frosthärter sind, läßt unbedingt auf solche Beziehungen schließen. Daß ferner die in der Stadt stehenden Fichten, wie Picea excelsa, P. orientalis und P. sitkaensis durchweg stärker erfroren sind, als diejenigen in einiger Entfernung von der Stadt, wird meines Erachtens nicht allein in der »Verzärtelung« der Stadtexemplare seinen Grund haben, sondern sehr wahrscheinlich auch mit der Rauchschädigung der Stadtfichten in Zusammenhang stehen.

Freilich ist hierzu auch der umgekehrte Fall zu registrieren. Picea pungens, die in der Stadt allenthalben prächtig gedeiht und keinerlei Schädigung durch Rauch oder Frost erkennen läßt, ist in unserem Forstgarten durch eine sehr schlechtwüchsige etwa 20jährige Kultur vertreten, von der alle Exemplare ganz erheblich nach Typus 1 durch den Winterfrost gelitten haben.

Welche Umstände nun diese letztere Erscheinung bedingen, kann ich nicht entscheiden, sie fällt jedenfalls unter die allgemeine Erfahrung, daß die Winterfrostempfindlichkeit um so größer ist, in je schlechterem Ernährungszustand sich die betreffenden Koniferen befinden.

Hierzu noch ein sehr drastisches Beispiel. Wir haben in der städtischen Anlage u. a. eine kräftig gedeihende Chamaecyparis Lawsoniana, die aber in der Mitte des Stammes Anzeichen einer Erkrankung von Pestalozzia funera mit Anschwellungen und starkem Harzfluß trägt. Unterhalb der Befallsstelle sind sämtliche Äste durch den Frost unversehrt und grün geblieben, oberhalb davon sind sie in ganz erheblichem Maße in der oben beschriebenen Weise (Typus 5) geschädigt, so daß das Bäumchen mit seiner oberen braunen und seiner unteren grünen Hälfte schon von weitem auffällt.

Ähnliche Beziehungen zwischen Pilzkrankheiten und von ihnen abhängigen[2]) Frostschädigungen vermute ich auch bei anderen Koniferen. Wer weiß, ob nicht extreme Frostempfindlichkeit einzelner Fichten im Walde schon ein Zeichen irgendwelchen Pilzbefalles ist, der sonst am Stamme noch in keiner anderen Weise äußerlich in Erscheinung tritt. Und daß es sich meines Erachtens in diesen Fällen höchst wahrscheinlich um echte Frosttrocknis, die durch den Pilzbefall stark begünstigt wird, handelt, das sei nur nebenbei bemerkt.

So würde noch eine Reihe weiterer Probleme im Anschluß an die beschriebenen Frostschädigungen aufzurollen sein. Zu ihrer Lösung aber bedarf es zunächst weiterer Beobachtungen und Untersuchungen. Diese haben insbesondere in fortgesetzter genauester Registrierung von Winterfrostschädigungen und dem gleichzeitigen Witterungsverlauf in den kommenden Jahren zu bestehen, namentlich müssen so ausgedehnte Riesenexperimente wie sie uns die Natur selber bietet, und die uns ja im Laboratorium noch lange nicht in dieser Mannigfaltigkeit gelingen werden, weitgehend aufgenommen und durch entsprechende Freilandversuche ergänzt werden.

In dieser Richtung sollen diese meine Zeilen Beiträge liefern und zu ähnlichen Beobachtungen den Anlaß geben.

[1]) Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. Leipzig 1890/1904.

[2]) Die umgekehrte Beziehung, daß Frostschädigung die Disposition für Pilzbefall schafft oder erhöht, ist ja längst bekannt.

Abschließend möchte ich noch einmal hervorheben, daß ich mit meinen Beobachtungen, wie eingangs erwähnt, zunächst einmal das sehr vielgestaltige Tatsachenmaterial in ein System zu bringen versuchte. Es war mir in der Hauptsache darum zu tun, festzustellen, daß unter dem bezeichneten Witterungsverlauf des Winters 1921/22 insbesondere unter der Wirkung der tiefen Temperaturen Anfangs Februar, die verschiedenen Koniferen sich nach den angegebenen 5 Typen geschädigt zeigten. Ob damit die Vielgestaltigkeit der Schädigungen erschöpft ist, glaube ich noch nicht, zumal meine Beobachtungen nur etwa an 30 Koniferenarten gewonnen wurden. Ohne Zweifel werden Beobachtungen an anderen Arten, in anderen Gegenden und zu anderen Zeiten die Zahl der Typen noch vermehren können.

Sollte im übrigen sich die gewonnene Gruppierung in etwaigen Zweifelsfällen, welche Art der Schädigung oder Erkrankung einer Konifere vorliegt, zu Vergleichszwecken als brauchbar erweisen, dann dürften diese Mitteilungen auch ihren praktischen Zweck erreicht haben.

Literatur.

Alers, G., Der Frost in seiner Einwirkung auf die Waldbäume. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien 1884.

Booth, John, »Grüne« oder »blaue« Douglasfichte? Mitt. d. DDG. 1904. S. 160/1.

Borries, v., Bereifung der Nadeln schützt gegen Kälteeinwirkung. (Kleine Notiz.) Mitt. d. DDG. 1909. S. 309.

Büttner, G., Beiträge über Frostschäden im Winter 1908/9. Mitt. d. DDG. 1909. S. 132—135. Sorten angegeben, die im letzten Winter in Tharandt »gelitten« haben.

Forster, H., Über ausländische Koniferen. Mitt. d. DDG. 1905. S. 497—508. Mit ausführlichen Tabellen über Frostempfindlichkeit.

Frothingham, E. H., Die Douglasfichte, ihre Küstenform und Gebirgsform. Mitt. d. DDG. 1909. S. 69—95.

Fürst u. Prantl, Der Einfluß des Winters 1879/80 auf unsere forstliche Pflanzenwelt. Forstwiss. Zentralbl. 1880, Bd. 2. S. 476—482.

Gniewosz, L. v., Der abnorme kalte Winter 1906/7. Mitt. d. DDG. 1907. S. 279—281.

Graebener, Einwirkung des Winters 1908/9 im mittleren Baden. Mitt. d. DDG. 1909. S. 147/8.

Hahn, Schäden durch Spätfrost im Frühjahr 1911. Mitt. d. DDG. 1911. S. 398.

Hausrath, H., Versuche zur Entstehung der Vertrocknungsschütte. Forstwiss. Zentralbl. 1913. S. 352—54.

Heyde, G. v. d., Frostwirkung an Buxus sempervirens Handworthii. Mitt. d. DDG. 1917. S. 235.

Höfker, Über die Folgen der Spätfröste mit besonderer Berücksichtigung des Aprilfrostes 1913. Mitt. d. DDG. 1913. S. 110—116.

Hübner, O., Beobachtungen über die Einwirkung und Nachwirkung der Dürre des Sommers 1911 an den Baumpflanzungen, Parkanlagen und in den Forsten des Kreises Teltow. Mitt. d. DDG. 1912. S. 77—85. — Dazu Diskussion. Ebenda S. 85—91.

Hupfauf, Über die Wirkung der Winterfröste 1879/80 auf die Nadelhölzer. Forstwiss. Zentralbl. 1880. S. 263.

Knörzer, Das Auftreten der Frühjahrsfröste in den verschiedenen Teilen Bayerns. Nat. Ztschr. Fo. Ldw. 1905. 3. S. 385.

Lange, A., Witterungseinflüsse 1908—9 im botanischen Garten zu Kopenhagen. Mitt. d. DDG. 1909. S. 127—132.

Mayr, H., Die Einwirkung der Oktoberfröste 1908 auf Wald- und Parkbäume. Mitt. d DDG. 1909. S. 136—147.

Neger, F. W. u. Fuchs, J, Untersuchungen über den Nadelfall der Koniferen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1915, 55. S. 608—660.

Philipsen, H., Die Einwirkung des Frostes auf die Pflanzen. Mitt. d. DDG. 1913. S. 109—110.

Schwappach, Neuere Erfahrungen über das Verhalten der Pseudotsuga Douglasii und Picea sitkaensis. Mitt. d. DDG. 1909. S. 95—103.

Schwerin, F. Graf v., Notizen über das Gedeihen einiger Koniferen. Mitt. d. DDG. 1908. S. 84—95. (Mit Diskussion.)

Seidel, Rud., Einiges über den Winter 1908/9. Mitt. d. DDG. 1909. S. 124—127.

Seydel, Erfahrungen mit dem Anbau ausländischer Gehölzarten. Mitt. d. DDG. 1909. S. 106—120.

Wagner, Rud., Die Pinsapotanne und ihre Heimat. Österr. Gartenzeitung 1908. S. 288. — Ref. Mitt. d. DDG. 1908. S. 230—232.

Winkler, Alb., Über den Einfluß der Außenbedingungen auf die Kälteresistenz ausdauernder Gewächse. Jahrb. f. wiss. Bot. 1913, 52. S. 467—506.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Funk Georg

Artikel/Article: Vergleichende Beobachtungen über Winterfrostschädigungen an Koniferen. 135-144