

Carinthia II	175./95. Jahrgang	S. 359–376	Klagenfurt 1985
--------------	-------------------	------------	-----------------



## Bekannte und neue Symptome des Nadelbaumsterbens im Rosental (Kärnten)

Von Wilfried Robert FRANZ

Mit 2 Abbildungen, 3 Tafeln und 1 Tabelle

**Zusammenfassung:** In dieser Arbeit werden die Immissionsbelastungen in bestimmten Bereichen des Rosentals, besonders in der Umgebung von Feistritz im Rosental und Ferlach auf Grund von typischen Klimasituationen (Föhn, Temperaturinversion) besprochen.

Bekannte Symptome des (Nadel-)Baumsterbens werden in Abbildungen dargestellt. Beobachtungen von Krankheitssymptomen an bisher resistent oder relativ unempfindlich geltenden Arten (z. B. *Pinus nigra*, *Taxus baccata*) werden kurz erläutert.

**Abstract:** This piece of work deals with pollution through immission in the vicinity of Feistritz im Rosental and Ferlach as a result of typical climatic conditions (foehn/inversion of temperature).

Notorious signs of damage done to trees are shown in photographs, while newly observed symptoms of dead or dying softwood hitherto considered less susceptible to pollution (esp. *Pinus nigra*, *Taxus baccata*) are briefly commented on.

### EINLEITUNG

Mehrere Exkursionen, Bergwachtdienste, Wandertage und Untersuchungen über eine thermophile Waldsaum-Gesellschaft (FRANZ, in Vorbereitung) hatten u. a. auch das in letzter Zeit oft diskutierte Thema über das gegenwärtige Zustandsbild des Waldes sowie mögliche Veränderungen des Waldzustandes im Rosental und einigen Seitentälern zum Inhalt.

Bei diesen Untersuchungen wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, bereits bekannte und eventuell neue Symptome pathologischer Veränderungen an Bäumen zu erfassen und durch Fotos zu dokumentieren.

Der vorliegende Aufsatz soll eine Information für alle jene Personen sein, die sich, unabhängig von den oft widersprüchlichen Meldungen zum Thema „Waldsterben“, ein eigenes Bild vom Zustand des Waldes machen wollen.

An dieser Stelle soll jedoch mit Nachdruck darauf verwiesen werden, daß es sehr problematisch ist, aus vereinzelt auftretenden Schäden Rückschlüsse auf den Gesamtzustand des sehr komplexen Lebensraumes Wald zu ziehen oder auf mögliche Emittenten als Verursacher zu schließen.

Wenn dies vom Autor dennoch in einzelnen Fällen gemacht wird, so beruhen diese Schlüsse auf mehr oder weniger gesicherten und allgemein anerkannten Ergebnissen von Schadensbildern aus der Literatur sowie unmittelbaren Beobachtungen. Absolut sichere Hinweise können in Kärnten derzeit nur durch direkte Schadstoffmessungen oder nach Auswertung von Nadelproben hinsichtlich der aufgenommenen Schadstoffe erhalten werden.

### SCHADSTOFFBELASTUNG UND KLIMATISCHE ZUSAMMENHÄNGE

Daß die Schadstoffbelastung in ihrer Gesamtheit am Waldsterben maßgeblich beteiligt ist, steht außer Zweifel, wenn auch viele Fakten und Zusammenhänge noch ungeklärt sind.

Nach Erhebungen des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft sind nachweislich acht Prozent der Waldfläche (ca. 300.000 Hektar) des Bundesgebietes durch Schadstoffe  $\pm$  stark geschädigt. Davon sind 120.000 ha mäßig bis stark geschädigt, 1200 ha schon rettungslos verloren. Vom Kärntner Waldbestand sind durch negative Umwelteinflüsse ca. 14.500 ha (= 2,5 Prozent der Waldfläche Kärntens) in ihrer Existenz gefährdet.

Nach SCHÜTT (Vortrag, Frühjahrstagung des Naturwissenschaftlichen Vereins, Mai 1985) ist der Wald als Ökosystem in Gefahr. „Wir haben es nicht nur mit dem allgemein verständlichen Terminus „Saurer Regen“, sondern mit einem äußerst komplexen Zusammen- und Einwirken verschiedener Schadstoffe auf Vegetation und Boden zu tun.

Schon seit Jahrzehnten wirken Schadstoffe auf das Ökosystem Wald, ohne daß irgendwelche Anzeichen einer Schädigung bemerkt werden konnten; jetzt zeigen oft geringe Einflüsse eine große Wirkung.“

Neben dem Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) wirken zahlreiche andere Schadstoffe wie Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Halogenwasserstoffe, Photooxidantien (z. B. Ozon, Peroxiacetylnitrat = PAN), Schwermetalle und Stäube in all den verschiedenen Kombinationen, deren Auswirkungen schwer erfassbar sind und bei denen sich die Einzelkomponenten gegenseitig fördern, so daß die Gesamtwirkung größer ist als die Summe der Einzelwirkungen (synergistische Wirkung).

## SO<sub>2</sub>-Belastung

Als Schwerpunkte für SO<sub>2</sub>-Belastungen in Kärnten, in denen bei länger andauernden austauscharmen Wetterlagen gesundheitsschädigende SO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft erreicht werden, gelten nach TAUBER (1985): Klagenfurt (verbautes Gebiet), Villach (verbautes und unverbautes Gemeindegebiet), Arnoldstein (höchste SO<sub>2</sub>-Belastung), vgl. dazu auch KOFLER u. a. (1979), Nötsch, Radenthein, Wolfsberg (gesamtes Gemeindegebiet) und schließlich Finkenstein und Eisenkappel-Vellach (verbautes Gebiet).

Es ist verwunderlich, daß in keiner Untersuchung die Schadstoffbelastung im Großraum Ferlach bzw. die periodischen SO<sub>2</sub>-Emissionen in Feistritz/Rosental je erwähnt wurden.

In persönlichen Gesprächen mit Personen aus Feistritz/Ros. wurde oft auf die periodisch auftretende starke SO<sub>2</sub>-Entwicklung hingewiesen, es wurde jedoch nichts dagegen unternommen. Gegen die Fa. JUNGFER in Feistritz wurde nun seit geraumer Zeit ein Forstverfahren von Amts wegen eingeleitet. Eine Sanierung soll durch Vorschreibungen hinsichtlich der SO<sub>2</sub>- und Staubemissionen und die Errichtung einer neuen Akku-Schrottverwertungsanlage bis zum Jahre 1986 erreicht werden (TAUBER 1985).

Durch die bevorstehende Verlegung einzelner Produktionszweige der Austria Draht nach Bruck/Mur wird das bisherige Immissionsproblem von Ferlach in die Steiermark verlagert.

In Feistritz/Ros. trat früher durchschnittlich einmal pro Woche eine stärkere Schadstoffemission auf.

Meist zog der Rauch durch das Bärenal flußaufwärts gegen die Karawanken in Richtung Süden, bisweilen auch gegen die Drau nach Norden. Gerade im Gebiet südlich der Akkumulatorenfabrik sind die Schäden an Fichten, Lärchen und Tannen unterschiedlicher Altersklassen besonders deutlich. Neben dem Talboden bis etwa zur Zentrale sind auch die Höhenrücken um Maltschach und Sinach besonders stark betroffen. Die im Zuge des Bioindikatornetzes ausgewerteten Nadelproben ergaben für den Meßpunkt Feistritz/Ros. für den 1. Nadeljahrgang 0,089%, für den 2. Nadeljahrgang 0,104% Schwefel – Werte, die noch „gering unter dem Grenzwert“ liegen (Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder 1985). Allerdings sollten die aus den eigenen Beobachtungen gewonnenen Ergebnisse doch zu größerer Sorge Anlaß geben.

Zu den in Feistritz/Ros. hausgemachten Emissionen kommen sicher auch noch importierte aus dem benachbarten Ausland, aus dem Schwerindustriezentrum Jesenice (Abling). Die meisten Bergsteiger, die in den westlichen Karawanken unterwegs sind, kennen die bräunliche „Dunstwolke“ über Jesenice, das genau südlich von Feistritz/Ros. im Save-Tal liegt.

Eine Verstärkung des Immissionseinflusses ist bei den in Südkärnten nicht seltenen Süd-Föhn-Wetterlagen sehr wahrscheinlich. Neben der Trans-

portwirkung durch den Wind dürften auch die erhöhten Niederschläge am N-Fuß der Karawanken eine wichtige Rolle für die Immission aus dem Ausland spielen. Der Unterschied von 277 mm der Jahresniederschlagsmaxima zwischen den nur etwa 6 km (Luftlinie) voneinander entfernten Meßstationen Feistritz/Ros. und dem nördlich davon gelegenen Köttmannsdorf, zeigt die für S-Kärnten typische Niederschlagsabnahme von S gegen N (Tab. 1).

Tab. 1: Niederschlagsjahresmittel, Niederschlagsmaxima, Zahl der Nebeltage nach TROSCHL (1980)

Station	Mittel der Jahresniederschläge in mm	Niederschlagsmaximum (in mm) im Monat November	Jährliche Zahl der Nebeltage (Horizontal-sicht zeitweise kleiner als 1 km)
Feistritz i. Ros. (466 m NN)	1473	236	77
Ferlach (466 m NN)	1369	197	69
St. Margareten i. Ros. (607 m NN)	1217	166	61
Köttmannsdorf (546 m NN)	1196	170	84
Ludmannsdorf (565 m NN)	1311	198	80
Keutschach (538 m NN)	1131	151	86
Maria Rain (528 m NN)	1192	176	84
Klagenfurt (447 m NN)	949	116	99

Durch die ergiebigen Niederschläge am N-Fuß der Karawanken sowie die relative Nähe zum möglichen Emittenten (ca. 12 km Luftlinie in direkter N-S-Richtung) ist die stärkere lokale Belastung durch saure Niederschläge sehr wahrscheinlich.

Hinsichtlich der Niederschläge gilt für den Untersuchungsraum St. Margareten i. Ros.–Ferlach–Waidisch Ähnliches wie für den Raum Feistritz i. Ros. Auch hier sind die Niederschläge (mittlere Jahresniederschlagssummen, mittlere Monatssummen) der Stationen am N-Fuß der Karawanken (Ferlach, St. Margareten i. Ros.) entsprechend höher als die Niederschlagssummen nur wenige Kilometer nördlich gelegener vergleichbarer Stationen (Maria Rain, Klagenfurt).

Bezüglich der möglichen Emittenten gibt es gegenüber dem Gebiet Feistritz i. Ros. deutliche Unterschiede: In der Büchsenmacherstadt Ferlach ist die Belastung im Ballungszentrum durch den Hausbrand sicherlich wesentlich größer als im nahen Feistritz i. Ros., vermutlich ist die Belastung durch die Schwerindustrie in Ferlach ebenfalls größer als in Feistritz.

Im Gegensatz zu Feistritz fehlt Ferlach eine mögliche unmittelbare Emissionsbelastung aus dem benachbarten Jugoslawien.

Die häufigsten Krankheitssymptome an Bäumen findet man in der Umgebung von Ferlach an den Prallhängen des Sechters zwischen Waidisch und Unterloibl (deutliches Tannensterben, ca. 95% von *Abies alba* sind mit Misteln, *Viscum album* ssp. *abietis* befallen – nach MAYER 1984, führt der vitalitätsmindernde Mistelbefall auch zum Absterben der Tannen), NE-exponierter Abhang des Singerberges unterhalb und oberhalb der Loibl-Bundesstraße, auf den Schotterterrassen des Loibl- und Waidischbaches, auf den N-exponierten Hängen des Hintergupfs (besonders Schäden an älteren Tannen) sowie auf der rechtsufrigen Drauterrasse zwischen Kirschentheur und Reßnig.

Vergleicht man die Lokalitäten, an denen sich die Schäden häufen, so sind für eine mögliche Schadstoffeinwirkung die bereits erwähnte Morphologie (Prallhang, Talflanken, Terrassenränder, exponierte Rücken), im besonderen jedoch auch klimatische Faktoren (Windrichtung, Niederschlagshäufigkeit, Inversionslage, Nebel, Reif usw.) von großer, aber dennoch nur sekundärer Bedeutung. Akute Schäden treten in exponierter Lage, auf Luv-Seiten, in vom Wind durchströmten Tälern (Waidisch-, Loibl-, Bärental), in Gebieten mit Lokalwinden (Tal-Berg-Wind, z. B. Kotlaschlucht bei Unterloibl) wesentlich häufiger auf, als beispielsweise in geschützten Lagen, an Hängen, die dem Wind abgekehrt sind (Lee-Lagen), sowie in Mulden. Ähnlich wie in Feistritz/Ros. sind die durch Beobachtung erfaßten Schäden größer, als es die Meßergebnisse (Schwefelgehalt) vermuten ließen. Allerdings liegt der Meßpunkt Waidisch doch etwa 5 km von den Emissionsquellen in Ferlach entfernt, so daß es hier bereits zu einer Verdünnung von Luftschadstoffen kommen kann.

Die Auswertung von Nadelproben hinsichtlich ihres Schwefelgehaltes beim Probenpunkt Waidisch war um einige hundertstel Prozent geringer als in Feistritz i. Ros. Für Waidisch werden folgende Werte angegeben: 0,081% Schwefel im 1. Nadeljahrgang sowie 0,093% Schwefel im 2. Nadeljahrgang (Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder 1985).

Als Kronenzustandsformen bzw. Verlichtungsstufen wird für die Beobachtungspunkte Ferlach und Seidolach „starke Verlichtung“ (Stamm und Äste sehr gut sichtbar, und neben zahlreichen Zweigen 2. Ordnung sind auch einzelne dürre Äste in der Krone erkennbar) angegeben. Auf den 4×4 km großen Beobachtungsflächen (290 in Kärnten) werden jeweils 30 Nadelbäume (in der Regel Fichten) dauerhaft markiert und die Kronen dieser Bäume hinsichtlich ihres Verlichtungsgrades angesprochen (Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder 1985). Diese für Ferlach bzw. Seidolach angeführten Ergebnisse stimmen mit den eigenen Beobachtungen gut überein.

Als wichtiger klimatischer Faktor, der zur Verstärkung der Schadstoffimmission führen kann, wurde bereits der Nebel erwähnt. Er scheint im Untersuchungsgebiet eine bedeutende Rolle zu spielen.

Neben den häufigsten Niederschlagsformen wie Regen und Schnee sind Nebel, Tau und Rauheif ebenfalls Träger des „sauren Regens“, die jedoch bei Messungen nicht in ihrer eigentlichen Bedeutung als Schadensverursacher berücksichtigt werden.

Durch Nebel und Tau können aber auch trockene Ablagerungen in Lösung gehen und wieder Schaden verursachen. Darüber hinaus ist der beständige Nebel (und auch der Reif) mit den feinen Wassertröpfchen (oder den Eiskristallen) wesentlich länger in Kontakt mit der Pflanze, als z. B. bei kurzfristigem Regen.

Ein Hinweis für den negativen Einfluß des Nebels (dessen Bildung durch die Wasserflächen der Drau-Staustufen noch verstärkt wird) mag aus der Tatsache abgeleitet werden, daß die verschiedenen Schäden an Tannen, Fichten, Rotföhren, Schwarzföhren (und Stroben) in Höhenlagen oberhalb der durchschnittlichen Nebelobergrenze (bei Inversionslagen) im Untersuchungsgebiet deutlich geringer sind (Ausnahme Loibltal und Bodental).

Durch Kälteseen, die im Winter im Rosental und in den Seitentälern sehr häufig gebildet werden und manchmal oft über mehrere Tage, ja Wochen bestehen können, kommt es zum Aufbau von Sperrschichten, die einen Gasaustausch mit den über der Sperrschicht gelegenen Luftmassen verhindern. In diesen Kaltluft- und Nebelseen führt die permanente Einwirkung der Schadstoffe während der Spätherbst- und Wintermonate eher zu Schäden als in nebelfreien Zonen.

Wie Untersuchungen aus dem Stadtgebiet von Klagenfurt (Klagenfurter Becken) zeigen (SEGER 1985), ist die Hauptbelastung durch  $\text{SO}_2$  an kalte, austauscharme Wetterlagen der Wintermonate Dezember bis Februar gebunden. In diesem Zeitraum wird in Klagenfurt an wenigen Tagen der Grenzwert von  $0,3 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  überschritten. Die winterlichen Belastungen werden so gut wie ausschließlich den bei der Raumheizung (inkl. Fernwärme) anfallenden Emissionen zugeschrieben.

Die Erscheinung, daß durch den zugefrorenen Wörther See, aber auch durch die geschlossene Schneedecke die anfallenden Kaltluftmassen so umfangreich werden, so daß die Mischungsschichthöhe die Höhe der seitlichen Umrahmung des Klagenfurter Beckens überschreitet und daß sich dadurch der zur Verdünnung von Luftschadstoffen ganz wesentlich erweitert (TAUBER 1985), hat für das Rosental keine Gültigkeit. In dieser Situation kann im Klagenfurter Becken ein relatives Absinken der  $\text{SO}_2$ -Belastung, an höher gelegenen Meßstellen jedoch ein Ansteigen der Belastungen festgestellt werden.

Abschließend seien zum Abschnitt: Belastung durch Oxide des Schwefels noch einige bisher bekannte direkte Schäden durch Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) angeführt (nach SCHÜTT 1984):

- Störungen des Spaltöffnungsmechanismus führen zu Trockenschäden (Nadelverlust, Wipfeldürre)
- Störungen der Photosyntheserate (über genaue Ursachen noch wenig bekannt)  
Bei chronischen Schädigungsbedingungen und steigender  $\text{SO}_2$ -Konzentration treten Schäden auf wie:
  - Beeinträchtigung der Bildung des Chlorophylls
  - Abbau des Blattgrüns (Chlorose)
  - teilweises Absterben von Nadeln und Blättern (negative Auswirkung auf Zuwachsraten, Abnahme der Jahresringbreite und der Holzdicke)
- Schwächung der Frosthärte von Fichtennadeln
- Ätزشäden an der Blattoberfläche bei direkter Einwirkung des  $\text{SO}_2$  in Form des sauren Regens ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Steigerung der Dunkelatmung bei empfindlichen Kiefersämlingen (Kohlenhydratverlust durch verstärkte Atmung)

Von den angeführten Schäden konnten jene, die unmittelbar beobachtbar sind, auch im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden.

## Fluorwasserstoff-Belastung

Zu den direkten und klassischen Immissionsschäden zählt neben dem Schwefeldioxid auch der Fluorwasserstoff (auch andere Halogenwasserstoff-Verbindungen?). Akute Schäden äußern sich bei Nadelhölzern in rötlichen oder weißlichen Verfärbungen der Nadeln, die von der Spitze zur Basis fortschreiten. Solche Nekrosen treten bei Fichte, Tanne und Lärche besonders an den Nadelspitzen auf, das geschädigte Gewebe ist meist scharf von der übrigen Nadel abgesetzt.

Die in den größeren Orten Kärntens gemessenen HF-Belastungen ergaben keinen Anlaß zur Besorgnis, bedenklich ist jedoch die Tatsache, daß in Orten mit hohen Fluorid-Werten bisweilen auch stark erhöhte  $\text{SO}_2$ -Emissionen auftraten (z. B. Raum Arnoldstein). Hohe Fluoridwerte werden auch im Lavanttal und in Feldkirchen gemessen (TAUBER 1985).

Von großer Bedeutung ist die Tatsache, daß Spuren von HF die Giftwirkung von  $\text{SO}_2$  deutlich erhöhen.

An dieser Stelle soll angeregt werden, daß auch in Ferlach Messungen hinsichtlich der Fluorid-(oder Chlorid-?)Belastung durchgeführt werden sollten, falls die zur Untersuchung nach Wien gesandte Nadelprobe einer Schwarzföhre positiv ausfällt.

Bemerkenswerte Immissionsschäden unterschiedlicher Art konnten in Ferlach auf der sogenannten „Gabl“ nördlich und südlich des Bahndammes der Lokalbahn unweit der Loiblstraße sowie in Feistritz unweit der Brücke über den Feistritzbach nachgewiesen werden.

Es zeigte sich, daß die bekannten Schadensbilder der Nadelverfärbung lediglich in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle (Verzinkerei, Beizerei der Austria Draht) zu beobachten sind. Verstärkt wird die Immission auch auf lokalen Prallhängen, wie z. B. an der Straßenböschung der Loiblstraße unterhalb des Hauses Nr. 25 (Bonfanti) sowie am Bahndamm der Bahnlinie Ferlach–Weizelsdorf – vgl. Morphologie.

Die Bedeutung des Ausmaßes der Schädigung in Abhängigkeit von der Intensität der Immissionseinwirkung, der Exposition des Objektes sowie seine Entfernung vom Emittenten kann an zwei Beispielen gezeigt werden.

An der Hangböschung oberhalb der Loiblstraße ist 300–400 m von der möglichen Emissionsquelle und in direkter Sichtverbindung zu dieser eine Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) deutlich geschädigt (vgl. Tafel II, Fig. 4).

Die meisten Nadeln der ca. zwölf Jahre alten, bisher als eher unempfindlich gegen verschiedene negative Standortbedingungen geltende Schwarzkiefer weisen typisch verfärbte Nadelspitzen auf (ob durch HCl, die in der Beizerei verwendet wird?). Eine etwa 100 m weiter entfernt unter ähnlichen Standortverhältnissen ebenfalls an der Loiblstraße wachsende gleichaltrige Schwarzkiefer ist von der Emissionsquelle durch mehrere Häuser

#### Tafel I

Abb. 1: Starke Schädigung an *Picea abies*, die Krone macht einen „zerzausten“ Eindruck, der u. a. auch dadurch zustande kommt, daß die regelmäßige Aufeinanderfolge der Jahrestriebe gestört ist, indem Jahrestriebe vermehrt ausfallen und Seitentriebe das weitere Längenwachstum übernehmen. Typische, entnadelte Zweige. Bodental/ Parkplatz. FOTO: W. R. FRANZ.

Abb. 2: Ein geschädigter Baum stellt das Dickenwachstum fast ein. Der Jahreszuwachs der letzten 20 Jahre ist minimal und entspricht im Bild dem Jahreszuwachs von vier Jahren (ohne Belastung?). Erst wenn andere Bäume unter selben Standortbedingungen ähnlichen geringen Jahreszuwachs aufweisen, ist der negative Einfluß durch die Immission eindeutig bewiesen. Etwa 102 Jahre alte Fichte im ehemaligen Voigt-Park in Ferlach. FOTO: W. R. FRANZ.

Abb. 3: Chlorose bei *Pinus strobus*, relativ hoher Totastanteil, Verlichtung von innen nach außen. Ehemaliger Voigt-Park in Ferlach; auch in Klagenfurt mehrfach zu beobachten (z. B. Sanatorium, Rotschitzenstraße u. a.). FOTO: W. R. FRANZ.

Abb. 4: Buchen-/Tannen-Bestand an der Waidischer Landesstraße. Tanne (größter Baum in der Mitte des Bildes) sehr stark von *Viscum album* subsp. *abietis* (Tannen-Mistel) befallen, auch die aus ruhenden Knospen des Hauptstammes entstandenen sog. Klebbäste (dadurch versuchen erkrankte Tannen, die fehlende Nadelmasse zu ersetzen) sind zu erkennen. Die Buche hat im Gipfelbereich die Blätter bereits abgeworfen (pathologisch?). FOTO: W. R. FRANZ.



## Tafel II

Abb. 1: Sehr stark geschädigte Rotföhre, *Pinus sylvestris*, nördlich der Austria Draht am Bahndamm in Ferlach. Auch vom letzten Nadeljahrgang sind schon die meisten Nadeln abgefallen. Viele Nadeln weisen außerdem Spitzen-Nekrosen (abgestorbene, braune Spitzen) auf. Der Baum blüht auffallend stark. Es ist bemerkenswert, daß kränkelnde Bestände (auch Fichten) auch außerhalb der starken Blütenjahre („Mastjahre“) viele Zapfen und Samen ausbilden.

Foto: W. R. FRANZ

Abb. 2: *Populus alba*, abgestorben, ein Exemplar mit hohem Totastanteil. Nördlich der Austria Draht in Ferlach.

Foto: W. R. FRANZ

Abb. 3: Chlorose an einem einzelnen Ast von *Pinus sylvestris*. Durch Nährstoffmangel (z. B. Fe, Mn, Mg) verursachte Vergilbung von Blattorganen. Am NE-Abhang des Singerberges sind nicht nur einzelne Äste vergilbte Blätter, sondern ganze Bäume (Prallhang). Foto an der Straße zwischen Ferlach und Görttschach.

Foto: W. R. FRANZ

Abb. 4: *Pinus nigra* an der Loiblstraße in Ferlach. Spitzen-Nekrosen an den Nadeln können Folgen einer hohen Schadstoffkonzentration (Halogen-Wasserstoffe) sein.

Foto: W. R. FRANZ

Abb. 5: Lametta-Syndrom (lamettaartig herabhängende Äste) an *Picea abies*. Starke Nadelverluste der herabhängenden Äste zweiter Ordnung. Aufnahme südlich Mallnitz, an der Straße.

Foto: W. R. FRANZ

Abb. 6: *Picea abies* im Bodental. Die Gelbfärbung (Chlorose) an jungen Fichten ist oft ein Zeichen von Magnesiummangel. Das  $Mg^{2+}$  kann durch das saure Bodenwasser ausgewaschen werden. Geringfügige Blattschäden wie Chlorosen können auch bei  $SO_2$ -Einwirkung oder N-Mangel auftreten.

Foto: W. R. FRANZ

sowie durch ein größeres Wirtschaftsgebäude vor der direkten Immissionswirkung offensichtlich gut geschützt. Dieser Baum ist nicht nur ca. 2 m größer als sein „kranker Bruder“, er weist auch überhaupt keine äußerlich sichtbaren Schäden auf. Im Werksgelände selbst war in früheren Jahren die Vegetationszerstörung an Gräsern und Kräutern relativ stark und entsprach teilweise im Erscheinungsbild sogar den von KUTSCHERAMITTER, LICHTENEGGER und SABOTNIK (1982) beschriebenen Schadensbildern.

Die Abhängigkeit der Schäden von der Dauer der Schadstoffeinwirkung kann besonders deutlich an Straßenrändern beobachtet werden. Hat man sich einzelne Pflanzen zur Beobachtung über einen längeren Zeitraum ausgesucht, so kann bei fortgesetzter Schadstoffeinwirkung oft eine deutliche Verschlechterung des Schadensbildes beobachtet werden (z. B. vergilbte Nadeln bei Rotföhren wurden nach ein bis zwei Jahren abgeworfen – auch ohne Streusalzeinfluß!).

## $NO_x$ -Belastung

Besonders auffällig sind die Schadensbilder an der Autobahn Klagenfurt–Villach und an anderen Straßen mit größerem Verkehrsaufkommen. Neben den bekannten Schäden an Nadelhölzern wie Kronenverlichtung, Lamettensyndrom (nur bei Fichte), Wipfeldürre (Abb. 1) konnten auch deutliche Schäden an der Rotbuche, *Fagus sylvatica*, und an jungen



Hainbuchen, *Carpinus betulus*, festgestellt werden. Die kranken Bäume fallen hauptsächlich durch schütterere Belaubung, oft lückenhafte Kronen und etliche kahle Äste auf. Blattnekrosen treten bereits im Juni auf und sind auf einzelne Äste der Krone beschränkt. Die Bräunungen beginnen an der Blattspitze, setzen sich an den Seitenrändern fort, schließlich erfassen sie das ganze Blatt. Solche Blattnekrosen der Rotbuche dürfen allerdings nicht verwechselt werden mit ähnlichen Schadensbildern, die durch den Schneefall/Sprätfröst Ende April/Anfang Mai 1985 verursacht wurden.

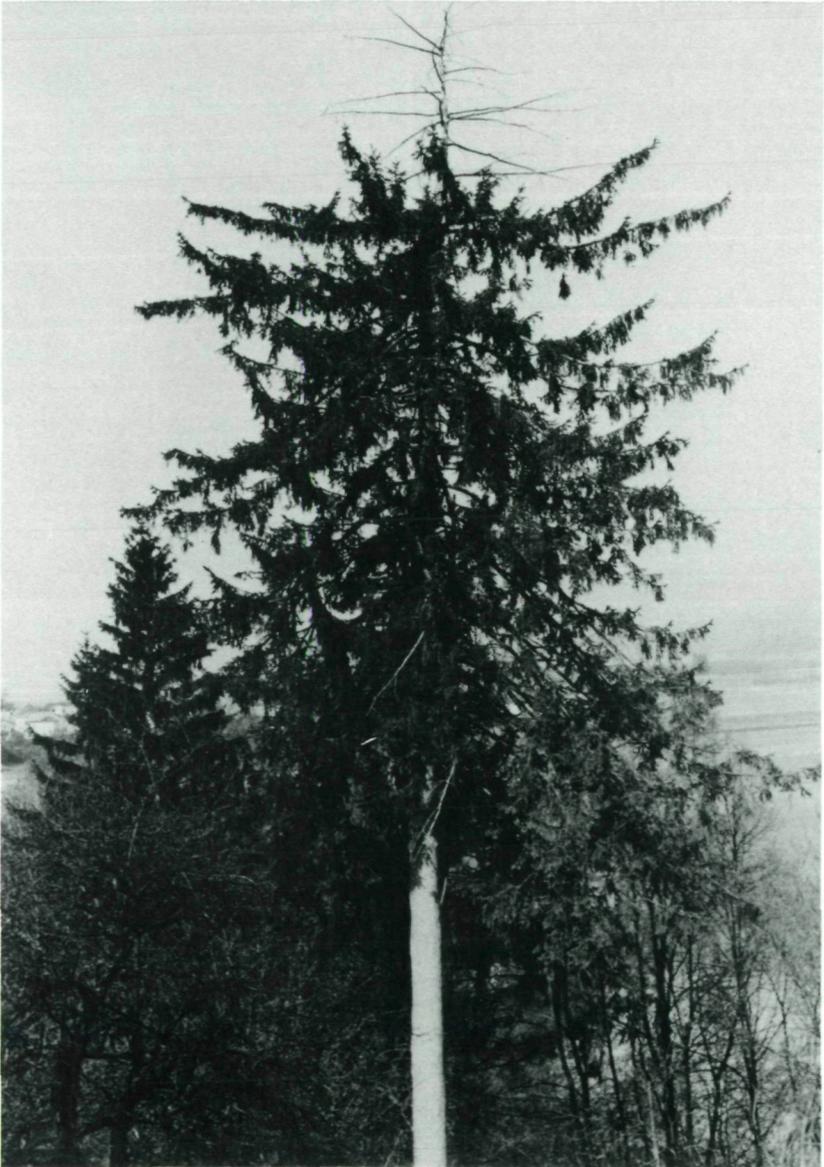


Abb. 1: Das Schadensbild der Wipfeldürre kann bei vielen älteren Fichten (jüngeren Rotföhren, Schwarzföhren, Lärchen und Tannen) besonders in Ballungsgebieten und an Straßenrändern (bei guter und schlechterer Wasserversorgung der Bäume) beobachtet werden. Görtschach/Ferlach. FOTO: W. R. FRANZ

Frostschäden können verschieden alte Äste befallen und sind keineswegs auf die Äste der Kronenregion beschränkt.

Seit dem Ausbau der Loibl-Bundesstraße und der Zunahme des Schwerverkehrs haben die Schäden – besonders an Fichten und zum Teil an Tannen – deutlich zugenommen. Es ist bezeichnend, daß sich die Schäden in den steilsten Abschnitten der Straße (stärkste Emission!) zwischen Unterloibl und dem Loibltunnel offensichtlich häufen.

Als vermutliche Schadstoffe kommen insbesondere Stickoxide in Frage, die erst seit den sechziger Jahren bedeutenden Anteil an der Luftverschmutzung haben. Hauptverursacher sind die Kraftfahrzeuge (mit Stand vom 31. 12. 1983 waren im Bundesgebiet 3,650.446 Kraftfahrzeuge zugelassen, Quelle ÖSTZ), die neben Kraftwerken als Hauptemittenten für Stickoxide gelten.

Der Ottomotor eines Pkw emittiert im Durchschnitt 42 g NO<sub>x</sub> pro verbrauchtem Kilogramm Kraftstoff. Die großen Mengen des freigesetzten Stickstoffes verbinden sich mit Luftsauerstoff zu NO<sub>2</sub>, das analog zu Schwefeldioxid mit dem in der Luft enthaltenen Wasser zur Salpetersäure reagiert. Daneben ist NO<sub>x</sub> auch an der Bildung von Photooxidantien beteiligt. Durch die UV-Strahlen des Sonnenlichtes entsteht aus Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und Luftsauerstoff (O<sub>2</sub>) Ozon (O<sub>3</sub>), das bekannteste Photooxidantium, das vor allem die Zellmembranen angreift. Ozon reagiert wieder mit reaktiven Kohlenwasserstoffen (HC), die ebenfalls in Kfz-Emissionen nachgewiesen werden können, weiter zu den sehr aggressiven Peroxidradikalen, diese wiederum mit anderen Kohlenwasserstoffen zu besonders pflanzengiftigen Photooxidantien wie Peroxiacetylnitrat (PAN), (LAMMERT 1984). Dieser „photochemische Smog“ entsteht vor allem in der scheinbar sauberen Luft fernab der Ballungsgebiete. Vielleicht sind Photooxidantien für die Baumschäden im Bodental verantwortlich, wo vermutlich keine erhöhten Säureeinträge nachgewiesen werden können.

## SCHADENSBILDER UND EINIGE VERBREITUNGSSCHWERPUNKTE

### Ferlach-Stadt und nähere Umgebung

„Zerzauste“ und stark aufgelichtete Kronen (Tafel I, Abb. 1), Exemplare mit deutlich erhöhten Totastanteil, stark aufgelichtete Kronen, abgestorbene und wipfeldürre Fichten, geringer Jahreszuwachs seit den letzten zwanzig Jahren an einer über 100 Jahre alten Fichte (ob immissionsbedingt?), (Tafel I, Abb. 2); vergilbte Nadeln, etliche Totäste, aufgelichtete Kronen bei der Weymouths-Kiefer = Strobe, *Pinus strobus* L. (Tafel I, Abb. 3), im ehemaligen Voigt-Park; sehr stark geschädigte Rotföhren (*Pinus sylvestris* L.) mit Spitzen- und Punkt-Nekrosen an den Nadeln, bei vielen Zweigen lediglich letzter Nadeljahrgang erhalten, etliche Totäste,



Abb. 2: Stark geschädigte Rotföhre, *Pinus sylvestris*, an der Loiblstraße zwischen Lam-bichl und Hollenburg. Starke Verlichtung der Krone, Nadellänge zwischen 2 und 4 cm (bei gesunden Nadeln bis 10 cm). Die Kiefer hat nur noch einen Nadeljahrgang, bei der gesunden Kiefer sind es 3 bis 4 Jahrgänge.

Foto: W. R. FRANZ

starke Kronenverlichtung (an der Bahnlinie nördlich der Austria Draht), (Tafel II, Abb. 1); *Populus alba*, abgestorben, (Tafel II, Abb. 2), ebendort. Vollständige und teilweise Gelbfärbung der Nadeln (Tafel II, Abb. 3) etlicher Bäume (*Pinus sylvestris*) und anschließende Braunfärbung an der Straße zwischen Ferlach und Görtschach. Etliche stark aufgelichtete Exemplare auf diesem autochthonen Föhrenwald-Standort, teilweise verkürzte Nadeln (Abb. 2); mehrere wipfeldürre, etliche ganz abgestorbene Fichten am Ober- und Untergang der Drau-Terrasse zwischen Görtschach und Reßnig.

Spitzen-Nekrosen an einigen Schwarzföhren (*Pinus nigra* Arnold), stärkste Schäden an einem ca. zwölf Jahre alten Baum an der Straßenböschung der Loiblstraße Nr. 25 (Tafel II, Abb. 4); etliche wipfeldürre, ältere Fichten, eine Fichte völlig abgestorben im Park des ehem. Anwesens von Dr. MARTINSCHITZ in der Klagenfurter Straße.

#### **Ferlach/Dollich – Lišče-Waidisch**

Vergilbungserscheinungen bei *Pinus sylvestris* besonders entlang der Waidischer Landesstraße. Diese Verfärbungen werden als spezifische Ernäh-

rungsstörungen auf Kalkkarbonatböden mit zu hohen pH-Werten erklärt. Unter solchen Bedingungen sind Eisen und Mangan für die Pflanze nur noch schwer verfügbar (Kalkchlorose), wobei ein zusätzlicher Einfluß durch Immissionen verstärkend mitwirken kann (SCHÜTT u. a. 1983).

Primäre und sekundäre Schäden an nahezu allen Tannen zwischen Waidischer Landesstraße und Sechter-Bergsturzgebiet im autochthonen Buchen-/Tannenwald-Gebiet: Verlichtung der Krone von innen nach außen, Totäste, Vergilbung und Verbräunung der Nadeln, Ausbildung von Klebästen am Hauptstamm, Verkürzung des Höhenwachstums und Ausbildung sogenannter Storchennestkronen (wird bei Altannen als typisch angesehen, ist bei kranken Altannen jedoch deutlicher ausgebildet, tritt aber auch bei Jungtannen auf).

Etliche Tannen sind gänzlich abgestorben (z. T. Gipfelanomalien erkennbar), überdurchschnittlich starker Befall durch die Tannen-Mistel (*Viscum album* subsp. *abietis* (WIESBAUR) ABROMEIT (vgl. Tafel I, Abb. 4). Fichten an Bestandesrändern stark aufgelichtet, Lamettersyndrom etc.

### **Glainach-Gotschuchen**

Storchenwuchs an Altannen, z. T. Totäste, aufgelichtete Kronen.

### **Loibl-Bundesstraße**

Zwischen Unterbergen und Unterloibl Kalkchlorose an etlichen Rotföhren, z. T. abgestorbene Gipfel an Rotföhren; stark aufgelichtete Fichten, z. T. mit Lamettasyndrom (Tafel II, Abb. 5); zahlreiche Fichten mit Gelbfärbung der Nadeln (Tafel II, Abb. 6); aufgelichtete Kronen und Lametta-Syndrom an Bestandesrändern oberhalb Unterloibl (Oblainza); eine wipfeldürre Schwarzföhre (Prallhang der Austria Draht); etliche wipfeldürre und abgestorbene Schwarzföhren oberhalb der Straße beim Dürrengraben auf dem markanten Felsrücken (vermutlich keine Spätfolgen des Waldbrandes); an der Straße in Unterbergen jüngere Schwarzföhre mit Blattspitzen-Nekrose; „Angsttriebe“ an jungen Fichten in Unterloibl; zwischen Unterloibl und Kleinem Loibl mehrere abgestorbene Fichten oder stark geschädigte Bäume im Bannwald entlang der Straße besonders an Steilstücken (Tafel III, Abb. 1); zwischen Gasthaus Malle und Loibltunnel: Schäden an älteren Tannen.

### **Bodental**

Einige stark geschädigte Fichten; mehrere Fichten mit gelb verfärbten Nadeln, die auch auf Störungen in der Nährstoffversorgung hindeuten können; Tannen mit stark vergilbten Jungtrieben (1984), die im Folgejahr bereits braun wurden.

Bemerkenswert ist das Vorkommen einer Fichtenrasse mit offensichtlich stärkerer Wachausscheidung (Tafel III, Abb. 2). Solche Exemplare sehen bei flüchtiger Betrachtung beinahe wie Tannen aus, sie weisen auch keine erkennbaren Schäden auf.

### Tafel III

Abb. 1: Stark erkrankte Fichte im Bodental, auch an der Loiblstraße. Verfärbte Nadeln, z. T. entnadelt. Äste und etliche Toräste machen den schlechten Zustand des Baumes kennlich. Fast alle Blattschädigungen gehen praktisch immer mit einer Störung der Photosynthese einher (Verknappung der Kohlenhydrate, Wachstumsverluste, Schütterwerden der Krone durch vorzeitigen Laubfall). Foto: W. R. FRANZ

Abb. 2: Eine äußerst gesund aussehende Kammfichte. Mit ihren schlaff hängenden Seitenzweigen höherer Ordnung lassen sie den Schnee durch die Krone fallen und werden so bei Naßschneeaufgabe weniger belastet. Besonders auffällig ist die silbertannennähnliche Wachsschicht. Keine dieser von mir mehrfach beobachteten Tannen (Bodental, Hinterthal/Salzburg) wies je irgendwelche pathologischen Veränderungen auf. Foto: W. R. FRANZ

Abb. 3: Deutliche Braunfärbung junger Nadeln (Fichte). Straßenrand im Bodental. Auch in der Lišče bei Ferlach, Siebenhügel-Klagenfurt, Windisch-Bleiberg etc. Foto: W. R. FRANZ

Abb. 4: „Angsttrieb“ an der Astoberseite bei einer fünfjährigen Fichte in Unterloibl. Beginnende Entnadlung der älteren Nadeljahrgänge. Foto: W. R. FRANZ

Abb. 5: „Angsttriebe“ bei *Taxus baccata* an der Astoberseite. Vereinzelt Punkt- und Spitzen-Nekrosen, einzelne Nadeln bereits ganz abgestorben. Deutliche Braunfärbung an Nadeln von *Larix* sp. ebenfalls in Parkanlage zwischen Finanzamt und Gebietskrankenkasse in Klagenfurt. Foto: W. R. FRANZ

Abb. 6: Jüngere Tanne mit beginnender Storchennestkronenbildung (Verkürzung des Höhenwachstums, jedoch keine Verkürzung der Seitenäste an der Kronenspitze), ältere Äste bereits entnadelt. Aufnahme: Lišče, östlich von Ferlach. Foto: W. R. FRANZ

### Feistritz im Rosental

Ätزشäden an Fichten (Tafel III, Abb. 3), gleichmäßige Bräunung an älteren Nadeln; „Angsttriebe“ bei Fichte (Tafel III, Abb. 4) wie auch bei Eibe (Tafel III, Abb. 5); zahlreiche aufgelichtete Fichten, einige abgestorbene Fichten; gipfeldürre Fichten und Lärchen, besonders an stark exponierten Rücken, die ins Bärenental reichen, sowie an beiden Hängen des Bärenales (Sinach und Maltschach); Storchennestbildung, teilweise Entnadlung an Jungtannen (Tafel III, Abb. 6).

## WALDZUSTANDSERHEBUNG

Da Bäume Luftverunreinigungen über ihre Blätter aufnehmen und speichern, ist die Menge der gespeicherten Schadstoffe ein Maß für die Immissionsbelastung der Bäume. Das 1983 österreichweit errichtete forstliche Bioindikatornetz zur Erhebung des tatsächlichen, durch Luftverunreinigung bedingten Schadensausmaßes umfaßt in Kärnten 108 Probepunkte, die 1984 zur besseren räumlichen Abgrenzung forstschädlicher Luftverunreinigungsgebiete auf 218 erweitert wurde (Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder 1985).

Die Ergebnisse der regionalen Schadstoffbelastung werden durch Auswertung von Nadelproben gewonnen, die im Herbst aus dem Wipfelbereich



der Probenbäume geerntet und an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien auf den Schwefelgehalt, in einigen Fällen auch auf Schadstoffe F, Cl, sowie auf die Metalle Mg und Ca hin untersucht.

Besonders erfreulich ist die Mitteilung von Herrn Landesforstdirektor HR Dipl.-Ing. SCHOLZ (mündlich), daß sich nach neuesten, noch nicht publizierten Ergebnissen der Nadelprobenauswertung 1984 eine Stagnation, keinesfalls jedoch eine Steigerung der  $\text{SO}_2$ -Belastung ableiten lassen wird.

## AUSBLICK

Es sollte die Aufgabe jedes einzelnen sein, dem Ökosystem Wald, dem wir so viel verdanken, mehr Aufmerksamkeit als bisher zu schenken. Beobachtungen zum Thema „Baumsterben“ können und sollen im eigenen, engeren Lebensraum möglichst über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Auffällige Veränderungen sollten den Organen der lokalen Forstbehörden gemeldet, mit ihnen besprochen und eventuell weitergeleitet werden. „Es wäre der größte Fehler, die Ursachen für das Waldsterben untätig der Wirtschaft, der Industrie und den Technologien zuzuschreiben. Wir tragen alle als Glieder des Wirtschaftskörpers unseren Teil zur Umweltbelastung bei. Es muß daher bei jedem einzelnen, was letztlich die Masse ausmacht, rasch ein Prozeß des Umdenkens und der Beschränkung einsetzen.“ (KRAPPENBAUER 1985.)

Obwohl viele Erscheinungen des Waldsterbens noch nicht geklärt sind und einer genauen Untersuchung bedürfen, gilt es, möglichst alle erfaßbaren Schadstoffbelastungen so rasch als möglich abzubauen, denn ein Abwarten, bis alle Ursachen des Waldsterbens geklärt sind und vielleicht behoben werden können, läßt die derzeit erkennbare Zunahme der Waldschäden keinesfalls zu.

## LITERATUR

- Bericht über den Zustand der Kärntner Wälder (1985). Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 10F – Landesforstdirektion, 39 Seiten.
- KOFLER, W., J. BENDER, G. WASSERMANN, H. PRAST, G. HOFFMANN (1979): Lufthygienische Schwerpunktstudie für den Raum Arnoldstein–Furnitz. Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 19, 147 Seiten.
- KRAPPENBAUER, A. (1985): Waldsterben – es ist arg und wird laufend ärger. In: Internat. Holzmarkt, 76. Jg., Nr. 6: 1–10.
- KUTSCHERA, L., E. LICHTENEGGER, M. SOBOTNIK (1982): Vegetationswandel unter Schadgasbelastung auf Grün- und Ackerland. 121–168. In: HALBWACHS, G. (Hrsg.), (1982): Das immissionsökologische Projekt Arnoldstein. 39. Sh. Car. II.
- LAMMERT, D. (1984): Waldsterben. In: Unterricht Biologie, 99, 8. Jg.: 1–13.
- MAYER, H. (1984): Waldschäden in Österreich. – Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 49. Jg.: 35–57.
- SCHÜTT, P. (1983): So stirbt der Wald. Schadbilder und Krankheitsverlauf. BLV Verlagsgesellschaft. Wien, München, Zürich, 96 Seiten.
- (1984): Der Wald stirbt an Streß. C. BERTELSMANN Verlag GmbH, München, 264 Seiten.
- SEGER, M. (Hrsg.), (1985): Forschungen zur Umweltsituation in Klagenfurt. – Klagenfurter geograph. Schriften. Bd. 5, zugleich wissenschaftl. Veröff. der Landeshauptstadt Klagenfurt, Bd. 6.
- TAUBER, D. (1985): Die bisherigen Initiativen der Forstbehörden gegen das Waldsterben. In: Kärntner Forstverein, Information Nr. 5, S. 3–5.
- TROSCHL, H. (1980): Klimatographischer Abriß von Kärnten. Klimadaten gemeindeweise. – Beitr. zum Ktn. Landschaftsinventar 2, zugleich Schriftenreihe für Raumordnung und Raumplanung. 21. Bd., 169 Seiten.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Wilfried Robert FRANZ, Am Birkengrund 75, A-9073 Klagenfurt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [175\\_95](#)

Autor(en)/Author(s): Franz Wilfried Robert

Artikel/Article: [Bekannte und neue Symptome des Nadelbaumsterbens im Rosental \(Kärnten\) 359-376](#)