

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	144 (1993)
Heft:	5
 Artikel:	Ursachen von Baum- und Waldkrankheiten
Autor:	Leibundgut, Hans
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-767099

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: 09.01.2026

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

Ursachen von Baum- und Waldkrankheiten

Von *Hans Leibundgut* †

FDK 4

In der reichen Literatur über Forstschutz werden die Schädlinge und Krankheiten der Waldbäume und die Massnahmen zu ihrer Bekämpfung eingehend beschrieben. Weniger Aufmerksamkeit wird dagegen den Voraussetzungen und Ursachen für die Entstehung von Krankheiten geschenkt. Den Waldbauer müssen aber gerade diese vor allem interessieren; denn seine Aufgabe setzt die Gesunderhaltung des Waldes voraus. Im folgenden befasst sich der Verfasser deshalb mit diesen Ursachen.

Die Ausführungen gehen hauptsächlich von eigenen Erfahrungen und Beobachtungen aus. Auf umfassende Literaturangaben wird zudem verzichtet, weil diese in jedem Lehrbuch sowie in Aufsätzen über Schädlinge und Krankheiten unserer Waldbäume zu finden sind. Der Zweck der vorliegenden Arbeit besteht in erster Linie darin, auf Voraussetzungen für die Erhaltung oder Wiederherstellung der Gesundheit unserer Wälder hinzuweisen und damit dem Waldbauer Anregungen für sein Wirken zu bieten.

1. Einführung

Schäden durch äussere mechanische Beanspruchung und Verletzungen, klimatische Einwirkungen und Tiere sind von den eigentlichen Krankheiten zu unterscheiden. Lawinen, Steinschlag, Schneedruck, Stürme, Insekten, Mäuse, Vögel, Wild und auch Menschen können zwar grössere und kleinere Schäden an der organischen Substanz der Bäume verursachen, welche Eintrittspforten für Infektionen schaffen oder solche durch die Verminderung der Lebenskraft der Bäume begünstigen. Als eigentliche Krankheiten der Bäume bezeichnen wir aber dennoch im folgenden nur durch irgendwelche Ursachen bewirkte nachteilige Veränderungen ihrer Lebensfunktionen. Solche entstehen hauptsächlich durch Einwirkung von Krankheitserregern, namentlich Viren, Bakterien und Pilzen, durch Schadstoffe in der Luft, im Wasser oder im Boden, durch Mängel oder Überschüsse von Mineralstoffen und das Fehlen von

Spurenelementen. Bei den verschiedenen Baumkrankheiten sind manche Symptome ähnlich. Gewöhnlich fallen Blätter und Nadeln vorzeitig ab, so dass die Krone verlichtet. Der Zuwachs wird vermindert. Die Verlichtung der Krone und das Absterben einzelner Äste wird oft durch die Bildung von Wasserreisern und Klebästen am Stamm etwas ausgeglichen. Bei manchen kranken Baumarten werden zu Unzeiten Blüten gebildet («Angstblust»).

Obwohl die Krankheiten den ganzen Baum berühren, sind ihre Erscheinungen und Wirkungen doch zumeist auf einzelne Teile beschränkt, auf die Blätter (Blattkrankheiten), die Rinde der Äste und des Stammes (Rindenkrankheiten), die Wurzeln (Wurzelkrankheiten) oder den Holzkörper (Holzkrankheiten). Sehr oft erfolgt eine ganze Folge von Krankheitserscheinungen. So gehen Wurzelkrankheiten gewöhnlich in Holzkrankheiten des Stammes über.

Waldkrankheiten beginnen fast ausnahmslos mit Schäden durch klimatische Einwirkungen, Insekten und Krankheiten einzelner Baumarten. Die allmähliche oder gleichzeitige Auflösung bzw. Zerstörung des Bestandesgefüges hängt von der Art ihrer Ursachen ab. Als Waldkrankheit bezeichnet man gewöhnlich nur die aus Baumkrankheiten hervorgehende Auflösung des Beziehungsgefüges, welches das Wesen des Waldes kennzeichnet. Der Wald hört auf, wirklich «Wald» zu sein. Als «Waldsterben» sollte nicht eine blosse Verschlechterung des Gesundheitszustandes des Waldes bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um eine Waldkrankheit, die sich nicht gleich stark auf alle Baumarten erstreckt und aus der selten die vollständige Zerstörung des Ökosystems «Wald» hervorgeht.

Jede Krankheit ist an zwei Voraussetzungen gebunden: an aggressive Krankheitserreger und krankheitsanfällige Wirte. Auf die Erreger hat der Waldbauer nur einen bescheidenen Einfluss. Solche sind überall vorhanden. Dagegen fehlt es nicht an Möglichkeiten, die Krankheitsbereitschaft der Bäume und Wälder zu vermindern. Die Kenntnis der Krankheitsursachen und der Ursachen der Krankheitsbereitschaft gehören daher zum Rüstzeug eines Waldbauers. Zu dieser Kenntnis sollen die folgenden Ausführungen beitragen.

2. Krankheitsursachen

2.1 Die Krankheitsbereitschaft der Bäume

2.1.1 Art- und erbbedingte Krankheitsanfälligkeit

Baumkrankheiten können sowohl durch biotische als auch durch abiotische Ursachen bewirkt werden. Biotische Ursachen sind die Krankheitserreger, abiotische die schädlichen oder nicht entsprechenden Standorts-

einflüsse, wie ungünstige physikalische und chemische Bodeneigenschaften und klimatische Verhältnisse oder Schadstoffe in der Luft und im Wasser. Während der Baum gegen biotische Krankheitsursachen einen gewissen Widerstand zu leisten vermag und nur bei einer Krankheitsanfälligkeit infiziert wird, kann er abiotischen Ursachen nur in sehr beschränktem Masse durch anatomische und physiologische Anpassungen begegnen. Die Krankheitsanfälligkeit ist in jedem Fall je nach den Baumarten, ihren Provenienzen, individuell und nach der durch den Standort bedingten Lebenskraft verschieden. Sie wird zudem durch Verletzung von Ästen, Stämmen, der Rinde und der Wurzeln stark erhöht, indem schon die kleinste Verletzung eine Infektionsmöglichkeit bietet. Voraussetzungen für eine Infektion durch Krankheitserreger sind eine nicht ausreichende art- oder umweltbedingte Widerstandskraft des Baumes, aggressive Krankheitserreger und das Vorhandensein von Infektionswegen. Solche können durch die Spaltöffnungen und Lentizellen, schadhafte Stellen an den Wurzeln, Ästen und am Stamm, abgestorbene Feinwurzeln und vor allem Verletzungen offenstehen.

Bei natürlich abgestorbenen Ästen bildet sich gewöhnlich, bevor sie abbrechen, im Astansatz eine Schutzsperrre aus dickwandigen, englumigen Zellen mit eingelagerten Schutzstoffen (Harz bei den Nadelbäumen, Gerbstoffe, Farbstoffe und gummiartige Stoffe bei den Laubbäumen). Durch Schnee und Stürme abgebrochene, lebende Äste bilden dagegen wie alle anderen Wunden für holzzerstörende Pilze offene Eingangspforten in den Holzkörper.

Die grossen Unterschiede in der Krankheitsanfälligkeit der verschiedenen Herkünfte zeigten sich in unserem Versuchsgarten und im Lehrwald der ETH bei Eichen, Zuchtpappeln, Föhren und Lärchen besonders deutlich. Als Ergebnisse unserer Untersuchungen ist namentlich hervorzuheben:

Die verglichenen Stiel- und Traubeneichen stammten aus Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Holland, Jugoslawien, der Tschechoslowakei und der Schweiz (*H. Leibundgut*, 1969) und zeigten grosse Unterschiede in der Krankheitsanfälligkeit.

Bei den Traubeneichen ergaben sich stark gesicherte Unterschiede im Mehltaubefall sowohl zwischen einzelnen Herkünften, als auch den Nachkommen der verschiedenen Mutterbäume der gleichen Herkunft. Den geringsten Befall zeigten je zwei Herkünfte aus der Slowakei und dem Spessart. Eine mittlere Befallstärke wurde bei drei weiteren Spessartherkünften, einer französischen Herkunft und allen schweizerischen Eichen festgestellt. Die Unterschiede bestätigten sich auch bei neunjährigen Kulturen im Lehrwald.

Die Stieleichen zeigten im wesentlichen die gleichen Unterschiede wie die Traubeneichen.

Es empfiehlt sich daher, das Saatgut getrennt nach Mutterbäumen zu säen und solche mit einer starken Anfälligkeit für Krankheiten auszuschliessen.

Die Anfälligkeit verschiedener Klone von Zuchtpappeln für Rostpilze wurde im Pappelgarten Glanzenberg des Waldbauinstitutes untersucht (H. Leibundgut, C. W. Amels, 1972). Zwischen verschiedenen Klonen der zweijährigen Stecklinge konnten stark gesicherte Unterschiede festgestellt werden. Die stark befallenen Klone wurden von der Nachzucht ausgeschlossen.

Ausgeprägte Unterschiede wiesen unter den Bedingungen unserer Versuchsgärten auch die verschiedenen Föhrenherkünfte als drei- bis fünfjährige Pflanzen im Befall durch die Nadelschüttung auf. Im Vergleich mit den Herkünften aus Ostpreussen, Schweden, Norwegen und Russland (Ural) erwiesen sich diejenigen aus den Schweizer Alpen als besonders stark schütteanfällig. Eine geringere Anfälligkeit zeigten die nordschweizerischen Herkünfte.

Ein Interesse boten auch die im Lehrwald Albisriederberg ausgeführten Untersuchungen über den Krebsbefall von verschiedenen Lärchenherkünften (H. Leibundgut, Dafis, S., Bezençon, M., 1964). 20 Herkünfte stammten aus natürlichen Verbreitungsgebieten in den Schweizer Alpen und eine Herkunft der Sudetenlärche aus Bad Homburg im Taunus.

Bei den 12jährigen, in einer Versuchskultur angebauten Lärchen wiesen zwei Herkünfte aus tieferen Lagen des Kantons Graubünden mit 13 % der Stämme den kleinsten, eine Herkunft aus 2130 m des Wallis mit 69 % der Stämme den grössten Krebsbefall auf. Dieser Unterschied beruht darauf, dass die Lärchen aus hohen Lagen nicht immun sind und in der kurzen Vegetationszeit ihre Abwehrkraft ausreicht. Während der Vegetationsruhe ist der Krankheitserreger zwar saprophytisch an totem, liegendem Material vorhanden, aber wegen der niedrigen Temperatur bleibt er ungefährlich. In weniger kalten, tieferen Lagen wäre ihm die Infektion auch in milden Perioden der Vegetationsruhe möglich. Die standortheimischen Lärchen sind jedoch so immun, dass nur verhältnismässig wenige Infektionen erfolgen.

Alle diese Angaben bezeugen die grossen erbbedingten Unterschiede der verschiedenen Herkünfte von Baumarten in der Krankheitsanfälligkeit. Der Waldbau hat diesem Umstand jedenfalls bei der Herkunftswahl für Kulturen gebührend Rechnung zu tragen. Wie gerade unsere Lärchen-, Föhren- und Eichenkulturen zeigten, sollte die Krankheitsanfälligkeit bis ins Stangen- und Baumholzalter beurteilt werden. Dazu ist es zweckmässig, eine Kulturen-Kartei mit einer Planunterlage zu führen.

2.1.2 Umwelt- und standortbedingte Krankheitsanfälligkeit

Das Klima, der Boden und die gesellschaftliche Stellung der Bäume üben ebenfalls einen starken Einfluss auf ihre Krankheitsanfälligkeit aus. Dies beruht einerseits auf Unterschieden in ihrer Lebenskraft, andererseits auf dem Vorhandensein der Krankheitserreger und ihrer von den Umweltbedingungen abhängigen Angriffskraft. Tote Stöcke von Fichten und einzelne von der

Schütte stark befallene Föhren können beispielsweise eigentliche Keimreservoire der Krankheitserreger darstellen. Vor allem die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit haben einen grossen Einfluss auf die Keimung der Sporen, das Wachstum und die Infektionskraft der Pilze. Dies zeigt sich namentlich deutlich beim Mehltaubefall der Eichen und bei der Föhrenschütte. Nebelwetter und Nächte mit Taubildung fördern den Befall ganz offensichtlich.

Auch bei Keimlingskrankheiten stellen wir eine starke Abhängigkeit von der Witterung fest. Warme Nächte mit hoher Luftfeuchtigkeit begünstigen die vielen möglichen Krankheiten der Nadel- und Laubbaum-Keimlinge. Es wirkt sich daher sehr günstig aus, wenn vor solchen Nächten die Deckgitter in den Saatgärten aufgerollt und die Saaten bei warmem Boden nicht begossen werden.

An den Stämmen der Bäume können sowohl durch tiefe Temperaturen als auch bei der starken Erwärmung durch Besonnung Schäden entstehen oder begünstigt werden. So entstehen bei extrem tiefen Temperaturen namentlich bei Eichen, Ulmen und Tannen bis auf das Mark reichende Frostrisse, welche holzzerstörenden Pilzen den Holzkörper zugänglich machen. Aber auch blosse Schädigungen des Kambiums durch wiederholtes Gefrieren und Auftauen kann Pilzinfektionen ermöglichen. So ist das später beschriebene Buchensterben auf Infektionen durch den Pilz *Nectria coccinea* zurückzuführen, der nur durch die Temperaturen geschädigte Buchen zu befallen vermag.

Bei der Lärche können kleine Frostrisse in der Rinde von Ästen und noch nicht verborkter Stämme zu Infektionen durch den Krebs erzeugenden Pilz *Lachnellula willkommii* führen.

Als Saprophyt ist dieser Pilz auf toten und abgefallenen Ästen überall vorhanden. Im winterkalten Gebirgswald vermag er jedoch gewöhnlich gesunde Lärchen nicht zu infizieren, weil die Temperaturen zu niedrig sind. Bei Lärchenkulturen im Unterland erlauben ihm dagegen milde Perioden während der Vegetationsruhe ins Kambium vorzudringen, mit seinen nekrogenen Stoffen den Vegetationsrhythmus zu unterbrechen und die Voraussetzungen für die Krebsbildung zu schaffen.

Namentlich bei Buchen gelangen oft einzelne Stellen des Stammes, vor allem der unterste Teil, bei Besonnung tagsüber aus der Winterruhe. Der tägliche Wechsel von Auftauen und Gefrieren verursacht eine Schädigung des Kambiums und in der Folge Infektionen durch verschiedene Pilze. Der Waldbauer kann solchen Schäden vorbeugen durch die Schaffung und Erhaltung eines beschattenden Nebenbestandes.

Schwere Infektionen durch holzzerstörende Pilze werden durch den Sonnenbrand der Stämme ausgelöst. Bei Rindentemperaturen über etwa 45 °C wird vor allem bei den glattrindigen Stämmen von Buchen, Eschen, Hagebuchen, Ulmen, Fichten und Tannen das Kambium stark geschwächt oder abgetötet und damit grossflächig ein Befall des Stammholzes durch Pilze ermöglicht.

Starker Wasserverlust während des Winters kann bei Fichten und Tannen vor allem auf schweren, brüchigen Böden Trockenrisse verursachen. Diese ermöglichen ebenfalls Pilzinfektionen.

Als Folge sommerlicher Trockenheit entsteht bei jungen Ulmen oft die durch *Nectria cinnabrina* ausgelöste Rotpustelkrankheit.

Trockenheit hat bei manchen Baumarten Schädigungen des Wurzelwerkes zur Folge. Feinwurzeln und Mykorrhizen sterben in längeren Trockenperioden ab, was später die Nährstoff- und Wasseraufnahme vermindert. Die dadurch herabgesetzte Assimilationsleistung verzögert die Regeneration des Wurzelsystems. Zudem dringen oft parasitäre Pilze in die geschädigten Wurzeln und bis in die Stämme ein, so namentlich der Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*) und der Hallimasch (*Armillaria mellea s.l.*) bei Nadelbäumen.

Bei der durch den Standort bedingten Krankheitsanfälligkeit sind als Ursache besonders Mängel in der Mineralstoffversorgung hervorzuheben. Sie zeigen sich deutlich in Blattverfärbungen. Je nach dem ungenügend vorhandenen Nährstoff entstehen kennzeichnende Veränderungen der Blätter. Darüber geben verschiedene Autoren guten Aufschluss (zum Beispiel *H. Baule* und *C. Fricker*, 1967, *A. Fink*, 1969, *G. Seibt*, 1971, *G. Mitscherlich*, 1975, *H. Lyr*, *H. Polster*, *H.-J. Fiedler*, 1967).

Die festgestellten Mängel in der Nährstoffversorgung brauchen nicht auf dem Fehlen der betreffenden Mineralstoffe im Boden zu beruhen. Diese können in einer von den Pflanzenwurzeln nicht aufnehmbaren Form gebunden sein. So treten auf kalkreichen, alkalischen Böden oft Mangelerscheinungen von Eisen und Mangan auf. Die ungenügende Bildung von Chlorophyll wird deshalb in diesem Fall als Kalkchlorose bezeichnet.

Die durch die Umwelt oder den Standort verursachte erhöhte Krankheitsanfälligkeit der Bäume lässt sich nur selten auf eine einzige Ursache zurückführen, weil zumeist eine ganze Reihe und Folge von Umständen Voraussetzungen für die Erkrankung schafft. Außerdem werden diese in der Kulturlandschaft und nicht selten im Wirtschaftswald durch menschliche Einflüsse noch verstärkt. Voraussetzungen für die Entstehung eigentlicher Epidemien sind

- eine Häufung der gleichen Baumarten (reine, gleichaltrige Bestände);
- Erhöhung der Krankheitsanfälligkeit durch ungeeignete Standortsbedingungen, namentlich der Böden und des Klimas;
- eventuell das Vorhandensein von Zwischenwirten, zum Beispiel von Ribesarten bei Stroben.

2.1.3 Durch den Menschen verursachte Erhöhung der Krankheitsanfälligkeit

In der Kulturlandschaft werden die Lebensbedingungen der Bäume vor allem durch Standortsveränderungen und die Belastung der Luft und des Wassers mit Schadstoffen verschlechtert. Zur «Korrektion» des landschaft-

lichen Wasserhaushaltes werden Bäche und Flüsse kanalisiert, die Überflutung der Auenwälder verhindert und das Grundwasser abgesenkt. Auenwälder gehen dadurch in trockene Eichen-Hagebuchenwälder und andere Waldgesellschaften über. Da die Wurzeln der an eine reiche Wasserversorgung gewohnten Bäume der Wasserabsenkung nicht zu folgen vermögen, treten Trockenenschäden und in der Folge Krankheiten auf. Die Eschen werden oft krebsig und die Ulmen besonders stark von der Welkekrankheit befallen. Dem Absterben der Feinwurzeln folgen oft Stammfäulen. Als eindrückliches und grossflächiges Beispiel wird im Abschnitt 5.3 das Waldsterben in Slawonien behandelt.

Zunehmend wirken sich die den Bäumen durch Immissionen zugeführten Schadstoffe verderblich aus. Rauchschäden entstanden schon vor langer Zeit in Industriegebieten mit Kohlenfeuerung. Dabei wurden hauptsächlich die immergrünen Nadelbäume durch Schwefelverbindungen geschädigt. Heute sind in Luft und Wasser der Kulturlandschaft grossräumig Schadstoffe verschiedener Art vorhanden. Zu nennen sind namentlich Schwefeldioxyde, welche saure Verbindungen eingehen und den Stoffwechsel der Bäume hemmen sowie als saure Regen die Bodenlebewelt schädigen. Stickoxyde bilden für die Pflanzen giftige Verbindungen, und Kohlenwasserstoffoxyde haben bereits einen Einfluss auf die globale Temperatur. Fluorwasserstoffsäure, Salpetersäure und Chlor verursachen durch Beeinträchtigung der Assimilation Störungen im Nährstoffhaushalt. In den Boden eingeschwemmte Schadstoffe vermindern im weiteren die Lebenskraft der Bäume derart, dass krankheitserregernde Viren, Bakterien und Pilze lebendes Gewebe zu infizieren vermögen. In ganz ausgezeichneten Veröffentlichungen der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) hat Theo Keller auf die durch Immissionen bewirkten Baum- und Waldschäden hingewiesen. Im Zusammenhang der Ausführungen über das Baum- und Waldsterben werden die durch Immissionen verursachten Schäden ausführlich dargestellt.

Als Ursachen der erhöhten Krankheitsanfälligkeit von Bäumen und Wäldern sind waldbauliche Fehler nicht zu verschweigen. Nichtstandortgerechte Wahl der Baumarten, die Schaffung standortwidriger Bestände mit einer Verschlechterung der physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften, Kahlhiebe und andere ungeeignete Verjüngungsverfahren sind die häufigsten waldbaulichen Ursachen von Baumerkrankungen. Bei einer unsorgfältigen Holzernte werden Äste gebrochen, Stämme und oberflächige Wurzeln verletzt und damit holzzerstörenden Pilzen Eingang in den Holzkörper verschafft. In reinen, gleichaltrigen Fichtenbeständen finden wir oft keinen einzigen unverletzten Baum. Rottfäule und Hallimasch sind dort weit verbreitet. Bei verletzten Laubbäumen verursachen Pilze wie der *Polyporus squamosus* Weissfäulen.

Zu den anthropogenen Ursachen von Baum- und Waldkrankheiten ist auch deren Verschleppung zu zählen. Beispiele für die Verschleppung von

Baumkrankheiten sind die Ulmenwelke, der Strobenrost, der Kastanienkrebs und die Douglasienschütt.

Das Ulmensterben, verursacht durch den Pilz *Ophiostoma ulmi* und verschleppt durch mehrere Arten der Ulmensplintkäfer, trat nach 1920 zuerst verheerend in Holland auf. Wahrscheinlich durch die Entstehung einer besonders aggressiven Mutation breitete sich die Krankheit nach etwa 1970 über ganz Europa und die USA aus und führte zu einem eigentlichen Ulmensterben.

Das durch den Pilz *Endothia parasitica* ausgelöste Kastaniensterben war ursprünglich eine ziemlich harmlose Krankheit der Eichenarten Ostasiens. Nach 1900 wurde der Pilz in die USA eingeschleppt und verursachte dort eine Epidemie. 1938 gelangte er in die südlichen Alpentäler. Im Tessin wurde die Krankheit erstmals 1948 festgestellt. Heute verursacht sie schwere Schäden im ganzen Verbreitungsgebiet der Edelkastanie.

Der Blasenrost (*Cronartium ribicola*) der fünfnadeligen Pinusarten kam von Natur aus in den Alpen und in Sibirien als wenig gefährliche Krankheit an den Arven vor. An den Stroben trat er erst auf, als diese in Europa allgemein angebaut wurden und mit den Arealen der Arve eine Verbindung entstand. Die Krankheit wurde 1909 mit jungen Pflanzen in die USA eingeschleppt und dort rasch zur verheerenden Seuche.

Die schottische Douglasienschütt (*Rhabdocline pseudotsugae*) und die Schweizer Douglasienschütt (*Phaeocryptopus gäumannii*) haben erst in den letzten dreissig Jahren eine allgemeine Bedeutung erlangt. Die Krankheit wurde über alle europäischen Anbaugebiete verschleppt, stellt aber bei geeigneter Wahl der Anbaustandorte und starker Durchforstung kein entscheidendes Anbauhindernis dar.

Die Frage, wieweit die Waldflege bei allen Baumarten die Krankheitsanfälligkeit zu vermindern vermag, ist zwar umstritten. Jedenfalls steht aber fest, dass mit der Erhöhung der Lebenskraft der Bäume auch die Widerstände gegen Krankheiten zunehmen. In naturnahen Beständen und erst recht in Totalreservaten kann eine mangelnde Waldflege jedoch niemals als Ursache von Baumkrankheiten und deren Ausbreitung betrachtet werden. Dafür zeugen unberührte Urwälder, die mit einem natürlichen Tod ihrer Bäume als Ganzes gesund bleiben. Alters- und Zerfallsphasen sind begrenzt, erweitern sich im allgemeinen von Schadenzentren aus nur wenig, so dass nirgends von einem grossflächigen Waldsterben die Rede sein kann. Das Schadbild des Waldsterbens fehlt im Urwald. Zwar sind auch in ihm alle Krankheitserreger vorhanden, welche im Wirtschaftswald wirken. Sie führen aber höchst selten zu einem grossflächigen Sterben und nur dann, wenn andere Schadenursachen, wie aussergewöhnliche Trockenheit, vorhanden sind.

2.2 Krankheitserreger

Schäden durch Insekten, Vögel, Nager und Wild zählen wir, wie auch die durch Schneedruck, Hagel, Wind und andere klimatische Einwirkungen verursachten Schäden, nicht zu den eigentlichen Krankheiten. Als Krankheitserreger im Sinne dieser Ausführungen kommen nur Viren, Bakterien und hauptsächlich Pilze und Luftverunreinigungen in Frage. Höhere Pflanzen spielen blos eine ganz untergeordnete Rolle. Die Krankheitsanfälligkeit der Bäume hängt stark von ihrer Lebenskraft ab. Alles, was diese vermindert, erleichtert die Erkrankung. Gewöhnlich sind dabei verschiedene Erreger beteiligt. Im folgenden werden aber die wichtigsten Gruppen getrennt behandelt.

Nach den Krankheitsursachen und -erscheinungen sind physiologische Krankheiten und Infektionskrankheiten zu unterscheiden.

Physiologische Krankheiten beruhen auf inneren Störungen von Lebensfunktionen, wie sie zum Beispiel durch den Mangel oder Überschuss von Mineralstoffen oder durch Luftverunreinigungen verursacht werden können.

Infektionskrankheiten entstehen dagegen durch Lebewesen, also namentlich Viren, Bakterien, Pilze und gallenbildende Insekten.

2.2.1 Viruskrankheiten

Während Viruskrankheiten (Virosen) in der Landwirtschaft, im Obstbau und im Gartenbau ganz erhebliche und gut bekannte Schäden verursachen, wissen wir über ihre Bedeutung im Waldbau nur wenig. Die Forstpathologen schenken diesen auch forstlich zweifellos wichtigen Krankheiten erst in jüngster Zeit vermehrt Beachtung. Pathogene Viren sind in den Wäldern weit verbreitet, aber die durch sie verursachten Schäden werden gewöhnlich auf andere Ursachen zurückgeführt. Der Münchner Biologe Otto Kandler und der Amerikaner D. Manion haben vor etwa zehn Jahren hervorgehoben, dass durch Viren verursachte Baumkrankheiten recht häufig sein dürften. Diese Krankheiten sind nur deshalb wenig oder überhaupt nicht bekannt, weil ihr Nachweis schwierig und die Feststellung der Viren nur mit dem Elektronenmikroskop möglich ist. So wurde festgestellt, dass in kranken Tannenästen immer Viren vorhanden sind, wobei aber fraglich ist, ob diese eine Ursache oder Folge der Erkrankung sind. Laubbaumvirosen sind von F. Niehaus aus Bonn in einem Waldschutz-Merkblatt von Parey beschrieben worden. Danach haben sie mit der Belastung durch Luftschaadstoffe als krankheitsvorbestimmende, begleitende und zuweilen auslösende Faktoren an Bedeutung gewonnen. Ihre Übertragung erfolgt über Wunden an Wurzeln. Andere Virusgruppen werden durch Blattläuse, Wurzelnematoden und Blattinsekten übertragen.

Bekannt sind bereits Blatterkrankungen bei Eichen, Buchen, Birken und Pappeln, welche sich vor allem durch Kleinblättrigkeit, Blattrollen, nekro-

tische und chlorotische Blattflecken und langsames Absterben von Ästen und der Bäume kennzeichnen. Als Abwehrmaßnahme kommt vorläufig nur die Vermehrung und Verwendung bestimmt nichtbefallener Herkünfte und Bäume in Frage.

Der Nachweis der durch Viren verursachten Baumkrankheiten ist nur Spezialinstituten möglich, welche heute an verschiedenen Orten bestehen. Zu nennen sind namentlich:

- Institut für Viruskrankheiten der Pflanzen. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig.
- Abteilung Virologie des Institutes für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn.
- Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen.

2.2.2 Bakterienkrankheiten

Über die Bakterienkrankheiten der Waldbäume sind wir schon deshalb gut unterrichtet, weil die Bakterien im gewöhnlichen Mikroskop sichtbar und die durch sie verursachten Krankheiten leichter bestimmbar sind. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Blatt- und Rindenkrankheiten. Die durch Bakterien ausgelösten Blattfleckenkrankheiten sind weniger wichtig als der Bakterienkrebs verschiedener Laubbäume. An Pappeln erzeugt *Aplanobacterium populi* den gefährlichen Bakterienkrebs. Bei Eschen entsteht außer dem durch Pilze bewirkten Nectriakrebs (*Nectria galligena*) durch *Pseudomonas syringae* ein Bakterienkrebs. Auch die Bakterienkrankheiten werden hauptsächlich durch Insekten, namentlich Blatt- und Rindenläuse, übertragen, da die Bakterien in die durch Kutine (Oxyfettsäuren) geschützten Gewebe der Blatthaut nicht einzudringen vermögen. Eintrittspforten bilden vor allem Verletzungen, Wurzelhaare, die Spaltöffnungen bei Blatt- und die Lentizellen bei Rindeninfektionen. Durch Bakterien bewirkte Astkrebs gehen oft von Hagelschäden und anderen Verletzungen aus. Bakterien können im Saftstrom mitgeschleppt werden. Bakterielle Tumore entstehen vor allem dort, wo bereits potentielle Tumorzellen vorhanden sind.

2.2.3 Pilzkrankheiten

Unvergleichlich grösser und häufiger als die Bakteriosen sind die durch Pilze verursachten Baumkrankheiten. Solche Krankheiten erfassen alle Baumarten und alle ihre Altersstufen und Organe, von den Keimlingen, Blättern und Nadeln bis zum Holzkörper der Stämme und den Wurzeln. Als Krankheitserreger kommen alle Klassen und Ordnungen der Pilzgewächse in Frage, Schimmelpilze, Rostpilze und andere bis zu den zahlreichen Arten der Hutpilze. Alle Arten sind ohne Chlorophyll und leben saprophytisch auch auf totem organischem Material und sind daher praktisch überall vorhanden. Zu eigentlichen Krankheitserregern können sie beim Übergang auf lebende

Baumteile durch die Ausscheidung von Toxinen werden, welche lebende Zellen zum Absterben bringen und dem Pilz zugänglich machen.

Schon Keimlinge sind Pilzkrankheiten ausgesetzt. Vor allem auf feuchten Böden, bei hoher Luftfeuchtigkeit und geringem Lichtgenuss befallen sie die Wurzeln und den Wurzelhals der Keimlinge und führen zu der als «Umfallkrankheit» bezeichneten Keimlingsfäule. Wichtig sind diese Keimlingskrankheiten aber nur in Forstgärten. Ihnen kann durch eine zweckmässige Handhabung der Beschattung, Rücksichten auf die Bodentemperatur beim Begiesen und mit Fungiziden begegnet werden.

Trieben junger Nadelbäume sterben bei kühlem und luftfeuchtem Frühlingswetter oft durch einen Befall von der Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*) ab.

Überaus zahlreich sind die durch Pilze verursachten Blatt- und Nadelkrankheiten bei nahezu allen Baumarten. Ganz allgemein werden sie durch hohe Luftfeuchtigkeit begünstigt. Bei der Lärche gilt dies besonders für die durch die Pilze *Meria laricis* und *Mycosphaerella laricina* verursachten Nadel-schütten.

Bei der Fichte handelt es sich um eine ganze Reihe von Nadelkrankheiten, die hauptsächlich bei ungenügendem Lichtgenuss, hoher Luftfeuchtigkeit und stagnierender Luft durch Schwächerparasiten übertragen werden. Zu nennen sind namentlich der Nadelrost (*Chrysomyxa abietis*), der Ritzenschorf (*Lophodermium macrosporum*), die Nadelröte (*Lophodermium piceae*), die Nadelbräune (*Rhizosphaera kalkhoffii*) und der Fichten-Alpenrosenrost (*Chrysomyxa rhododendri*).

Die Tannen werden dagegen nur von wenigen Nadelpilzen geschädigt. Es sind dies hauptsächlich die Nadelbräune (*Herpotrichia parasitica*) im dichten, luftfeuchten Jungwald und der mit dem Weidenröschen wirtwechselnde Säulenrost (*Pucciniastrum epilobii*). Infektionen durch den auf Sternmiere, Hornkraut und anderen Nelkengewächsen wirtwechselnden Hexenbesenpilz (*Melampsorella caryophyllacearum*) führen zur Bildung von Hexenbesen, Krebsbeulen und Stammkrebsen.

Die grossen durch die Herkunft der Bäume bedingten Unterschiede in der Anfälligkeit für Nadel- und Blattkrankheiten zeigen sich besonders deutlich bei der Föhrenschütte (*Lophodermium sediosum*) und verschiedenen Blatt- und Triebkrankheiten der Pappeln (*Marssonina brunnea*, *Melampsora laricis-populina*, *Pollaccia elegans*).

Bei fast allen Laubbaumarten entstehen durch Pilzinfektionen Chlorosen (Bleichsucht) der Blätter. Mehltaupilze befallen vor allem die Stieleichen und auch diese je nach Herkunft verschieden stark.

Wirtschaftlich spielen die von Verletzungen und Wurzelkrankheiten ausgehenden Stammfäulen die grösste Rolle. Trockenheit, Verdichtung des Bodens und eingeschwemmte Schadstoffe bringen Feinwurzeln mit ihren Mykorrhizen zum Absterben. Damit erfolgt bereits eine Schwächung der

Bäume und ihres Nährstoff- und Wasserhaushaltes. Die in toten Wurzeln saprophytisch lebenden Pilze werden zu gefährlichen Krankheitserregern, wie die Rotfäule (*Heterobasidion annosum*) und der Hallimasch (*Armillaria spp.*) der Nadelbäume.

Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass Pilze auch Gefässkrankheiten verursachen können, wie die Ulmenwelke (*Ophiostoma ulmi*). Auch der Kastanienkrebs ist zum Teil als Gefässkrankheit zu betrachten, indem sackartige Ausstülpungen der Thyllen oder Füllzellen entstehen, welche die Gefäße verstopfen und zum Welken führen.

2.2.4 Krankheitswege der Infektionen

Krankheitserreger sind überall vorhanden, im Boden, in der Luft, im Wasser. Im Wirtschaftswald bilden die bei der Holznutzung im Boden gelassenen Stöcke beste Lebensmöglichkeiten für dort saprophytisch lebende Pilze, welche wie die Erreger von Rotfäulen und des Hallimasch zu den forstlich wichtigsten Krankheitserregern gehören. Krankheiten können aber ihre Erreger nur verursachen, wenn sie verbreitet werden, Eingang ins Gewebe ihrer Wirte finden und sich dort zu entwickeln vermögen.

Eintrittspforten für die Viren und keimenden Pilzsporen sind alle Öffnungen im Pflanzenkörper, also die Spaltöffnungen der Blätter, die Lentizellen der Rinde und ausserdem die noch nicht durch Wachse und Oxyfettsäuren geschützten jungen Zellen der Feinwurzeln. Eintrittspforten schaffen auch die an den Blättern, der lebenden Rinde und den Wurzeln saugenden Läuse und die nagenden Insekten und deren Larven.

Der wichtigste Überträger der Keime vieler pflanzenpathologischer Pilze ist der Wind. Bakterien und Viren werden dagegen fast ausschliesslich von Insekten, namentlich Blatt- und Rindenläusen, verbreitet.

Die Krankheitswege gehen bei einigen Krankheiten von einer Knospeninfektion aus. So befällt der Pilz *Taphrina cerasi* die Knospen der Kirschbäume, und statt normaler Triebe gehen aus diesen Hexenbesen hervor.

Beim Eichenmehltau überwintert der Pilz hauptsächlich in den Knosenschuppen und infiziert dann bereits die jungen Blätter beim Austreiben.

Umwegen über Zwischenwirte folgt die Infektion bei verschiedenen Baumkrankheiten. Beim Gitterrost der Birnbäume ist es der Sadebusch (*Juniperus sabina*), beim Rindenblasenrost der Föhre die Schwalbenwurz (*Vincetoxicum officinale*), bei den Hexenbesen und dem Krebs der Tannen verschiedene Nelkengewächse (Sternmiere = *Stellaria*; Hornkraut = *Cerastium* und andere) und beim Blasenrost der Stroben die Johannisbeere (Ribes-Arten).

Die Hutmilze dringen vor allem von Verletzungen aus holzzerstörend in die Äste, Stämme und Wurzeln ein. Solche Verletzungen entstehen durch Sturmschäden, Sonnenbrand, Hagelschlag, Nageschäden durch Tiere und auch bei der Holzernte. Fallende Bäume brechen Äste und streifen Stämme, und beim Rücken des Holzes an die Wege entstehen leicht Schürfungen am Stammfuss

der bleibenden Bäume. Der Raddruck von Bringungsfahrzeugen verletzt oberflächlich Wurzeln und zerreißt Feinwurzeln. Auch Mäuse, Insekten und deren Larven schaffen mit Wurzel- und Rindenverletzungen Infektionsstellen. Die durch *Heterobasidion annosum* verursachte Rotfäule und der unter der Rinde sich entwickelnde Hallimasch (*Armillaria spp.*) gehen hauptsächlich von solchen verletzten oder abgestorbenen Wurzeln aus.

Manche Baumkrankheit wird durch klimatische Einflüsse verursacht. Es brauchen nicht nur Frost- oder Trockenrisse zu sein, welche zu Stammfäulen führen. Frostgeschädigte Stellen des Kambiums an noch dünnrindigen Lärchenstämmen und -ästen ermöglichen dem Pilz *Lachnellula willkommii* die Krebsbildung. Bei den Laubbäumen erhöhen Frostschäden die Disposition für die Rotpustelkrankheit (*Nectria cinnabrina*) und den Buchenkrebs (*Nectria ditissima*). Dünnrindige Fichten und Tannen, welche im Gebiet eines Hagelzuges stocken, sind Verletzungen durch schwere Hagelkörner ausgesetzt. Durch die elektrischen Entladungen entstehen bei Gewittern längs der Stämme geschädigte Streifen, in denen die Rinde einsinkt und bald Infektionen durch Pilze, namentlich *Pleurotus mitis*, erfolgen. Von Verletzungen durch Hagel gehen oft die durch *Nectria fuckeliana* verursachte Gipfeldürre der Fichten und durch den selben Pilz ausgelöste Zweigkrebs der Tannen hervor.

An den Stämmen von Buchen, Eschen und anderen glattrindigen Baumarten vermag eine intensive Sonnenbestrahlung das Kambium durch Erhitzung grossflächig abzutöten und durch den bekannten «Sonnenbrand» schwere Pilzschäden zu verursachen.

Bei Rindenkrankheiten sind wie bereits erwähnt Läuse die Überträger. So gehen das Rindensterben und der Schleimfluss der Buchen oft aus einem Befall durch die Wollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga*) hervor.

Schliesslich schafft auch das Schalenwild, namentlich der schälende Rothirsch, die Voraussetzungen für Wundfäulen.

Die grösste Gefahr erwächst aber heute dem Wald durch Luftverunreinigungen. Durch die Spaltöffnungen gelangen die giftigen Gase ins Innere der Blätter und Nadeln, zerstören das Blattgrün und führen zu schweren Vergiftungen. Darüber wird im Abschnitt 2.2.6 berichtet.

2.2.5 Höhere Pflanzen als Krankheitserreger

Höhere Pflanzen spielen als Erreger von Baumkrankheiten eine ganz untergeordnete Rolle. In Frage kommen nur der Befall durch die Mistel (*Viscum album*) und der Eichen durch die Riemenblume (*Loranthus europaeus*). Diese Halbschmarotzer zählen wir deshalb zu den Krankheitserregern, weil sie bei starkem Befall der Tannen, Föhren, Pappeln und anderer Laubbäume eine Schwächung und Zuwachsminderung bewirken und damit Infektionskrankheiten begünstigen. Bei den von Riemenblumen besetzten Arten der Eichen sterben oft die äusseren Zweige überhaupt ab. Misteln und

Riemenblumen können an ihren Ansatzstellen kopfgrosse Maserknollen verursachen. Bei den Misteln gibt es auf bestimmte Baumarten ausgerichtete Arten, so eine Laubbaumistel, eine Tannen- und eine Föhrenmistel.

2.2.6 *Luftverunreinigungen als Krankheitserreger*

So viel schon über Immissionen und ihre Wirkungen auf den Wald geschrieben wurde, so bescheiden sind doch noch unsere Kenntnisse über die Art, Grösse und physiologischen Ursachen der tatsächlichen Schäden. Heute besteht die Neigung, alle Baum- und Waldkrankheiten auf Luftverunreinigungen zurückzuführen. Auf wenige Prozente genau wird die «Verschlechterung des Waldzustandes» angegeben, ohne zu beachten, dass schon Trockenperioden beträchtliche Laub- und Nadelverluste verursachen können. Waldschäden durch Immissionen sind immerhin nicht zu bezweifeln, nachdem schon vor über hundert Jahren in Industriegebieten mit Kohlenkraftwerken schwere, durch Rauch und Abgase verursachte Schäden festgestellt worden sind. Dabei wurden die Schäden schon damals hauptsächlich auf Schwefeldioxyd, Stickstoffoxyd und Kohlenwasserstoffe zurückgeführt. Die Schadensymptome der heute manchenorts festgestellten Waldschäden decken sich mit den schon früher beschriebenen:

- Gelbfärbung und Verbleichung der Blätter;
- vorzeitiger Blatt- und Nadelfall;
- Verlichtung der Baumkronen und Absterben von Ästen;
- vermehrte Wasserreiserbildung bei einzelnen Baumarten;
- Bildung eines Nasskernes bei der Tanne und eines Rotkernes bei der Buche.

Manche Symptome beruhen auf einer Zerstörung des Chlorophylls, wobei vor allem die oben genannten giftigen Stoffe wirksam sein dürften. Die einzelnen Baumarten sind zwar ungleich empfindlich, jedoch ohne Ausnahme schadenanfällig. Immergrüne Baumarten, also namentlich Fichte, Föhre und Tanne sind durch Nadelschäden stärker gefährdet als die winterkahlen Laubbäume.

Heute wird zu Recht vor allem auch auf die Wurzelschäden durch die mit dem Regenwasser eingeschwemmten Schadstoffe hingewiesen. Diese schädigen die wichtige Kleinlebewelt des Bodens und bewirken das Absterben von Feinwurzeln mit ihren Mykorrhiza-Verbindungen. Daraus ergeben sich Ernährungsstörungen und Infektionen der Wurzeln durch krankheitserregende Pilze. Luftschaadstoffe können auch die genetisch fixierte Krankheitsresistenz vermindern und gemeinsam mit extremen Witterungseinflüssen Schädlingen und Krankheitserregern günstige Bedingungen schaffen.

Die Immissionsschäden können nur im Zusammenhang mit allen anderen Krankheitsursachen betrachtet werden. Auf die Waldbäume wirken sie wegen deren Langlebigkeit und der starken Filterung der Luft durch die Baum-

kronen viel stärker als auf die übrige Vegetation. Die starke Filterwirkung der Baumkronen zeigt sich schon darin, dass sie von Staub mit einem Gewicht belegt werden können, welches dem mehrfachen Gewicht der Blätter und Nadeln entsprechen kann. Wenn das Ausmass der durch Luftverunreinigungen verursachten Schäden zahlenmässig nicht genau festgestellt werden kann, ist doch unbestritten, dass schwere Schädigungen bestehen und uns zum Bewusstsein bringen müssen, welches für alles Leben auf unserer Erde die wichtigsten und am dringendsten zu lösenden Umwelprobleme sind.

3. Krankheitserscheinungen

Die Krankheitserscheinungen sind deshalb von Interesse, weil sie uns oft die Ursachen der Krankheiten erkennen lassen. Bestimmte Krankheitserreger verursachen zumeist auch bestimmte Kennzeichen (Symptome). Dies ermöglicht uns in vielen Fällen, auf die Krankheitsursachen zu schliessen und diese womöglich zu beheben oder wenigstens zu mildern.

Obwohl sich die meisten Baumkrankheiten auf verschiedene Teile der Bäume auswirken und in ihnen erkennen lassen, unterscheiden wir sie im folgenden doch nach Baumteilen. Nur dies erlaubt uns eine einfache und übersichtliche Darstellung.

3.1 Keimlingskrankheiten

Bei feuchtwarmem Wetter und auf schweren, nassen Böden werden sowohl die Keimlinge der Laub- wie der Nadelbäume von verschiedenen Keimlingspilzen befallen. Der Befall zeigt sich gewöhnlich vorerst in einer Schwarzfärbung der Stengelchen und in einer Verfärbung der Keimblätter und Nadeln. Dicht über dem Boden werden die Stengelchen dann eingeschnürt, so dass die Keimlinge umfallen («Umfallkrankheit»). Windstille und Beschatzung begünstigen die verschiedenen Keimlingspilze. Sie sind überall vorhanden, und ihre Wirkung hängt einerseits von ihrer umweltbedingten Angriffskraft, anderseits der Vitalität der Keimlinge ab. Die örtlichen Bodenverhältnisse, die Wärme, Feuchtigkeit und der Lichtgenuss spielen eine entscheidende Rolle. Diese Faktoren sind nicht nur im Forstgarten, sondern auch auf Verjüngungsflächen im Wald weitgehend beeinflussbar.

3.2 Blattkrankheiten

Blatt- und Nadelkrankheiten sind die häufigsten und zahlreichsten Krankheiten der Bäume und im Grunde eigentliche Baumkrankheiten. Mit kranken

Blättern und Nadeln sind alle Lebensfunktionen unmittelbar oder mittelbar gestört: die Transpiration, die Assimilation, die Atmung, die Stoffaufnahme und die Stoffbildung.

Blattkrankheiten werden durch verschiedene Pilze verursacht, entstehen aber auch bei Mangel von Mineralstoffen. Kennzeichnende Mangelerscheinung ist in jedem Fall die Bleichsucht (Chlorose) der Blätter. Ursache kann dabei sowohl der tatsächliche Mangel an bestimmten Mineralstoffen sein als auch deren Inaktivierung durch den Überschuss anderer Elemente, namentlich von Calcium. So entsteht durch die Inaktivierung des Eisens eine als «Kalkchlorose» bezeichnete Bleichsucht der Blätter. Diese ist somit nur ein Kennzeichen für eine Mangelkrankheit des ganzen Baumes, welche eine verminderte Zuwachsleistung und erhöhte Krankheitsanfälligkeit bewirkt.

Die Mangelerscheinungen sind für die einzelnen Nährstoffe spezifisch, wie die folgende Übersicht zeigt.

Mangelsymptome an Nadeln und Blättern

<i>Element</i>	<i>Verfärbung der Blätter und Nadeln</i>
Stickstoff	matt hell-gelbgrün Blattgrund und Blattstiel oft rötlich
Phosphor	Nadelspitzen grau bis bräunlich verfärbt Blätter schmutziggrün und braune Flecken
Schwefel	gelbgrün bis weiss-bläulich
Kali	Nadelspitzen gelb mit allmählichem Übergang zur Normalfarbe Blattränder braun
Mangan	Nadelspitzen gelb mit scharfem Übergang Blätter gelbe Flecken im Blattinnern
Zink	bronze Tönung der Nadeln und Blätter
Eisen	gelbliche bis weissliche Chlorose

Die häufigsten Blattkrankheiten werden jedoch nicht durch einen Nährstoffmangel, sondern durch Pilze verursacht. Dabei ist die Anfälligkeit einzelner Herkünfte und Sorten der Baumarten stark verschieden. Dies zeigt sich namentlich bei der Nadelschütt der Föhre, dem Eichenmehltau und Blattkrankheiten der Zuchtpappeln. In jedem Fall werden diese Krankheiten wie auch bei den Nadelkrankheiten der Föhren und vor allem der Nadelschütt der Lärche durch hohe Luftfeuchtigkeit und häufige Taubildung stark begünstigt.

3.3 Rindenkrankheiten

Rindenkrankheiten entstehen hauptsächlich bei jungen, noch glattrindigen Bäumen. Zu erwähnen sind besonders die Rotpustelkrankheit (*Nectria cinnabarina*) der jungen Ahorne, der Rindenbrand (*Dothichiza populea*) der Pappeln, der Kastanien-Rindenkrebs (*Endothia parasitica*) und der Eschenkrebs, der sowohl durch den Pilz *Nectria galligena* als auch durch Bakterien verursacht werden kann. In Buchenstangenholzern entsteht vor allem nach Hagelverletzungen der Äste der durch *Nectria ditissima* verursachte Buchenkrebs häufig. Auf die Rindenkrankheiten älterer Buchenbestände wird in Abschnitt 4.2 im Zusammenhang mit dem Buchensterben hingewiesen.

Rindenkrankheiten von Föhrenarten werden von Zwischenwirten, die als Sporeenträger wirken, übertragen. Beim Rindenrost unserer Waldföhre ist es die Schwalbenwurz, beim Stroben-Blasenrost sind es Johannisbeersträucher.

3.4 Wurzel- und Stammkrankheiten

Die Wurzel- und Stammkrankheiten fassen wir deshalb zusammen, weil Wurzelfäulen zumeist eine Vorstufe der Stammfäulen sind. Wurzelkrankheiten werden vor allem nach Verletzungen infiziert, den Nageschäden von Mäusen und Verletzungen der Feinwurzeln durch Engerlinge, Drahtwürmer und andere Insektenlarven oder das Befahren des Waldbodens mit schweren Fahrzeugen.

Bei Trockenheit sterben zudem oft Feinwurzeln und ihre Mykorrhiza-Verbindungen ab. Die im Boden ständig reichlich vorhandenen, saprophytisch auf totem organischem Material und in toten Stöcken lebenden Krankheitserreger finden damit Eingang in die Wurzeln und den Holzkörper der Stämme.

Die Krankheit des Wurzelwerkes und der Stämme zeigt sich im allmählichen Vergelben der Blätter und Nadeln, in der Verlichtung der Kronen, bei Nadelbäumen zudem im Anschwellen des Stammfusses und im Harzausfluss. Bei fortgeschrittener Stammfäule erscheinen schliesslich auch die Fruchtkörper der Pilze an den Stämmen und an den starken, in der obersten Bodenschicht liegenden Wurzeln.

3.5 Gefässkrankheiten

In den langen, weitumigen Kapillarröhren des Holzgewebes wird das im Boden aufgenommene, mit Nährstoffen angereicherte Wasser bis in die Baumkronen geführt. Bei Pilzinfektionen können diese Leitungen jedoch derart verstopft werden, dass Welkeerscheinungen entstehen und Äste absterben.

Solche Erkrankungen traten bei den Ulmen nach 1918 in Frankreich und seit 1972 auch in England, Belgien und Holland und seither in ganz Europa auf. Ebenso wurde erstmals 1938 bei Genua eine Krankheit der Edelkastanie festgestellt, welche mit ähnlichen Erscheinungen diese Baumart nun auf grossen Flächen vernichtet.

Der Erreger der Ulmenkrankheit wird vor allem durch den Ulmensplintkäfer verbreitet. Er hat ein weit verbreitetes Ulmensterben eingeleitet, wobei sich die Ulmenarten und ihre Herkünfte als ungleich anfällig erweisen. Die offensichtlich zunehmende Angriffskraft des Ulmenpilzes wird entweder auf die Einschleppung eines gefährlichen Stammes oder die Entstehung einer sehr aggressiven Mutation zurückgeführt. Die gleichen Hypothesen bestehen beim Kastaniensterben, das im Abschnitt 4.5 behandelt wird.

4. Baum- und Waldsterben

4.1 Allgemeines über Baum- und Waldsterben

Im nicht bewirtschafteten Wald sind Krankheiten und Sterben einzelner Bäume und ganzer Baumgruppen eine normale, der natürlichen Erneuerung des Waldes dienende Erscheinung. Im Urwald gelangen sogar ausgedehnte Teile von Beständen in eine Alters- und Zerfallsphase. Von einem allgemeinen Waldsterben kann aber nicht die Rede sein. Durch einen grossflächigen Zerfall wird nur eine neue Folge von Entwicklungsphasen eingeleitet, welche von einem Anfangswald schliesslich wieder zu einem Schlusswald in der Optimalphase mit hohen Holzvorräten und dichtem Schluss führen. Waldsterben werden dagegen durch ausserordentliche, nicht im natürlichen Lebensablauf der Bestände liegende Wirkungen verursacht. Es können in seltenen Fällen aussergewöhnliche klimatische Ursachen sein; zumeist aber sind die Waldsterben auf menschliche Veränderungen der Umwelt und Standorte zurückzuführen, wie die in den Abschnitten 4.2 bis 4.5 behandelten Beispiele zeigen.

Die Probleme des Baumsterbens sind durchaus nicht neu. Neger wies schon 1908 auf solche Erscheinungen hin, und weit zurückliegende Berichte erwähnen bereits Tannensterben. Jahrringanalysen lassen aber in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Zunahme der Baumkrankheiten erkennen.

Seit Ende der 70er Jahre wird sogar eine dramatische Entwicklung dargestellt, welche die Erhaltung aller mitteleuropäischen Wälder in Frage stellt. Besonders gefährdet erscheinen die Wälder in nebelreichen Hochlagen. Nach den Berichten der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) liessen sich 1988 in den einzelnen Landesteilen deutliche Schäden auf folgenden Flächenanteilen feststellen:

- Jura	48 %
- Mittelland	25 %
- Berneralpen	40 %
- Alpen	53 %
- Alpensüdseite	44 %

Nach Berichten der FAO wiesen 1986 39 % der europäischen Waldfläche Schadensymptome auf. Als Hauptursache werden die Luftverunreinigungen angenommen. Die folgenden Ausführungen zeigen aber, dass auch andere Ursachen bestehen können, welche durch die durch Schadstoffe bewirkte Vitalitätseinbusse begünstigt und verstärkt werden.

4.2 Das Tannensterben

In der waldbaulichen Literatur wird seit mehr als hundert Jahren auf eine Erkrankung der Tannen hingewiesen, bei welcher die Kronen von unten nach oben fortschreitend lichter werden und schliesslich absterben. Für dieses «Tannensterben» werden verschiedene Ursachen angegeben oder vermutet: Trockenperioden, extrem kalte Winter, Luftverunreinigung, saure Regen, genetische Entartung, falsche waldbauliche Behandlung, Befall durch Nadel- und Rindenläuse, den Tannenwickler und durch andere Schadinsekten. Hier dürften zahlreiche Ursachen zusammenwirken. Dass natürliche Ursachen und nicht allein Luftverunreinigungen eine wesentliche Rolle spielen, lässt sich schon aus den erwähnten «Tannensterben» schliessen. Diese wurden immer wieder vor allem in den Randgebieten der natürlichen Vorkommen und ausserhalb dieser festgestellt.

Zweifellos ist waldbaulichen Einflüssen eine grosse Bedeutung beizumessen. Die weit verbreiteten gleichalterigen Tannen-Fichtenbestände und reinen Tannenbestände ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes sind durchaus naturwidrig. Wo die Linde nicht vorerst unter Schirm aufwächst und sich nicht allmählich im ungleichalterigen Bestand in die Oberschicht hinaufarbeitet, sondern von Jugend an über volle Wachstumsfreiheit verfügt, altert sie erfahrungsgemäss früh, oft sogar früher als die Fichte. In lichten, gleichförmigen Beständen bildet sie nur eine kurze, wenig lebens- und Entwicklungsfähige Krone. Bei der altersbedingten oder waldbaulich bewirkten Lichtung der Altbestände geht die Lebenskraft der Linde rasch zurück. Gesteigerte Transpiration, Befall durch Nadel- und Rindenläuse oder Triebwickler vermindern die Vitalität so stark, dass einige Trockenjahre oder extreme Kälte im Nachwinter genügen, um das «Sterben» zu bewirken. Da die Linde in verschiedenen natürlichen Waldgesellschaften und auch in manchen Wirtschaftswäldern den grössten Anteil an der Bestockung einnimmt, kann ihr

Ausfall den Zusammenbruch ganzer Bestände bewirken. Dies hat sich seit langer Zeit in manchen Gebieten immer wieder gezeigt.

Im ökologischen Grenzgebiet ist die Tanne die empfindlichste aller Baumarten. Dem Tannensterben kann mit grosser Wahrscheinlichkeit Einhalt geboten werden, wenn ihr Vorkommen auf die ihr von Natur aus entsprechenden Standorte und stufige, ungleichförmige Bestände beschränkt bleibt.

4.3. Ein Buchensterben

Wie die Tanne bildet die Buche in manchen natürlichen Waldgesellschaften sowie in vielen Wirtschaftswäldern die bestandesbildende Baumart. Ihre Krankheit kann daher zur Auflösung ganzer Bestände und zu einem eigentlichen Waldsterben führen.

Ein solches Buchensterben wurde schon vor etwa fünfzig Jahren im schweizerischen Mittelland festgestellt und von mir beschrieben (H. Leibundgut und L. Frick, 1943).

Im Sommer 1940 begann ein rasch um sich greifendes Buchensterben in den Waldungen auf dem Lindberg bei Winterthur. Im Februar 1941 wurden auch Bestände im Staatswald auf dem Zürichberg von einer Buchenkrankheit heimgesucht. Später fanden sich kranke Buchen bei Höngg und im Sihlwald. Eingesandte Holzproben und ein Besuch der verschiedenen Gebiete liessen überall dieselbe Erscheinung erkennen. Nachdem der Schaden im Sommer und Herbst 1941 auch in einigen Abteilungen des Lehrreviers der Eidgenössischen Technischen Hochschule häufig auftrat, verstärkte sich der Eindruck, dass es sich um einen Schaden von allgemeiner waldbaulicher Bedeutung handle.

Die kranken Buchen waren durch rötliche Streifen gekennzeichnet, die meist senkrecht am ganzen Stamm verliefen. Die rote Farbe rührte von zahlreichen kleinen Pusteln eines Pilzes her, der unter der abgestorbenen Rinde hervorbrach. In fortgeschrittenem Stadium riss die Rinde in unregelmässigen Sprüngen auf und löste sich in grossen Platten vom Holz. Dieser Schaden wurde hauptsächlich auf der Süd- und Südwestseite der Stämme und in einer Höhe von 1 bis 8 m über dem Boden festgestellt. Ausnahmsweise trat er jedoch auch auf der Nord- und Ostseite der Stämme und bis in die Kronenpartie auf. Die Kronen begründeten sich normal, begannen sich aber jeweils zum Teil bereits im Juli in den obersten Partien zu verfärbten. Die Blätter rollten sich ein und wurden vorzeitig braun. Einzelne Zweige verdorrten, und die Knospenbildung unterblieb fast gänzlich. Da und dort entwickelten sich noch verkümmerte chlorotische Blätter. Einige Bäume wurden schon im Laufe des Sommers dürr, bis dann vor allem im August und September sehr starker Abgang einsetzte. Die Krankheit verlief offensichtlich ziemlich rasch, denn in vielen Fällen waren im Dezember noch keine Symptome zu sehen, während

sich Ende April die Rinde von den Pilzuständen bereits ganz rot färbte und auf grossen Flächen abblätterte.

Die Krankheit befiel zur Hauptsache 60- bis 120jährige herrschende und mitherrschende Bäume. Nach den bisherigen Beobachtungen erkrankten vor allem Bäume mit grünbrauner bis schwarzer Rinde. Die dunkle Farbe der Rinde beruhte auf einem russartigen Überzug einer nicht näher bestimmten Flechte. Diese Buchen standen ausnahmslos in Mischbeständen mit Nadelholz. Die silbergrauen Buchen reiner Buchenbestände in der Nähe der Krankheitsherde dagegen blieben gesund.

Die unterschiedliche Rinde gab Anlass zu besonderen Untersuchungen, denn es war nicht ausgeschlossen, dass die schwarze Färbung eine physiologische Störung im Stoffhaushalt der Buche andeutete.

Es wurden bei zahlreichen Bäumen das spezifische Gewicht und der Wassergehalt der Rinde bestimmt. Ausserdem erfolgten zahlreiche Messungen der Jahrringbreiten.

Eine erste Wassergehaltsbestimmung am 11. Dezember 1941 an je sechs dunklen und hellen Buchen in einem Mischbestand auf dem Zürichberg, wofür an jedem Baum in Brusthöhe 5 Proben in verschiedenen Himmelsrichtungen entnommen wurden, ergab einen etwas höheren Mittelwert für die helle Rinde (*Tabelle 1*), wobei aber die Unterschiede statistisch nur schwach gesichert waren.

Tabelle 1. Wassergehalt der Buchenrinde in Gewichtsprozenten bezogen auf die Trockensubstanz.

Baum	11. Dezember 1941			
	dunkle Buchen	helle Buchen		
1	69,71	72,07		
2	69,82	76,24		
3	70,30	76,30		
4	70,60	77,64		
5	73,45	77,93		
6	76,94	78,92		
Mittel	71,80 +/- 3,25	76,52 +/- 3,17		
	18. März 1942	18. Juni 1942	18. März 1942	18. Juni 1942
7	66,82	84,79	66,99	83,71
8	69,15	74,38	67,60	74,84
9	70,19	87,73	69,04	89,41
10	71,37	85,96	71,21	86,21
11	72,23	93,21	72,79	80,26
12	74,37	83,80	73,30	86,77
13	79,11	107,02	74,15	94,34
14	84,39	96,65	75,86	86,62
15	86,42	103,00	77,43	95,62
Mittel	74,89 +/- 2,30	90,73 +/- 3,42	72,94 +/- 1,21	86,42 +/- 2,16

Im März 1942 untersuchte Buchen ergaben wiederum keine deutlich gesicherten Unterschiede in den Wassergehalten der Rinde. Irgendwelche Zusammenhänge waren also aus den Messungen nicht abzuleiten. Dies war auch bei der Bestimmung des spezifischen Rindengewichtes und der Jahrringbreiten der Fall.

Dagegen vermittelte die Untersuchung der Stammquerschnitte gefällter Bäume wertvolle Aufschlüsse. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Der Jahrring 1939 war bei allen untersuchten Stammscheiben noch normal gebildet.
2. Der Jahrring 1940 wurde dagegen stellenweise nicht mehr gebildet. Als Folge sind 1940 bis 1942 auskeilende Jahrringe festzustellen. Das lokale Ausbleiben des Stärkenwachstums war aussen am Stamm lediglich in Form von leichten Einbuchtungen zu erkennen. In den meisten Fällen jedoch hatte sich die Rinde stellenweise über dem Jahrring 1939 vom Holzkörper gelöst, und es erfolgte eine Pilzinfektion. Bei zahlreichen Querschnitten war die Bildung eines Schutzkernes und seitlicher Überwallungswülste der Jahre 1940 bis 1942 zu erkennen.
3. Das Absterben des Kambiums und der Pilzbefall zeigten sich vor allem an der SE-, S-, SW- und W-Seite der Stämme. Vereinzelt trat der Schäden auch an der NW- und NE-Seite auf.
4. Das periodische Vorrücken des Pilzes konnte an deutlicher Zonenbildung erkannt werden.

Es geht daraus hervor, dass nach Abschluss des Stärkenwachstums 1939 und vor Beginn der Wachstumsperiode 1940, also im Winter 1939/40, das Kambium stellenweise abgestorben ist.

Die Krankheit der Buchen schien durch einen Pilz verursacht zu sein, und Bestimmungen im Institut für Spezielle Botanik der ETH ergaben, dass es sich um *Nectria coccinea* handelte. Dabei stand aber nicht fest, ob dieser Pilz als primäre oder sekundäre Krankheitsursache in Frage kam. Unsere Untersuchungen ergaben, dass er nirgends ins gesunde Holz einzudringen vermochte und nur an frostgeschädigten Stellen zu einer Infektion fähig war. Mit Sicherheit war aus der Untersuchung der Stammquerschnitte primär auf Frostschaden zu schliessen. Der Oktober 1939 zeigte normale Temperaturverhältnisse, während sich der November als aussergewöhnlich warm erwies. Vor allem auf schweren und frischen Böden trat die Vegetationsruhe daher sehr spät ein. Mitte Dezember setzte schroff starke und bis Ende Januar dauernde Kälte ein mit Minustemperaturen bis 35°C . Die Mittelwerte lagen im Januar -4 bis $-5,5^{\circ}\text{C}$ unter den Normalwerten. Eine zweite Kälteperiode im Februar war mit starker Rauhreibefüllung verbunden. Die Monate März bis Mai zeigten dann wieder normale Verhältnisse.

Umso mehr, als nach dem Winter 1939/1940 starke Kälteschäden bei Obstbäumen und Reben festgestellt und auch aus Deutschland bei Buchen gemeldet wurden, war nicht mehr zu bezweifeln, dass es sich bei der von uns aus den Stammquerschnitten auf den gleichen Winter zurückgeföhrten Schädigung von Buchen primär um Kälteschäden handelte.

Das im schweizerischen Mittelland festgestellte «Buchensterben» der 40er Jahre ist zum Stillstand gekommen. Es zeigt sich deutlich, dass Waldsterben zumeist auf eine Folge mehrerer Ursachen zurückzuföhren sind und nicht voreilig auf das Vorkommen eines neuen Krankheitserregers, wie im dargestellten Beispiel *Nectria coccinea*, geschlossen werden darf.

4.4 Das Eichensterben in Slawonien

Die slawonische Tiefebene zwischen Drave und Save wies einst die ausgedehntesten prachtvollsten Eichenwälder Europas auf. Zur Hauptsache handelt es sich in den Flussniederungen um einst regelmässig überschwemmte Stieleichenwälder, und auf den wenigen Hügeln stocken Traubeneichen.

Ende der 40er- und anfangs der 50er Jahre begann in Slawonien ein ausgedehntes Waldsterben. Klimatologen, Entomologen, Phytopathologen und Forstleute waren sich über die Ursachen keineswegs einig. Die jugoslawische Regierung beauftragte mich daher mit einem Gutachten. Durch Bohrspanentnahmen, die Beurteilung der Krankheitserscheinungen und das Studium der Witterungsverhältnisse über eine länger zurückliegende Periode gelangte ich zur Feststellung, dass alle Auffassungen der Spezialisten Richtiges enthielten, aber nur gesamthaft das Waldsterben zu erklären vermochten.

Primäre Ursachen waren die Korrektion der Save und der Drave und eine Reihe von Trockenjahren. Als sekundäre Ursachen traten verheerende Schäden durch den Schwammspinner und Eichenmehltau auf. Die slawonischen Eichenwälder wurden vor den Flusskorrekctionen im Frühjahr regelmässig überschwemmt. Die Höhe der Überflutung war an den bis oft in eine Höhe von einem Meter moosfreien Stämmen zu erkennen. Nach den Flusskorrekctionen sank der Grundwasserspiegel weit unter den Wurzelhorizont der Bäume ab. Ihr Wassermangel wurde durch eine ganze Reihe extremer Trockenjahre verstärkt.

Die warmen, trockenen Jahre lösten zudem eine Massenvermehrung des Schwammspinners aus. Nach dem Kahlfrass trieben die Eichen zwar wieder aus, aber in der warmen Jahreszeit wurden die neugebildeten Triebe vom Mehltau zum Absterben gebracht. Diese Folge von Schadwirkungen wiederholte sich mehrere Jahre, so dass ein grosser Teil der Eichen gipfeldürr wurde oder überhaupt abstarb. Zudem trat gleichzeitig erstmals das Ulmensterben verheerend auf. Am Leben blieb auf grossen Flächen nur noch der Nebenbe-

stand. Das einst prachtvolle slawonische Eichengebiet muss heute umgebaut werden mit Baumarten, welche den neuen Standorten entsprechen und Trockenheit ertragen.

4.5 Das Kastaniensterben

Die Landschaft von Oberitalien und der südlichen Alpentäler war einst bis in eine Meereshöhe von 1200/1300 m durch Kastanien-Fruchthaine (Selva) und Kastanien-Niederwälder (Palina) geprägt. Sie blieben von der im Mittelmeerbecken und in Ostasien seit jeher durch den Pilz *Endothia parasitica* verursachten Kastanienkrankheit unberührt.

Erstmals im Jahre 1938 trat diese Krankheit jedoch verheerend im Gebiet bei Genua auf. Dabei steht nicht fest, ob ein gefährlicher Stamm des Pilzes eingeschleppt wurde oder ob sich eine gefährliche Mutation gebildet hat. In kurzer Zeit dehnte sich das Kastaniensterben auch über Oberitalien und die südlichen Alpentäler aus. Im Tessin wurde die Krankheit erstmals 1948 beim Dorf Soresina festgestellt, und seither sind alle Kastanienwälder in einem weiten Gebiet krank geworden.

Die Symptome der Krankheit bestehen vorerst im Absterben des Laubes an einigen Aesten und oft in der rotbraunen Färbung der sonst olivgrünen, feinrindigen Zweige. Sehr bald entstehen durch gesteigertes Wachstum krebsartige Anschwellungen an Ästen und jungen Stämmen. Kleinste Rindenverletzungen bilden offenbar schon Eintrittspforten für die durch den Wind, Vögel und Insekten verbreiteten Pilzsporen. Der Pilz entwickelt sich dann im Kambium und im lebenden Holz der äussersten Jahrringe. Er verstopft die Gefäße, so dass einzelne Äste und später die ganze Krone unter Wassermangel leiden und absterben. Eine Hoffnung besteht beim Kastaniensterben nur noch darin, dass resistente Sorten gefunden oder gezüchtet werden können.

5. Der Waldbauer im Dienste der Waldtherapie

Dem Waldbauer sind verschiedene Möglichkeiten gegeben, die Gefahr von Baum- und Waldkrankheiten zu vermindern. An erster Stelle ist ein naturnaher Waldbau zu nennen. Er geht von der Einstellung aus, wonach ein Wald auf die Dauer alle seine Funktionen nur dann zu erfüllen vermag, wenn er so weit eine naturgemäße Verfassung aufweist, als Baumbestand, übrige Vegetation, Tierwelt, Innenklima und Boden des Waldes ein gegenseitig abgestimmtes, sich weitgehend natürlich erhaltendes, also gesundes Beziehungsgefüge darstellen. Gesund ist dieses Beziehungsgefüge dann, wenn es sich auch

ohne menschliche Hilfe selbst zu erhalten vermag. Jedes gesunde Ökosystem verfügt weitgehend über diese Fähigkeit zur Selbstregulierung. Das auf dieser Selbstregulierung beruhende «biologische Gleichgewicht» ist jedoch nicht unveränderlich, sondern geht aus einem fortwährenden Ausgleich von Aktionen und Reaktionen hervor. Die Krankheit einzelner Bäume ist keinesfalls ausgeschlossen, aber der Wald bleibt als Ganzes gesund. Im Kunstmwald dagegen wirken die verändernden Kräfte grossenteils einseitig. Die Selbstregulierung ist weitgehend ausgeschaltet, und Krankheiten können sich ausbreiten und zu einem Zusammenbruch des ganzen Beziehungsgefüges führen. Im naturnahen Wald stocken die Bäume unter Bedingungen, welche ihren biologischen Eigenschaften weitgehend entsprechen. Sie verfügen über eine gewisse Abwehrkraft gegenüber Krankheitsursachen. Es erübrigt sich daher ein besonderer Aufwand für ihre Erhaltung.

Damit ist keineswegs gesagt, dass im Urwald keine Baumkrankheiten und Waldschäden auftreten. Alters- und Zerfallphasen umfassen aber selten grosse Flächen und führen stets zu einer natürlichen Erneuerung des Waldes, so dass Schäden immer wieder ausheilen.

Im naturnahen Wirtschaftswald können wir bewirken, dass er auch auf kleinen Flächen sogar stabiler als der Urwald ist. Denn die im Urwald zumeist örtlich auf die Altersphase folgende Zerfallsphase ist im naturnahen Wirtschaftswald ausgeschaltet, indem rechtzeitig eine natürliche Verjüngung und Erneuerung eingeleitet werden. Diese natürliche Erneuerung hat den Vorteil, dass die aus der Ansammlung hervorgegangenen jungen Waldbäume keine Wurzelverletzungen wie bei der Pflanzung erlitten haben. Bei Kulturen sind solche unvermeidbar, und damit ist eine erhöhte Anfälligkeit für Wurzelkrankheiten vorhanden. Bei der natürlichen Verjüngung sind die jungen Waldbäume zudem physiologisch auf die Boden- und Lichtverhältnisse auf kleinstem Raum abgestimmt, was bei zusagenden Bedingungen ihre Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten erhöht.

Wo standortsfremde Bestockungen oder veränderte, ungünstige Bodenverhältnisse eine Naturverjüngung ausschliessen, ist bei Kulturen alle Sorgfalt zur Vermeidung von Wurzelverletzungen angezeigt. Vor allem bei Nadelbäumen bleibt eine Infektion der verletzten Wurzeln durch pathogene Pilze nie aus. Gewöhnlich treten diese dann erst im Stangenholzalter folgenschwer in Form von Stammfäulen auf.

Bei der Waldpflege ist neben den zur Förderung der Qualität erforderlichen Eingriffen dem rechtzeitigen Aushieb von Gefahrenträgern alle Aufmerksamkeit zu schenken. Dies ist schon in Jungwüchsen und Dickungen angezeigt. Wir denken etwa an die vom Schüttelpilz befallenen Föhren, an Fichten mit Nadelkrankheiten, krebsigen Buchen, Pappeln, Eschen und Kastanienheister sowie an Stroben mit Blasenrost. Soweit die entfernten Pflanzen noch Gefahrenträger bleiben, sollten sie nicht liegen gelassen, sondern am besten verbrannt werden.

Bei der Jungwuchs- und Dickungspflege ist oft auch angebracht, Zwischenwirte von Krankheiten zu vernichten. Solche sind Ribes-Sträucher in Kulturen mit Stroben, Schwalbenwurz in Föhrenjungwüchsen.

Baumkrankheiten werden auch im gut gepflegten Wirtschaftswald bei einzelnen Bäumen immer wieder auftreten. Sie stellen aber eine geringe Gefahr dar, wo sie ein tüchtiger Revierförster rechtzeitig erkennt und Gefahrenträger beseitigt.

Wir sind auch in der durch Immissionen verseuchten Landschaft somit gegenüber dem Baum- und Waldsterben nicht vollständig machtlos. So empfindlich und fein die Wälder auf Umwelteinflüsse reagieren, zeigen doch ihre naturnahen Formen nach Schäden eine ganz erstaunliche Fähigkeit zur Regeneration. Wenn der Waldbau diese Fähigkeit unterstützt, kann er manche Schäden verhindern und heilen. Erneut ist aber zu betonen, dass eine radikale Luftverbesserung für den Menschen ebenso wichtig wie für den Wald ist.

Résumé

Causes des maladies des arbres et de la forêt

Les maladies des arbres et des forêts sont dues à des modifications persistantes au niveau des fonctions vitales. Ces changements sont provoqués soit par des agents pathogènes, des substances polluantes, soit par un approvisionnement défectueux en minéraux ou en oligo-éléments. Les endommagements mécaniques et les blessures causées par des animaux, des chutes de pierres, des tempêtes, ou par la récolte du bois, peuvent accroître la vulnérabilité face à la maladie.

La prédisposition à la maladie n'est pas seulement différente d'une essence à l'autre; elle dépend aussi de la provenance et des nombreuses conditions extérieures comme la modification de l'environnement par les améliorations foncières (régime hydrique) ou par la pollution de l'air. De nombreuses maladies ont également été propagées par l'homme et ses activités.

Les causes de l'apparition de maladies aux semis, feuilles, écorce, racines, mais aussi aux peuplements entiers, peuvent souvent être diagnostiquées, ce qui permet de réagir en effectuant une intervention. La sylviculture proche de la nature se base sur la capacité de chaque écosystème sain à s'auto-régulariser. Comme il y a un équilibre perpétuel d'actions et de réactions, il ne faut pas perdre de vue que des arbres peuvent être individuellement malades alors que la forêt reste saine. Les soins portés à la forêt doivent tenir compte de cette réciprocité.

Traduction: Diane Morattel

Literatur

- Baule, H., Fricker, C. (1967): Die Düngung von Waldbäumen, BLV-Verlag, München-Basel.
- Fink, A. (1969): Pflanzenernährung in Stichworten. Verlag Hirt, Kiel.
- Leibundgut, H. (1969): Untersuchungen über die Anfälligkeit verschiedener Eichenherkünfte für die Erkrankung am Mehltau. Schweiz. Z. Forstwes. 9: 486–493.
- Leibundgut, H., Amels, C. W. (1972): Observations sur la résistance à la rouille de quelques clones de peuplier. Schweiz. Z. Forstwes. 4: 255–258.
- Leibundgut, H., Frick, L. (1943): Eine Buchenkrankheit im schweizerischen Mittelland. Schweiz. Z. Forstwes. 10: 297–306.
- Leibundgut, H., Dafis, S., Bezençon, M. (1964): Etudes sur diverses provenances de mélèze européen (*Larix decidua* L.) et la variabilité de leur infection par le chancre de mélèze (*Dasyscypha willkommii* Hart.). Schweiz. Z. Forstwes. 4: 255–260.
- Lyr, H., Polster, H., Fiedler, H.-J. (1967): Gehölzphysiologie. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Mitscherlich, G. (1975): Wald, Wachstum und Umwelt, Bd. III. Sauerländer, Frankfurt am Main.
- Seibt, G. (1971): Empfehlungen zur Walddüngung in Nordwestdeutschland und Erkennungsmerkmale von Nährstoffmangel und Herbizidwirkung. Forst- und Holzwirt 9: 180–185.

Verfasser: Prof. Dr. Drs. h. c. Hans Leibundgut †, CH-8142 Uitikon-Waldegg.