

Waldsterben

© Silvia Leutkawaeger – Astrid Umlauf

Fachgeographische Übung
bei MMag. Peter Atzmanstorfer
2003

Fachinformation

Waldsterben

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

1.1. Definitionen

1.1.1. *Waldsterben vs Waldschäden*

1.1.2. *Immission*

1.1.3. *Ökosystem*

1.2. Waldgebiete in den Alpen

1.2.1. *Wo kommt welche alpine Waldgesellschaft vor?*

1.2.2. *Funktionen des Waldes*

1.3. Ökosystem Wald

2. Waldschäden

2.1. Allgemeines

2.1.1. *Seit wann gibt es Waldsterben?*

2.2. Traditionelle Schäden

2.2.1. *Biotische und abiotische (klimatische)Schadfaktoren*

2.2.2. *Wildschäden*

2.2.3 *Vom Mensch verursachte Schäden - Rauchschäden*

2.3. Neuartige Waldschäden

2.3.1 *Verschiedene Hypothesen:*

2.3.2 *Primäre Schadfaktoren*

2.3.3 *Schadensbilder*

2.3.4 *Auswirkungen des Waldsterbens*

3. Der Wald in Österreich

4. Regionales Beispiel- BAYERN

Einleitung

1.1 Definitionen

1.1.1 *Waldsterben vs. Waldschäden*

Der Begriff „**Waldsterben**“ wurde in den 80er Jahren von die Medien kreiert. Er ist ein populistisches Schlagwort, das im deutschen Sprachraum geprägt und bald in andere Sprachen wie Englisch und Französisch übernommen wurde. Wissenschaftler verwenden stattdessen oft den Ausdruck „**neuartige Waldschäden**.“

Was bedeuten nun die Begriffe „Waldsterben“ beziehungsweise „neuartige Waldschäden“?

Sie bedeuten eine Erkrankung des Ökosystems Wald. Eine solche wurde seit Anfang der achtziger Jahre in Europa, Kanada und den USA großflächig sichtbar. Der gravierendste Unterschied zu bisherigen Walderkrankungen liegt darin, dass der Wald als ganzes, als Ökosystem betroffen ist. Da das Sterben der Bäume am auffälligsten ist, sprechen manche auch von einem „**Baumsterben**“. Tatsächlich aber handelt es sich um eine Beeinträchtigung des gesamten Ökosystems Wald.

1.1.2 *Immission*

Immission bedeutet die Aufnahme von Schadstoffen durch Pflanzen. Sie kann durch die Luft, das Wasser oder den Boden erfolgen.

1.1.3 Ökosystem

Ein Ökosystem ist ein dynamisches System, in dem zahlreiche Wechselbeziehungen zwischen den dort vorkommenden Lebewesen sowie zwischen diesen und ihrem Lebensraum herrschen. Bei Ökosystemen handelt es sich um ein komplexes Wirkungsgefüge zwischen Organismen, wie z. B. Pflanzen, Tieren, Bakterien und Pilzen, die eine Lebensgemeinschaft bilden, sowie den Energieströmen und Stoffkreisläufen innerhalb des Systems.

Wald, Ökosystem, dessen Pflanzengesellschaft vorwiegend von **Bäumen** geprägt wird und mehr oder weniger ausgedehnte Landflächen einnimmt.

Im natürlichen Zustand bleibt ein Wald über einen längeren Zeitraum in einem vergleichsweise stabilen, selbstregulierten Zustand.

1.2 Waldgebiete¹ in den Alpen

1.2.1 Wo kommt welche alpine Waldgesellschaft vor?

1. Gliederung der Alpen in Rand-, Zwischen- und Inneralpen.
2. ökologisch einheitliche Naturräume: Innerhalb dieser treten immer wiederkehrende Gesellschaftskomplexe mit waldbaulich weitgehenden Parallelen auf.

(Abb.6 S.123)

zur Abb.: *Pannonisch* im Osten (Wienerwald- oststeirisches Hügelland): eichenreicher Laubmischwald
Illyrisch im Südosten (oststeirisches Hügelland- Triestiner Karst): montane Laubwälder

Padanisch- piemontestisch- submediterrän im Süden (Triestiner Karst – Ligurische Alpen): Poebende mit Eichenmischwäldern

Mediterrän im Südwesten (Ligurische Alpen – Valence): Am Südrand der Alpen ist eine schmale, fragmentarische Höhenstufe entwickelt.

Subatlantisch im Norden/ Westen (Grenoble/ Valence – Bodensee): westeuropäischer Laubwald, es fehlen aber subkontinentale Arten am Alpenrand (Lärche, Zirbe)

Waldvegetationsgliederung der Alpen:

1. Inneralpines Fichtenwaldgebiet
 - 1.1 Ostalpiner fichtenreicher Wuchsbezirk mit wenigen Trockeninseln nur im Westen
 - 1.2 Westalpiner kiefern- fichtenreicher Wuchsbezirk mit vielen Trockeninseln
2. Zwischenalpines Fichten- Tannen- Waldgebiet

Ostalpin

- 2.1 Inneralpiner Wuchsbezirk²
- 2.2 Westlicher Wuchsbezirk
- 2.3 Östlicher WB
- 2.4 Südlicher WB

Westalpin

- 2.5 Östlicher WB
- 2.6 Westlicher WB
- 2.7 Südöstlicher WB
- 2.8 Südwestlicher WB
- 2.9 Südlicher WB

3. Randalpines (Tannen-) Buchenwaldgebiet

Ostalpin

- 3.1 Nördlicher mitteleuropäischer WB
- 3.2 Nordöstl. Mitteleuropäischer- subkontinentaler WB
- 3.3 Östlicher subpannonischer WB
- 3.4 Südöstlicher illyrischer WB
- 3.5 Südlicher padanischer WB

Westalpin

¹ „Waldgebiete (Wuchsräume, Landschaftsgebiete) sind enger begrenzte Räume mit vorherrschend einheitlicher Klimaxgesellschaft und übereinstimmenden Waldgesellschaftskomplex (Leitgesellschaft), ähnlichem, ökologisch- soziologischen Charakter (Klima), vergleichbarer Waldgeschichte sowie ähnlichen waldbaulichen Problemen.“ (MAYER, S. 124)

² „Wuchsbezirk, als Teilflächen von Waldgebieten, werden ausgeschieden, wenn auf größere Flächen belangvolle regionale, standörtliche und waldvegetationskundliche Unterschiede bestehen.“ (MAYER, S. 124)

- 3.6 Nördlicher subatlantisch- mittteleuropäischer WB
- 3.7 Nordwestlicher submediterraner WB
- 3.8 Südwestlicher submediterraner WB
- 3.9 Südlicher submediterraner WB
- 3.10 Südöstlicher piemontesischer WB
- 3.11 Östlicher insubrischer WB

Abb. ALPEN

Waldgesellschaften: In den verschiedenen Höhenstufen der Rand-, Zwischen- und Innenalpen treten sehr unterschiedliche Gesellschaften auf, welche die standörtliche Vielfalt belegen.

Mediterrane Höhenstufe am Südalpenrand: Reliktische Ölbaum- Johannisbrotbaum- Zone, Steineichenwald, Korkeichenwald, Aleppokiefernwald, Meerstrandkiefern, Steineichen- Flaumchen- Mischwald, Silberpappelauwald, phönizischer Wacholder- Felsbusch- Wald

Koline Stufe:

- * Südwestalpine, submediterrane Ausbildung
- * Südalpine, insubrischer Vegetationskomplex
- * Ostalpine Ausbildung
- * Mitteleuropäische Ausbildung

Montane Stufe:

- * Randalpiner submontaner Buchenwald (Fagetum)
- * Randalpiner montaner (Fichten-) Tannen- Buchen- Wald (Abieti- Fagetum)
- * Zwischenalpiner montaner (Fichten-) Tannen- Wald (Abietum)
- * Inneralpiner montaner Fichtenwald (Piceetum montanum)
- * Montaner Karbonat- und Silikat- Kiefernwald (Pinetum sylvestris)
- * Berghornwald (Aceretum pseudoplatani)
- * Montaner Auwald

Subalpine Stufe:

- * Tiefsubalpiner- Fichtenwald
- * Hochsubalpiner Lärchen- Zirbenwald
- * Bergkiefernwald
- * Grünerlenbuschwald

1.2.2 Funktionen des Waldes

Die Funktionen des Gebirgswaldes:

In den vergangenen Jahrhunderten fand meist keine Reflektion über die vielfältigen Funktionen des Waldes statt. Der Wald wurde v. a. als Rohstofflieferant für Bauwesen und Industrie, weiters als Weidefläche und Jagdrevier gesehen. Auch seine Schutzfunktion gegen Klimagefährdungen wurde oft als selbstverständlich hingenommen. Heute ist man sich der vielfältigen Funktionen des Gebirgswaldes bewusst, was nicht gleichzeitig heißt, dass man heute sorgsamer mit dem Wald umgeht.

Welche Funktionen hat also der Gebirgswald?

a) Schutzfunktionen

a1) Naturschutzfunktionen: Der Wald ist Lebensraum für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten. Hier spielen sowohl der Artenschutz, wie auch die Erhaltung besonderer Lebensgemeinschaften und Biotope eine Rolle. Unter diesem Aspekt ist die Einrichtung von Naturschutzgebieten, Nationalparks und Waldreservaten zu sehen, in denen man auch Beispiele für Forschung und Lehre findet.

a2) Landschaftsfunktion: Der Wald trägt zu einer ökologisch-biologischen Stabilisierung der Landschaft bei

a3) Wasserhaushalt: Der Wald speichert und reinigt Wasser. Das ergibt sich daher, dass der lockere Waldboden mit seinen zahlreichen Hohlräumen und Poren Niederschläge rasch aufnimmt, er gibt das Wasser aber nur allmählich wieder ab. Die Wurzeln der Bäume bilden mit Moosen und Pilzen eine Lebensgemeinschaft. Moose können sehr große Mengen an Wasser speichern. Die Abflussmengen aus Waldgebieten sind daher gleichmäßiger verteilt als diejenigen aus offenem Gelände, und Hochwasser kommen selten vor. Quellen, welche sich im Wald befinden, spenden auch bei anhaltender Trockenheit Wasser. Dieses Wasser besitzt fast immer Trinkwasserqualität. Die langsame Durchsickerung des Wassers durch den Waldboden ersetzt aufwendige Reinigungsmaßnahmen. Von 100 Kubikmeter Wasser, welche jährlich auf die Fläche eines Baumes fallen, nimmt er 40 Kubikmeter auf und speichert davon etwa 30 Kubikmeter.

a4) Bodenschutz: Der Wald bietet Schutz vor Erosion und Abtragung, etwa Humusschwund und Bodenverwehung und vor Erdbewegungen wie Erdbeben, Steinschlag und Geschiebeführung. Weiters bewahrt er vor Vernässung und dient als Uferschutz längs von Gewässern. Insgesamt dient er also zur Geländestabilisierung. Ebenso bietet der Wald natürlich Schutz für Verkehrsanlagen (Straße, Bahn) und Infrastruktureinrichtungen (Telefonleitungen).

a5) Schutz bei Witterungseinflüssen: z.B. Schnee: Lawinenvorbeugung, Gleitschneeschutz, Schneeverfrachtungen, Schneespeicherung und Verzögerung der Schneeschmelze.

a6) Klimatische Schutzwirkungen: Der Wald wirkt ausgleichend, er dämpft Klimaextreme ab.

a7) Schutz gegen Zivilisationsgefahren: Der Wald nimmt Immissionen auf (Schadstoffe, Rauch, Staub) und bietet Lärm- und Sichtschutz. Außerdem produziert der Wald Sauerstoff her. Dies geschieht durch die Photosynthese, für die Kohlendioxid benötigt wird. Ein hundertjähriger Baum mit seinen ca. eine Million Blättern produziert jährlich 4500 kg Sauerstoff, das entspricht 3 200 Kubikmetern (3, 2 Millionen Liter).

b) Sozialfunktionen

Der Wald ist Erholungsraum für den Menschen, und als solcher Voraussetzung für den Fremdenverkehr in Gebirgsregionen. Außerdem kommen ihm Aufgaben bei der Landesverteidigung zu.

c) Wirtschaftsfunktionen (Nutzfunktionen)

Der Wald ist Rohstofflieferant und Energieträger. So wird er zur Rohstoffversorgung genützt (Brennholz, Bauholz), ebenso für die Jagd und den Fremdenverkehr.

Es ist erwähnenswert, dass durch die zunehmende Siedlungsdichte und die Erweiterung des Baugebietes in den letzten Jahrzehnten ständig mehr Anforderungen an den Wald gestellt werden, v. a., was seine Schutzfunktionen betrifft. Daher schenkt die Forstwirtschaft dem Schutzwald besondere Beachtung. Die Zielsetzungen sind: Walderhaltung durch Verminderung der belastenden Einwirkungen (Wild, Immissionen), eine Minimierung von Folgeschäden und eine Wiederbewaldung geschädigter Wälder.

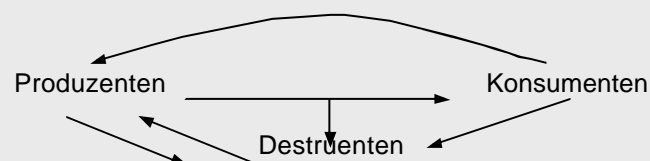
Abb. Funktionen des Waldes

1.3 Ökosystem Wald

Zu einem Wald gehören nicht nur Bäume, sondern auch eine Fülle von Pflanzen und Tieren, die eine Lebensgemeinschaft bilden. Wie jede andere Lebensgemeinschaft steht sie in Wechselwirkung mit den jeweiligen Standortfaktoren *Boden, Lage und Klima*. Weiters bilden Pflanzen und Tiere einen Nährstoffkreislauf. Am Beginn stehen die Pflanzen, die durch Photosynthese Kohlenstoffverbindungen erzeugen **und** aus dem Boden Pflanzennährstoffe aufnehmen (→ *Produzenten* der Biomasse).

Die Pflanzen bilden aber auch die Grundlage für das Leben der Tiere (*Konsumenten*); direkt für Pflanzenfresser, wie Rehe, Hirsche, Hasen, Mäuse, Raupen etc. und indirekt für Fleischfresser, die sich von anderen Tierarten leben (Fuchs, Marder, Greifvögel etc.). Die Kleinlebewesen (Insekten, Würmer, Pilze, Bakterien etc.) schließen den Kreislauf, da sie die abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Substanzen (oft über viele Schritte) zerkleinern und zersetzen, die darin enthaltenen Nährstoffe freisetzen und wieder in anorganischer Form dem Boden zuführen, wo sie den Pflanzen als Nährstoff zur Verfügung stehen. → *Destruenten*

Abbauprozesse in den Tieren und Mikroorganismen sowie Aufbauprozesse in den Pflanzen halten sich die Waage → *biologisches Gleichgewicht*.



Die Menge der umgesetzten Stoffe wird durch die von den Produzenten erzeugte organische Substanz bestimmt. Ihre Produktion ist abhängig von der CO₂-Konzentration, der eingestrahlten Lichtmenge, der Temperatur und vor allem der Konzentration der Mineralsalze. Schon hier ist zu

erkennen wie schädlich die Luftverschmutzung für den Wald ist. Weiters ist darauf hinzuweisen, dass in einem Wald- Ökosystem NIE nur ein Bestandteil geschädigt wird.

Ein Ökosystem kann kurzfristig oder mäßig hohe Belastungen relativ gut abfangen. Ist aber eine bestimmte Belastungsschwelle überschritten, bricht es schnell zusammen. Wo diese Schwelle liegt lässt sich meist nicht vorhersagen.

Abb. LEISTUNGEN EINES 100jährigen BAUMES

2. Waldschäden

2.1 Allgemeines

2.1.1 Seit wann gibt es „Waldsterben“?

Forstgeschichtliche Untersuchungen belegen, dass es auch in den vergangenen Jahrhunderten immer wieder lokales und regionales Baum- und Waldsterben gab. So wird bereits seit ca. 250 Jahren ein periodisch auftretendes Tannensterben beobachtet, das auf ungünstige ökologische Bedingungen zurückzuführen ist.

Außerdem gab es im frühen 20. Jahrhundert eine Häufung natürlicher Insektenkatastrophen. Doch obwohl es damals noch keine voll entwickelten Bekämpfungsmaßnahmen gab, blieb der Umfang der Waldschäden begrenzt.

Es ist also zu beachten, dass Waldschäden früher immer lokal und zeitlich begrenzt auftraten und klare Ursachen ersichtlich waren. Nun aber treten Walderkrankungen weltweit, außerdem bei allen Baumarten auf. Ein solches „Waldsterben“, wie es heute auftritt, hat es also noch nie gegeben.

2.2 Traditionelle Waldschäden

2.2.1 Biotische und abiotische (klimatische)Schadfaktoren

1. Trockenschäden: Trockenperioden führen gewöhnlich nur an trockenen Standorten zu Baumschäden. Heute treten Schäden aber auch an zahlreichen gut wasserversorgten Standorten auf.

2. Kälteschäden. Frostschäden: Kälteereignisse (Früh-/Spätfröste, winterliche Temperaturstürze, Eisregen und Kältejahre) können zu Baumschäden, wie z.B. Nadelverlust, führen. Im Normalfall werden solche Schäden aber in den nachfolgenden Jahren ausgeglichen, sodass es nicht zu langfristigen Schädigungen kommt. Heute handelt es sich aber um Jahre andauernde Schäden.

3. Wind, Sturm, Schnee: Diese richten deutlich erkennbare und immer lokal begrenzte Schäden an.

4. Nährstoffmangel: Nährstoffmangel dürfte am heutigen Waldsterben nur unwesentlich beteiligt sein (Analysen in der Schweiz).

5. Schädlingsbefall: Schädlingsbefall kann als Primärursache ausgeschlossen werden, da er im Regelfall an bereits geschwächten Bäumen auftritt, also eine Folgewirkung ist. Das gilt sowohl für krankheitserregende Pilze, deren Auftreten ein geschwächtes Wurzelsystem voraussetzt, als auch für den Borkenkäferbefall.

6. Waldbau, Waldpflege: Anfangs nahm man an, dass besonders standortfremde Bäume betroffen sind, aber heute werden auch Schäden an naturgetreuen Standorten festgestellt. Mangelnde Waldpflege kann ebenso ausgeschlossen werden, da oft gut gepflegt Bestände stark betroffen sind.

7. Klimatische Veränderungen: Jahrringanalysen und der Vergleich mit Untersuchungen an Baumstämmen aus verschiedenen Zeitaltern hat ergeben, dass klimatische Veränderungen als Primärursache für das gegenwärtige Waldsterben ausgeschlossen werden können. Sie werden daher oft als Sekundärschäden bezeichnet.

2.2.2 Wildschäden

Wildschäden sind mit unterschiedlicher Aktualität schon in vergangenen Jahrhunderten aufgetreten. Im Grunde entstanden Wildschadensprobleme mit der Entwicklung unserer Kulturlandschaft, im Besonderen mit der Entwicklung der Land-, Forst- und Jagdwirtschaft.

Zwischen Wald und Wild besteht von Natur aus ein eigentlich KEIN Gegensatz im Sinne einer nachhaltigen Schädigung des Waldes. Beide sind Teile **eines** Ökosystems und haben sich daher über lange Zeiträume gemeinsam entwickelt und gegenseitig angepasst. Gleich hier sollte darauf hingewiesen werden, dass nicht jeder verbissene Baum zwangsläufig auch Schaden bedeutet. Bei häufigem Vorkommen von beim Wild beliebten raschwüchsigen Verbissgehölzen (Eberesche, Holunder, Weide, etc.) und bei zahlreich vorhandenen Mischbaumarten, wie Esche und Buche, kann sich der „dosierte“ Verbiss dieser Pflanzenarten positiv auf die Jungwuchsstruktur auswirken.

Erst durch den Eingriff des Menschen wurde der Naturhaushalt gestört. Es entstanden künstliche Systeme, die nur „künstlich“ erhalten werden müssen.

Wildschäden resultieren primär aus Zuwachs-, Wert- und Stabilitätsverlust des Waldes. Verstärkt Wildschäden sind als Symptom für durch den Mensch gestörte Wechselbeziehungen zwischen Wild und Umwelt aufzufassen. Bei den Schadensursachen kann man 3 Hauptgruppen untergliedern: 1) Der Mensch beansprucht immer mehr Platz und drängt so das Wild in immer kleinere Gebiete zurück. So kommt es zur Zersplitterung und Beunruhigung des Lebensraumes.

2) Überhöhte Schalenwildichten durch zu wenig Platz.

3) Wildschadensanfällige Wälder.

Weiters kann auch ein erhöhtes Bedürfnis des Wildes zu schälen, verbeißen entstehen. Dies geschieht durch unmittelbar ernährungsbedingte Ursachen: Mangel an sonstigen Nahrungsquellen, Fütterungsfehler, frische Grünasung auf gedüngten Wiesen und durch Beunruhigung der Tiere durch Tourismus, Jagddruck, etc.

Auch im Wildschadensbericht 2000 zeigt eine leichte Verschlechterung der Verbissituation im österreichischen Wald. Rund zwei Drittel aller österreichischen Wälder sind durch Verbiss so stark beeinträchtigt, dass die Verjüngung mit den waldbaulich erforderlichen Baumarten nicht oder nur mit Hilfe von Schutzmaßnahmen möglich ist. Als Ursachen werden auch hier überhöhter Schalenwildbestand und Waldweide, Fehler in der Wildfütterung und in der Waldbewirtschaftung sowie Beunruhigung des Wildes durch Tourismus, Siedlungstätigkeit oder Verkehr genannt.

Weiters wird auch auf die Schwierigkeit hingewiesen, dass sieben Bundesländer und die Österreichischen Bundesforste AG jeweils eigene Verjüngungskontrollverfahren, die nicht direkt vergleichbar sind, erstellen.

2.2.3 Vom Mensch verursachte Schäden - Rauchschäden

Seit dem 19. Jahrhundert sind Waldschäden durch Abgase von Industrieanlagen bekannt. Diese so genannten „Rauchschäden“ beschränkten sich allerdings auf den Nahbereich von Industrieanlagen. Seit der Errichtung von Industrieschornsteinen mit über 100m Höhe in den sechziger und siebziger Jahren kommt es vermehrt zu einer Verfrachtung der Schadstoffe, oft über Hunderte von Kilometern, ehe sie abgerechnet werden.

2.3 Neuartige Waldschäden

Waldsterben heute (Eidgenöss.):

- tritt auf: > bei allen Standorten (Bodentyp etc)
- > bei allen Baumarten
 - > in ungepflegten und gepflegten Beständen
 - > in Mischwäldern und Monokulturen

2.3.1 Verschiedene Hypothesen:

Bei den neuartigen Waldschäden gibt es eine Ursachenvielfalt. Zu ihrer Erklärung werden meist folgende Hypothesen herangezogen.

a) Ozon-Hypothese: Das Waldsterben tritt durch die pflanzenschädigende Wirkung von Photooxidantien wie z.B. Ozon auf. Diese Substanzen bewirken Schäden an Blättern (, wodurch eine erhöhte Durchlässigkeit der Zellmembranen entsteht).

b) Stress-Hypothese: Diese Hypothese besagt, dass Waldschäden die Folge von *jahrelangen* Schadstoffbelastungen ist. Die Schadstoffe, die oft nur in geringen Dosen auftreten, sind vor allem aufgrund ihrer Kombination so schädlich. (Folge ist ein Vitalitätsverlust, der sich beispielsweise in einer Verminderung der Blatt- bzw. Nadelfläche ausdrückt.)

c) Sauer-Regen-Hypothese: Waldschäden haben ihre Ursache vor allem in der Belastung mit Säuren. Säuren (Salpeter-, Schwefel-, Salz und Kohlensäure) werden mit dem Regenwasser in den Boden eingespült. Dort verändern sie den Stoffhaushalt, indem sie toxische (giftige) Metallionen freilassen. Das wiederum beeinträchtigt das Wurzelwachstum und die Bodenorganismen.

2.3.2 Primäre Schadfaktoren

a) allgemein:

Bei den primären Schadfaktoren kann man zwischen jenen mit direkter und jenen mit indirekter Wirkung unterscheiden.

Primäre Schadfaktoren	
Direkte Wirkung	Indirekte Wirkung
Die Schadstoffe werden oberirdisch aufgenommen, also von Blättern, Knospen bzw. Nadeln	Die Schadstoffe wirken unterirdisch auf das Wurzelsystem. Es kommt zu einer Auswaschung und Versauerung des Bodens.

Die Pflanzenwelt verfügt über einen Schadstofffilter und ist deshalb für natürliche Luftverunreinigungen eingerichtet. Treten Schadstoffe jedoch in dichten Konzentrationen und über längere Zeit auf, so sind die Pflanzen überfordert und in höchstem Maße gefährdet.

Bei der **direkten Wirkung** sind vor allem die Verbindungen Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und ihre Umwandlungsprodukte sowie die so genannten Photooxidantien wie z. B. Ozon (O₃) zu nennen. Sie alle wirken schädlich auf den Pflanzenorganismus ein. Negativ beeinflusst werden vor allem: die Photosynthese- und Enzymtätigkeiten, das Spaltöffnungsverhalten und die generative Fortpflanzung. Dadurch entstehen Blattschäden, Blattvergilbung etc. Die direkte Wirkung von Schadgasen klingt jedoch im Allgemeinen ab, sobald sich deren Konzentration in der Luft verringert.

Nun soll auf die Wirkung der einzelnen oben genannten Stoffe eingegangen werden: *Ammoniak* wirkt bei geringen Konzentrationen wachstumsfördernd auf Pflanzen. Bei überhöhter Konzentration greift es – wie *Stickoxide* – in die Regulationsprozesse der Stickstoffernährung ein. Somit wird die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Stressfaktoren erhöht. Besonders die Wirkung von *Ozon und saurem Regen/Nebel* führen zu einer verstärkten Belastung. Nach Zeiten hoher Ozonkonzentration mit anschließendem Regen oder Nebel steigt die Auswaschung von wichtigen Nährstoffen wie Magnesium und Kalzium stark an.

Die **indirekten Einwirkungen** von Schadstoffen halten im Gegensatz zu den direkt wirkenden Schadstoffen noch jahrelang an. Das heißt, dass der akkumulierende Schadstoff- und Säureeintrag in den Boden weiter besteht, auch wenn keine Einträge mehr folgen. Die Schadstoffe wirken unterirdisch auf das Wurzelsystem ein.

- Bei nasser Deposition gelangen Säurebildner wie Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxide (NO_x), die mit Wasser reagieren und zu schwefeliger Säure, Schwefelsäure, salpetriger Säure sowie Salpetersäure umgewandelt werden, in den Boden und versauern diesen. Dies ist der Fall, wenn der Boden nicht in der Lage ist, den Säureüberschuss abzapuffern (vor allem bei Böden mit ohnehin niedrigem pH-Wert).
- Bei einem pH-Wert von unter 3 werden wichtige Pflanzennährstoffe wie Kalzium und Magnesium nach unten in tiefere Bodenschichten verlagert. Diesen Prozess nennt man Auswaschen. Zudem wird die Mykorrhiza³, die für die Ernährung der Waldbäume sehr wichtig ist, beeinträchtigt.

Weiters wird der Kationstatus des Baumes beeinflusst, was sich durch geringe Gehalte der Pflanzengewebe an Kalzium (besonders in den Wurzeln), Magnesium und Kalium bemerkbar

³ „Die Symbiose zwischen Wurzeln höherer Pflanzen und Pilzen nennt man Mykorrhiza (Pilzwurzel). Diese Lebensgemeinschaft findet man bei mehr als 90% aller Landpflanzen. Der Pilz verbessert mit seinen Pilzhyphen (Myzel) an der Wurzel den Kontakt zwischen dem Boden, den Mikroorganismen und der Pflanze und übernimmt somit Funktionen der Wurzel. Das Auftreten bestimmter Mykorrhizotypen sowie ihre Funktionen werden von der Pflanzenart, den Bodenfaktoren, der Bodenbewirtschaftung und dem Klima beeinflusst.“ (<http://www.zalf.de/lehr2/152.htm>)

macht. Es liegt also eine zunehmende Verarmung des Bodens an Nährstoffkationen vor. Die Auswaschung von basenhaltigen Stoffen führt somit zur Bodenversauerung, die wiederum die Empfindlichkeit der Blätter gegenüber Schwefeldioxid ansteigen lässt. Bodenversauerung verstärkt also SO₂-Schäden.

Abb.

Stickstoffkreislauf, kreislaufförmige, natürliche Umsetzung von Stickstoff mit allen seinen Verbindungen, einer der wichtigsten Stoffkreisläufe.

Abb. Stickstoffkreislauf

Kohlenstoffkreislauf, in der **Ökologie** die zyklische Umsetzung des Kohlenstoffes und seiner Verbindungen, durch die der Energiefluss im Ökosystem der Erde zustande kommt. Das Kohlenstoffatom nimmt an dem Kreislauf im Wesentlichen in Form von **Kohlendioxid** CO₂ teil. Der Kreislauf selbst beginnt z. B. mit der **Photosynthese**, wenn die grünen Pflanzen (CO₂) verbrauchen, das in der Atmosphäre oder gelöst im Wasser vorliegt. Ein Teil des **Kohlenstoffes** wird im Zellgewebe der Pflanzen in Form von **Kohlenhydraten**, **Fetten** und **Proteinen** eingelagert, der Rest wird durch Atmung wieder an die **Atmosphäre** oder ins Wasser abgegeben. Durch Pflanzenfresser gelangt der gebundene Kohlenstoff zu den Tieren, wobei die Kohlenstoffverbindungen in vielfältiger Weise gespalten und umgebaut werden. Ein großer Teil davon wird bei der **Atmung** in Form von CO₂ als Nebenprodukt des **Stoffwechsels** freigesetzt, ein kleiner Teil wird jedoch im tierischen Gewebe eingelagert und auf Fleischfresser, die sich von den Pflanzenfressern ernähren, übertragen. Bei deren Absterben werden alle Kohlenstoffverbindungen durch die Zersetzer aufgebrochen und der größte Teil des Kohlenstoffes wird wiederum als gasförmiges CO₂ frei, um erneut von Pflanzen aufgenommen werden zu können.⁴

2.3.3 Schadensbilder

Schadstufe	Nadel -/ Blattverlust	Gesundheitszustand
0	nicht verlichtet (bis 10 % Nadelverlust)	gesund
1	leicht verlichtet (>10 % bis 25 % Nadel-/Blattverlust)	Warnstufe
2	mittelstark verlichtet (>25 % bis 60 % Nadel-/Blattverlust)	geschädigt
3	stark verlichtet (über 60 % Nadel-/Blattverlust)	stark geschädigt
4	tot (100 % Nadel-/Blattverlust)	tot

Abb. SCHADENSBILDER

3.4 Auswirkungen des Waldsterbens

- Forstbetrieb und Forstwirtschaft:**
 - *Waldbauliche Folgen:* z.B. Zerfall von Schluss- und Pionierwäldern
 - *Ökonomische Auswirkungen:* z.B. erhöhte Kosten bei Einschlag und Bringung durch zerstreut anfallende Zwangsnutzung
 - *Waldschadensinventur und Forsteinrichtungen* erfordern höheren Aufwand
 - *Forstpolitische Konsequenz:* z.B. zunehmende Existenzgefährdung von Forstbetrieben
- Überwirtschaftliche Folgen:**
 - *Sozialfunktion des Waldes:* Lebensraum von Tier und Pflanzen wird gefährdet
 - *Verarmung der Vogelwelt* durch das Waldsterben
 - *Schäden an Kulturdenkmälern* durch Luftverschmutzung
 - *Gesundheitliche Beeinträchtigung* durch Luftverunreinigung
- Volkswirtschaftliche Folgen:**
 - *Gefährdung und Verlust von Arbeitsplätzen* in der Forst- und Holzwirtschaft

⁴ Definitionen aus: www.encarta.msn.de

3. Der Wald in Österreich

Laut der österreichischen Waldinventur 1992/ 96 beträgt die Gesamtwaldfläche Österreichs 3,942.000 ha. Das entspricht 46,8% des gesamten Bundesgebietes. Österreich ist demnach nach Slowenien das dichtest bewaldete Land Mitteleuropas.

Die Waldfläche in Österreich nimmt hauptsächlich durch die natürliche Wiederbewaldung und durch die Aufforstungen im Schutzwaldbereich und auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen zu. Zwischen den Perioden 1986/90 und 1992/96 beträgt die durchschnittliche Waldflächenzunahme 7.700 ha pro Jahr.

Waldreichste Bundesländer sind die Steiermark und Kärnten mit über 60% Waldanteil. Abgesehen von Wien ist das Burgenland mit 32% das Bundesland mit dem geringsten Waldanteil. 19,3% des österreichischen Waldes sind als Schutzwald ausgewiesen. Davon sind 4% Schutzwald im Ertrag und 11,9% außer Ertrag. Unter Schutzwäldern versteht man Wälder in schwer oder nicht begehbaren Lagen und Bestände mit naturbedingt äußerst geringer Wuchsleistung. Dazu zählen auch Latschen- und Grünerlenflächen.

Den größten Teil der Waldfläche nimmt mit 75,7% der Wirtschaftswald ein. 2,4% sind Ausschlagwald und 2,6% entfallen auf den Holzboden außer Ertrag (Einschlüsse im Wald, die vorübergehend oder dauernd der Holzproduktion entzogen sind, wie Waldstrassen, Leitungstrassen, Schiabfahrten bis 10m Breite, Urwälder oder Naturparks.)