

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

**Band:** 32 (1991)

**Heft:** 2

**Artikel:** Waldschäden in der Region Basel

**Autor:** Flückiger, Walter

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1088666>

#### **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:** 15.01.2026

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

# Waldschäden in der Region Basel

Walter Flückiger

## Zusammenfassung

*Auf Wald-Dauerbeobachtungsflächen der Nordwestschweiz zeigen rund die Hälfte der Buchen eine mässige Kronenverlichtung und gehemmtes Triebwachstum. Die Waldökosysteme zeigen infolge anhaltenden Stickstoffeintrags ein Ungleichgewicht und stehen durch hohe Ozonwerte unter Stress. Es wurde eine geringere Resistenz der Waldbäume gegen Frost und Krankheiten beobachtet und experimentell nachvollzogen; dies bestätigte die aufgestellten Hypothesen.*

Dégâts forestiers dans la région bâloise

## Résumé

*Dans les régions boisées du nord-ouest de la Suisse, soumises à des observations continues, il a été constaté que la moitié environ des hêtres ont la couronne moins toffue et que la croissance des pousses est entravée. Par suite des retombées azotées permanentes, les écosystèmes forestiers présentent un certain déséquilibre; par ailleurs, le haut degré d'ozone soumet les arbres à un véritable stress. La moindre résistance des arbres au gel et aux maladies a été vérifiée expérimentalement, ce qui confirme les hypothèses établies.*

Forest Damages in the Basle Area

## Abstract

*Half of the beeches in a long-term control group in northwestern Switzerland show moderate thinning of the crowns and a restrained growth. The forest ecosystems show an imbalance due to a continuous nitrogen supply, and they are under stress from high ozone concentrations. An impaired resistance of the trees against frost and infestations was observed and repeated experimentally: this proved the previously formulated hypotheses.*

---

Adresse des Autors: PD Dr. Walter Flückiger, Institut für angewandte Pflanzenbiologie, Sandgrubenstr. 25, CH-4124 Schönenbuch

# 1 Stand der Waldschaden-Forschung in der Nordwest-schweiz

Aus der Forstgeschichte sind zahlreiche Ereignisse bekannt, die zu ähnlichen Schadbildern führten wie den in den letzten Jahren als "neuartige" Waldschäden diskutierten. Zu nennen sind Schädigungen durch Witterungsexreme, Borkenkäferepidemien sowie durch den Menschen verursachte lokale oder regionale Schadstoffbelastungen. Solche Waldschäden traten aber früher im Gegensatz zu heute meist räumlich begrenzt auf. Neu dürfte daher vor allem die grossräumige Verbreitung und das Schadensausmass sein.

Weltweit werden von Forschern enorme Anstrengungen unternommen, um den Ursachen der Schädigungen auf die Spur zu kommen. Trotz beeindruckender Erkenntnisse aus den Labor- und Felduntersuchungen, vornehmlich über die Bedeutung der Luftschatstoffe, muss sich die Wissenschaft nach wie vor mit vielen Plausibilitätsklärungen begnügen. Insbesondere besteht eine grosse Lücke im Wissen über die natürliche, räumlich-zeitliche Variabilität schadensbezogener Parameter in unseren Waldökosystemen. In Anbetracht dieses Kenntnismangels entstand in der Nordwestschweiz im Jahre 1983/84 ein interkantonales Waldschaden-Untersuchungsprojekt, an dem sich die Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern und Solothurn beteiligten; später schlossen sich Zürich und Zug an. Ziel des Projektes ist, einerseits die Schadensentwicklung der Waldbäume – vornehmlich der Buche als Hauptbaumart der Nordwestschweiz – unter verschiedenen Standortbedingungen (Höhe, Exposition, Bodenverhältnisse, etc.) über einen längeren Zeitraum zu verfolgen, andererseits einige favorisierte Hypothesen über die Ursachen von Waldschäden, wie Witterung, Waldflege, Bodenversauerung, Ernährung, Luftschatstoffe und Parasiten, in Feldstudien und Laborexperimenten zu prüfen. Hierzu wurden insgesamt 56 Waldbeobachtungsflächen, davon 40 in der Region Basel, ausgeschieden; sie umfassen je ca. 50 Aren und weisen ein mittleres Bestandesalter von 70 bis 120 Jahren auf. Standortsmerkmale und angewandte Untersuchungsmethoden sind bei *Flückiger et al.* (1986) beschrieben. Im folgenden seien einige Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt.

## 2 Schadensentwicklung

Die auf allen Waldbeobachtungsflächen jährlich erfasste Kronenverlichtung ("Laubverlust"), die als das Haupt-Schadenskriterium gilt, zeigte bei der Buche zwischen 1984 und 1986 eine signifikante Zunahme. 1987 ging die Verlichtung wieder etwas zurück und blieb bis 1990 etwa auf dem gleichen Niveau (Abb. 1). Im Jahre 1990 mussten in den 40 Beobachtungsflächen der Region noch 57% der 1636 untersuchten Buchen als mässig bis stark verlichtet, d.h. mit Vitalitätsverlust eingestuft werden; >20% nach *Sanasilva* 1986. Allerdings wiesen nur etwa 5% davon eine deutliche Schädigung mit mittlerer bis starker Verlichtung (>40%) auf. Eine signifikant negative Korrelation konnte zwischen dem Stammzuwachs und der Kronenverlichtung gefunden werden. Gegenüber "nicht verlichteten" Bäumen zeigten solche mit mässiger Verlichtung (>20% bis 40%) zwischen 1984 und 1987 eine statistisch gesicherte mittlere Wachstumseinbusse von 10%, bei Bäumen mit mittlerer bis starker Verlichtung (>40%) stieg

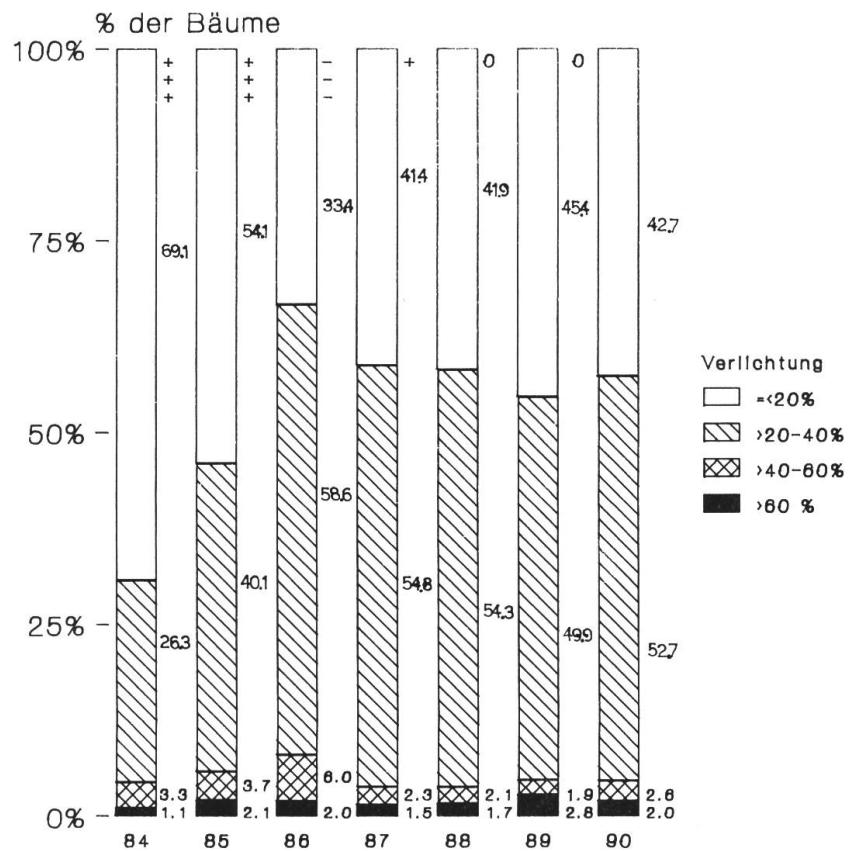


Abb. 1 Entwicklung der Kronenverlichtung bei Buchen.

Verlichtungsgrad und Schadensbeurteilung:

0-20% "nicht geschädigt", >20-40% "geschwächt", >40-60% "geschädigt", >60% "stark geschädigt".

Zunahme der Verlichtung: +p<0.05, ++p<0.001, +++p<0.001.

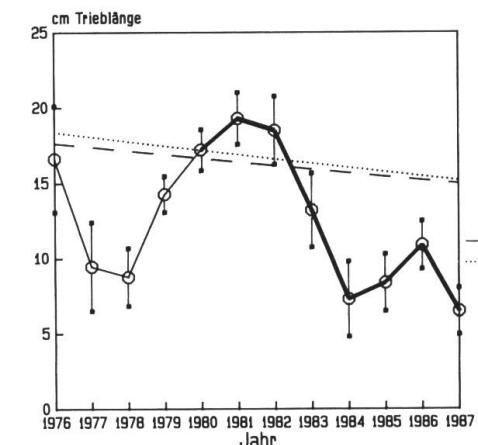
Abnahme der Verlichtung: - - - p<0.001.

Keine Veränderung = 0 (Wilcoxon-Vorzeichentest).

die Wachstumseinbusse auf 36%. Das Triebwachstum und somit der Höhenzuwachs von Bäumen stellt einen empfindlichen Indikator für Stresswirkungen dar (Wentzel 1983). Es fällt auf, dass auf den trockenen Sommer von 1976 eine massive Triebwachstums-Einbusse im Jahr 1977 folgte (Abb. 2). Zu Beginn der achtziger Jahre "erholten" sich die Buchen wieder vollständig. Der Höhenzuwachs lag in den Jahren 1980 bis 1982 sogar deutlich über den Ertragstafelwerten. Nach 1983 ging das Triebwachstum wieder zurück und erreichte nach den neuesten Stichprobenmessungen bis 1989 den "Sollwert" nicht mehr. Im Jahre 1987, der letzten umfassenden Untersuchung, betrug der Höhenzuwachs bei der Buche lediglich 43% des Ertragstafelwertes.

### 3 Nährstoffversorgung

Den Ernährungsstörungen bei Waldbäumen wird im Zusammenhang mit den Waldschäden eine wachsende Bedeutung beigemessen (Zöttl & Hüttl 1985). In den Waldbeobachtungsflächen der Nordwestschweiz wurden in den Jahren 1984 und 1987 von jeweils den gleichen Buchen Blätter von Gipfeltrieben für Nährstoffuntersuchungen geerntet.

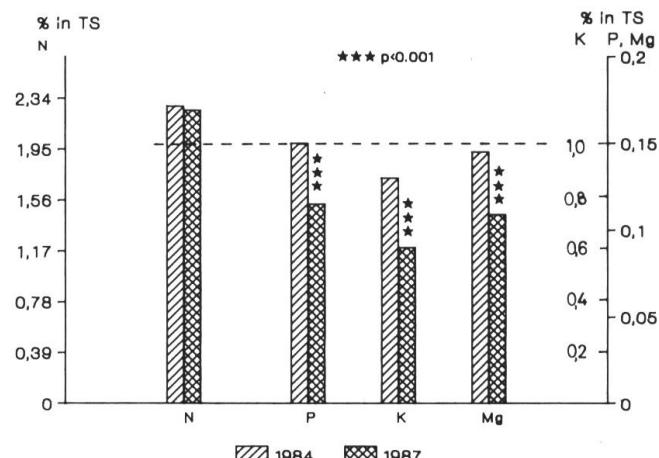


dünne Linie: 18-28 Standorte

Abb. 2 Triebzuwachs von Buchengipfeltrieben. Mittel aus den Standortsmedianen aller Bestände. Die Balken geben den 95%-Vertrauensbereich an. Eingetragen ist der theoretische Zuwachs nach den Ertragstafelwerten EAFV 1967 und von Schober 1987. Umrechnung von Höhenzuwachs auf Triebzuwachs nach Roloff 1985.

Abb. 3 Nährstoffgehalt im Buchenlaub in der Trockensubstanz 1984 und 1987.

Die gestrichelte Linie umreisst den "ausreichenden Versorgungsbereich" nach Bergmann 1983. Während der Gehalt an N in den beiden Jahren etwa gleich bleibt, zeigen P, K und Mg von 1984 auf 1987 eine hochsignifikante Abnahme ( $***p<0.001$ , paarweiser t-Test).



Es zeigte sich, dass die Bäume eine gute Stickstoffversorgung aufwiesen, was insofern erstaunlich ist, als Stickstoff früher als Mangelement in unseren Wäldern galt. Die Werte lagen in den beiden Jahren praktisch unverändert hoch (1,9 - 2,5% N in der Trockensubstanz). Hingegen war in allen 35 untersuchten Buchenbeständen eine signifikante Abnahme von Phosphor (P) um 30%, Kalium (K) um 27% und Magnesium (Mg) um 28% festzustellen. Diese Nährstoffverschiebungen traten unabhängig von den verschiedenen Standortseigenschaften auf.

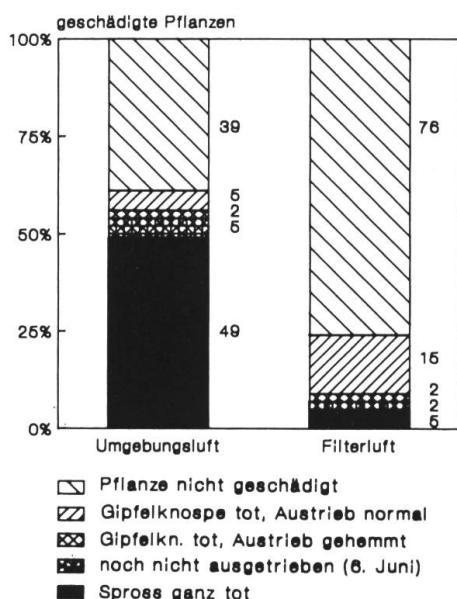


Abb. 4 Schädigung von Buchensämlingen in der Negativ-Begasungsanlage Zugerberg (1000 mNN) nach den Frostereignissen des Winters 1986/87. Der Unterschied zwischen den beiden Begasungsbedingungen ist hochsignifikant mit  $p<0.001$  ( $\chi^2$ -Test).

In gut einem Drittel der Bestände war die Versorgung mit P, K und Mg im Jahre 1984 nach *Bergmann* (1983) noch ausreichend: P 0,15 - 0,30%, K 1,0 - 2,5%, Mg 0,15 - 0,3% der Trockensubstanz. Dies traf 1987 für P und K an keinem Waldstandort mehr zu, für Mg lediglich noch in 10% der Bestände (Abb. 3). Jährliche Schwankungen im Nährstoffgehalt der Nadeln und Blätter sind in einem gewissen Grad natürlich; nach *Van den Driessche* (1974) dürfte die natürliche Variabilität von Jahr zu Jahr zwischen 15% und 40% liegen. Problematisch erscheint somit weniger der absolute Gehalt der Nährstoffe, als vielmehr die im Gefolge der gleichbleibend guten Stickstoffversorgung veränderten Verhältnisse N:P, N:K und N:Mg. Solche Nährstoff-Ungleichgewichte können sich an den Bäumen durch eine verringerte Resistenz gegen Frost, Trockenheit, Krankheiten und Schädlinge auswirken (*Brüning & Uebel* 1968; *Bergmann* 1983; *Larcher & Häckel* 1985; *Sakai & Larcher* 1987; *Flückiger & Braun* 1989). Für die mangelhafte Versorgung mit P, K und Mg dürfte einerseits die erschwerete Nährstoffaufnahme durch ein geschädigtes Wurzelwerk verantwortlich sein – es kann an Windwurfbäumen häufig beobachtet werden –, andererseits ein erhöhtes "leaching" von Kationen wie K und Mg aus Blatt- und Zweigorganen durch Immissionen ( $H^+$  und  $NH_4^+$ ).

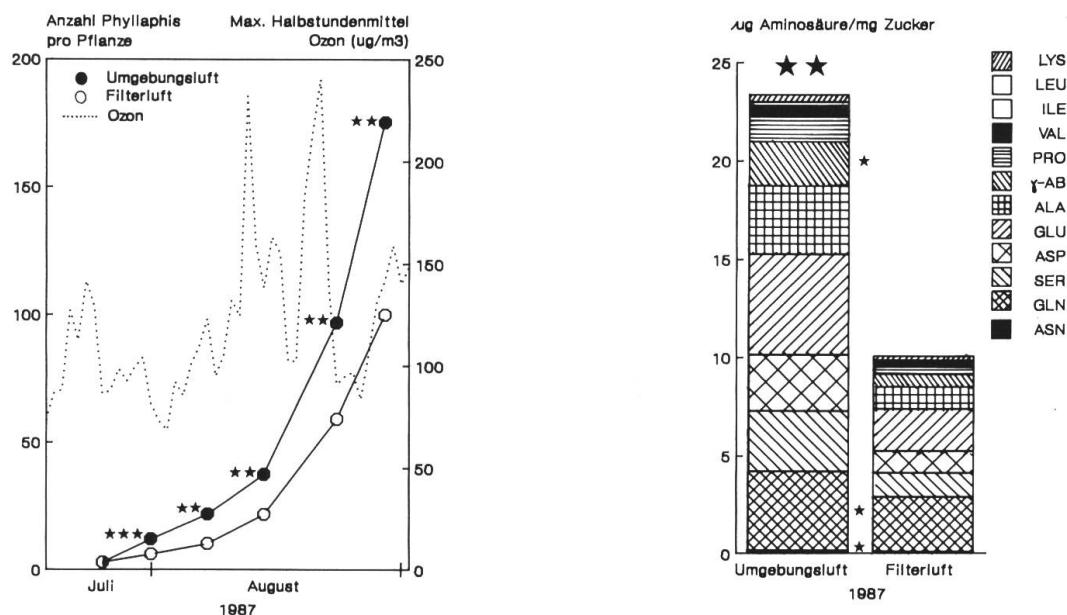


Abb. 5 Links: Die Entwicklung der Buchenblattlaus (*Phyllaphis fagi*) auf Buchensämlingen in Umgebungsluft- und Filterluftkammern von Schönenbuch. Sowohl 1986 (nicht dargestellt) als auch 1987 entwickelten sich die Blattlauspopulationen nach künstlicher Infektion von je 5 Individuen gleichen Alters pro Sämling unter Umgebungsluftbedingungen signifikant schneller. Zusätzlich sind die Ozonkonzentrationen während der Versuchsdauer (täglicher max. Halbstundenwert) angegeben. Unterschiede signifikant mit \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001 (Varianzanalyse).

Rechts: Der Aminosäurengehalt im Phloemexudat von Buchensämlingen des Blattlausversuches 1987. Sowohl die Summe aller Aminosäuren als auch der Einzelkomponenten  $\gamma$ -Aminobuttersäure ( $\gamma$ -AB), Glutamin (GLN) und Asparagin (ASN) waren im Verhältnis signifikant erhöht (\*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001, Varianzanalyse). Die übrigen Abkürzungen bedeuten: LYS Lysin, LEU Leucin, ILE Isoleucin, VAL Valin, PRO Prolin, ALA Alanin, GLU Glutaminsäure, ASP Asparaginsäure, SER Serin. Nach *Braun & Flückiger* 1989.

Die Ursache für die gleichbleibend gute bis hohe N-Versorgung muss jedoch in den immer höheren N-Einträgen in unsere Waldökosysteme gesehen werden. So haben die potentiell pflanzenverfügbaren N-Emissionen ( $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$ ) in der Schweiz von 46,5 Kilotonnen (1950) auf 107 Kilotonnen (1985) zugenommen (Stadelmann & Fuhrer 1986). Messungen der Freilanddepositionen ("Bulkdepositionen"), ergaben in der Region Basel N-Eintragswerte von 12-14 kg N ( $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{NH}_4\text{-N}$ ). Im Kanton Zug wurden sogar 22-23 kg N/ha · Jahr gemessen. Die Werte von K und Mg betrugen jedoch nur ein Zehntel bzw. ein Zwanzigstel davon. Diese Freilanddepositionen, vornehmlich Nassdepositionen, sagen allerdings wenig über den N-Eintrag in Wälder aus, da die gasförmigen N-Verbindungen wie Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) nicht oder ungenügend erfasst werden; gerade diese werden in den Wäldern wegen des hohen Auskämmeffekts sehr effizient deponiert. Die Schätzungen gehen dahin, dass in Wäldern eine im Vergleich mit dem Freiland zwei- bis dreimal höhere Stickstoff-Deposition stattfindet (Dept. Environ. 1990). Ausgehend von dieser Annahme dürften in die Wälder der Nordwestschweiz jährlich 25-45 kg N/ha, in jene der Zentralschweiz sogar 40-70 kg N/ha eingetragen werden. Nach Angaben der ECE (1988) liegen die kritischen Werte für N-Einträge in Laubwald-Ökosysteme aber im Bereich von 5-20 kg H/ha · Jahr.

## 4 Einfluss von Luftschaadstoffen

Abgesehen vom N-Eintrag dürfte das Haupt-Immissionsproblem der Wälder der Nordwestschweiz in der Ozonbelastung liegen. Nach WHO (1987) soll zum Schutz der Vegetation der Mittelwert für  $\text{O}_3$  während der Vegetationsperiode  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht übersteigen. An der Versuchsstation Schönenbuch wurde dieser Wert in den Jahren 1986-1989 mit  $78 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$  (Mittelwert von 4 Vegetationsperioden) deutlich überschritten. Der von der WHO vorgeschlagene Tagesmittelwert von  $65 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$  wurde in der genannten Periode 599 Mal überschritten. Dennoch sind sichtbare Schädigungen an Blättern und Nadeln der Waldbäume als Folge dieser Ozonbelastung nicht feststellbar; es verdichten sich aber die Hinweise, dass indirekte Schädigungen verursacht werden. In sog. Negativ-Begasungskammern, Umgebungsluft- und Filterluftkammern mit einer Filtereffizienz für  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und  $\text{O}_3$  von 80-90% zeigte sich bei Buchensämlingen nach einer viermonatigen Umgebungsluft-Exposition eine signifikant geringere Sprossstrockenmasse (-26%) und Feinwurzelmasse (-25%). Wiederholte Experimente zeigten, dass Buchensämlinge, die in Umgebungsluftkammern exponiert waren, eine erhöhte Frostempfindlichkeit besaßen (Abb. 4). Auch Leonardi *et al.* (1989) konnten dies zeigen durch Begasung mit geringen  $\text{O}_3$ -Konzentrationen ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) über fünf Wochen in Kombination mit saurem Nebel. Sämlinge in der Umgebungsluftkammer zeigten im Vergleich mit den unter Filterluftbedingungen aufwachsenden eine vorzeitige Blattvergilbung und einen früheren Blattfall. Auf Pflanzen in der Umgebungsluftkammer, die künstlich mit der Buchenblattbaumlaus *Phyllaphis fagi* infiziert wurden, entwickelten sich die Blattlauspopulationen signifikant schneller (Abb. 5). Nachfolgende Untersuchungen des Siebröhrensaftes, der Nahrungsquelle der Blattläuse, ergaben, dass die Sämlinge unter Umgebungsluft signifikant erhöhte Aminosäuren-Gehalte aufwiesen; sie boten damit den Blattläusen eine bessere Nahrungsquelle an, was durch *in vitro*-Versuche mit künstlichen Nährmedien bestätigt werden konnte (Bolsinger & Flückiger 1989). Der Buchenspringrüssler *Rhynchaenus fagi*, eine blattfressende Insektenart,

bevorzugte in sog. Wahlfrassversuchen ebenfalls Blätter von Buchen aus der Umgebungsluftkammer. Hingegen war die Entwicklung pilzlicher Krankheiten wie durch *Apiognomonia errabunda* verursachte Blattnekrosen und Astdürren bei Buchen, sowie der Buchenkrebs (*Nectria ditissima*) bei Infektionsversuchen in der Umgebungsluftkammer eher gehemmt.

## Literatur

- Bergmann W. 1983. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Stuttgart.
- Bolsinger M., Flückiger W. 1989. Ambient air pollution induced changes in amino acid pattern of phloem sap in host plants and their relevance to aphid infestation, *Environmental Pollution* 56, 209-216.
- Braun S., Flückiger W. 1989. Effect of ambient ozone and acid mist on aphid development, *Environmental Pollution* 56, 177-187.
- Brüning D., Uebel E. 1968. Düngung und Populationsdichte von Napfschildläusen, *Allgemeine Forstzeitung* 30, 536f.
- Department of the Environment 1990. *Oxides of Nitrogen in the United Kingdom*. Second Report of the United Kingdom Photochemical Oxidants Review Group. London.
- Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen 1967. *Ertragstafeln für die Buche in der Schweiz*. Birmensdorf.
- Flückiger W., Braun S., Flückiger-Keller H., Leonardi S., Asche N., Bühler U., Lier M. 1986. Untersuchungen über Waldschäden in festen Beobachtungsflächen der Kantone Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zürich und Zug. *Schweiz. Zs. Forstwesen* 137(11), 917-1010.
- Flückiger W., Braun S. 1989. *Waldschadenbericht. Untersuchungen in Buchenbeobachtungsflächen 1984-1988*. Bericht im Auftrag der Kantonsoberförster der Kantone AG, BL, BS, SO, BE, ZH, ZG. Schönenbuch.
- Larcher W., Häckel H. 1985. *Meteorologische Pflanzenpathologie – Witterung und Klima als Umweltfaktoren: Kälte und Frost*. Sorauer P., Rademacher B. (eds), Handbuch der Pflanzenkrankheiten 1(5). Stuttgart.
- Leonardi S., Langebartels C. Sandermann H. 1990. Full exposure of beech trees (*fagus silvatica* L.) to ozone and simulated acidic mist. Immediate and post-treatment effects on whole plant physiology. Pfirrmann T., Payer H.D. (eds), *Environmental research with plants in closed chambers*. Proc. Int. Symp. Neuherberg 9.-11. 10. 1989. Air Pollution of EC (in press).
- Roloff A. 1985. Auswirkungen von Immissionsschäden in Buchenbeständen, *Allgemeine Forstzeitung* 40(35), 905-908.
- Sakai A., Larcher W. 1987. *Frost survival of plants*. Springer Ecological Studies 62. Berlin.
- Sanasilva 1986. *Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustproduzenten*. Bosshard W. (ed), Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Birmensdorf.
- Schober W. 1987. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. Frankfurt/M.

- Stadelmann F.X., Fuhrer J. 1986. *Landwirtschaftsbedingte Ammoniakbelastung der Luft und mögliche Folgen für die Vegetation*. Interner Bericht Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene Liebefeld-Bern.
- UN-ECE 1988. *Critical loads for sulphur and nitrogen*. ECE/EB AIR/R 30. Skokloster (Sweden).
- Van den Driessche R. 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis, *Bot. Review* 40, 347-394.
- Wentzel K.F. 1983. Höhenzuwachs-Analysen zur Diagnose von Immissionswirkungen, *Allgemeine Forstzeitung* 38(14).
- World Health Organization (WHO) 1987. *Air quality guidelines for Europe*. WHO Regional Publications, European Ser. 23. Copenhagen.
- Zöttl H.W., Hüttl R. 1985. Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im Südwestdeutschen Alpenvorland, *Allgemeine Forstzeitung* 40(10), 197-199.