

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 140 (1989)
Heft: 6

Artikel: Untersuchungen an Buchen in festen Waldbeobachtungsflächen des Kantons Zürich
Autor: Flückiger, Walter / Braun, Sabine / Leonardi, Silvio
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764243>

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: 19.01.2026

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

Untersuchungen an Buchen in festen Waldbeobachtungsflächen des Kantons Zürich

Von *Walter Flückiger*¹, *Sabine Braun*¹, *Silvio Leonardi*², *Lucas Förderer*¹ und *Ueli Bühler*³ Oxf.: 161.3:176.1 Fagus: (494.34)

(¹ Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, CH-4124 Schönenbuch.

² Z. Zt. Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, D-8042 Neuherberg.

³ CH-7451 Alvaschein)

In den Jahren 1984 bis 1987 (1988) wurden in 12 festen Waldbeobachtungsflächen über den Kanton Zürich verteilt jeweils am gleichen Kollektiv von Buchen im Alter von rund 80 bis 120 Jahren verschiedene kronen-, stamm- und wurzelbezogene Untersuchungen durchgeführt. Im Vordergrund dieser Untersuchungen standen jährliche Erhebungen von insgesamt 22 festen Merkmalen wie Kronenverlichtung, Laubverfärbung, Kleinblättrigkeit, Stammschädigungen usw., Stammzuwachs sowie der Zuwachs von Gipfeltrieben. Nähr- und Schadstoffgehalte im Laub von Gipfeltrieben wurden im ersten und letzten Beobachtungsjahr analysiert. In allen Flächen wurden pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt. Dieselben Untersuchungen wurden gleichzeitig auch in 37 Beobachtungsflächen der Nordwestschweiz und in 3 Flächen des Kantons Zug durchgeführt. Eingehende Betrachtungen über Nährstoffauswaschungen aus der Krone und deren physiologische Auswirkungen wurden sowohl anhand von Felduntersuchungen als auch in gezielten Laborexperimenten mit Buchenkeimlingen durchgeführt. Die hier angewandten Methoden sind bereits ausführlich bei *Flückiger et al.* (1986) beschrieben worden.

1. Schadensausmass und Schadensentwicklung

In den Beobachtungsflächen des Kantons Zürich zeigte sich zwischen 1984 und 1987 eine deutliche Zunahme der Kronenverlichtung (*Abbildung 1*). 1984 wiesen im Mittel aller Flächen 25% der Bäume eine Verlichtung von mehr als 20% auf, während dies im Jahre 1987 bereits 59% waren. 1988 lässt sich allerdings ein deutlicher Rückgang verlichteter Bäume auf einen Anteil von 33% feststellen. Dieser Entwicklungsverlauf gilt entsprechend auch für die Gesamtschädigung (*Abbildung 2*). Schränkt man die Betrachtung auf die Verlichtungsstufen 2 und 3 ein, also Bäume mit einer Kronenverlichtung von mehr als 40%, lässt sich keine vergleichbare Entwicklung beobachten. Ein erhöhter Anteil an stärker verlichteten Bäumen konnte nur 1985 mit 7% registriert werden. Sowohl 1984 als auch 1986 bis 1988 blieb der Anteil verlichteter Bäume der Stufen 2 und 3 konstant, nämlich 2 bis 3%. Je nach Standort kann der zeitliche

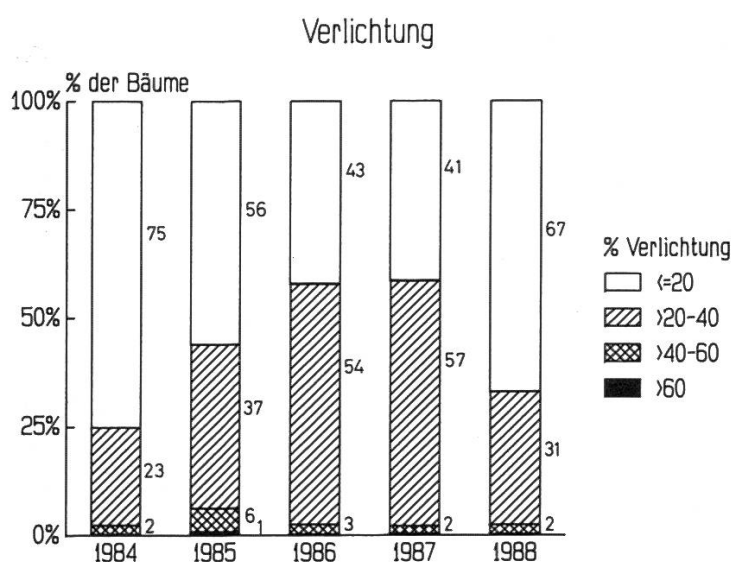


Abbildung 1. Entwicklung der Verlichtung in den 12 Buchenbeobachtungsflächen des Kantons Zürich.

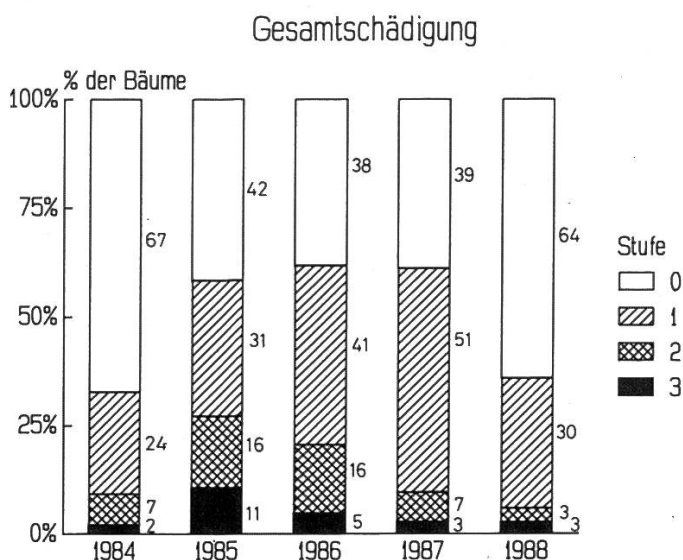


Abbildung 2. Entwicklung der Gesamtschädigung in den 12 Buchenbeobachtungsflächen des Kantons Zürich.

Verlauf des Verlichtungsausmasses vom dargestellten Muster etwas abweichen. An den Standorten Stammheim, Rafz, Höri, Winterthur und Albis war 1986 und in Brütten, Wallisellen, Zürichberg, Hinwil, Bachtel W, Bachtel O und Männedorf 1987 die grösste Verlichtung festzustellen.

Das Ausmass der Zweigdürre, deren Ursache oft parasitärer Natur ist (Befall durch Pilze wie *Nectria ditissima* oder *Apiognomonia errabunda* bzw. durch Insekten wie *Agrilus viridis*), nahm im unteren Kantonsteil (Rafz bis Wallisellen) während der fünf Beobachtungsjahre eher ab, im oberen Kantonsteil (Zürichberg bis Männedorf) eher zu. Da ein erhöhtes Ausmass an toten Ästen in der Kronenperipherie mit in die Verlichtung einfliesst, ist es nicht überraschend, dass in Flächen mit stärkerer Verlichtung auch ein höherer Anteil an Bäumen mit Zweigdürre beobachtet wurde. Dabei muss auch die bessere Kroneneinsicht berücksichtigt werden. So zeigten 1988 auf dem Standort Zürichberg immerhin 5%, in Bachtel West 10%, in Bachtel Ost 7% und Männedorf 5% der Bäume einen erhöhten Zweigdürreanteil.

Die Gesamtverfärbung, bei der es sich in den meisten Fällen um Vergilbung handelte (Abbildung 3), weist an allen Standorten von 1984 bis 1987 eine signifikante Zunahme auf. Vor allem 1987 war ein sprunghafter Anstieg der Verfärbung zu beobachten. Insgesamt waren 1984 3% der Bäume vergilbt, 1987 hingegen 53%, 1988 nahm die Verfärbung wieder auf 39% der Bäume ab. Die grössten Vergilbungen fanden sich 1988 an den Standorten Rafz, Zürichberg, Wallisellen, Bachtel W, Bachtel O und Männedorf, während im ersten Erfassungsjahr vornehmlich in Rafz und Brütten Vergilbungen in Erscheinung traten.

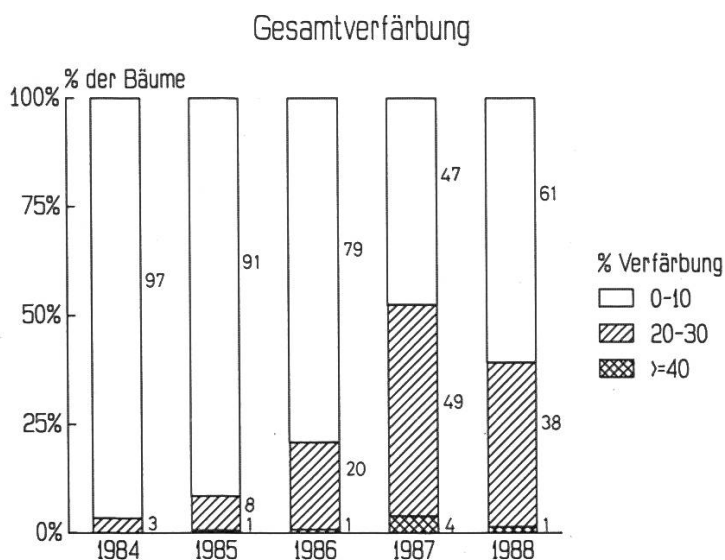


Abbildung 3. Entwicklung der Gesamtverfärbung in den 12 Buchenbeobachtungsflächen des Kantons Zürich.

Die Auswertung der Schadensaufnahmen im Zusammenhang mit anderen baum- und standortspezifischen Faktoren erfolgte unter Einbezug der 37 Flächen aus der Nordwestschweiz und der 3 Flächen des Kantons Zug. Diese Er-

gebnisse werden in einer späteren Arbeit dargestellt. Es soll hier lediglich auf einige Erkenntnisse eingegangen werden:

1. Neben der Zweigdürre und der Blattverkrümmung («Schiffchenbildung»), die zur Verlichtung beitragen, korrelieren auch Fruchtbehang und Vergilbung positiv mit der Verlichtung.
2. Die Blattverkrümmung stand vor allem mit Parametern des Bodenwasserhaushaltes in Beziehung: erhöhter Anteil auf Böden mit niedriger nutzbarer Feldkapazität ($nFK < 90 \text{ mm}$), vermindertes Vorkommen auf staunassen Böden.
3. In der zweiten Hälfte der Untersuchungsperiode waren Bäume auf trockeneren Standorten stärker verlichtet.
4. Besser mit Wasser versorgte Flächen, wie sie durch die Feuchtezahl der pflanzensoziologischen Aufnahmen charakterisiert sind, wiesen einen geringeren Zweigdürreanteil auf.

2. Stammzuwachs

1984 wurden an etwa 30 Buchen pro Beobachtungsfläche der Brusthöhendurchmesser mit einer Millimeterkluppe und der Umfang gemessen. 1987 wurden die gleichen Bäume an derselben Stelle erneut ausgemessen. Gleichzeitig wurden die Kronenradien und die Baumhöhe ermittelt, zur Berechnung der Kronenprojektionsfläche und des Kronenvolumens. Aus der Differenz der beiden Messungen wurde der Zuwachs während dieser drei Jahre berechnet. Der Durchmesserzuwachs wurde auf den mittleren Durchmesser normiert, berechnet als Umfang/π , um Unregelmässigkeiten in der Stammform auszugleichen.

Sowohl Kronenprojektionsfläche als auch Baumhöhe waren erwartungsgemäss stark positiv mit dem Zuwachs korreliert. Eine signifikant negative Beziehung besteht hingegen zwischen dem Stammzuwachs und der Verlichtung (*Abbildung 4*).

3. Untersuchungen an Buchengipfeltrieben

Die für die Nährstoffanalysen geernteten Gipfeltriebe wurden zusätzlich hinsichtlich Fruchtbehang, Kleinblättrigkeit, Blattfarbe und Parasitenbefall bonitiert. Zudem wurde der Längenzuwachs ausgemessen und die Verzweigungen (Kurz-, Langtriebe) ausgezählt.

Der Längenzuwachs der Gipfeltriebe zeigt, soweit dies zurückverfolgt werden konnte, in den Jahren 1977/1978 eine deutliche Einbusse als Folge auf das Trockenjahr 1976 (*Abbildung 5*); der Triebzuwachs der Buche reagiert auf

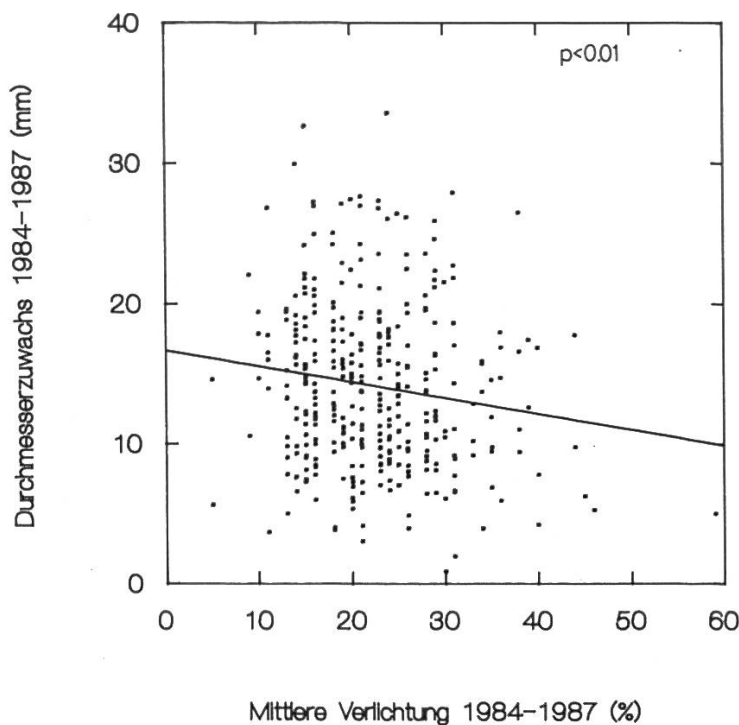


Abbildung 4. Zwischen der mittleren Verlichtung 1984 bis 1987 und dem Stammzuwachs in der gleichen Zeitperiode besteht eine signifikante negative Korrelation (Kovarianzanalyse unter Einbezug von Bestandesalter, Standortbonität, Kronenprojektionsfläche und Baumhöhe).

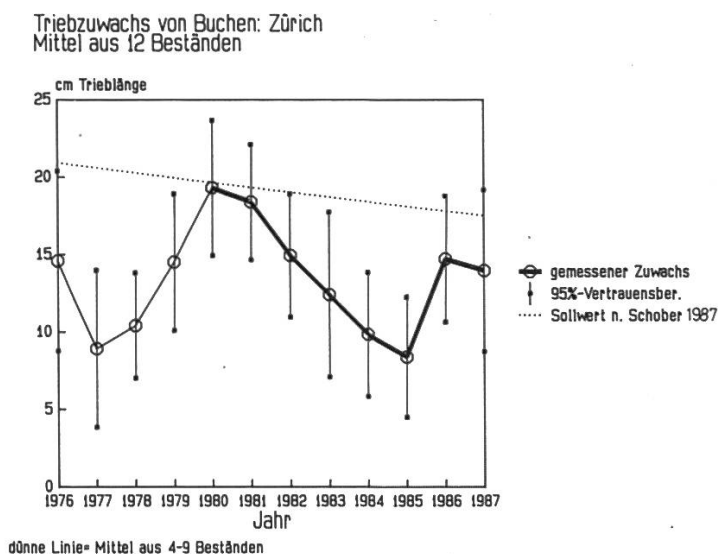


Abbildung 5. Triebzuwachs von Buchen: Mittelwerte aus den 12 Standortsmedianen mit 95%-Vertrauensbereich. Das Wachstum zwischen 1976 und 1979 konnte nicht in allen untersuchten Beständen erfasst werden (dünne Linie).

Trockenperioden erst im folgenden Jahr (Roloff, 1986). Das Wachstum erholte sich anschliessend wieder und erreichte 1980/81 einen Höchststand. Zwischen 1983 und 1985 fiel der Triebzuwachs erneut ab, wobei wiederum der trockene Sommer von 1983 eine bedeutende Rolle gespielt haben dürfte. Dass diese Erklärung jedoch nicht allein ausreicht, zeigten die Auswertungen der Nordwestschweizer Daten, wo Buchenstandorte auf trockenen (flachgründigen) und gut mit Wasser versorgten (tiefgründigen) Böden miteinander verglichen wurden (Braun und Flückiger, 1987). Im Kanton Zürich konnte eine erneute «Erholung» des Wachstums in den Jahren 1986 und 1987 beobachtet werden, wäh-

rend in der Nordwestschweiz — trotz günstiger Witterung — 1987 ein neuer Tiefstand erreicht wurde.

Vergleicht man den Triebzuwachs mit dem Höhenzuwachs nach Ertragstafeln, bei Berücksichtigung eines Multiplikationsfaktors von 1,1 infolge schrägen Wachstums der Triebe (Roloff, 1985), so zeigt sich, dass der theoretisch zu erreichende Wert nach der Ertragstafel von *Schober* (1987, Oberhöhe h_{100} , starke Durchforstung) als auch nach derjenigen der *EAFV* (1967, Mittelhöhe) im Kanton Zürich 1987 um 25% unterschritten wird (*Abbildung 5*), in der Nordwestschweiz gar um 57%.

Bei der Auswertung beider Gipfeltriebernten korrelierte der Fruchtbehang am besten mit dem Triebwachstum. Die Korrelation ist erwartungsgemäss negativ, das heisst je grösser der Fruchtbehang war, um so kleiner war der Zuwachs. Dieser Befund lässt sich teilweise damit erklären, dass Früchte einen «Sink» für Assimilate darstellen. Der Baum muss einen Teil der photosynthetisch gewonnenen Energie in die Fruchtbildung stecken, was entsprechend dem Wachstum abgeht.

Ausser mit dem Triebzuwachs stand der Fruchtbehang auch mit dem Nährstoffgehalt in Zusammenhang. Wie bei der Ernte 1984 war der Fruchtansatz auch 1987 um so höher, je mehr Stickstoff im Laub vorhanden war. Dies stimmt insofern mit Untersuchungen von *Le Tacon* und *Oswald* (1977) überein, als diese Autoren bei N-Düngung eine erhöhte Fruktifikation bei Buchen feststellten.

Sowohl 1984 wie 1987 konnten die an den Gipfeltrieben beobachteten Chlorosen mit dem Nährstoffgehalt korreliert werden. Dunkelgrüne Blätter enthielten in beiden Jahren mehr N als heller gefärbtes Laub. Die vereinzelt beobachteten Interkostal- und Randchlorosen konnten mit einem Befall mit Parasiten wie zum Beispiel Blattläusen in Zusammenhang gebracht werden.

4. Nähr- und Schadstoffuntersuchungen im Buchenlaub

Im ersten Beobachtungsjahr, 1984, und zum zweiten Mal 1987 wurden im Laub der Buchengipfeltriebe Nähr- und Schadstoffe analysiert. In der ersten Erhebung wurden die Elemente N, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Cu, Zn, S, Cl, F, Al, Pb und Cd erfasst (Flückiger *et al.*, 1986). In der zweiten Erhebung wurden lediglich die Nährelemente N, P, K, Mg und Mn analysiert.

Bei den Makronährstoffen fällt das erhebliche Ungleichgewicht in der Versorgung auf, welches sich von 1984 auf 1987 noch vergrösserte (*Abbildung 6*). Die Bäume wiesen an allen Standorten in beiden Jahren eine gute Stickstoffversorgung auf; die Werte lagen mehrheitlich im oberen Bereich des von *Bergmann* (1983) definierten «ausreichenden Versorgungsbereiches». Die leichte, jedoch

Entwicklung des Nährstoffgehaltes im Buchenlaub zwischen 1984 und 1987 (Zürcher Flächen, n=80)

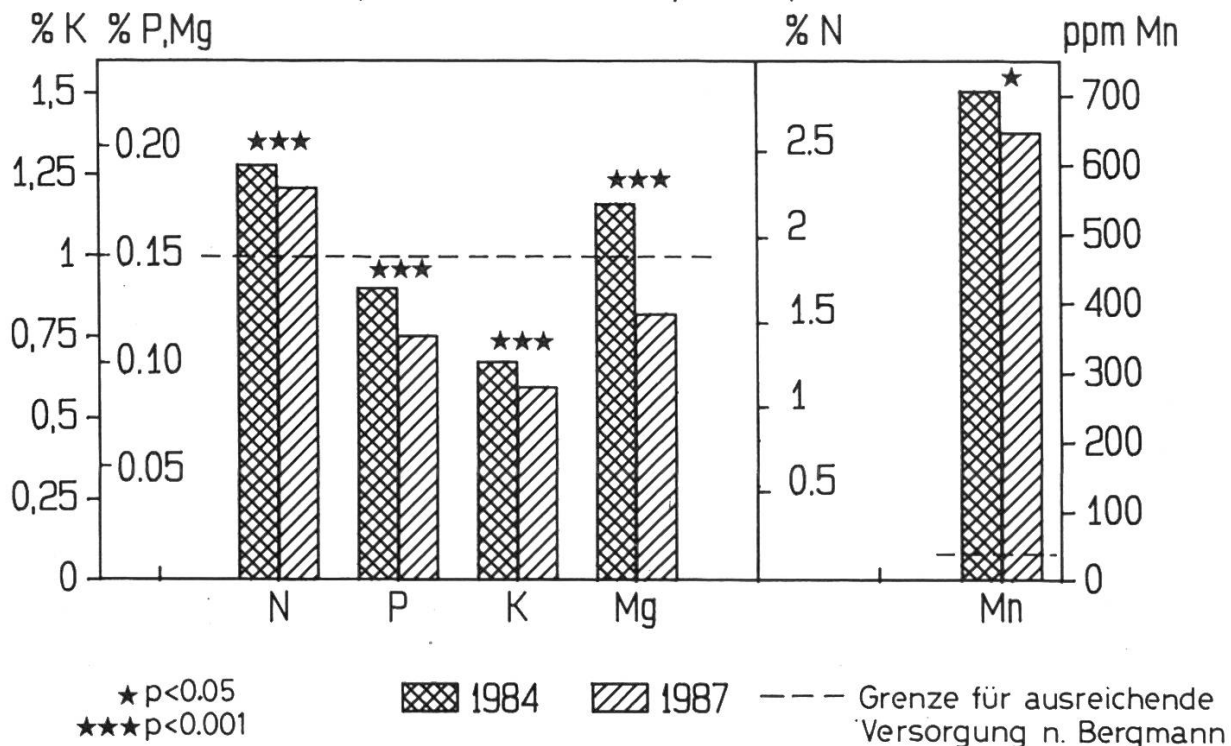


Abbildung 6. Entwicklung des Nährstoffgehaltes im Buchenlaub zwischen 1984 und 1987 in den Zürcher Flächen. Es wurden nur die Daten von Bäumen berücksichtigt, die in beiden Jahren beerntet werden konnten. Bei allen Nährstoffen konnte eine signifikante Abnahme von 1984 auf 1987 festgestellt werden (gepaarter t-Test), bei Stickstoff und Mangan allerdings nur eine schwache (in der Nordwestschweiz ist die Verschiebung bei diesen beiden Nährstoffen nicht signifikant). Die Grenze für ausreichende Versorgung nach Bergmann (1983) ist als gestrichelte Linie eingezeichnet.

signifikante N-Reduktion von 1984 auf 1987 in Stammheim, Winterthur und Männedorf ist wegen der ohnehin sehr guten Versorgung unerheblich.

Im Gegensatz zum Stickstoff wies Phosphor 1987 bei der zweiten Probenentnahme an acht Standorten von zwölf signifikant tiefere Blattspiegelwerte auf als 1984. Auf dem Zürichberg, Albis und Hinwil wurde nahezu die nach Le Tacon (1981) definierte Mangelgrenze von 0,08% P in T.S. erreicht. Eine ausreichend optimale Versorgung konnte 1987 lediglich noch an den beiden Bachtelstandorten festgestellt werden. Die übrigen Standorte müssen als mittel bis schwach versorgt bezeichnet werden.

Auch der Kaliumgehalt nahm von 1984 auf 1987 ab, in Höri, Winterthur und Albis signifikant. In Höri und Winterthur wurde der von Le Tacon (1981) bezeichnete Mangelbereich von 0,5% K in T.S. erreicht. Keiner der Standorte kann als optimal mit K ernährt bezeichnet werden, alle Standorte sind zumindest als schwach versorgt einzustufen.

Beim Magnesium zeigte sich zwischen den beiden Erfassungsjahren die grösste Veränderung. An neun Standorten wies dieses Nährelement in der zweiten Erhebung signifikant tiefere Werte auf als noch vier Jahre zuvor. Lediglich Winterthur und Bachtel West zeigten 1987 noch eine nach Bergmann (1983) ausreichende Mg-Versorgung. Allerdings wurde die Mangelgrenze nach Powers (1976) von 0,08% Mg in T.S. oder Miller (1983) von 0,05% noch nirgends erreicht.

Mangan blieb wie Stickstoff praktisch unverändert. Die Versorgung mit diesem Element ist überall gut bis sehr gut. Die Werte schwanken in einem weiten Bereich. Dies hängt damit zusammen, dass die Manganverfügbarkeit stark von den Bodenbedingungen wie pH-Wert abhängt.

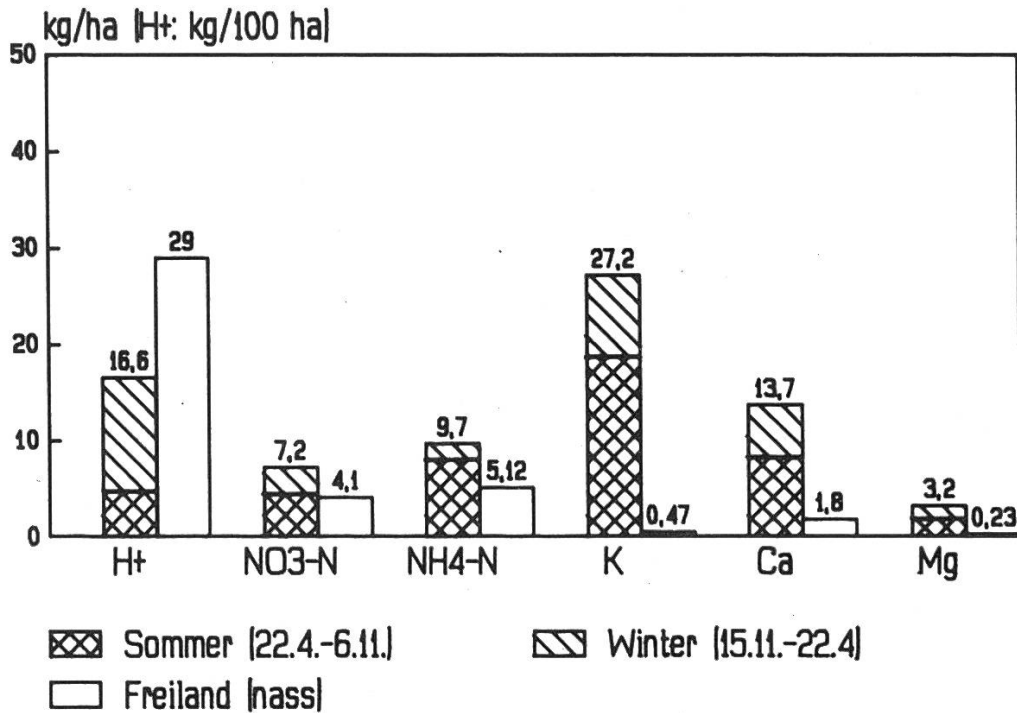
Bei diesen Nährstoffveränderungen muss berücksichtigt werden, dass die natürliche Variation des Nährstoffgehaltes von Jahr zu Jahr 20 bis 25% betragen kann (Glatzel, pers. Mitt.). Insofern liegen die beobachteten Veränderungen teilweise noch im Bereich natürlicher Schwankungen, teilweise aber auch deutlich darüber. Zu bedenken ist vor allem die Tatsache, dass sich die relativen Verhältnisse von P, K und Mg zum Stickstoff stark verschoben haben und dass die 1987 festgestellten Gehalte der genannten drei Makronährstoffe teilweise nahe an den «Mangelgrenzen» liegen. Allerdings werden es erst weitere Untersuchungen erlauben, über den zurzeit festzustellenden Trend und seine mögliche Bedeutung Aufschluss zu erhalten. Immerhin sei festgehalten, dass eine vergleichbare Nährstoffentwicklung auch bei Fichten in Baden-Württemberg (Evers, 1988) beobachtet werden konnte.

5. Bestandesdeposition

In den Flächen Zürichberg und Stammheim wurde im Jahre 1985/86 ein Jahresverlauf der Bestandesdeposition (Stammabfluss und Kronentraufe) aufgenommen. Der Stammabfluss wurde an 8 Bäumen pro Fläche und die Kronentraufe unter dem im Sommer geschlossenen Kronendach in 8 Auffanggefässen gesammelt. Bei der Fläche Zürichberg wurde als Vergleich zur Kronentraufe im Bestand mittels 4 zusätzlicher Auffanggefässe zudem die Kronentraufe unter einer in einer Lichtung freistehenden Buche gesammelt.

Standortsunterschiede zwischen Stammheim und Zürichberg konnten vor allem beim Protoneneintrag, der auf dem Zürichberg höher ist, beobachtet werden (*Abbildung 7*). Auf dem Zürichberg sind in der Bestandesdeposition auch die Frachten der Säureanionen deutlich höher als in Stammheim, Nitrat im Jahresmittel um 41%, Sulfat um 41% und Chlorid um 192%. Beim Vergleich der Jahresumsätze an den beiden Standorten wird auch deutlich, dass auf dem Zürichberg trotz der schlechteren Versorgung mehr Ca und Mg, jedoch weniger K ausgewaschen wird als in Stammheim. Eine Erklärung hierfür könnte darin ge-

Stammheim



Zürichberg

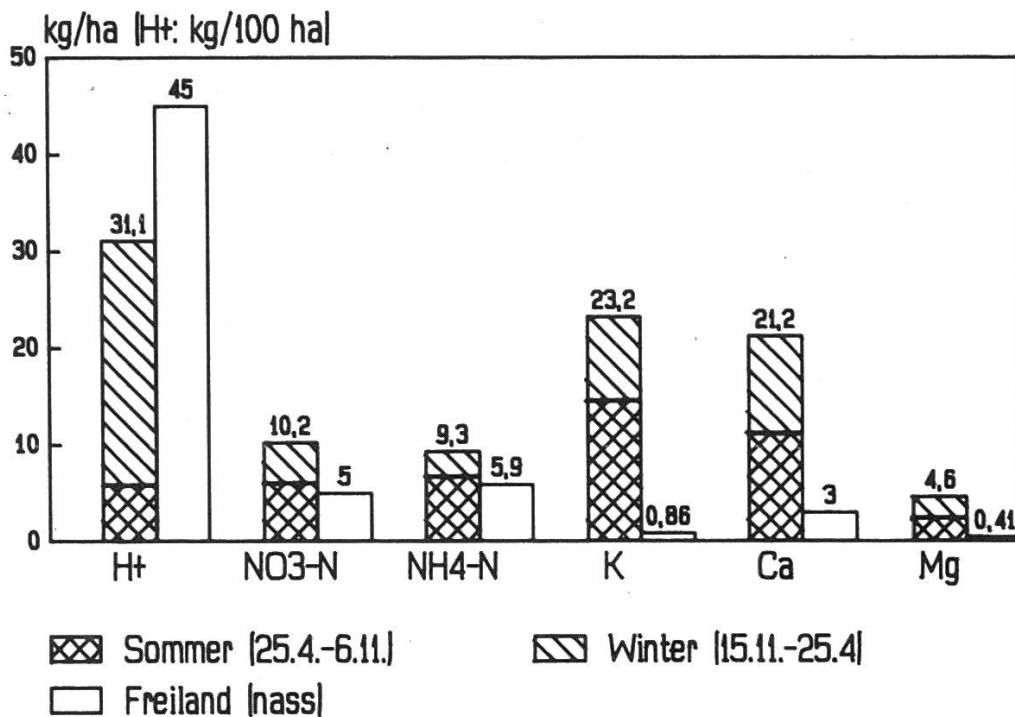


Abbildung 7. Stofffrachten im Bestandesniederschlag in den Buchenflächen Stammheim und Zürichberg im Vergleich zu der vom Teilprojekt Deposition (Hertz *et al.*, 1988) gemessenen Nassdeposition im Freiland.

sehen werden, dass auf dem Zürichberg mehr H^+ , welches den Austausch von Ca und Mg begünstigt, und in Stammheim etwas mehr NH_4^+ , das vor allem das Leaching von K fördert (Leonardi und Flückiger, 1989), deponiert werden.

Beim Vergleich der Frachten von Stammabfluss, Kronentraufe und Deposition lässt sich ein unterschiedliches Verhalten bei den verschiedenen Stoffen erkennen. Auf der einen Seite stehen solche Ionen, bei denen im Bestandesniederschlag 1,5- bis 2mal höhere Konzentrationen festgestellt werden als in den von Hertz *et al.* (1988) gemessenen Depositionen. Bei diesen kann angenommen werden, dass diese Konzentrationserhöhung vornehmlich durch Anreicherung im Kronenraum (Interzeption) zustande gekommen ist (zum Beispiel Ammonium, Nitrat, Sulfat). Leaching aus dem Laub kann zwar nicht ausgeschlossen werden, aber der freie Gehalt dieser Ionen in Blättern von Laubbäumen dürfte – vor allem beim Ammonium – nicht sehr hoch sein; van der Eerden (1982) erwähnt Ammoniumkonzentrationen in ungeschädigten Tomatenpflanzen von weniger als 50 mg/kg. Auf der anderen Seite stehen die Nährelemente K, Mg (und P?), die im Bestandesniederschlag gegenüber der Freilanddeposition um ein Mehrfaches angereichert sind, dass Interzeption allein als Erklärung nicht ausreicht. Hier müssen Leachingprozesse eine dominierende Rolle spielen. Phosphor ist nur während der Vegetationsperiode im Bestandesniederschlag nachweisbar, was auf eine ausschliessliche Auswaschung aus dem Laub hindeutet, währenddem beim Kalium und Magnesium auch die Rinde beteiligt sein muss (Flückiger *et al.*, 1988).

H^+ wird durch das Kronendach teilweise absorbiert. Wie aus *Abbildung 8* hervorgeht, wird durch den Stammabfluss ein wesentlich grösserer Anteil an Protonen auf den Boden eingetragen als der Wassermenge entspricht, vor allem im Sommer. Bezogen auf die Bestandesfläche sind Kronentraufe und Stammabfluss als «Inputwege» für Protonen etwa gleichgewichtig. Infolge des beschränkten Eindringbereiches des Stammabflusses erhöht sich jedoch die Deposition am Stammfuss, so dass hier auf engstem Raum 85 bis 90mal mehr Protonen deponiert werden als im Bereich der Kronentraufe. Ein versauernder Einfluss von Stammabflusswasser auf den Boden konnte von Schnider *et al.* (1989) im Rahmen des gleichen Projektes gezeigt werden.

Der Eintrag von Protonen auf den Waldboden ist von der Jahreszeit abhängig; im Winter ist er höher als im Sommer. Im Sommer wird ein Teil der durch die Niederschläge eingetragenen Protonen vom belaubten Kronendach abgepuffert, was stets mit einer Kationenauswaschung aus den Blättern verbunden ist (Leonardi und Flückiger, 1986). Im Winter stellt die oftmals in unseren Regionen lange anhaltende Feuchte der Baumoberfläche eine effiziente Depositionssenke für gasförmige Säurevorläufer (SO_2 , NO_x) dar. Zudem ist auch der Protoneneintrag im Freiland im Winter höher als im Sommer. Folglich finden sich die tiefsten pH-Werte sowohl im Stammabfluss als auch in der Kronentraufe im Winter bzw. die höchsten im Sommerhalbjahr.

Stammheim

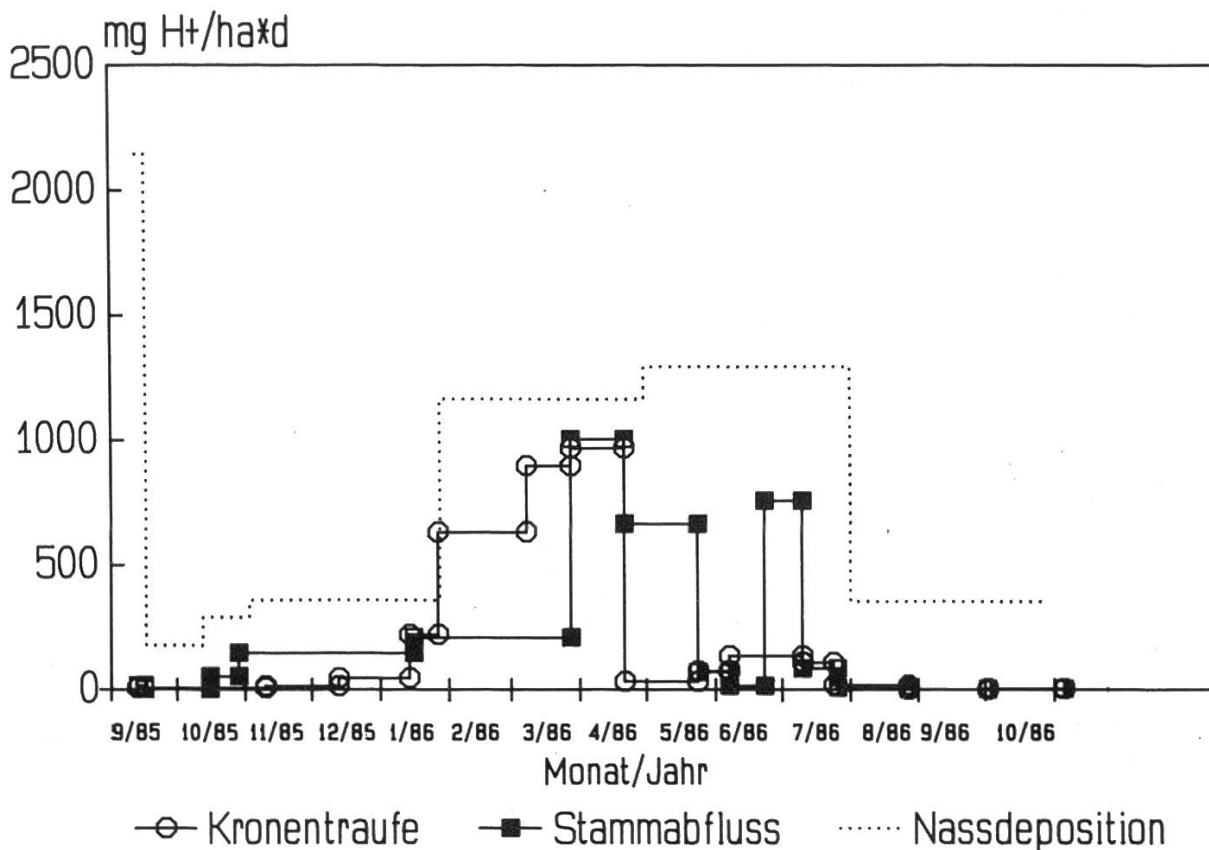


Abbildung 8. Jahresverlauf der Protonenfracht in Kronentraufe und Stammabfluss in der Buchenfläche Stammheim im Vergleich zur Nassdeposition nach *Hertz et al.* (1988).

Nebst standörtlichen Unterschieden in der Belastung durch einzelne Stoffe hängt die Grösse der Bestandesdeposition massgeblich von der Interzeption der trockenen und nassen Deposition ab. Zu den wichtigsten Faktoren, welche die Interzeption begünstigen, gehören die Exposition des Bestandes, die Windverhältnisse über und in der Krone sowie das Impaktionspotential der betroffenen Vegetation. Letzteres hängt wesentlich von der Laubdicke und der sogenannten Oberflächenrauigkeit des Waldstückes ab. Alle genannten Faktoren disponieren den Waldrand und einzeln stehende Bäume für eine hohe Interzeption von luftgetragenen Stoffen. Folglich ist die Belastung der Vegetation einer Gegend mit denselben Freilanddepositionen an den exponiertesten Lagen am grössten. Diesem Sachverhalt wurde in/bei der Fläche Zürichberg durch einen Vergleich der Bestandesdeposition mit der Kronentraufe unter einem einzelnen, freistehenden Baum nachgegangen. Im Vergleich konnte in der Kronentraufe der freistehenden Buche gegenüber dem Nachbarbestand (Alter und Höhe vergleichbar) eine um 40% erhöhte Stofffracht gemessen werden.

Verluste von Kationen aus den Sprossorganen werden von der Pflanze rasch ersetzt (*Mecklenburg und Tukey, 1964*), so dass bei genügendem Nachschub aus dem Boden die Blattgehalte der ausgewaschenen Kationen nicht verändert werden, sondern lediglich der biogeochemische Kreislauf beschleunigt wird. Die Kationenaufnahme durch die Wurzeln erfolgt jedoch in der Regel im Austausch gegen Protonen, so dass eine leaching-induzierte vermehrte Kationenaufnahme zu einer erhöhten Protonenabgabe durch die Wurzel führen sollte (*Ulrich, 1983, Miller, 1984*). Im Rahmen dieses Projektes konnte anhand von Buchenkeimlingen gezeigt werden, dass eine solche Rhizosphärenversauerung tatsächlich stattfindet, und zwar sowohl in Nährlösung (*Leonardi und Flückiger, 1988*) als auch in Erde (*Tabelle 1*). Auch konnte eine erhöhte Transpiration nach saurer Benebelung nachgewiesen werden; vor allem der nächtliche Spaltenschluss scheint beeinträchtigt zu sein (*Leonardi und Flückiger, 1989*).

Tabelle 1. Rhizosphären-pH von künstlich benebelten Buchenkeimlingen (Mittelwert von 60 bis 90 Einzelmessungen \pm Standardfehler).

nicht benebelt	5,66 \pm 0,07 a
Nebel pH 5,0	5,50 \pm 0,10 a
Nebel pH 3,0	5,05 \pm 0,07 b

Resultate, die von verschiedenen Buchstaben gefolgt sind, unterscheiden sich signifikant (Scheffé-Test, $p < 0,01$).

Verdankung

Unser herzlicher Dank gilt Herrn Max Fischer, Kantonsforstamt Basellandschaft, für seinen Einsatz bei der Gipfeltriebernte, den betroffenen Revierförstern für ihr freundliches Entgegenkommen sowie Markus Camenzind, Heidi Flückiger-Keller, Ian Greasley, Jürg Grimbichler, Monica Lier, Alexandra Ming, Romeo Orsini, Ruth Schuurman und Catherine Zinkernagel für die aktive Mithilfe bei der Feld- und Laborarbeit.

Résumé

Etudes sur des hêtres dans des surfaces forestières d'observation permanentes du canton de Zurich

Des analyses effectuées dans des surfaces d'observation permanentes de hêtre ont révélé une augmentation de la transparence des houppiers entre 1984 et 1986/87, suivie cependant d'une diminution sensible en 1988. Une corrélation négative significative entre la transparence du houppier et l'accroissement du tronc a pu être mise en évidence. D'une manière analogue à l'évolution de la transparence, la croissance des pousses de la cime a subi une diminution toujours plus marquée entre 1982 et 1985, suivie d'une tendance à la régénération dès 1986. Malgré cela, en 1987, la valeur était encore de 25% inférieure à celle de la table de production. La teneur des feuilles en phosphore, en potassium et en magnésium était nettement inférieure à celle de 1984 lors du deuxième relevé (1987), à tel point qu'une situation de carence a été atteinte sur certaines stations. Des dépôts de H^+ et de NH_4^+ sur les peuplements ont eu pour conséquence un lessivage accru, dans le houppier, d'éléments nutritifs tels que le potassium, le calcium et le magnésium. Cela entraîne, selon les résultats expérimentaux obtenus, une acidification de la rhizosphère et une augmentation de la transpiration des arbres.

Traduction: *O. Schneider*

- Bergmann, W. (1983): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. G. Fischer Verlag Stuttgart, 614 S.
- Braun, S., Flückiger, W. (1987): Untersuchungen an Gipfeltrieben von Buche (*Fagus sylvatica* L.). *Botanica Helvetica*, 97, 1: 61–73.
- Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) (1967): Ertragstabellen für die Buche in der Schweiz, Birmensdorf.
- Evers, F. H. (1988): Die Düngung und Kalkung, eine Massnahme zur vorübergehenden Verhinderung von Waldschäden in Baden-Württemberg. In: Sanasilva-Tagungsbericht «Düngung — eine Perspektive für den Schweizer Wald?», Tagung an der ETH Zürich, 10. Juni 1988. Hrsg: Programmkoordination Sanasilva, EAFV, Birmensdorf.
- Flückiger, W., Braun, S., Flückiger-Keller, H., Leonardi, S., Asche, N., Bühler, U., Lier, M. (1986): Untersuchungen über Waldschäden in festen Buchenbeobachtungsflächen der Kantone Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zürich und Zug. Schweiz. Z. Forstwes., 137, 11: 917–1010.
- Flückiger, W., Leonardi, S., Braun, S. (1988): Air pollutant effects of foliar leaching. In: Cape, I. N., Mathy, P. (Hrsg.): Scientific Basis of Forest Decline Symptomatology. Proc. workshop by the Commission of the European Communities and Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh, U. K., 21st–24th March 1988, 160–169.
- Hertz, J., Bucher, P., Furrer, G., Keller, L., Daniel, O., Thöni, L. (1988): Chemische Untersuchungen der atmosphärischen Deposition. *Chimia*, 42, 2: 57–67.
- Leonardi, S., Flückiger, W. (1986): Die Auswaschung von Nährstoffen aus der Baumkrone. Untersuchungen in Buchenbeständen der Nordwestschweiz. *Allg. Forstzeitschrift*, 41, 33: 825–828.
- Leonardi, S., Flückiger, W. (1988): Der Einfluss einer durch saure Nebenebelung induzierten Kationenauswaschung auf die Rhizosphäre und die Pufferkapazität von Buchenkeimlingen in Nährlösungskultur. *Forstw. Cbl.*, 107, 3: 160–172.
- Leonardi, S., Flückiger, W. (1989): Effects of cation leaching on mineral cycling and transpiration: investigations with beech seedlings, *Fagus sylvatica* L. *New Phytologist* 111, 173–179.
- Le Tacon, F. (1981): Les éléments dans les feuilles. Principales valeurs de diagnostic. In: E. Teissier du Cros (ed.): Le Hêtre. Institut National de la Recherche Agronomique, Dép. des Recherches Forestières. Paris 1981, 185–192.
- Le Tacon, F., Oswald, H. (1977): Influence de la fertilisation minérale sur la fructification du Hêtre (*Fagus sylvatica*). *Ann. Sci. Forest.*, 34, 2, 89–109.
- Mecklenburg, R. A., Tukey, H. B. Jr. (1964): Influence of foliar leaching on root uptake and translocation of calcium-45 to the stems and foliage of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiol.*, 39: 533–536.
- Miller, H. G. (1983): Wood energy plantations — diagnosis of nutrient deficiencies and the prescription of fertilizer applications in biomass production. In: D. Morgan and L. Zsuffa (Hrsg.): Report Forestry Energy Agreement, International Energy Agency, Biomass and Growth, Programme Group «B», No. 3, 20 p., Ontario Tree Improvement and Forest Biomass Institute, Ministry of Natural Resources, Mapla, Ontario, Canada.
- Miller, H. G. (1984): Deposition-plant-soil-interactions. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 305: 339–352.
- Powers, R. F. (1976): Nutrient requirements of timber species: an overview. Proc. 5th California Soil Fertility Conference, Sacramento, December 9–10, 1976: 7–16.
- Roloff, A. (1985): Auswirkungen von Immissionsschäden in Buchenbeständen. *Allg. Forstzeitschrift*, 40, 35: 905–908.
- Roloff, A. (1986): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. *Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben*, 18: 1–177.
- Schnider, F., Attinger, W., Flühler, H. (1989): Die räumliche Variabilität des pH im Oberboden und die Nachweisbarkeit von zeitlichen pH-Änderungen. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 140, 6, 475–481.
- Schober, R. (1987): Ertragstabellen wichtiger Baumarten. 3. neubearbeitete Auflage, Sauerländer Frankfurt.
- Ulrich, B. (1983): A concept in forest ecosystem stability and of acid deposition as driving force for destabilization. In: Ulrich, B., Pankrath, J. (Hrsg.): Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht — Boston — London, 1–29.
- van der Eerden, L. J. M. (1982): Toxicity of ammonia to plants. *Agriculture and Environment*, 7: 223–235.