

Zeitschrift: Botanica Helvetica
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 97 (1987)
Heft: 1

Artikel: Untersuchungen an Gipfeltrieben von Buche (*Fagus sylvatica* L.)
Autor: Braun, Sabine / Flückiger, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-67854>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

Untersuchungen an Gipfeltrieben von Buche (*Fagus sylvatica* L.)

Sabine Braun und Walter Flückiger

Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Sandgrubenstr. 25, CH-4124 Schönenbuch,
Schweiz/Switzerland

Manuskript angenommen am 8. Dezember 1986

Abstract

Braun, S. und Flückiger, W. 1987. Investigations on top shoots of beech (*Fagus sylvatica* L.). Bot. Helv. 97, 61–73.

Growth of top shoots of beech was examined in 37 forest stands in northwestern Switzerland and in 12 forest stands in the canton of Zurich. In 1982, 1983 and 1984, a decline of growth could be observed in most of the stands which was significant in comparison to yield tables. For several reasons, a direct influence of climatic stress (drought) is not thought to be the primary cause for this sign of decreased vitality. Neither the water regime nor the buffer range of the soil seem to be of importance for the observed course of growth.

Some observations were also made concerning fructification and parasite infestation. A positive correlation was found between the nitrogen content in the leaves and the extent of fructification, with generally high levels of nitrogen. Also, a high N/K ratio was found. It tended to be higher in the leaves of shoots which were infested with certain parasites compared to non infested shoots.

Einleitung

Der Höhenzuwachs von Bäumen ist ein empfindlicher Indikator, der spontaner und nachhaltiger reagiert als der Dickenzuwachs (Wentzel 1983). Trotzdem liegen bis jetzt – verglichen mit den zahlreichen Untersuchungen über die Jahrringentwicklung im Zusammenhang mit den Waldschäden – erst wenige Untersuchungen über den Höhenzuwachs vor. So berichtete Pfeilsticker (1983) über eine Wachstumsdepression bei Fichte im Schwarzwald (Ochsenhausen) in den Jahren 1981 und 1982, ein Ergebnis, das jedoch von Appt et al. (1983) in Wenzheim nicht nachvollzogen werden konnte. Kennel (1984) nahm den Höhenzuwachs bei Fichten etwas genauer unter die Lupe und fand bei geschädigten Bäumen eine starke Wachstumsabnahme, die 1978, bei weniger stark geschädigten Bäumen ein Jahr später, begann. Auch bei ungeschädigten Bäumen ließ sich eine leichte Reduktion beobachten. Schmidt und Hartmann (1984) fanden ebenfalls bei Fichten einen Wachstumsabfall von 1978 bis 1981, ab 1982 begann sich das Wachstum jedoch wieder zu erholen, wobei die Wasserversorgung des Bodens die Höhe der Zuwachsausschläge beeinflusste. Ein Einfluß des Trockenjahres 1976 war jedoch

nicht erkennbar. Roloff (1984, 1985) untersuchte sehr eingehend den Höhenzuwachs bei der Buche. Es gelang ihm, aufgrund der Triebbasisnarben das Triebwachstum bis ins Jahr 1945 zurückzuverfolgen. Seine Ergebnisse zeigten, daß stark geschädigte Bäume teilweise schon seit 30 Jahren eine Reduktion des Höhenzuwachstums aufwiesen; bei den schwach geschädigten Bäumen waren es 15 Jahre. Der Zuwachsverlauf der gesunden Bäume folgte, abgesehen von klimabedingten Einbrüchen, in etwa dem nach der Ertragstafel zu erwartenden Alterstrend; auch nach einem Trockenjahr sank der Zuwachs nicht unter 10 cm.

Die vorliegenden Ergebnisse stammen aus einem Waldschadensuntersuchungsprojekt, das 37 Buchenbeobachtungsflächen in der Nordwestschweiz und 12 im Kanton Zürich umfaßt. Die untersuchten Bestände stammen alle aus natürlichem Aufwuchs. Die Beobachtungsflächen betehen jeweils aus etwa 60 Buchen im Alter von größtenteils 70–120 Jahren (mit einigen jüngeren und älteren Beständen) und sind u. a. durch eine waldbauliche Beschreibung, in der Nordwestschweiz außerdem durch detaillierte Bodenuntersuchungen näher charakterisiert. Dies ermöglicht die Verknüpfung von Zuwachsmessungen mit verschiedenen anderen Bestandesparametern.

Material und Methoden

Ende Juni 1984, nach Abschluß des Triebwachstums, wurden in allen Flächen mit dem Helikopter Gipfeltriebe von jeweils 8 möglichst gesunden Buchen (*Fagus sylvatica* L.) geerntet, die einerseits zur Gewinnung von Blattmaterial für die Nähr- und Schadstoffanalytik dienten und andererseits auf verschiedene phänologische Merkmale wie Zuwachs rückwirkend bis ins Jahr 1975, Verzweigungsmuster, Fruchtbehang, Chlorosen, Kleinblättrigkeit und Parasitenbefall untersucht wurden.

Vom jährlichen Zuwachs der 8 beernteten Bäume wurde der Medianwert gebildet; die weitere Auswertung auf der Basis der einzelnen Standorte erfolgte durch Berechnung des arithmetischen Mittels. Einige Korrelationsbetrachtungen wurden auf der Ebene der Einzelbäume durchgeführt. Für den Vergleich mit Ertragstafelwerten wurden die Bestände nach ertragskundlichen Merkmalen charakterisiert (zur Methode der waldbaulichen Beschreibung vgl. Flückiger et al. 1986). In Anlehnung an Roloff (1985) wurde der theoretische Zuwachs aus dem der jeweiligen Oberhöhenbonität entsprechenden Höhenzuwachs, der den schweizerischen Ertragstafeln für die Buche (Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen 1967) entnommen wurde, berechnet. Da die Gipfeltriebe der Buchen nicht genau senkrecht, sondern schräg wachsen, wurde der jährliche Höhenzuwachs mit 1,1 multipliziert.

Die Böden der Beobachtungsflächen in der Nordwestschweiz wurden durch Profilaufnahmen und chemische Analysen [pH(CaCl₂) und pH(H₂O), Nährstoffe u. a.] näher charakterisiert. Der Wasserhaushalt wurde aus den Parametern Profiltiefe, Bodenart, Skelettgehalt und Humusgehalt berechnet und in 5 Klassen eingeteilt: sehr geringe (< 40 mm), geringe (40–90 mm), mittlere (90–140 mm), hohe (140–200 mm) und sehr hohe (> 200 mm) nutzbare Feldkapazität. Diese errechnete Einteilung stimmte gut mit der Ansprache im Feld überein, lediglich in zwei Fällen war eine Korrektur der errechneten nutzbaren Feldkapazität nach unten notwendig.

Resultate

1. Triebwachstum

1.1 Triebwachstum und Klima

Das Triebwachstum in den Jahren 1975–1984 zeigt in den Flächen der Nordwestschweiz und des Kantons Zürich einen ähnlichen Verlauf (Abb. 1 und 2, oberer Teil der

Darstellung). Deutlich zu erkennen ist die Reaktion auf das Trockenjahr 1976, die im Folgejahr zu einer starken Wachstumseinbuße führte. Diese um ein Jahr verzögerte Reaktion des Triebwachstums ist auf die Tatsache zurückzuführen, daß das Wachstum der Buchen gleichzeitig mit dem Laubaustrieb stattfindet und bereits Ende Mai abgeschlossen ist. Somit wird es zu einem wesentlichen Teil aus den Reservestoffen des Vorjahres bestimmt. Die Witterung während des Wachstums selbst beeinflusst zwar die Wachstumsgeschwindigkeit, jedoch nur in geringem Maße die absolute Länge der gebildeten Triebe (Mitscherlich 1975).

Ende der 70iger Jahre erholen sich die Bäume. Ein starker Abfall ist erneut anfangs der 80iger Jahre zu erkennen, in einem Zeitraum also, in dem von zunehmenden Waldschäden bei der Buche berichtet wird (Flückiger et al. 1984).

Für den Vergleich des Triebwachstums mit Klimadaten wurden für die Nordwestschweiz Messungen der Station Basel-Binningen und für Zürich der Station Zürich SMA herangezogen, die den Annalen und den agrarmeteorologischen Bulletins der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) entnommen wurden. Lokalklimatische Verhältnisse konnten in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt werden, doch zeigte ein Vergleich der Regendaten verschiedener Stationen, daß zwar örtliche Unterschiede in den Niederschlagsmengen existieren, innerhalb der betrachteten Klimaräume jedoch im allgemeinen ein mehr oder weniger paralleler Verlauf erwartet werden

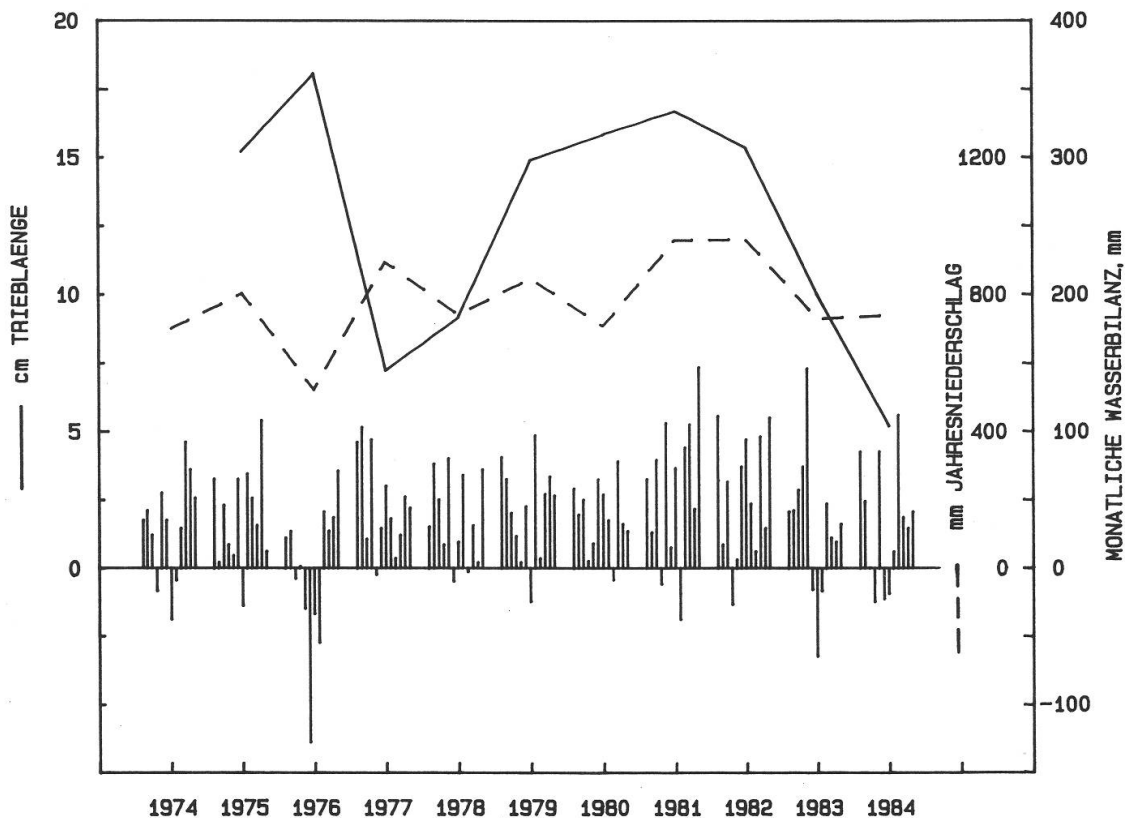


Abb. 1. Triebwachstum von Buchen in der Nordwestschweiz (ausgezogene Kurve) im Vergleich zu Klimadaten der Station Basel-Binningen (Jahresniederschlag und monatliche Wasserbilanzen); langjähriges Mittel für den Jahresniederschlag 790 mm. Die Wasserbilanz ist die Differenz zwischen dem Niederschlag und der Verdunstung (potentielle Evapotranspiration); eine negative Wasserbilanz zeigt Trockenperioden an.

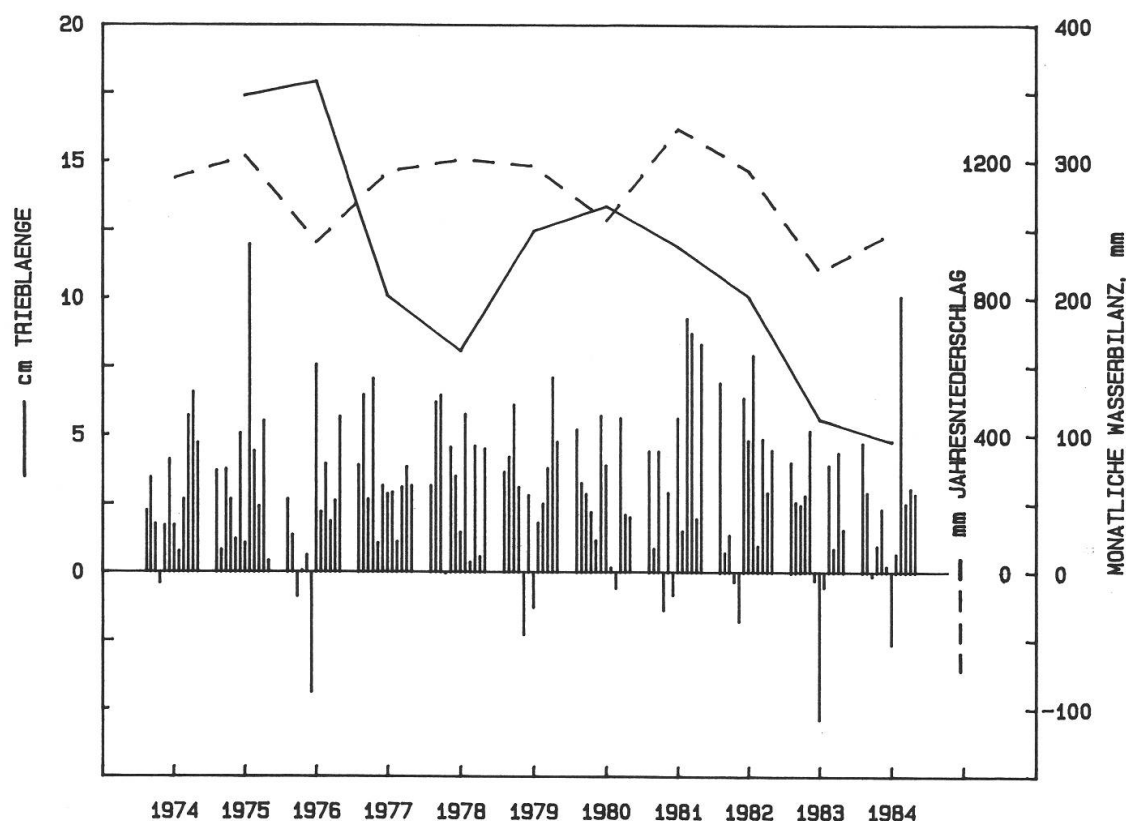


Abb. 2. Triebwachstum von Buchen im Kanton Zürich (ausgezogene Kurve) im Vergleich zu Klimadaten der Station Zürich SMA (Jahresniederschlag und monatliche Wasserbilanzen); langjähriges Mittel für den Jahresniederschlag 1128 mm.

kann. Auch sind die zeitlichen Unterschiede in den Niederschlagsmengen wesentlich größer als die räumlichen. In Abb. 1 und 2 sind die Jahresniederschläge der beiden Stationen (mit Angabe der Norm) und die monatlichen Wasserbilanzen den Triebwachstumsdaten gegenübergestellt. Die Wasserbilanzen ergeben sich aus der Differenz zwischen Niederschlägen und potentieller Evapotranspiration, wobei die potentielle Evapotranspiration durch die SMA nach der Formel von Primault berechnet wurde (SMA, agrarmeteorologische Bulletins). Obwohl die so berechnete potentielle Evapotranspiration nur ein annäherndes Maß für den Wasserverbrauch eines Waldes ist und vor allem in Trockenperioden sicher höher ausfällt als die effektive Evapotranspiration, ergibt diese Art der Darstellung doch ein besseres Bild für Trockenperioden als die monatlichen Niederschlagsdaten allein. Deutlich erkennbar ist die negative Wasserbilanz im Sommer 1976, die in der Nordwestschweiz stärker ausgeprägt ist als in der Region Zürich. Was die Klimadaten anfangs der achtziger Jahre anbelangt, so findet sich im Kanton Zürich eine mit dem Jahr 1976 vergleichbare Trockenperiode im Sommer 1983. Die Jahre 1979, 1981 und 1982 weisen kurze Perioden mit negativer Wasserbilanz auf, die allerdings kaum zu ausgeprägtem Wasserstreß geführt haben. In der Nordwestschweiz finden sich Trockenperioden in ähnlichem Ausmaß wie im Jahre 1976 im ausgewerteten Zeitraum überhaupt nicht mehr; einzig im Sommer 1983 sind die Wasserbilanzen dreier aufeinanderfolgender Monate negativ, jedoch in wesentlich schwächerem Ausmaß als 1976. Dies kann sich aber erst auf das Triebwachstum im Jahre 1984 ausgewirkt haben.

Trotz den klimatischen Unterschieden zwischen den beiden Regionen ist der Verlauf des Triebwachstums sehr ähnlich. Die beobachtete Wachstumsreduktion läßt sich also mit den Klimadaten allein nicht erklären, mit Ausnahme des Jahres 1984, wo eine Nachwirkung des trockenen Sommers 1983 sicher mit eine Rolle spielt.

Die vorliegenden Daten geben keinen direkten Hinweis auf eine Nachwirkung des extremen Frostereignisses in der Silvesternacht 1978/79, das von Rehfuess (pers. Mitt.) unter anderem als maßgeblicher auslösender Faktor für die Waldschäden diskutiert wird. Auch wenn die direkt vom Frost betroffenen Triebe abgestorben und somit nicht mehr vorhanden sind, hätte sich eine starke Schwächung der Bäume im Wachstum der nachfolgenden Jahre manifestieren müssen. Sowohl 1979 als auch 1980 waren jedoch Jahre mit ausgesprochen gutem Wachstum.

1.2 Triebwachstum im Vergleich zu Ertragstafelwerten

Um zu prüfen, ob das Triebwachstum in den Jahren 1983 und 1984 von der Norm abweicht, wurden die Wachstumsdaten derjenigen Bestände, in denen eine Bestimmung ertragskundlicher Merkmale möglich war, mit dem Ertragstafelwert verglichen. Wie in Abb. 3 dargestellt, weichen die Wachstumsdaten sowohl nach dem Trockenjahr 1976 (1977 und 1978) als auch 1983 und 1984 signifikant vom Ertragstafelwert ab.

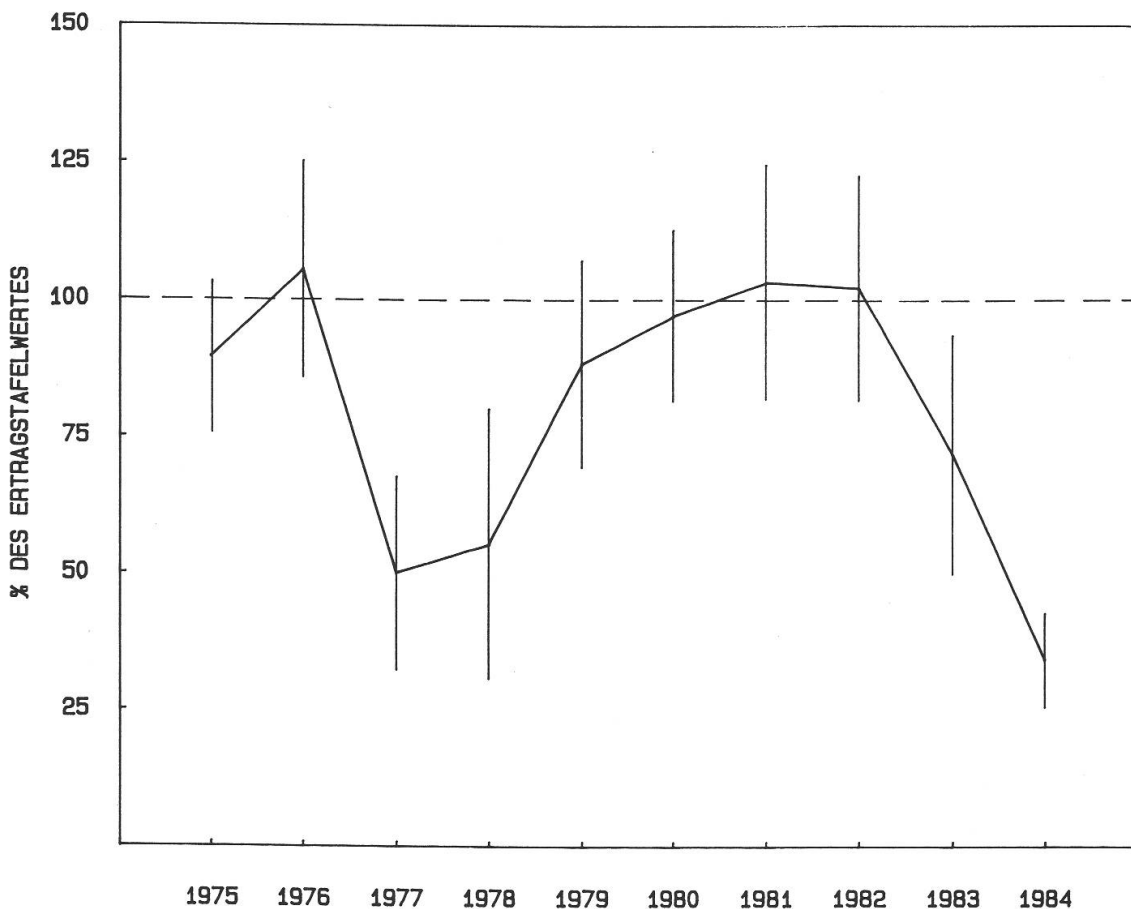


Abb. 3. Triebwachstum von Buchen im Vergleich zum Ertragstafelwert (Mittelwert aus 22 Beständen in der Norwestschweiz und im Kanton Zürich). Die Balken geben den 95%-Vertrauensbereich an.

1.3 Triebwachstum und Wasserhaushalt des Bodens

Trockenperioden wirken sich auf trockenen, flachgründigen Böden stärker aus als auf Böden mit guter Wasserversorgung. Bei einem entscheidenden Einfluß von Trockenheit müßte deshalb die Reaktion der Bäume auf flachgründigen Böden stärker ausfallen als auf tiefgründigen Böden. Wie Abb. 4 zeigt, gilt dies für die Wachstumsreduktion nach dem Trockenjahr 1976 (Unterschied 1977 signifikant mit $p < 0,05$, t-Test). Anfangs der achtziger Jahre ist die Abnahme des Triebwachstums jedoch unabhängig vom Wasserhaushalt der Böden. Für den Vergleich wurden lediglich Standorte mit kalkhaltigen Böden einbezogen, um eine allfällige durch den Bodenchemismus bedingte Streuung gering zu halten. Bei den sauren Böden war ein entsprechender Vergleich nicht möglich, da alle eine gute Wasserversorgung oder gar Staunässe aufwiesen (Braunerden-Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden).

1.4 Triebwachstum und Boden-pH

Es läßt sich kein Einfluß des Boden-pH-Wertes bzw. des Pufferbereiches auf das Triebwachstum erkennen (Abb. 5). Die Wachstumskurven auf kalkhaltigen Böden verlaufen denjenigen auf sauren Böden parallel; der Unterschied ist in keinem Jahr signi-

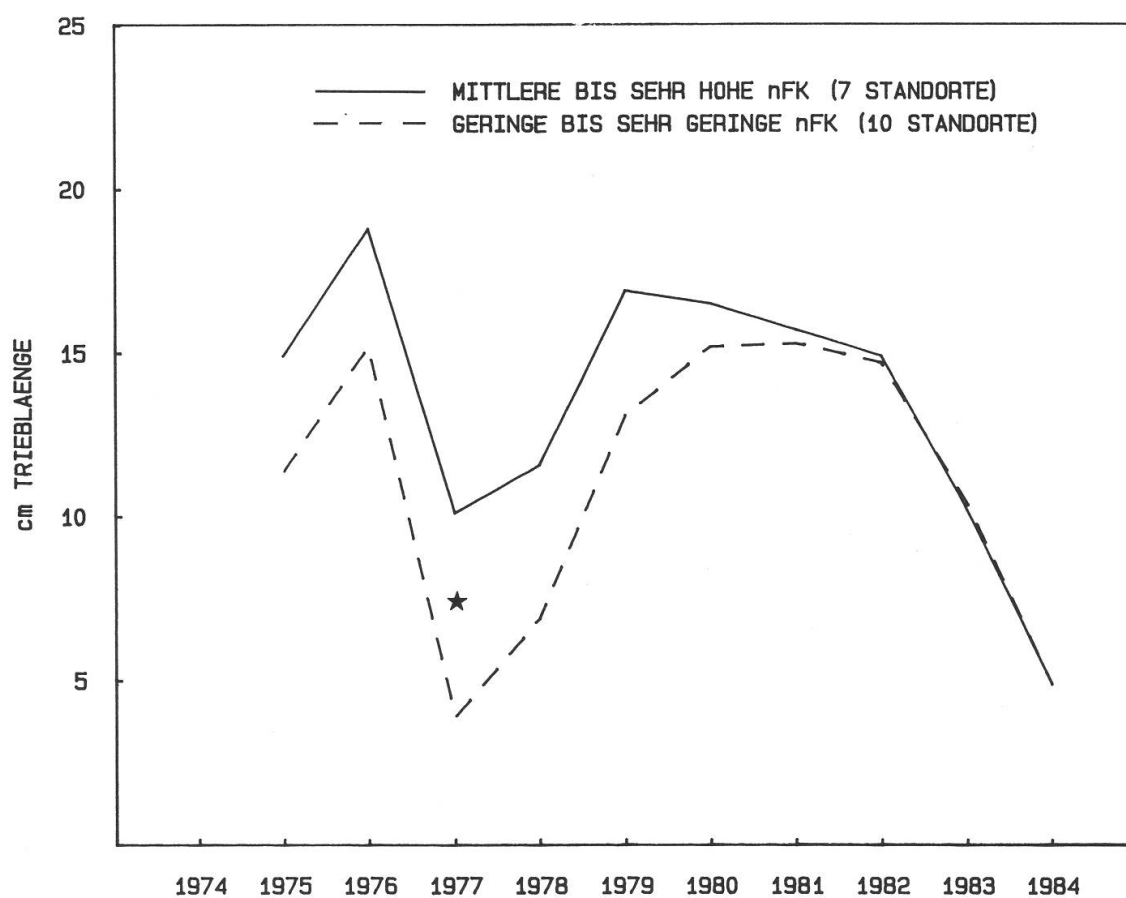


Abb. 4. Triebwachstum auf Böden mit unterschiedlichem Wasserhaushalt (Rendzinen und Braunerde-Rendzinen in der Nordwestschweiz mit unterschiedlicher nutzbarer Feldkapazität, nFK). Der Unterschied im Triebwachstum ist 1977, nach dem Trockenjahr 1976, signifikant (t-Test, * $p < 0,05$).

fikant (Varianzanalyse). Ein vom Bodenchemismus herrührender Streß, der sich in der Wachstumsvitalität manifestieren würde, kann hier also nicht festgestellt werden. Diese Ergebnisse stimmen überein mit der Schadensentwicklung der untersuchten Bestände, die ebenfalls keine Abhängigkeit vom Boden-pH erkennen läßt (Flückiger et al. 1986).

1.5 Triebwachstum und Bestandesalter

Von klimabedingten Reaktionen müßte man auch Simultaneität erwarten. Währenddem der Wachstumseinbruch 1977 in praktisch allen Flächen simultan erfolgte, ist der Zeitpunkt der Abnahme des Triebwachstums abhängig vom Bestandesalter und somit von der Vitalität der Bäume (Abb. 6). In den Beständen mit einem Alter von mehr als 100 Jahren ist schon 1982 ein Wachstumsrückgang zu erkennen, währenddem Bestände mit einem Alter von weniger als 80 Jahren lediglich 1984 ein geringeres Wachstum aufweisen; die anderen Bestandesalter liegen zwischen diesen beiden Extremen. Die Zuwachsdaten der Jahre 1975 bis 1979 für die jüngste Altersklasse fehlen, da die Gipfeltriebe bei den jungen, wüchsigen Beständen zu wenig Jahrgänge enthielten.

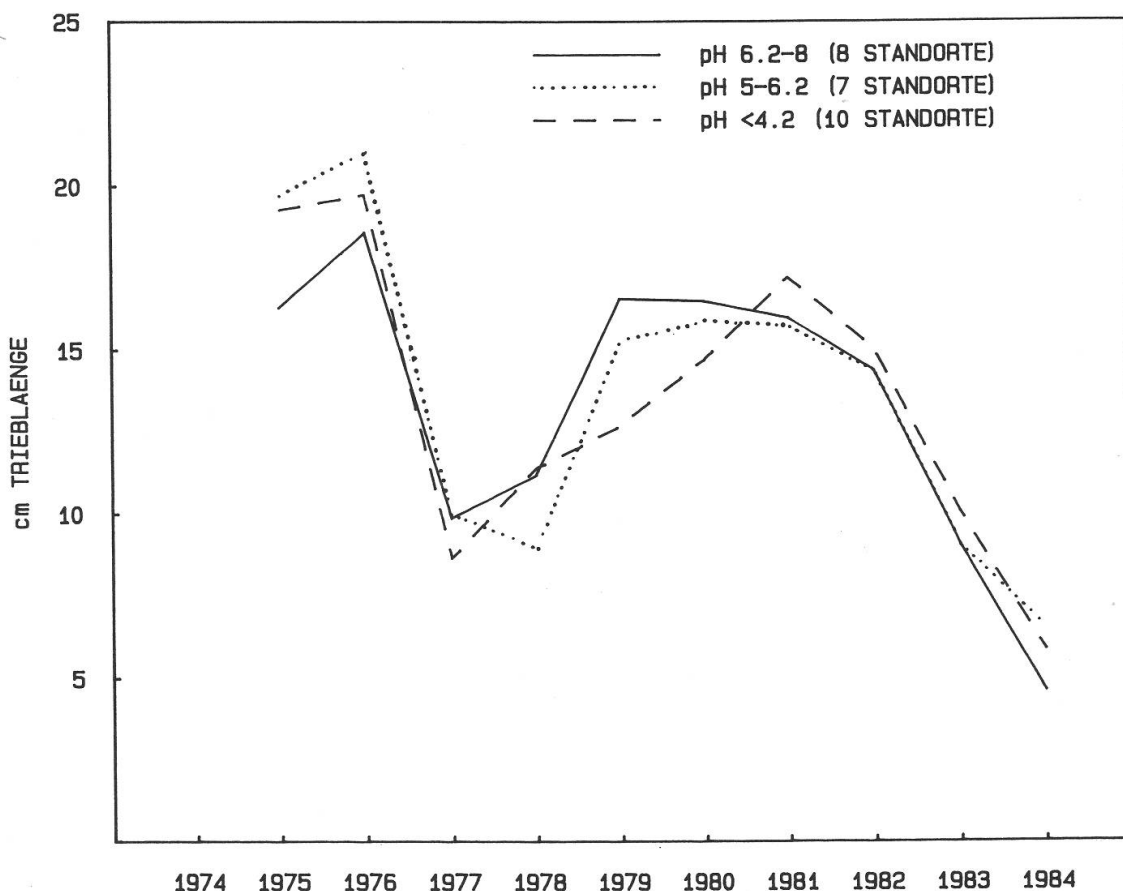


Abb. 5. Triebwachstum auf Böden mit verschiedenen pH-Werten in der Nordwestschweiz und im Kanton Zürich. Der Unterschied im Wachstum ist in keinem der untersuchten Jahre signifikant (Varianzanalyse).

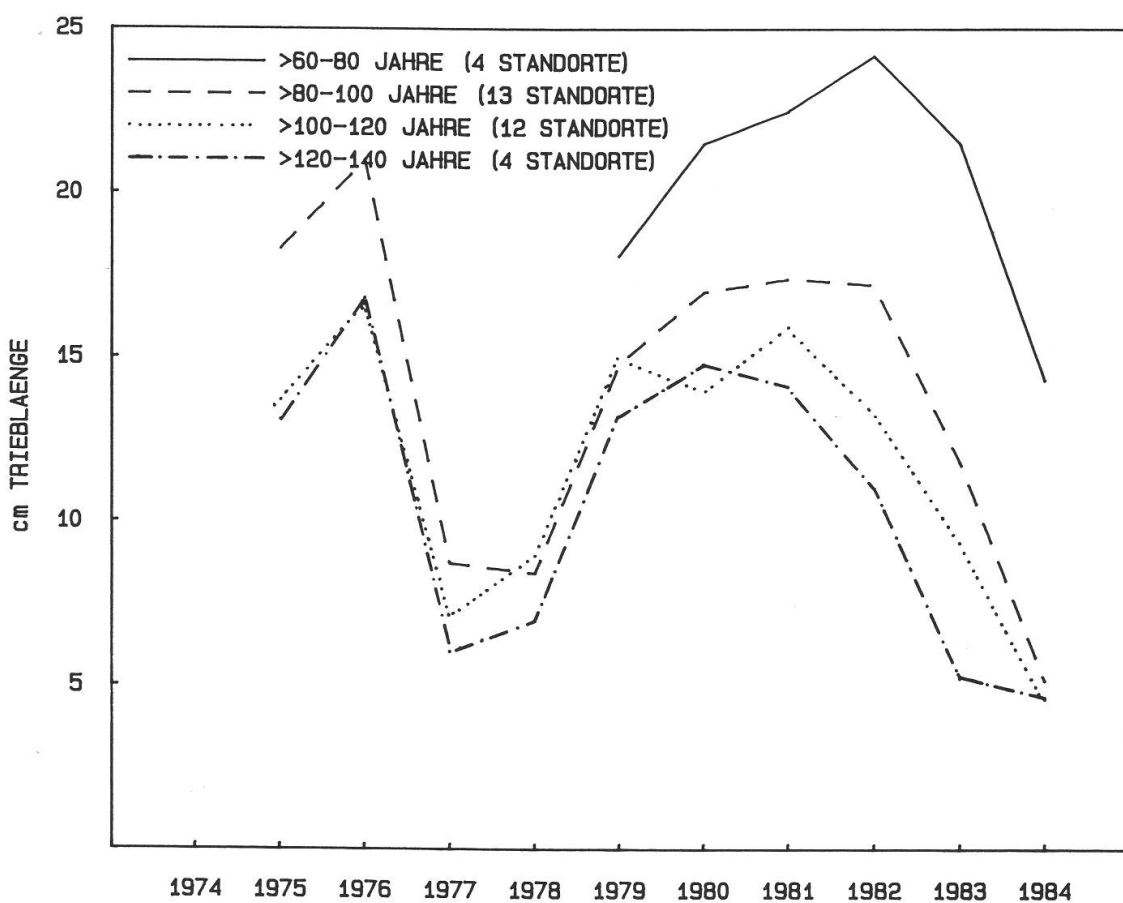


Abb. 6. Triebwachstum in Beständen mit unterschiedlichem Alter (Nordwestschweiz). Der Unterschied zwischen den vier Altersgruppen ist in den Jahren 1982, 1983 und 1984 signifikant (Varianzanalyse).

2. Fruchtbehang

An den geernteten Gipfeltrieben wurde nicht nur der Zuwachs gemessen, sondern auch verschiedene weitere Parameter bonitiert, unter anderem der Fruchtbehang. In Zürich, nicht jedoch in der Nordwestschweiz, wo der Fruchtbehang bei der Ernte generell tiefer war, konnte eine negative Korrelation zwischen Fruchtbehang und Triebwachstum beobachtet werden (Abb. 7). Diese Korrelation kann auf zwei Arten erklärt werden: entweder sind es vor allem geschwächte Bäume, die Früchte tragen, oder die Fruchtbildung entzieht dem Baum so viel Assimilate, daß der Zuwachs abnimmt. Für beide Interpretationen gibt es Hinweise: einerseits ist der Fruchtbehang 1984 auch mit dem Zuwachs 1983 korreliert, und andererseits weiß man, daß die Buche bei Vollmast 20% und mehr des Jahresreingewinns der Photosynthese in die Früchte steckt, Energie also, die ihr dann nicht mehr für das Wachstum zur Verfügung steht (Larcher 1973).

Der Vergleich des Fruchtbehangs mit den Blattanalysendaten zeigt außerdem, daß eine signifikante positive Korrelation mit dem Stickstoffgehalt im Laub besteht (Abb. 8), wobei die N-Gehalte des Buchenlaubs eine generelle gute bis „übermäßige“ Versorgung anzeigen (die untere und obere Grenze des „Normalversorgungsbereiches“ nach Bergmann (1983) sind in der Abb. 8 als horizontale Linien eingetragen). Eine solche Beziehung ist auch aus früheren Arbeiten bekannt. Nach Le Tacon und Oswald

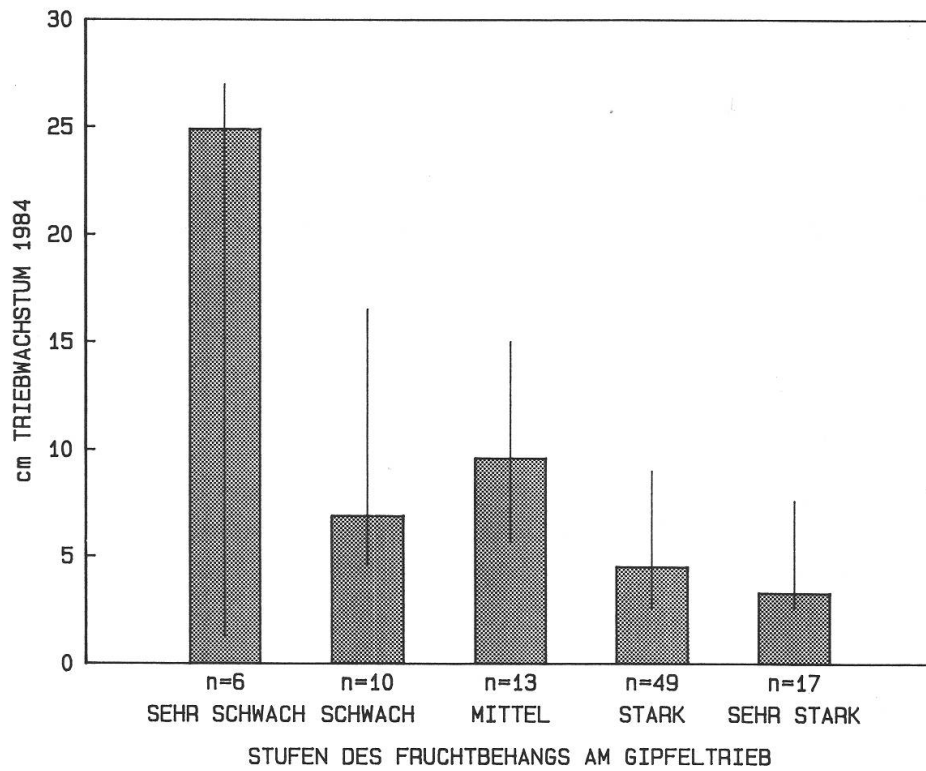


Abb. 7. Triebwachstum von Bäumen mit unterschiedlichem Fruchtbehang (Medianwerte mit Angabe des 25%- und des 75%-Quartils). Die Korrelation ist signifikant (Spearman-Korrelation, $p < 0,01$).

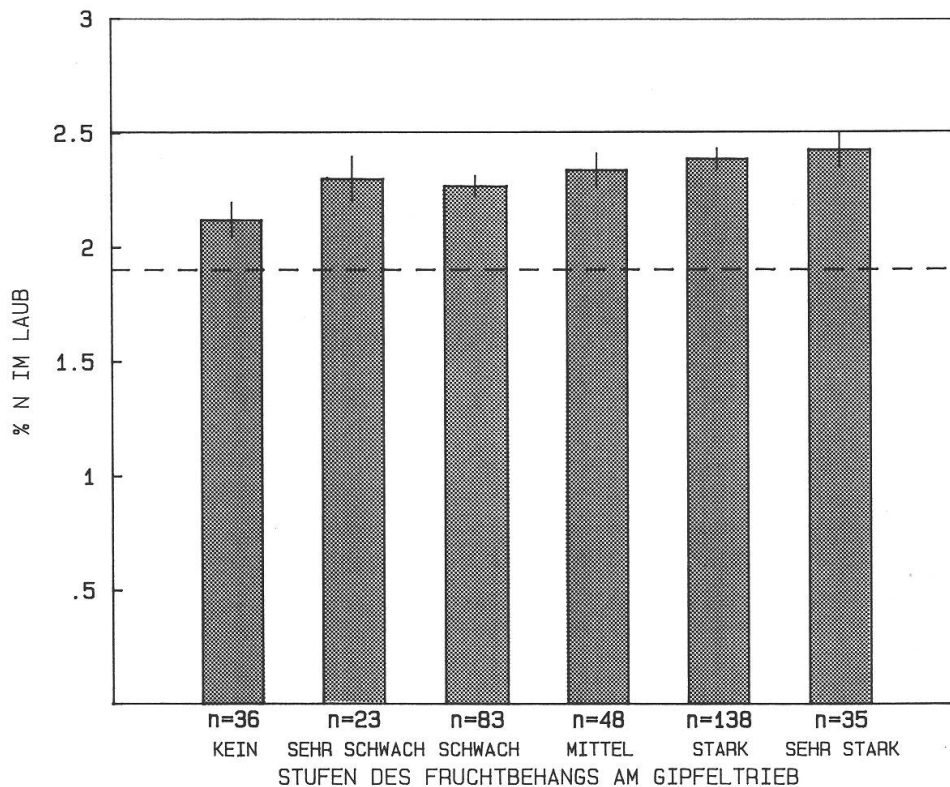


Abb. 8. Stickstoffgehalt im Laub von Gipfeltrieben mit unterschiedlichem Fruchtbehang. Die Beziehung ist signifikant (Spearman-Korrelation, $p < 0,0001$); die Balken geben den 95%-Vertrauensbereich an.

(1977) wird die Fruchtbildung bei der Buche durch N-Düngung gefördert. Dagegen ist der Fruchtbehang mit dem Bodenwasserhaushalt nicht korreliert.

Somit kann die Frage aufgeworfen werden, inwiefern der N-Eintrag infolge Luftverschmutzung (Evers 1985) oder eine allfällige erhöhte Mineralisierung (Asche und Flückiger, in Vorb.) ursächlich mit dem erhöhten Fruchtbehang verknüpft ist, wie er im Zusammenhang mit den Waldschäden schon verschiedentlich beobachtet wurde.

3. Verzweigung

Nach Thiébaud (1981) und Roloff (1984) lassen sich bei Buchen verschiedene altersbedingte Phasen der Verzweigung unterscheiden:

Thiébaud (1981)	Roloff (1984)	Kennzeichen der Phase
0	Prolepsis	Verzweigung beim Jungbaum
1 Exploration du milieu	Exploration	Verzweigung durch Lang- und Kurztriebe
2 Exploitation du milieu	Degeneration	Verzweigung nur noch durch Kurztriebe
3 Stabilisation	Stagnation	Endtrieb verhält sich selbst wie ein Kurztrieb
4	Resignation	langandauernde Stagnationsphase (mehr als 5 J.)

Nach Roloff (1984) ist für Gipfeltriebe gesunder Altbuchen die Exploration, allenfalls noch die Degeneration typisch, wobei die Degeneration im Normalfall erst in ei-

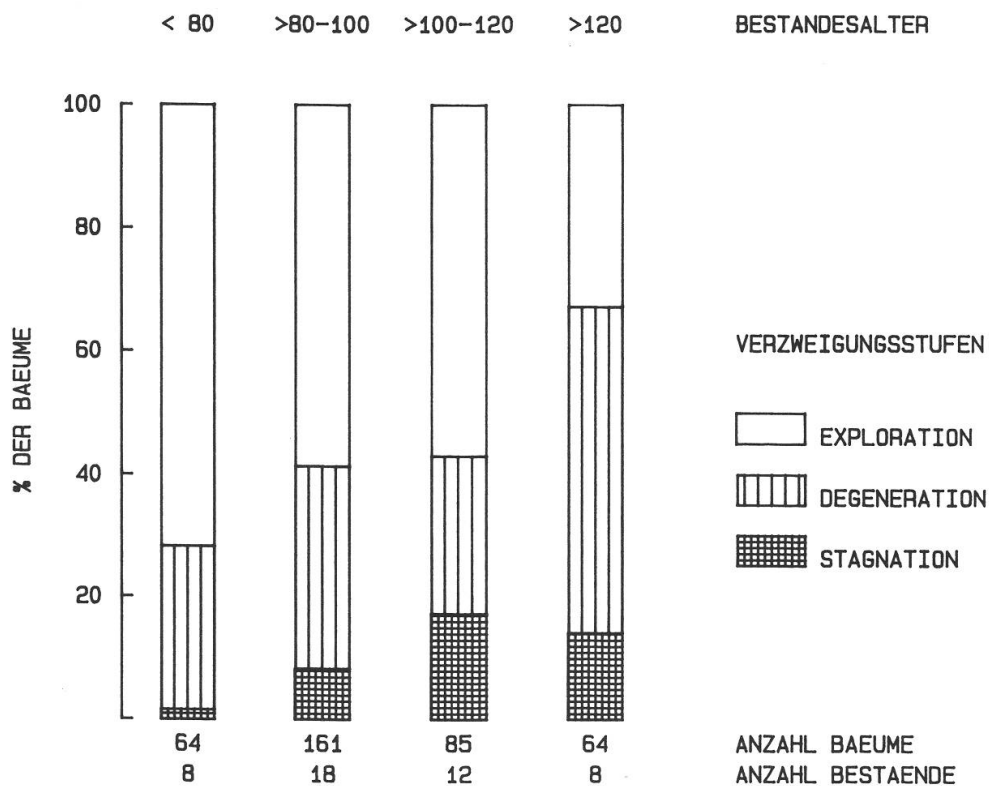


Abb. 9. Phasen der Gipfeltriebverzweigung und Bestandesalter in der Nordwestschweiz und in Zürich. Die Beziehung mit dem Alter ist signifikant (χ^2 -Test, $p < 0,001$), doch ist das Auftreten der Degenerationsphase in der Altersklasse 80 Jahre oder der Stagnation in der Klasse 80–100 Jahre deutlich zu früh.

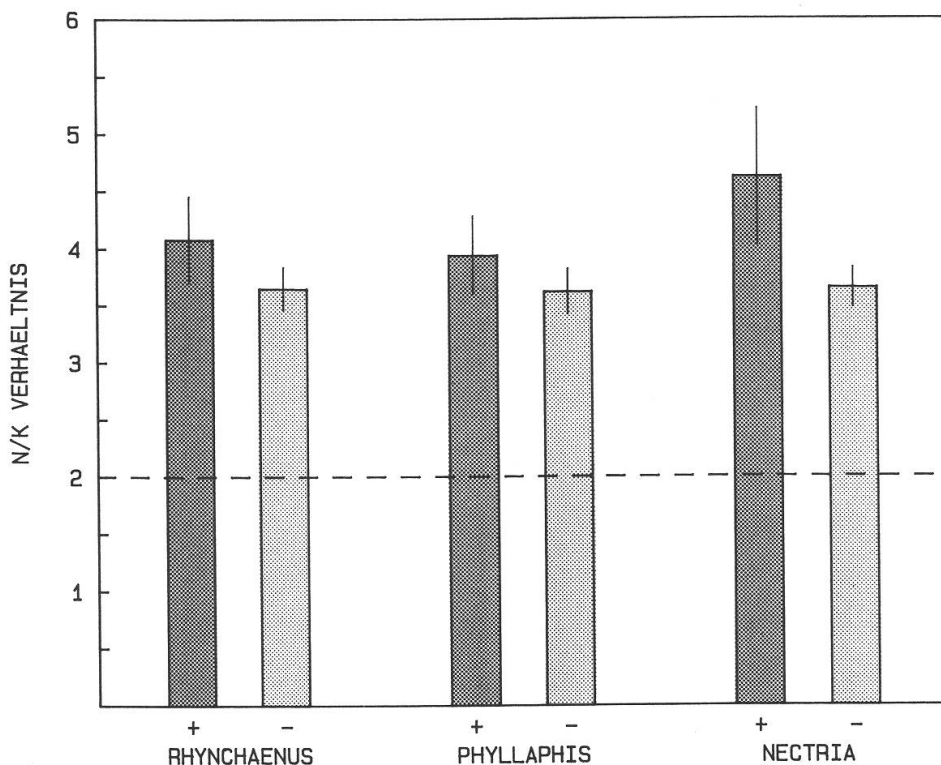


Abb. 10. N/K-Verhältnis im Laub von Gipfeltrieben, die zum Zeitpunkt der Ernte einen starken Befall mit dem Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) oder mit der Buchenblattbaumlaus (*Phyllaphis fagi*) aufwiesen oder mit Buchenkrebs (*Nectria ditissima*) infiziert waren (jeweils linke, dunkle Säule) im Vergleich zu Gipfeltrieben ohne Befall (rechte, helle Säule). Die Balken geben den 95%-Vertrauensbereich an; der Unterschied ist bei *Nectria* signifikant (t-Test, $p < 0,05$). Die gestrichelte Linie gibt das „normale“ N/K-Verhältnis nach Bergmann (1983) an.

nem Alter von weit über 100 Jahren einsetzen dürfte, die Stagnation erst mit etwa 200 Jahren. Thiébaud (1981) gibt für die Altersbegrenzung der verschiedenen Stadien keine genauen Zahlen an; bei Verlangsamung des Triebwachstums geht der Baum von der „Phase d’exploration“ in die „Phase d’exploitation“ über; dies entspricht dem Übergang von „adulten“ Baum zum „alten“ Baum. Die Einstufung der Gipfeltriebe in diese Klassen zeigt eine klare Altersabhängigkeit des Degenerations- und des Stagnationsstadiums (Abb. 9), doch tritt das Stagnationsstadium bereits in der Altersklasse 80–100 Jahre, das Degenerationsstadium sogar schon bei Buchen mit einem Alter von weniger als 80 Jahren auf. Dies ist auch bei großzügiger Auslegung der Grenzen von Roloff (1984) deutlich zu früh. Die Ergebnisse weisen somit auf eine vorzeitige Alterung der Bäume hin.

4. Parasitenbefall

Im Kanton Zürich ließ sich im Laub von Buchen, die einen starken Befall mit den Insekten *Rhynchaenus fagi* L. (Buchenspringrüssler), *Phyllaphis fagi* L. (Buchenblattbaumlaus) aufwiesen oder mit dem Pilz *Nectria ditissima* Tul. (Buchenkrebs) infiziert waren, ein erhöhtes N/K-Verhältnis nachweisen (Abb. 10). Obwohl diese Erhöhung nur im Falle von *N. ditissima* signifikant war, deutet dieses Ergebnis doch darauf hin, daß die im Vergleich zu Literaturwerten (Bergmann 1983) sehr hohen N/K-Verhältnisse den Befall mit verschiedenen Parasiten begünstigen. So berichtet z. B. Chaboussou

(1972) über eine Erhöhung der Anfälligkeit von Apfelbäumen gegenüber Apfelschorf, wenn das N/K-Verhältnis im Laub 2,53 statt 2,0 betrug. Demgegenüber liegen die N/K-Verhältnisse im Kanton Zürich im Mittel bei 3,71 ($\pm 0,85$; $n=96$) und in der Nordwestschweiz bei 2,75 ($\pm 0,75$; $n=293$).

Diskussion

Die beobachtete Reduktion des Triebwachstums läßt sich weder durch direkten Vergleich mit Klimadaten noch indirekt über den Bodenwasserhaushalt auf Trockenheit zurückführen. Der Zeitpunkt des Auftretens ist jedoch eine Frage des Bestandesalters und somit der Vitalität.

Die Frage muß offen bleiben, wodurch die Triebwachstumsreduktion verursacht wurde. Möglich ist ein direkter Einfluß der Luftverschmutzung auf das Triebwachstum. Begasungsversuche mit gefilterter und ungefilterter Luft am Stadtrand von Basel in „open-top“-Kammern ergaben bei jungen Buchen während des Sommers Triebwachstumsunterschiede zwischen Umgebungsluft und Reinluft, die Mitte August, jedoch nicht mehr Ende September signifikant waren ($p < 0,05$) (mittlere Trieblänge in der Umluft Mitte August 15,0 cm, Ende September 22,9 cm, in der Reinluft Mitte August 21,2 cm, Ende September 29,8 cm). Auch ein Zusammenhang mit Parasitenbefall kann nicht ausgeschlossen werden. Immerhin entwickelte sich die in Baumschulen relativ gefürchtete Buchenblattbaumlaus auf Buchenkeimlingen in Umgebungsluft signifikant besser als in gefilterter Luft (Versuch in „open-top“-Kammern in einer ländlichen Umgebung, mit Ozon als hauptsächlichem Luftschadstoff). 1 Monat nach der künstlichen Infektion mit jeweils 5 Läusen wurden in der Umluft 130 Läuse pro Keimling gezählt, währenddem es in Reinluft 73 waren (Unterschied signifikant mit $p < 0,01$). Blattläuse können der Pflanze einen beträchtlichen Anteil an Assimilaten entziehen (Heimbach 1986) und somit zu einer Wachstumsverminderung führen. Das Ergebnis deckt sich mit früheren Untersuchungen, die mit der grünen Apfelblattlaus (*Aphis pomi* DeG.) auf Weißdorn (*Crataegus*) an einer Autobahn durchgeführt worden waren (Braun und Flückiger 1985); allerdings waren an der Autobahn, im Gegensatz zum Versuch mit den Buchenkeimlingen, Stickoxide die hauptsächlichen Luftschadstoffe.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Auftrage der Kantone Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zürich und Zug durchgeführt. Für ihr aktives Interesse an der Arbeit sei den Kantonsoberrörstern und Adjunkten Dr. H. Eichenberger (ZH), Dr. R. Eichrodt (BS/BL), W. Giss (ZG), W. Jäggi (SO), H. Ryter (Be-JU) und A. Studer (AG) gedankt. Ohne die Mitarbeit von Herrn Max Fischer, Kantonsforstamt BL, und Herrn Daniel Krumm bei der Gipfeltrieb-ernte wäre die vorliegende Untersuchung ebenfalls nicht möglich gewesen. Dank gebührt auch Herrn Johannes Heeb für die Durchführung der Bodenuntersuchungen und Herrn Lukas Förderer für die statistische Beratung.

Literatur

- Appt M., Reich Ch. und Scheuermann A. 1983. Höhenzuwachsentwicklung bei Immissionsschäden von Fichte und Tanne. Allg. Forstzeitschr. 38: 368.
 Bergmann W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Fischer Stuttgart, 614 S.
 Braun S. and Flückiger W. 1985. Increased population of the aphid *Aphis pomi* at a motorway: Part 3 – The effect of exhaust gases. Environ. Pollut. Ser. A 39: 183–192.

- Chaboussou F. 1972. Die Rolle des Kaliums und des Kationengleichgewichtes für die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Krankheiten. Intern. Kali-Briefe, Fachg. 23, 39, Folge 1–10.
- Eidg. Anstalt für das Forstliche Versuchswesen (EAFV) 1967. Ertragstabellen für die Buche in der Schweiz. Birmensdorf.
- Flückiger W., Braun S. und Flückiger-Keller H. 1984. Untersuchungen über Waldschäden in der Nordwestschweiz. Schweiz. Z. Forstwesen 135: 389–444.
- Flückiger W., Braun S., Flückiger-Keller H., Leonardi S., Asche N., Bühler U. und Lier M. 1986. Untersuchungen über Waldschäden in festen Buchenbeobachtungsflächen der Kantone Basellandschaft, Baselstadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zürich und Zug. Schweiz. Z. Forstwesen 137: 917–1010.
- Evers F. H. 1985. Ergebnisse niederschlagsanalytischer Untersuchungen in südwestdeutschen Nadelwaldbeständen. Mitt. des Vereins für Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung 31: 31–36.
- Heimbach U. 1986. Freilanduntersuchungen zur Honigttauabgabe zweier Zierlausarten (Aphidina). Z. Angew. Entomol. 101: 396–413.
- Kennel E. 1984. Untersuchung des Höhenzuwachses von Fichten mit Waldkrankheitssymptomen im Bereich der OFD Augsburg. All. Forstzeitschr. 39: 465–469.
- Larcher W. 1973. Ökologie der Pflanzen. UTB Ulmer, 320 S.
- LeTacon F. and Oswald H. 1977. Influence de la fertilisation minérale sur la fructification du Hêtre (*Fagus sylvatica*). Ann. Sci. Forest 34: 89–109.
- Mitscherlich G. 1975. Wald, Wachstum und Umwelt. Bd. III: Boden, Luft und Produktion. J. D. Sauerländer Verlag Frankfurt/M, 352 S.
- Pfeilsticker K. H. 1983. Alarmierende Immissionsschäden an der Fichte auch in Oberschwaben. Allg. Forstzeitschr. 38: 83–84.
- Roloff A. 1984. Morphologie der Verzweigung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) als Grundlage zur Beurteilung von Triebanomalien und Kronenschäden. Ber. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben 3: 1–25.
- Roloff A. 1985. Auswirkungen von Immissionsschäden in Buchenbeständen. Allg. Forstzeitschr. 40: 905–908.
- Schmidt A. und Hartmann R. 1984. Die Abhängigkeit der neuartigen Waldschäden von Standort und Wasserversorgung im Forstamt München. Allg. Forstzeitschr. 39: 552.
- Thiébaud B. 1981. Formation des rameaux. In: E. Teissier du Cros (ed.): Le Hêtre. Institut National de La Recherche Agronomique, Paris 169–177.
- Wentzel K. F. 1983. Höhenzuwachs-Analysen zur Diagnose von Immissionswirkungen. Allg. Forstzeitschr. 38: 342.