

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 140 (1989)

**Heft:** 11

**Artikel:** Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser : II. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung der Eichen [...]

**Autor:** Roloff, Andreas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764268>

### **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:** 08.02.2025

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

## Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser<sup>1</sup>

### II. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung der Eichen, Reiterationen, Kurztrieblebensdauer und Beziehungen zwischen Krone und Wurzel<sup>2</sup>

Von *Andreas Roloff* Oxf.: 181.62:181.45:176.1 Quercus  
(Institut für Waldbau, Abt. II: Waldbau der Tropen und Naturwaldforschung,  
der Universität Göttingen, D-3400 Göttingen)

#### 1. Einleitung

Während die Entwicklung einer Verzweigung und der sich daraus ergebenden Kronenstrukturen bereits detailliert am Beispiel der Buche dargestellt wurde (*Roloff 1989a*), sollen im folgenden zunächst einige Besonderheiten von Eichenkronen erläutert und ein Vitalitätsstufenschlüssel für Stiel- und Traubeneiche vorgestellt werden, der sich ebenfalls an der Verzweigung orientiert.

Daran anschliessend werden einige weiterführende Aspekte der Kronenentwicklung, die Reaktionsmöglichkeiten von Baumkronen und Zusammenhänge mit der Wurzelentwicklung beschrieben.

#### 2. Kronenentwicklung und Vitalitätsstufenschlüssel der Eichen

Wenn nachfolgend auf Stiel- und Traubeneiche etwas ausführlicher eingegangen wird, so hat dies folgende Gründe:

- die Eichen sind nach der Buche unsere zweitwichtigsten Bäume der Laubwälder;
- sie galten in der Vergangenheit immer als Standardbeispiel für besonders immissionsresistente Laubbäume, werden diesem Ruf in der jüngeren Vergangenheit aber offenbar nicht mehr gerecht;

<sup>1</sup> Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten am 19. Dezember 1988, anlässlich der Forst- und Holzwirtschaftlichen Kolloquien an der ETH Zürich.

<sup>2</sup> Teil I erschienen in *Schweiz. Z. Forstwes.*, 140 (1989) 9: 775–789.

- sie weisen eine Reihe morphologischer Besonderheiten auf, wie zum Beispiel ihre Neigung zur Johannistriebbildung und die Zweigabsprünge;
- sie werden zu Unrecht gerade bei einer Vitalitätsbeurteilung, basierend auf der Kronentransparenz, immer gemeinsam behandelt.

Bei den Absprüngen handelt es sich wohl um die auffälligste Erscheinung beider Eichenarten. Ohne ihre Berücksichtigung lassen sich das Wachstum der Eichen, aber auch Wachstumsunterschiede zwischen beiden Eichenarten nicht verstehen. Ausserdem werden Absprünge immer wieder als Symptom des Waldsterbens genannt (zum Beispiel *Krapfenbauer* 1987).

Die Erscheinung abspringender Triebe bei Eichen, Weiden, Pappeln und Ulmen wurde bereits im vorigen Jahrhundert beobachtet und beschrieben (für Eichen von *Röse* 1865, *Höhnel* 1878, 1879, *Hempel, Wilhelm* 1893). Als Absprung bezeichnet man das aktive Abstossen ganzer Zweige durch Ausbildung eines Trennungsgewebes. Es ist streng zu unterscheiden von der später einsetzenden «normalen» Zweigreinigung nach Absterben des Zweiges, Pilzbefall und anschliessendem Abbrechen oder Abreißen infolge mechanischen Druckes, das bei allen Baumarten vorkommt (*Roloff* 1986). Ohne hier auf die anatomischen Ursachen des Absprungs eingehen zu wollen (siehe dazu *Höhnel* 1878, *Böhlmann* 1969), ist es wichtig zu wissen, dass aus anatomischen Gründen lediglich jüngere Zweige abgeworfen werden können (*Höster et al.* 1968, *Chaney* 1979), da später infolge des Dickenwachstums die Verbindung des Seitenastes zur Tragachse immer fester, eine aktive Ablösung auch infolge des zunehmenden toten Holzanteils unmöglich wird.

So zeigte eine Untersuchung über das Alter abgestossener Zweige (*Abbildung 1*) tatsächlich eine deutliche Häufung in den jüngsten Jahrgängen mit einem Maximum an einjährigen Trieben bei der Stieleiche, an zweijährigen bei der Traubeneiche. Dabei handelt es sich überwiegend um unverzweigte Triebe.

An jungen Eichen fehlen Triebabsprünge vollkommen, sie treten erst mit zunehmendem Alter auf, vor allem um die Zeit des Laubfalls. Gesichert ist ausserdem ein gehäuftes Abspringen von Zweigen während oder nach trockenheissen Sommerperioden (*Kirchner et al.* 1906, *Büsgen* 1927, *Huber* 1955, *Millington, Chaney* 1973). Dies ist als Massnahme des Baumes zur Herabsetzung der Verdunstung und damit zur Erhöhung der Trockenresistenz zu interpretieren und somit in weiten Bereichen als völlig normal anzusehen.

Im Gegensatz zu Untersuchungen an Pappeln (*Höster et al.* 1968, *Böhlmann* 1971) sind die abgeworfenen Triebe von Eichen nur in den seltensten Fällen beschädigt oder von Pilzen befallen.

Die Ansicht, dass es sich bei den Absprüngen um eine Entschlackungsmassnahme des Baumes handelt, die dem Blattfall anderer Baumarten entspricht (*Carlisle et al.* 1966, *Millington, Chaney* 1973, *Christensen* 1975, *Addicott* 1978, *Ford* 1986), wird unterstützt durch die Tatsache, dass die abgestossenen Zweige vornehmlich schwache, unwichtige Kurztriebe und kurze Langtriebe sind (siehe auch *Chaney, Leopold* 1972).

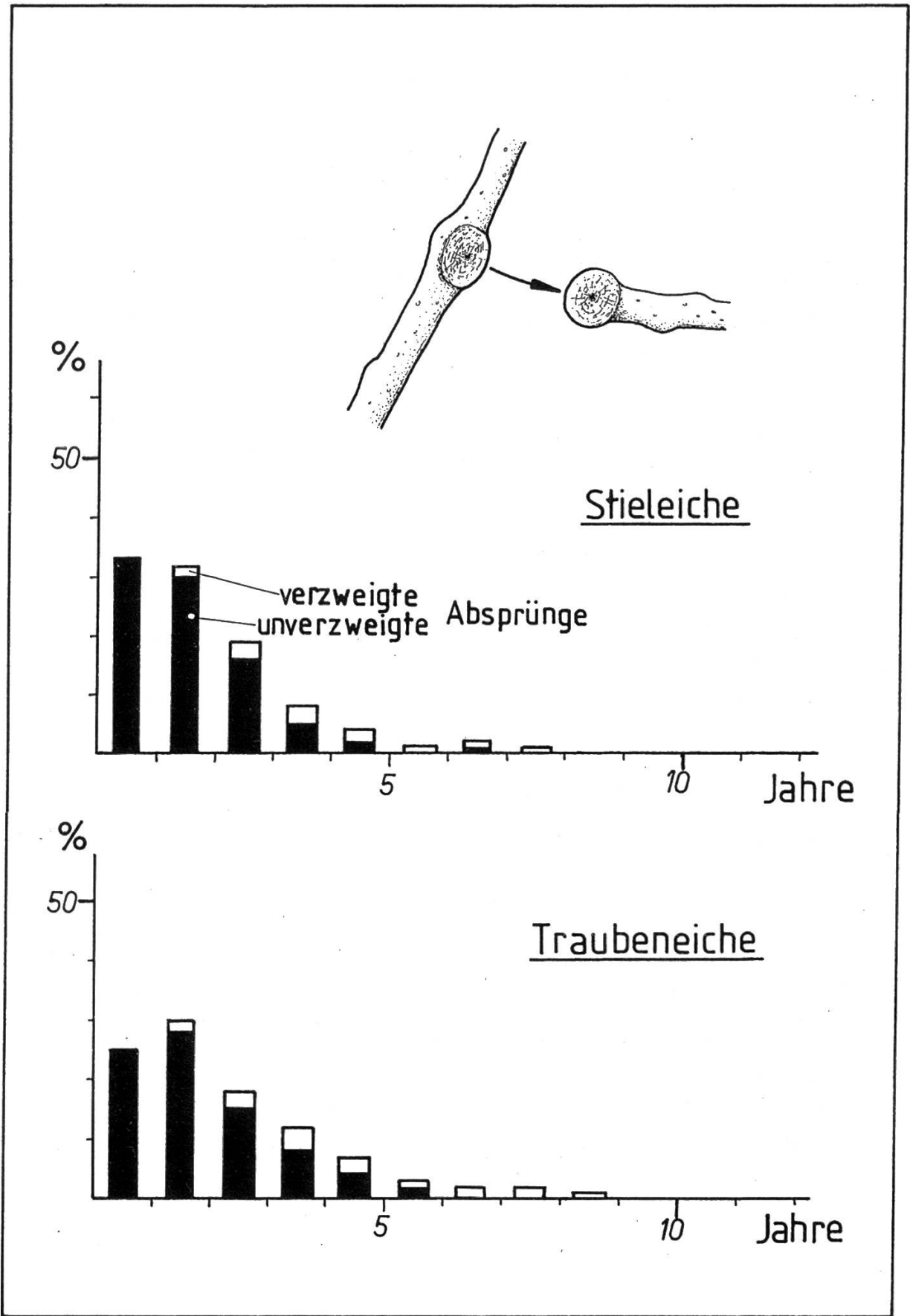
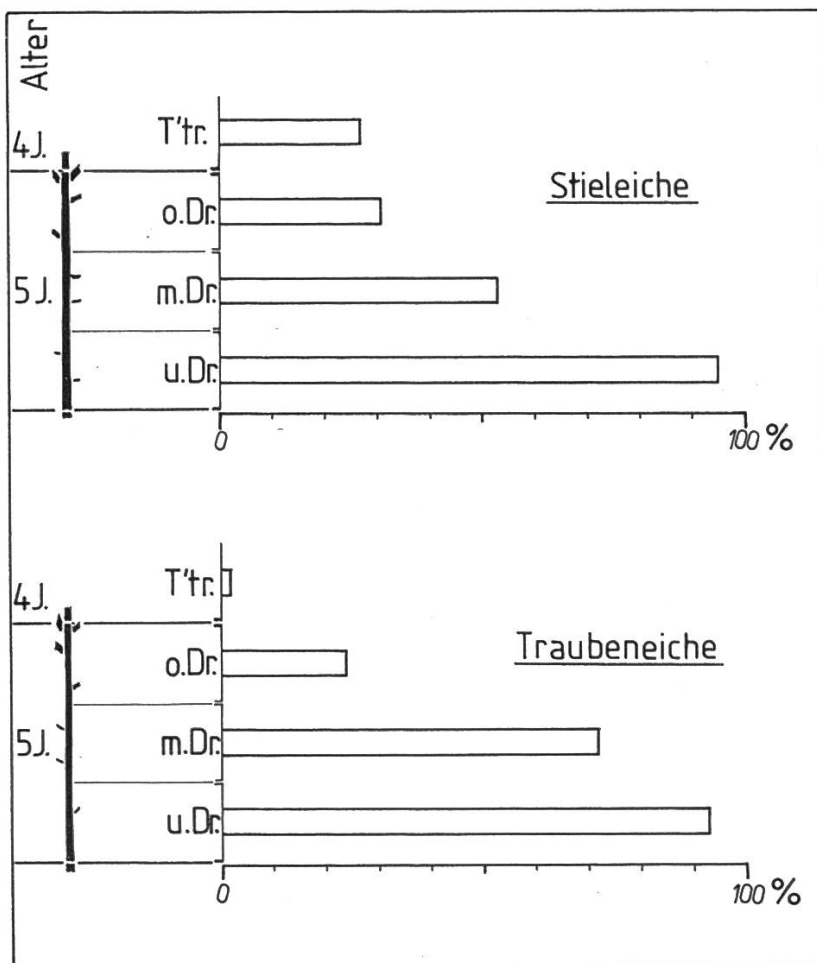


Abbildung 1. Alter der Absprünge von Stiel- und Traubeneichen (prozentuale Verteilung bis zu 1, 2, 3, ... Jahre alter Absprünge, n = 1000 je Baumart).

Die eigenen Untersuchungen zeigten weiter (*Abbildung 2*), dass die Absprünge vor allem von den unteren Abschnitten der Jahrestriebe stammen. Ein wichtiger Unterschied zwischen Stiel- und Traubeneiche ist dabei, dass bei der Stieleiche häufiger auch der Terminaltrieb abspringt. Dies muss nach eingehenden Verzweigungsanalysen als die Hauptursache für den bekannten unregelmässigen Wuchs des Wipfeltriebes von Stieleichen angesehen werden, der noch verstärkt wird durch die Tatsache, dass die vermehrten Johannistriebe der Stiel- (gegenüber der Trauben-)Eiche aufgrund ungenügender Abhärtung bis zum Herbst bisweilen durch Frühfröste an ihrer Triebspitze geschädigt werden.



*Abbildung 2.* Ergebnisse der Untersuchung, wieviel Prozent der Terminaltriebe (T'tr.) bzw. Seitentriebe des oberen, mittleren und unteren Drittels (o.Dr., m.Dr., u.Dr.) von 5 Jahre alten Zweigabschnitten bei Stiel- und Traubeneichen abgesprungen sind (n = 100 fünfjährige Triebabschnitte rund 60 Jahre alter Eichen).

Der einzig denkbare Zusammenhang zwischen Absprünge und Waldschäden erscheint möglich, da solche Triebe auffällig hohe Ballast- und Stickstoffgehalte aufweisen (Carlisle *et al.* 1966, Böhlmann 1971, Christensen 1975) und damit eine erhöhte Anzahl von Absprünge bei hohem Stickstoffeintrag möglich sein könnte. Dem wird zurzeit durch weitere physiologische Untersuchungen nachgegangen. Dass aber ansonsten eine höchstens sehr komplizierte Beziehung zwischen einer Häufung von Absprünge und Schädigungen durch Luftverunreinigungen bestehen muss, ist schon deshalb zu vermuten, weil eine

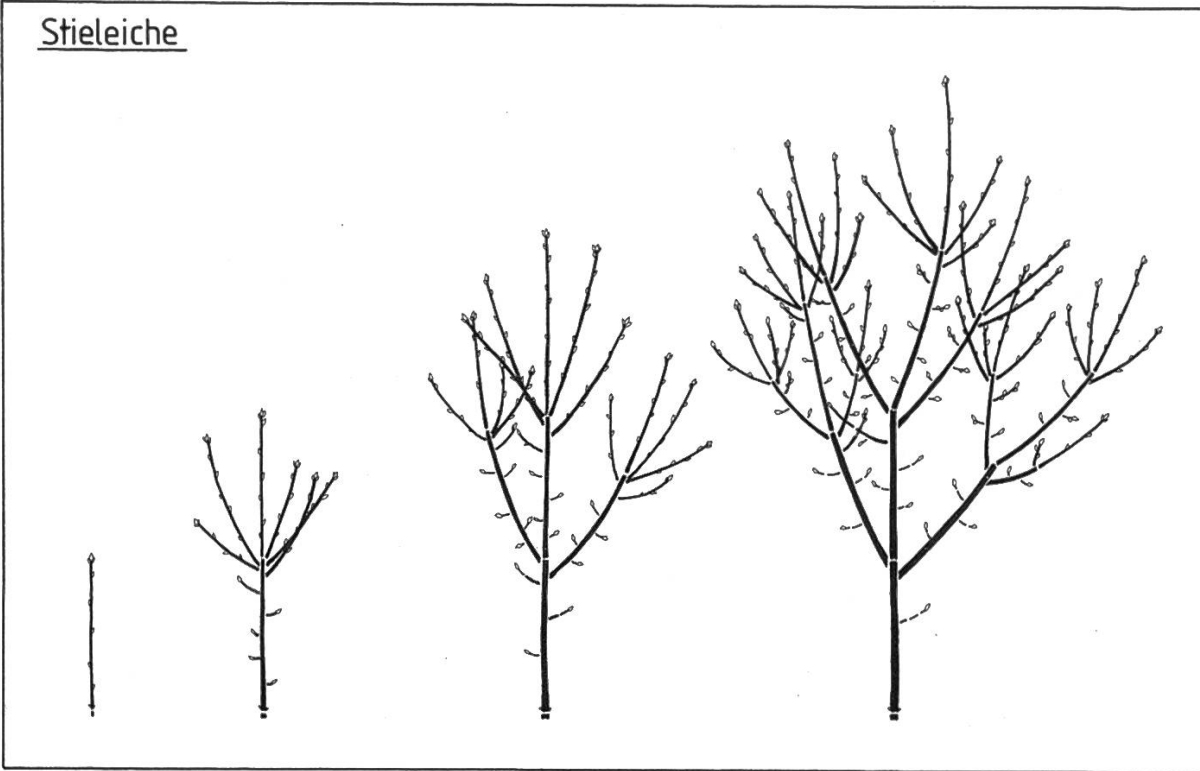
absterbende Eiche kaum noch Triebe hat, die sie abwerfen könnte (*Abbildung 5*)! Danach können vermehrte Absprünge vielleicht eine vorübergehende Erscheinung in einem Frühstadium von Schädigungen darstellen, die quantitativ vom normalen Zweigabwurf kaum abzugrenzen ist. Es wird gerade bei der Eiche leider allzuoft vergessen, dass ihre Absprünge eine ideale natürliche und damit normale Möglichkeit darstellen, kurzfristig auf das Klima zu reagieren.

Die Unterschiede in der Verzweigung zwischen Stiel- und Traubeneiche fallen zunächst gar nicht auf. Es erscheint aber nach den eingehenden Untersuchungen wichtig, auf gefundene Differenzen hinzuweisen. Danach kann man eine Stiel- von einer Traubeneiche neben den bekannten Frucht- und Blattcharakteristika durch folgende Merkmale unterscheiden (siehe auch *Abbildung 3*):

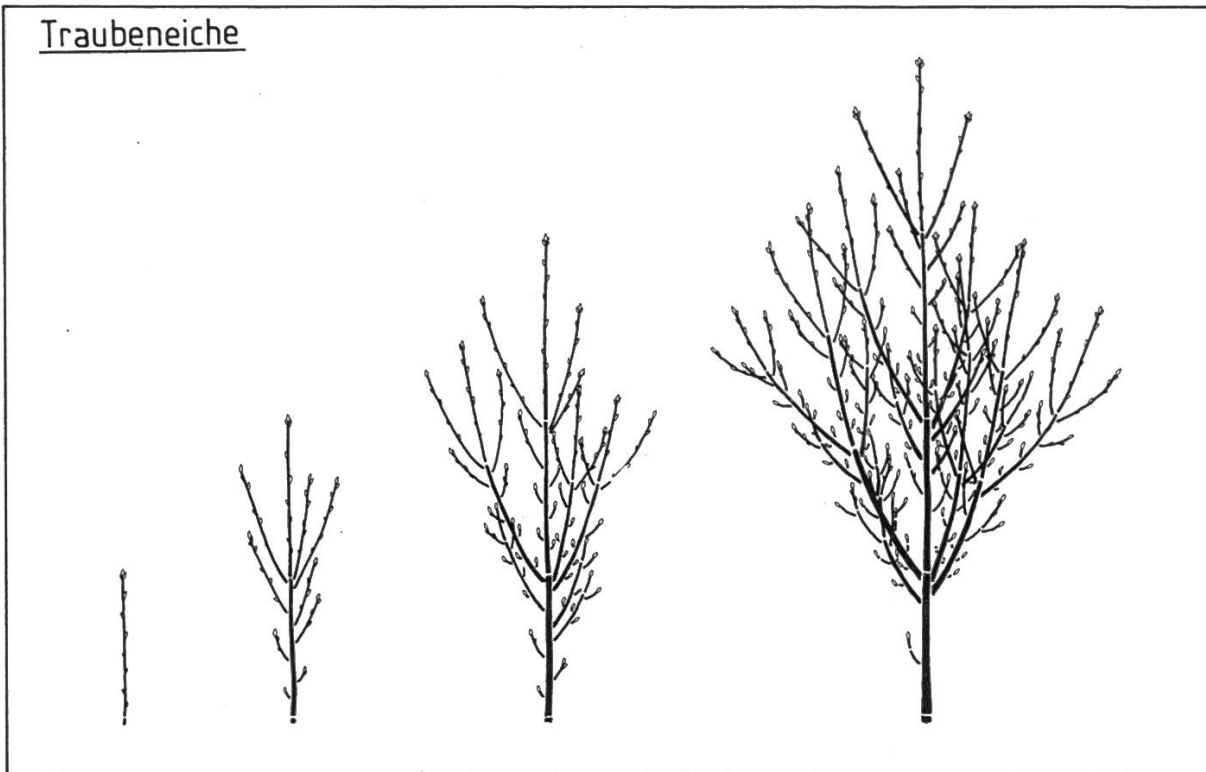
- Die Verzweigung der Stieleiche ist pseudoquirlartig, da sich seitliche Langtriebe fast ausnahmslos zahlreich an der Spitze von Jahresabschnitten befinden, in den anderen Triebabschnitten aber nur Kurztriebe. Der Übergang von Kurz- zu Langtrieben ist bei der Stieleiche sehr abrupt, bei der Traubeneiche eher fließend.
- Während die kürzeren Triebe bei der Stieleiche fast rechtwinklig von der Tragachse abstehen, ist deren Abgangswinkel bei der Traubeneiche spitzer.
- Bei der Stieleiche springt nicht selten auch der Terminaltrieb ab, so dass ein oberer Seitentrieb die Fortsetzung des Wipfels übernimmt mit der Folge von knickigem Wuchs. Da in der Jugend keine Absprünge auftreten, entwickelt sich dieses Unterscheidungsmerkmal erst im mittleren Alter.
- Die Blätter der Stieleiche sind infolge der fast fehlenden Blattstiele, der pseudoquirlartigen Verzweigung und des abrupten Übergangs von langen zu kurzen Trieben eher büschelig bzw. klumpig angeordnet, während sie bei der Traubeneiche sehr gleichmässig im Luftraum verteilt sind (siehe auch *Abbildung 5*).

Aufgrund dieser büscheligen und damit lichtereren Belaubung der Stieleiche ist es unverständlich und das Problem am Beispiel der beiden Eichenarten besonders deutlich, dass verschiedene Baumarten bisher nach ein- und demselben Schema eines «Blattverlustes» auf ihren Gesundheitszustand hin bei der Waldschadeninventur beurteilt werden. Danach muss die Stieleiche von vornherein um fast eine sogenannte «Schadstufe» schlechter eingeschätzt werden als die Traubeneiche, obwohl ihre Blattanordnung nichts mit ihrer Vitalität zu tun hat! Sicher ist der August aber immer noch der «geeignetste» aller Sommermonate für eine solche Beurteilung nach Laubverlust, man erfasst damit aber bei den Eichen vor allem die Reaktion der Bäume auf den bisherigen Sommer und seine Witterung, hingegen weniger die allgemeine Vitalität. Hier sind nach Meinung des Autors dringend Änderungen der Inventurmethode hin zur Berücksichtigung der Kronenstruktur auch im Winter notwendig, mögen sie auch noch so schwer fallen.

### Stieleiche



### Traubeneiche



*Abbildung 3.* Vierjährige Verzweigungsentwicklung von Stiel- (oben) und Traubeneiche (unten), jeweils ohne Johannistriebe).

Auch bei den Eichen kann man eine Explorations-, Degenerations-, Stagnations- und Resignationsphase voneinander unterscheiden (Abbildung 4) (Roloff 1989a,b). In der Explorationsphase besteht der gesamte Wipfelbereich

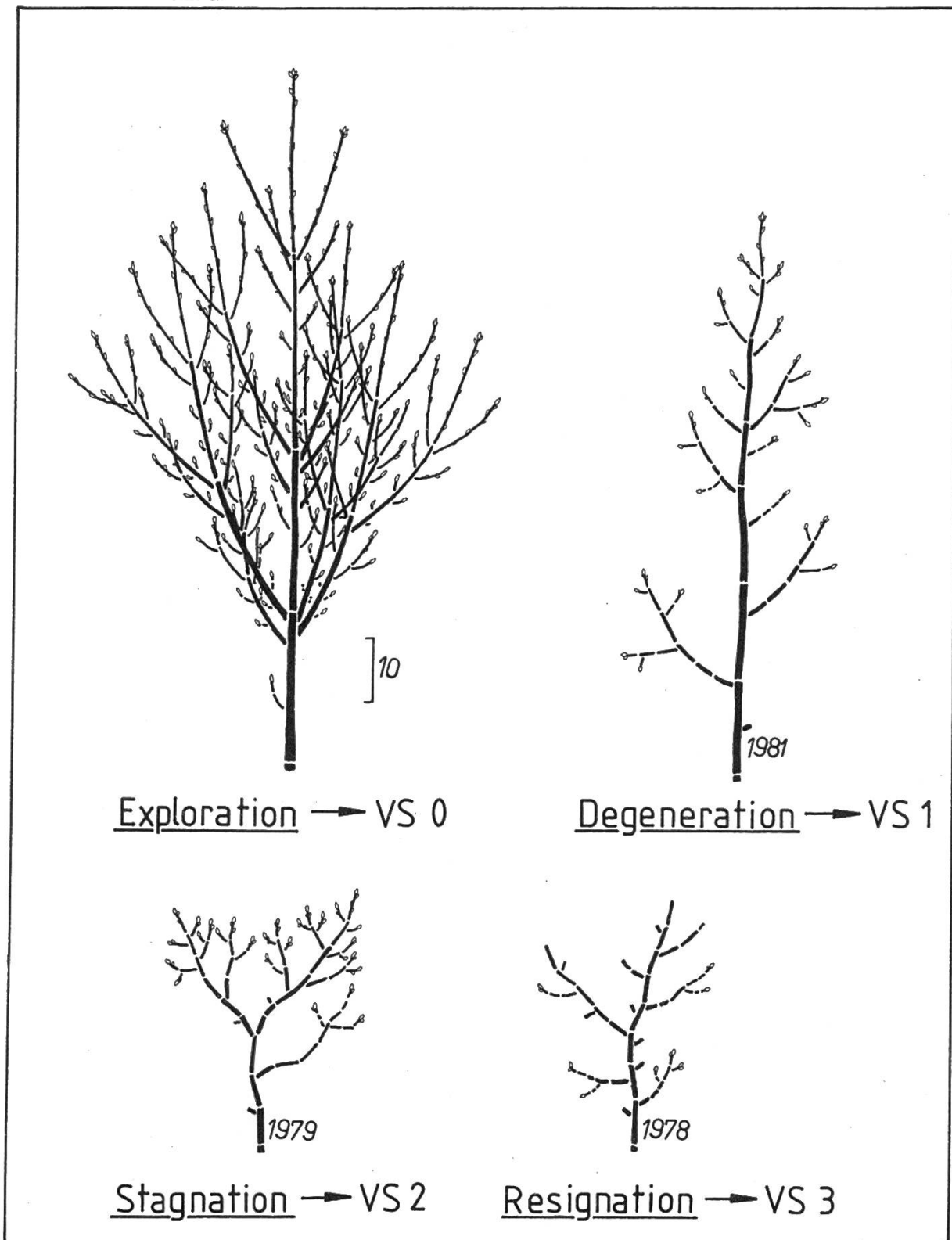
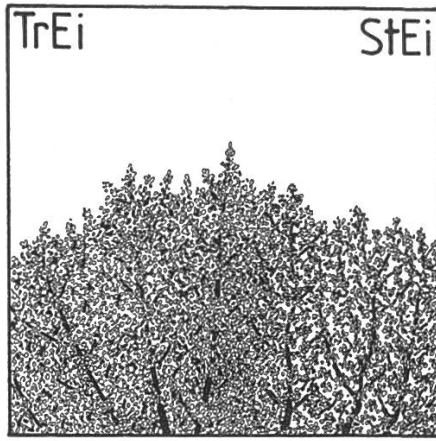
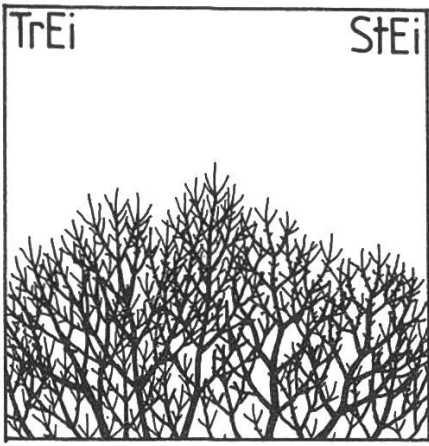


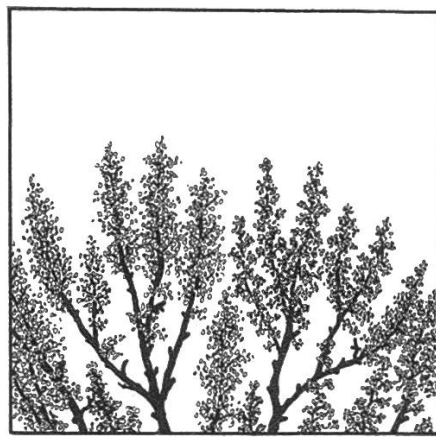
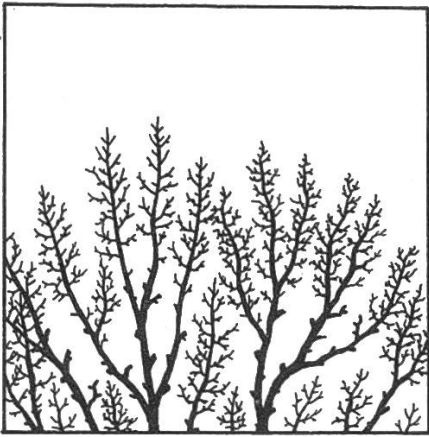
Abbildung 4. Wachstumsphasen-Modell für Wipfeltriebe von (Stiel- und) Traubeneichen.



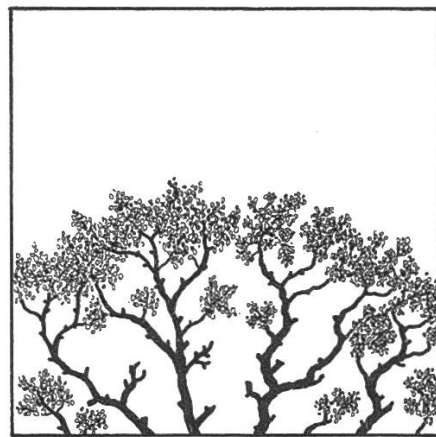
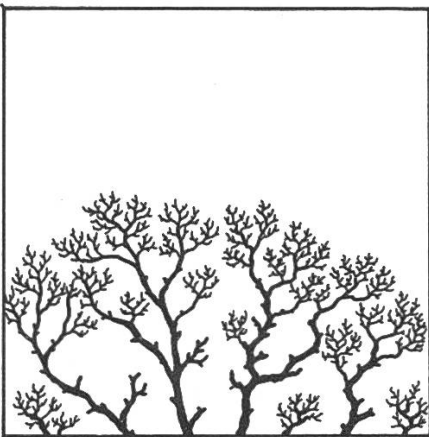


Stieleiche  
Traubeneiche

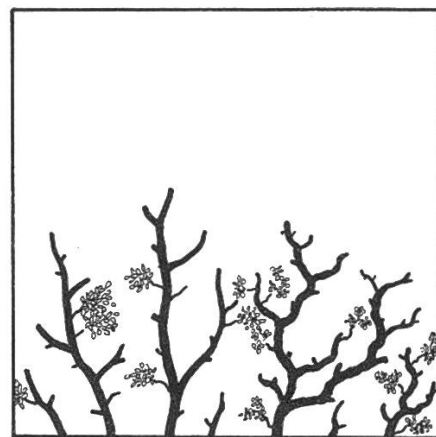
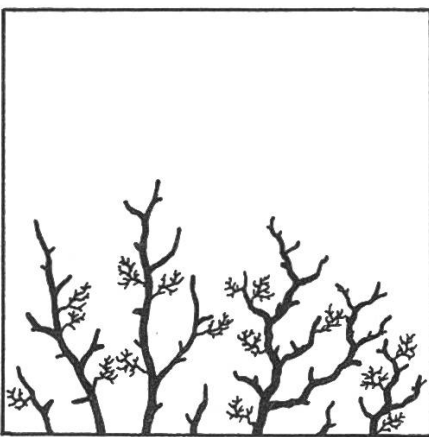
0



1



2



3

aus einem Netzwerk langer Triebe, das zwar von Baum zu Baum unterschiedlich aufgebaut ist, aber in jedem Fall den Luftraum gleichmässig erschliesst (*Abbildung 5*).

In der Degenerationsphase entwickeln sich im Gegensatz zur Buche (Roloff 1989a) nicht so ausgeprägte und damit leicht sichtbare Spiesse, sondern bei zurückgehenden Triebblängen entstehen zunächst längliche Strukturen im Wipfelbereich, die sich deutlich von der Explorationsphase unterscheiden.

In der Stagnationsphase sind die Bildung pinselförmiger Strukturen bei fast ausschliesslicher Kurztriebbildung und eine Abflachung des Wipfels unübersehbar; die Zweigreinerung hat auch äussere Kronenbereiche erfasst. Schliesslich zerfällt die Oberkrone in der Resignationsphase bei absterbenden Wipfeltrieben in einzelne fragmentarische Kronenteile.

Es sollte also bei beiden Eichenarten trotz bestehender Unterschiede und einer enormen Kronenplastizität möglich sein, aufgrund der dargestellten Kronenstrukturen die Vitalität einer Eiche zu beurteilen (und ebenso bei allen anderen untersuchten Baumarten, Roloff 1989b).

### **3. Triebblängenentwicklung der letzten Jahrzehnte**

Auf die Langfristigkeit der Triebblängenabnahme bei Bäumen abnehmender Vitalität (beurteilt nach den dargestellten Verzweigungskriterien) wurde bereits bei der Buche hingewiesen (Roloff 1986). Sie bestätigte sich auch für alle anderen Baumarten und zeigt, dass Bäume der Vitalitätsstufe 0 lediglich kurzfristige Schwankungen des Höhenzuwachses (zum Beispiel als Reaktion auf Trockenjahre) aufweisen und dem langfristigen Alterstrend folgen, während Bäume der Vitalitätsstufe 1 seit etwa 5 bis 10 Jahren, Bäume der Vitalitätsstufen 2 und 3 meist über einen deutlich längeren Zeitraum signifikant kürzere Triebe zeigen (*Abbildung 6*).

Wie bereits bei der Buche wurden auch bei anderen Baumarten markante Wachstumseinbrüche am Beginn der 70er Jahre festgestellt. Während sich vitale Eichen von diesem Einbruch schnell wieder erholten, ist dies bei vielen anderen Bäumen nicht eingetreten.

### **4. Waldbauliche Folgerungen**

Bei einer längerfristigen Abnahme der Triebblängen in der Oberkrone weniger vitaler Bäume ergeben sich erhebliche Konsequenzen für den Forstbetrieb,

*Abbildung 5.* Vitalitätsstufenschlüssel für Stieleiche (jeweils rechts) und Traubeneiche (jeweils links), basierend auf den Wachstumsphasen der *Abbildung 4*.

Wipfeltrieb-  
Länge

Eiche

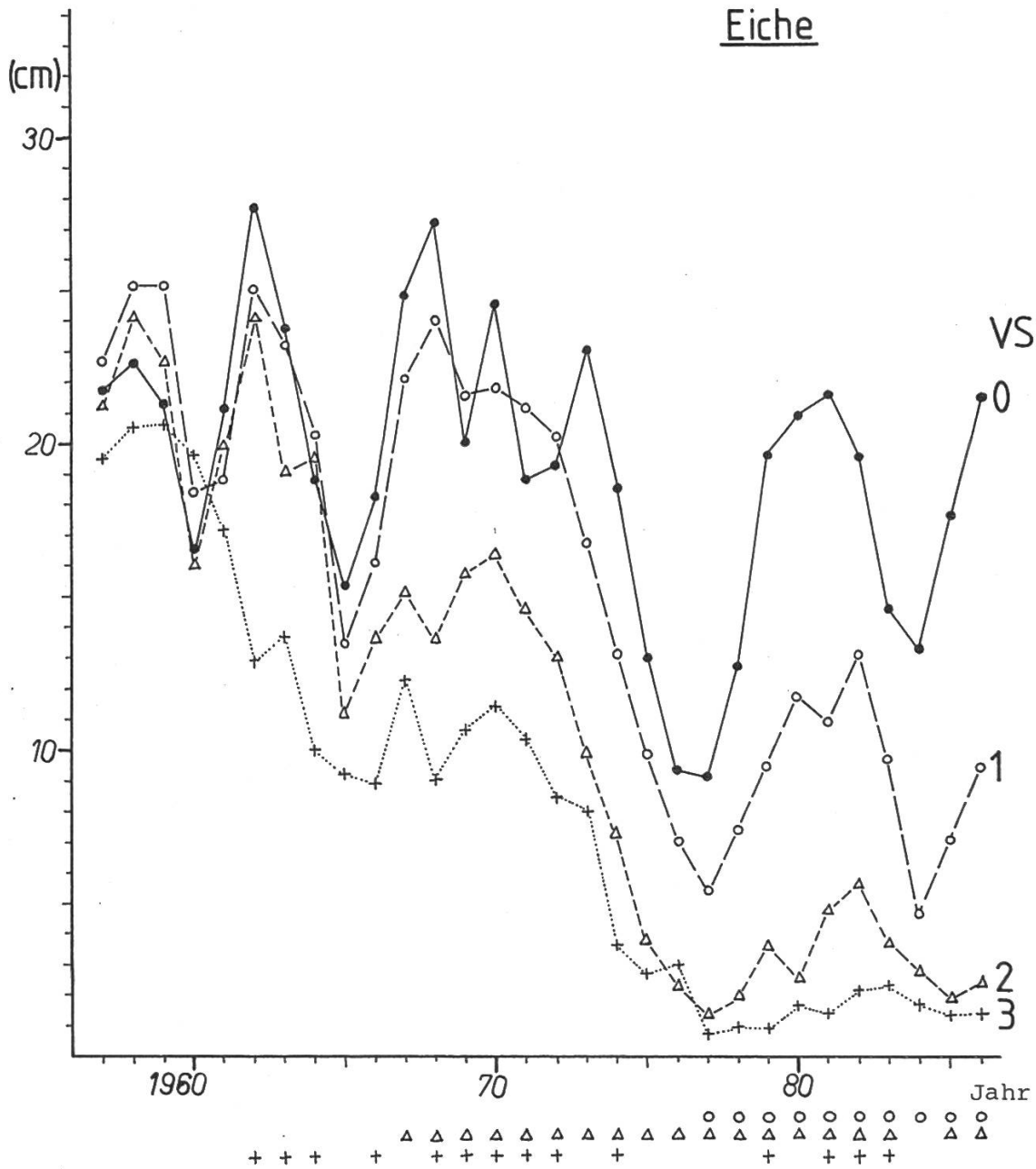


Abbildung 6. Jährlicher Längenzuwachs der Wipfeltriebe (Mittelung von je 3 Ästen pro Baum) heute 140- bis 190jähriger Stiel- und Traubeneichen in den letzten 30 Jahren (VS = Vitalitätsstufe; VS 0: n = 62, mittleres Alter 160 J.; VS 1: n = 52, mittleres Alter 155 J.; VS 2: n = 57, mittleres Alter 165 J.; VS 3: n = 53, mittleres Alter 165 J.; FoA Hasbruch und FoA Melsungen; Unterschiede auf dem 5%-Niveau signifikant, wenn Kreis (VS 0 : VS 1), Dreieck (VS 1 : VS 2) oder Kreuz (VS 2 : VS 3) unter der Jahreszahl angegeben).

da sich das Kronendach nach Durchforstungseingriffen nur verzögert oder gar nicht mehr wieder schliesst. Das kann einen vermehrten Lichteinfall auf den Bestandesboden zur Folge haben mit dem Resultat einer dichteren Krautschicht,

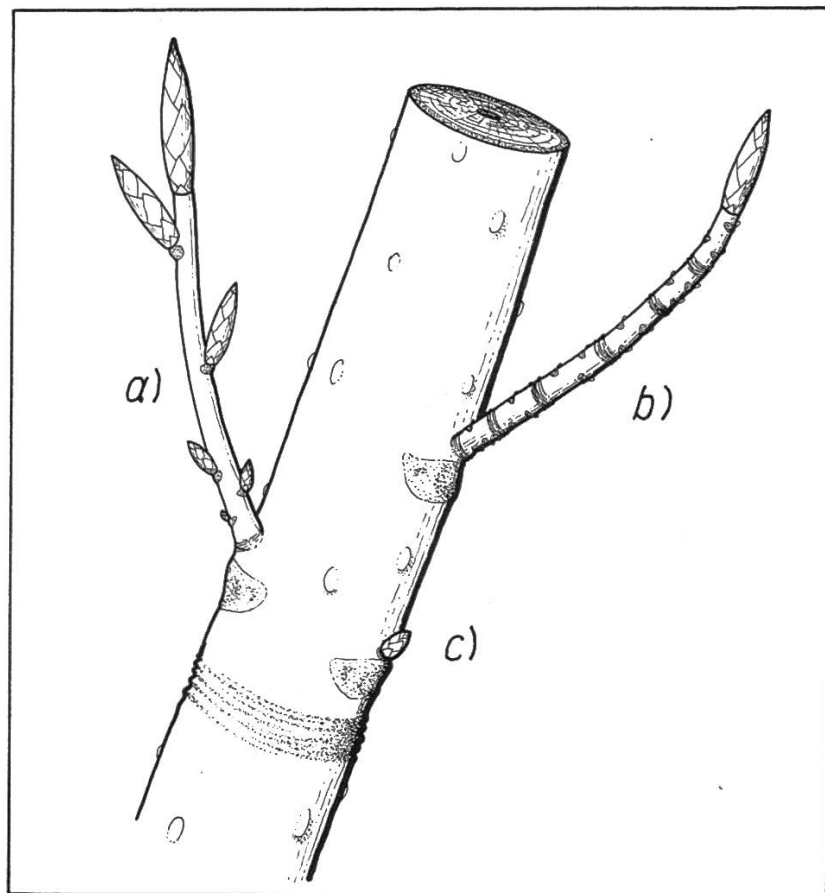
die dann eine Naturverjüngung behindern kann – eine gerade in älteren Buchenbeständen sehr unerwünschte Auswirkung.

Daher weist die *Hessische Forstliche Versuchsanstalt* (1988) zu Recht darauf hin, dass beim allgemein üblichen Auszeichnen von Beständen im Winter einem Blick in die Krone entscheidende Bedeutung zukommt: Nach der Hiebmassnahme sollten möglichst viele Bäume mit netzartiger (Langtrieb-) Verzweigung (Vitalitätsstufe 0) dem Bestand angehören, da nur sie zur raschen Schliessung des Kronendaches nach dem Eingriff in der Lage sind. Dementsprechend sollten Massnahmen in weniger vitalen Beständen vorsichtiger als üblich erfolgen, um das Lichtklima im Bestandesinneren nicht nachhaltig und zu stark zu verändern.

## 5. Reiterationen

Die wichtigste Grundlage von Reaktionen unserer Bäume auf Umweltveränderungen stellen die Reiterationen dar: Darunter versteht man die Entwicklung neuer Triebe und schliesslich ganzer Verzweigungssysteme in der Krone, die die typische Kronenentwicklung einer Baumart wiederholen, aber nach dieser nicht zu erwarten gewesen wären (*Oldeman 1974*).

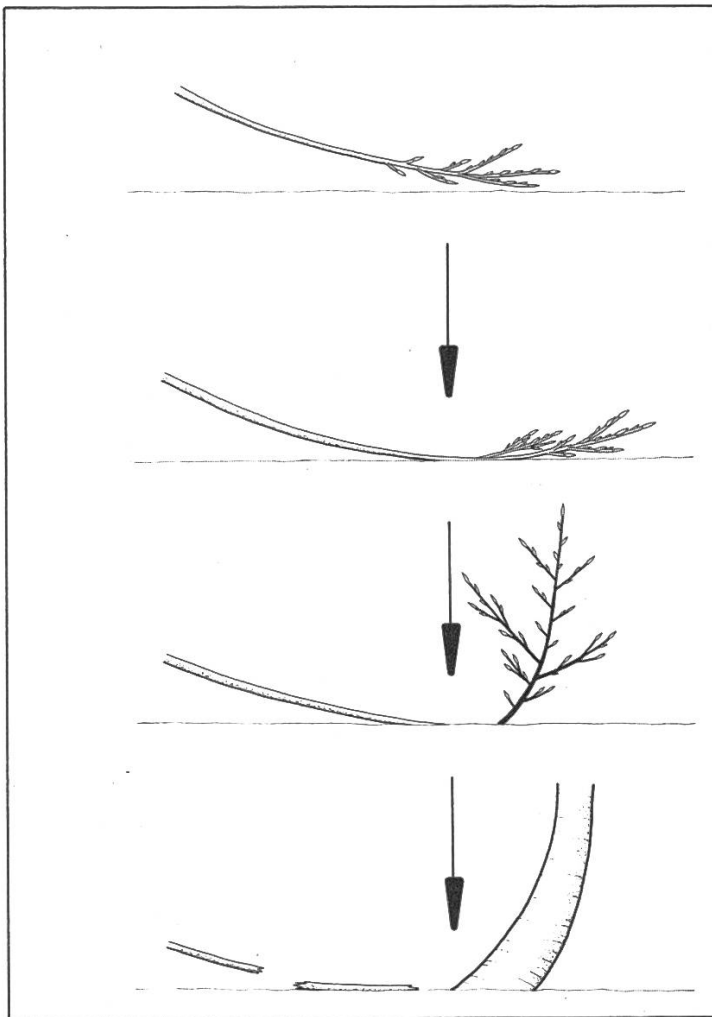
Den typischen Fall einer solchen Reiteration aus schlafenden Knospen erkennt man in der *Abbildung 7*: Während rechts eine reguläre Kurztriebkette zu



*Abbildung 7.*  
Typischer Fall einer Reiteration (hier: am Beispiel Buche): Austreiben einer Proventivknospe (a) nach Verletzung oder Lichtzunahme, während rechts eine reguläre Kurztriebkette (b) und eine noch «schlafende» Proventivknospe (c) zu sehen sind.  
Beachte: Altersunterschied der beiden Seitentriebe eindeutig durch die Triebbasisnarben feststellbar!

sehen ist, deren Alter zu dem ihrer Tragachse in Beziehung steht, ist links solch eine schlafende Knospe nach Verletzung oder Lichtzunahme ausgetrieben und zeigt das geringere Alter deutlich durch die (bis auf eine) fehlenden Triebbasisnarben an.

Aber nicht nur durch das Austreiben schlafender Knospen können solche Reiterationen entstehen, sondern auch durch eine völlige Neubildung von Knospen (Adventivknospen) oder durch eine unerwartete Umorientierung, zum Beispiel ein Aufrichten von Seitenzweigen. Ein sehr eindrucksvoller Fall dieser Reiterationsart sind die sogenannten Absenker, die man in seltenen Fällen an Buchen und anderen Baumarten beobachten kann (*Abbildung 8*).



*Abbildung 8.*  
Reiteration durch Absenker am Beispiel Buche: weit ausladende untere Äste bekommen Bodenkontakt, bewurzeln sich und werden zu selbstständigen, jungen, aufrechten Buchen.  
(Kennzeichen: basale Stammbiegung)

Allein bei der Buche konnten 13 verschiedene Formen von Reiterationen gefunden werden (Roloff 1986), was eindrucksvoll die enorme Plastizität einer Baumkrone belegt. Die Folge sind meist kleinere Unterkronen, die man auch als Laie als kleine «Bäumchen» in der Krone des Mutterbaumes zu erkennen vermag.

Man kann bei der Buche unterscheiden (*Abbildung 9*):

- *Reiterationen an jüngeren Bäumen*
  - (a) nach Verlust der Terminalknospe oder des Terminaltriebes,
  - (b) durch Aufrichten von Schattenbuchen,
  - (c) als Johannistriebe;
- *an älteren Bäumen*
  - (d) als Wasserreiser,
  - (e) nach Lichtzunahme im Kroneninneren,
  - (f) durch ein Umorientieren von Seitenästen,
  - (g) infolge von Zweigverdrehungen,
  - (h) bei Freistand/-stellung an Wegen, Bächen usw.,
  - (i) durch Absenker,
  - (k) als Wurzelbrut;
- *unabhängig vom Alter*
  - (l) nach Schrägstellen des Baumes,
  - (m) als Stockausschlag.

Für die Flexibilität der Baumkrone sind diese Möglichkeiten der Reiteration von entscheidender Bedeutung, man kann die untersuchten Baumarten grob in reiterationsträge und -freudige Arten einteilen. Danach sind die Eichen als reiterationsfreudig zu bezeichnen, ein weiterer Grund für die Komplexität einer Eichenkrone. Weitere reiterationsfreudige Baumarten sind die Linden, Salweide und Schwarzerle, als reiterationsträge sind hingegen Buche, die Ahorne, Hainbuche und Kirsche zu bezeichnen (Roloff 1989b).

## 6. Lebensdauer von Kurztrieb(kett)en

Letztendlich muss eine Baumart aber auch um so flexibler und damit im übrigen zum Beispiel auch konkurrenzkräftiger sein, je länger ihre Kronen bzw. Kronenteile in einem Wartezustand verharren können. Und dafür sind die Kurztriebe entscheidend. Denn wenn eine Baumkrone unter sehr negative Einflüsse gerät, gibt es für ihre betroffenen Zweige eine Überlebensebene nur, wenn ihr Wachstum mit geringstmöglichem Aufwand stagnieren kann. Durch Kurztriebbildung kann ein Ast oder eine ganze Krone in einer solchen Situation lange lebensfähig bleiben, und dies um so erfolgreicher, je länger eine Kurztriebbildung möglich ist. Daher wurde das durchschnittliche maximale Alter von Kurztrieb(kett)en in den Kronen der untersuchten Baumarten erfasst, und zwar an 30 bis 50 Jahre alten Bäumen. Das Ergebnis (*Abbildung 10*) steht in guter Übereinstimmung mit der Lichtbedürftigkeit bzw. Schattentoleranz der Baumarten und bestätigt die Erfahrung aus der forstlichen Praxis, dass die lichtbedürftigen Arten auf eine vorübergehende Einengung des Kronenraumes in mittlerem Alter negativ reagieren (siehe auch *Züge* 1986).

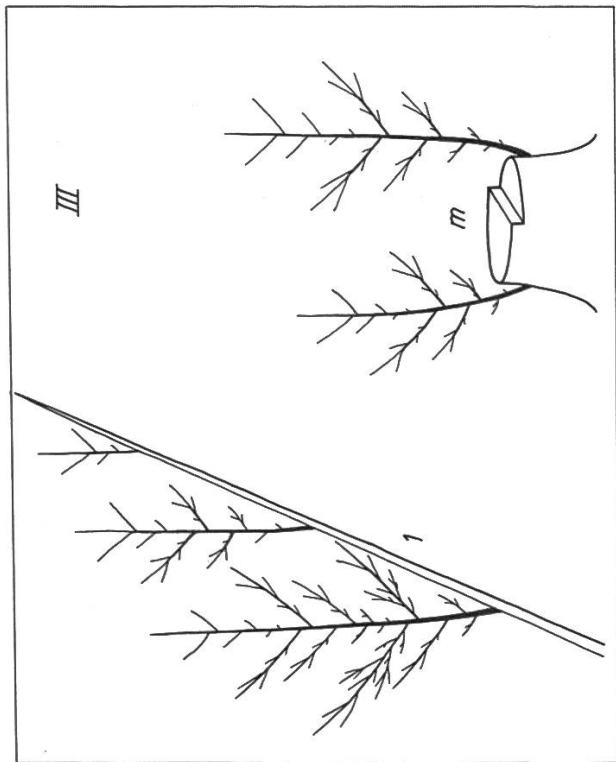
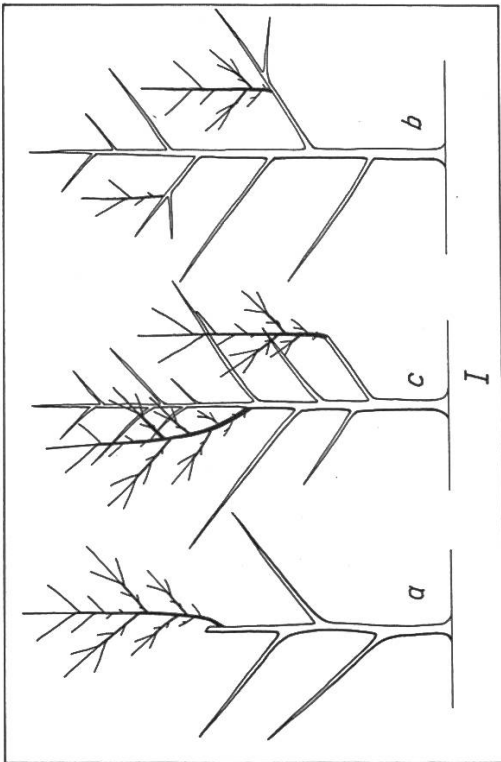


Abbildung 9. Übersicht über die Reiterationen an Buchen (Erläuterung s. Text). (I) Reiterationen an jüngeren Buchen. (II) Reiterationen an älteren Buchen. (III) Reiterationen unabhängig vom Alter.

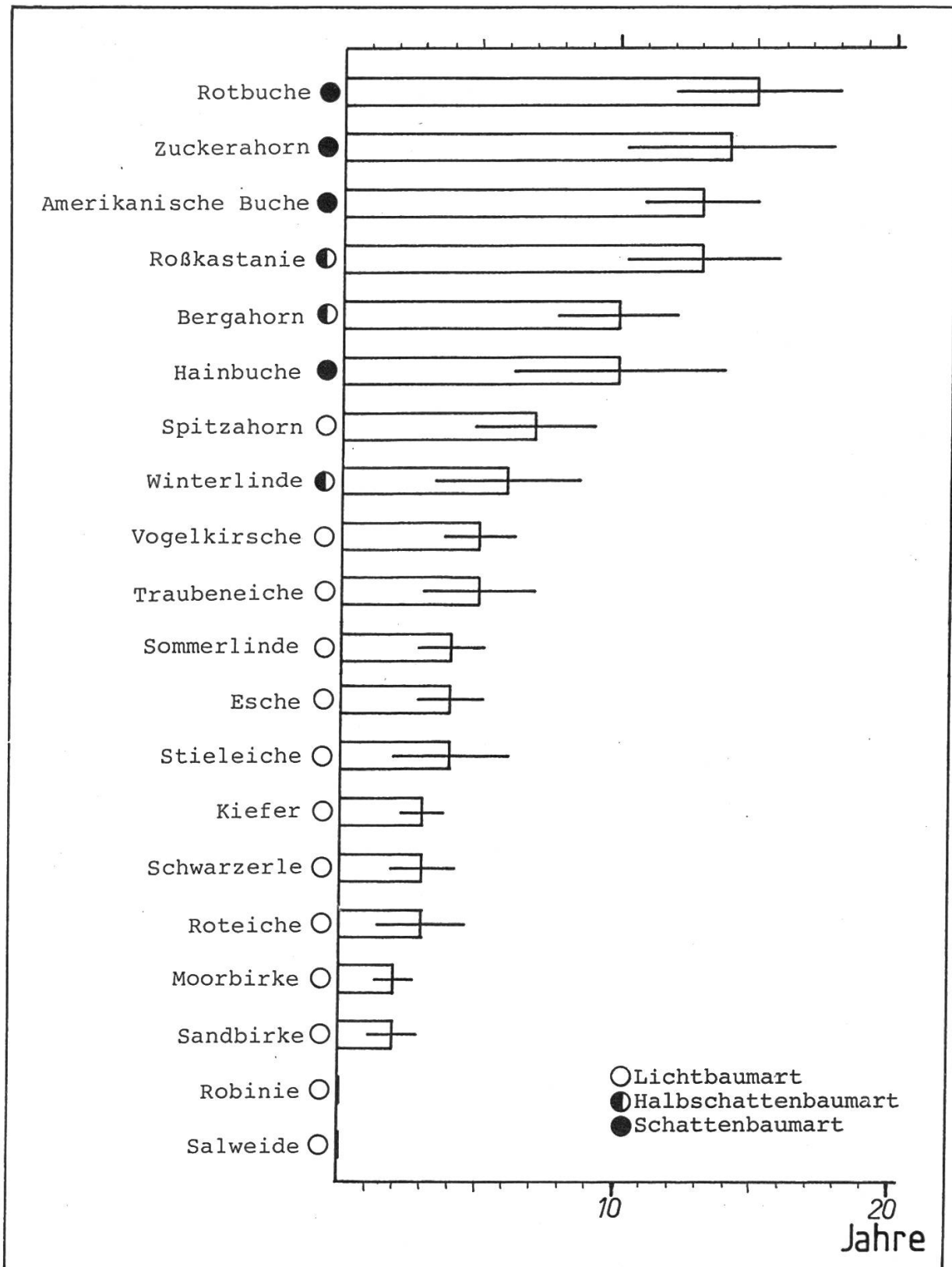


Abbildung 10. Durchschnittliche maximale Kurztrieblebensdauer in unteren, beschatteten oder bedrängten Kronenteilen der untersuchten Baumarten (Alter 30 bis 50 Jahre, n = 100 Kurztriebketten je Baumart).



Diese erstmalige Untersuchung und Berücksichtigung der Kurztrieb (ketten)-Lebensdauer kann somit vielleicht Verhältnisse in der Konkurrenzentwicklung der Baumarten erklären helfen und auf sinnvolle und interessante Verknüpfungsmöglichkeiten morphologischer und waldbaulicher Forschung hinweisen.

## 7. Kronenentwicklung und Zuwachs

Der Durchmesserzuwachs hat sich inzwischen als sehr problematischer Weiser der Vitalität herausgestellt, zumindest solange man nur den Brusthöhen-durchmesser berücksichtigt und den Standraum der Bäume und damit den Zuwachs pro Hektar ausser acht lässt – weniger vitale Bäume zeigen nicht selten einen höheren Brusthöhen-Zuwachs als vitale (siehe zum Beispiel *Schwein-gruber et al.* 1983, *Gärtner, Nassauer* 1985, *Bauch* 1986, *Frühwald* 1986, *Wahlmann et al.* 1986).

Eine mögliche Erklärung für diese Problematik liegt darin, dass Lichtblätter in unteren Kronenbereichen und Kurztriebe (wie sie bei verlichteten Buchen vermehrt auftreten) eine deutlich höhere Nettophotosynthese-Leistung als Lichtblätter am Wipfel oder Langtriebe haben (*Müller* 1954, *Pisek, Tranquillini* (1954).

Eine eigene Untersuchung belegt eindrucksvoll den sehr engen Zusammenhang zwischen Längen- und Durchmesserentwicklung an unterschiedlich vitalen 10jährigen Buchenästen (*Abbildung 11*). So lässt sich ein Mehrzuwachs von geschädigten Bäumen in Brusthöhe nur durch Umstrukturierungen in der gesamten Krone erklären. Tatsächlich sind erhebliche Differenzen zwischen Kronenast- und Brusthöhen-Durchmesserzuwachs an devitalisierten Buchen inzwischen belegt (zum Beispiel *Rademacher* 1986).

## 8. Beziehungen zwischen Krone und Wurzel

Nach all dem, was bisher über die Kronenentwicklung und ihre Bedeutung für eine Vitalitätsbeurteilung dargestellt wurde, ist die Frage angebracht, ob diese Veränderungen im Kronenraum mit ähnlichen Veränderungen im Wurzelraum einhergehen. Denn es liegt nahe, Zusammenhänge zwischen der Kronen- und der Wurzelentwicklung anzunehmen, einen Baum also als ein System aufeinander abgestimmter Beziehungen anzusehen.

Daher wurden 2 m hohe Buchen vollständig ausgegraben und Wurzel- und Kronenparameter auf Korrelationen überprüft. Ein vollständiges Freilegen grösserer Bäume erscheint zurzeit problematisch, da man zur statistischen Absicherung eine grössere Anzahl von Bäumen benötigt und dem zeitlichen und damit finanziellen Rahmen in der Regel Grenzen gesetzt sind.

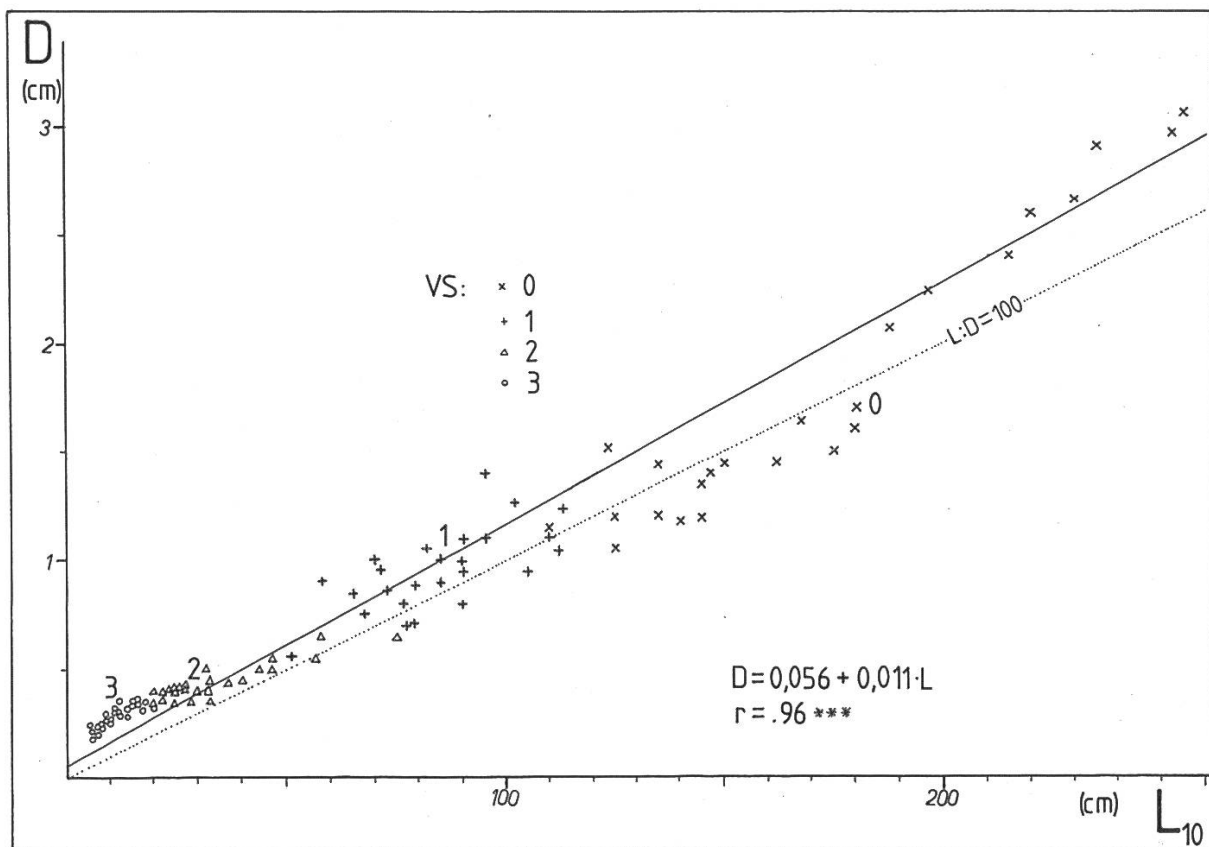


Abbildung 11. Beziehung zwischen der Länge 10jähriger Wipfeltriebe ( $L_{10}$ ) und ihrem basalen Durchmesser ( $D$ ) an der 10 Jahre alten Triebbasisnarbe (Angabe von Regressionsgleichung, Korrelationseffizient und seiner Signifikanz; Vitalitätsstufe der Krone nach Roloff 1986).

Eine Erhebung nur an Teilen des Wurzelsystems ist nach den gemachten Erfahrungen sehr problematisch, da das Wurzelsystem eines einzigen Baumes teilweise ausserordentlich heterogen ist.

Zu jedem ausgegrabenen Baum wurden auch alle wichtigen Bodendaten erhoben, ohne dass hier darauf eingegangen werden kann (Roloff 1989b). Vielmehr sollen die wichtigsten festgestellten Ergebnisse vorgestellt werden.

Überrascht haben die in fast allen Fällen statistisch hochsignifikanten Korrelationen zwischen sämtlichen erhobenen Kronen- und Wurzelparametern. So bestehen an solchen jüngeren Buchen folgende abgesicherte Beziehungen (Abbildung 12):

1. Sie entwickeln ihre Gesamtblattfläche, die zum Beispiel je nach Verbiss erheblich variieren kann, mit vielen kleinen oder wenigen grossen Blättern; je weniger Blätter eine solche Buche hat, um so grösser sind diese durchschnittlich.
2. Gesamtblattzahl und Gesamtblattfläche sind sehr eng mit der Gesamtsprosslänge korreliert.
3. Sprossgewicht und Sprosslänge korrelieren ebenso miteinander wie Wurzelgewicht und Wurzellänge.
4. Wurzel- und Sprossgewicht sind sehr eng miteinander verbunden.
5. Wurzelgewicht und Gesamtblattfläche korrelieren miteinander.

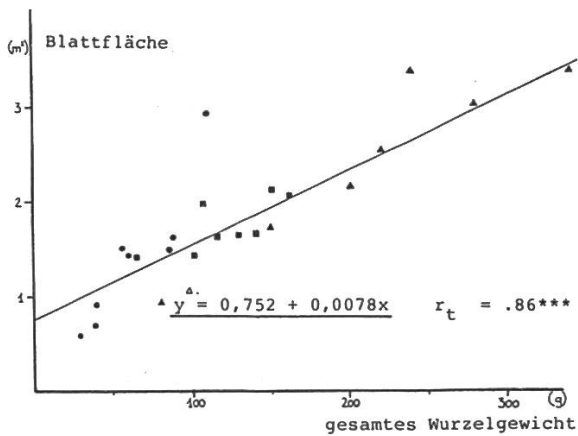
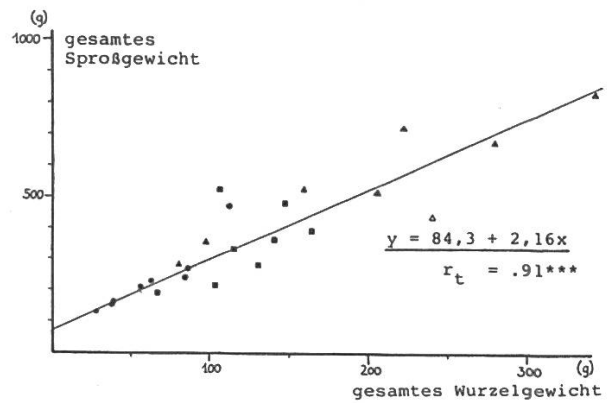
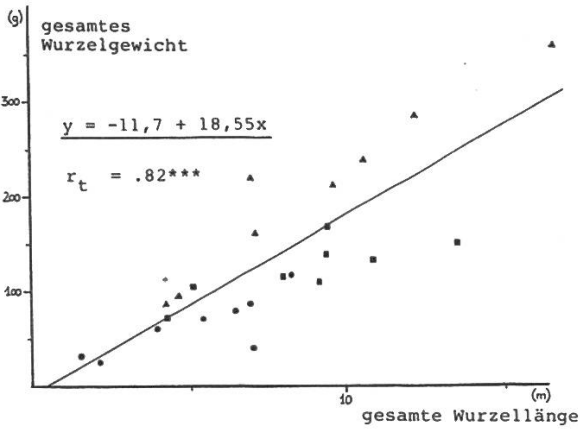
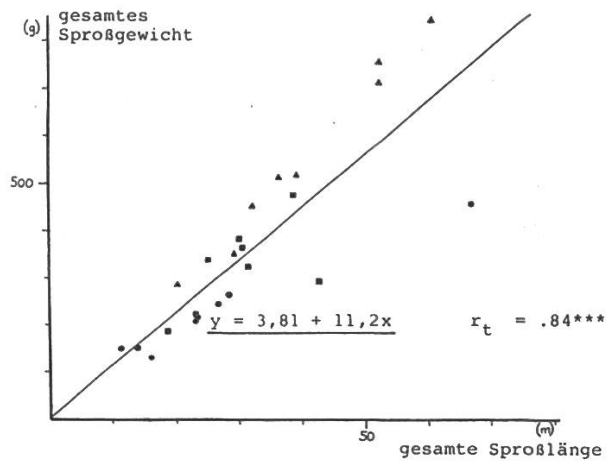
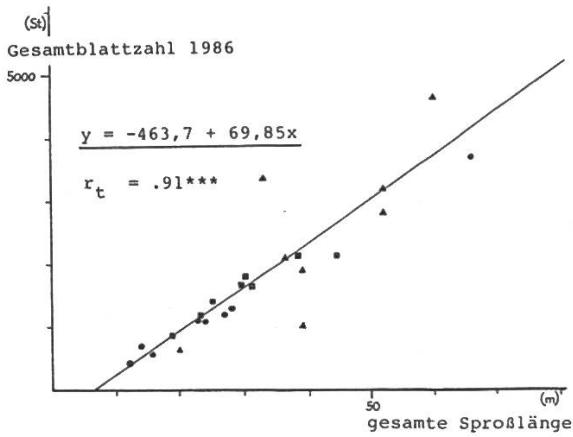
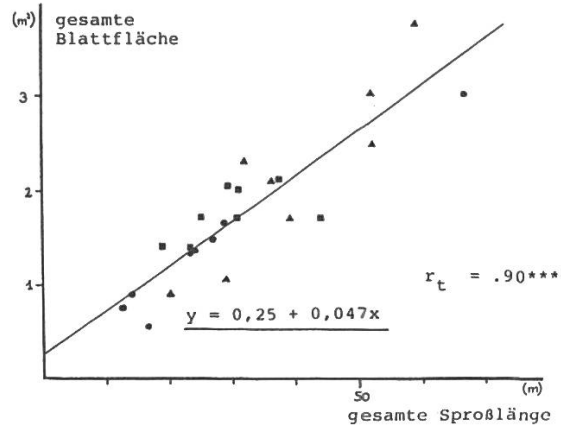
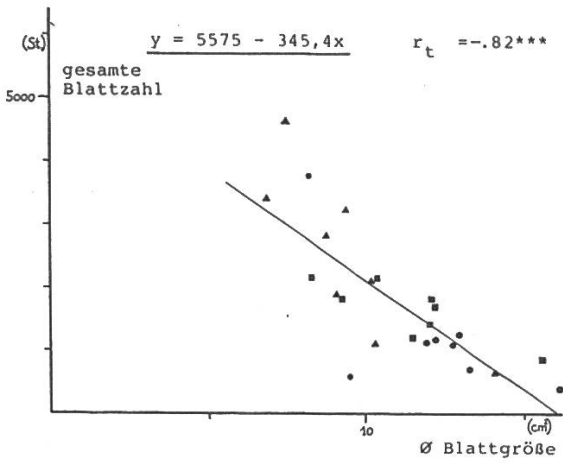


Abbildung 12.  
Ermittelte Ergebnisse und Beziehungen von Kronenparametern an 2 m hohen, ausgegrabenen Buchen (Angabe von Regressionsgleichung, Korrelationskoeffizient; Kreis: FoA Syke / Parabraunerde aus Sandlöss, Dreieck: FoA Einbeck / podsolierte Braunerde aus Hilssandstein, Kreis: FoA Bovenden / Rendzina-Terra fusca aus Kalkstein).

Nach diesen Untersuchungen kann man von einer sehr engen Beziehung zwischen Kronen- und Wurzelentwicklung ausgehen und muss zum Beispiel Johannistriebe so interpretieren, dass sie dem Baum dazu dienen, ein voraneilendes Wurzelwachstum auszugleichen, um so wieder ein Gleichgewicht zwischen ober- und unterirdischer Entwicklung herzustellen.

Hervorzuheben ist noch, dass weder die sehr verschiedenen Standorte (Symbole in *Abbildung 12!*) noch ein zum Teil erheblicher Verbiss der Pflanzen die festgestellten Beziehungen beeinträchtigen konnten.

Nach diesen Untersuchungen darf man weiter davon ausgehen, dass eine (sichtbare) Triebblängenabnahme in der Krone mit ähnlichen (unsichtbaren) Veränderungen im Wurzelsystem einhergehen muss. Damit ist natürlich zunächst noch nichts über die Ursache gesagt.

## Résumé

### **A propos du développement et de la flexibilité du houppier, et de leur importance en tant qu'indicateurs de vitalité**

#### **II. Développement du houppier et évaluation de la vitalité du chêne, répétitions, durée de vie des rameaux courts et relations entre houppier et appareil racinaire**

La vitalité des chênes étant particulièrement difficile à juger avec les critères traditionnels de «taux de défoliation», l'auteur s'étend sur quelques particularités de développement du houppier du chêne pédonculé et du chêne sessile (en particulier sur le phénomène de perte naturelle des rameaux) et sur des résultats de ses propres recherches.

Pour les deux essences de chêne, une méthode de détermination des classes de vitalité se basant sur la ramification et la structure du houppier est présentée. Pour ce faire, il est nécessaire de distinguer quatre phases de croissance. L'évolution de la longueur des pousses de chênes vitaux et moins vitaux, au cours des dernières décennies se différencie de manière significative. On attire l'attention sur les conséquences sylviculturales résultant d'une diminution de la longueur des pousses.

La répétition est considérée comme la base la plus importante des réactions des houppiers aux influences de l'environnement. Chez le hêtre, on distingue par exemple 13 formes différentes de répétition.

On met en évidence que la durée de vie des rameaux courts a été jusqu'à maintenant un aspect négligé du développement de la compétition. Ceci est attesté par des résultats de recherches. La problématique d'un manque de relation entre la vitalité et l'accroissement peut être expliquée en tenant compte d'aspects morphologiques du développement du houppier.

Finalement on montre, par des résultats de recherches faites sur des hêtres détériorés, la relation étroite entre le développement de l'appareil racinaire et celui du houppier. Il s'ensuit qu'un arbre représente un système équilibré entre un développement aérien et souterrain. Ceci permet aussi de tirer des conclusions pour la symptomatologie des dégâts aux forêts.

Traduction: *J. Rosset*

## Literatur

- Addicott, F.T. (1978): Abscission strategies in the behavior of tropical trees. In: P.B. Tomlinson, M.H. Zimmermann (eds.): Tropical trees as living systems. Cambridge University Press, Cambridge/London/New York/Melbourne, 381–398
- Bauch, J. (1986): Characteristics and response of wood in declining trees from forests affected by pollution. IAWA Bull. 7: 269–276
- Böhlmann, D. (1969): Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen. Diss. nat.-math. Fak. Univ. Freiburg, 76 S.
- Böhlmann, D. (1971): Zur Physiologie des Zweigabsprunghes bei *Quercus*, *Populus* und *Tilia*. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 142: 208–211
- Büsgen, M. (1927): Bau und Leben unserer Waldbäume. Fischer, 3. Aufl. Jena, 426 S.
- Carlisle, A., Brown, A.H.F., White, E.J. (1966): Litter fall, leaf production and the effects of defoliation by *Tortrix viridana* in a sessile oak (*Quercus petraea*) woodland. J. Ecol. 54: 65–85
- Chaney, W.R. (1979): Leaf and twig abscission relationships in a mature white oak, Can. J. For. Res. 9: 345–348
- Chaney, W.R., Leopold, A.C. (1972): Enhancement of twig abscission in white oak by ethephon. Can. J. For. Res. 2: 492–495
- Christensen, O. (1975): Wood litter fall in relation to abscission, environmental factors, and the decomposition cycle in a Danish oak forest. Oikos 26: 187–195
- Ford, B.J. (1986): A general theory of excretion in higher plants. J. Biol. Educ. 20: 251–254
- Frühwald, A. (1986): Technological properties of wood from trees in polluted regions. IAWA Bulletin 7: 389–392
- Gärtner, E.J., Nassauer K.G. (1985): Aktuelles zur Waldschadenssituation in Hessen. Allg. Forstz. 40: 1265–1271
- Hempel, G., Wilhelm, K. (1893): Bäume und Sträucher des Waldes. Hölzel Wien, 213 S.
- Hessische Forstliche Versuchsanstalt (1988): Waldschadenserhebung 1988. Selbstverlag Hann. Münden
- Höhnel, F.R. v. (1878): Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mitt. forstl. Versuchswes. Österreich 1: 255–268
- Höhnel, F.R. v. (1879): Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. Mitt. forstl. Versuchswes. Österreich 2: 247–256
- Höster, H.R., Liese, W., Böttcher, P. (1968): Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von *Populus Robusta* Forstw. Cbl. 87: 356–368
- Huber, B. (1955): Zweigabsprünge. Allg. Forstz. 10: 620–621
- Kirchner, O., Læw, E., Schröter, C. (1906): Lebensgeschichte der Blütenpflanzen. Stuttgart
- Krapfenbauer, A. (1987): Merkmale der Eichenerkrankung - und Hypothesen zur Ursache. Allg. Forstz. 42: 42–45
- Millington, W.F., Chaney, W.R. (1973): Shedding of shoots and branches. In: T.T. Kozlowski (ed.): Shedding of plant parts. Academic Press New York/London, 149–204
- Müller, D. (1954): Die Blätter und Kurztriebe der Buche. Forstl. Forsøegsv. Danmark 21: 319–326
- Oldeman, R.A.A. (1974): L'architecture de la forêt guyanaise. Mém. O.R.S.T.O.M 73, Paris, 204 S.
- Pisek, A., Tranquillini, W. (1954): Assimilation und Kohlenstoffhaushalt in der Krone von Fichten (*Picea excelsa* LINK) und Rotbuchenbäumen (*Fagus sylvatica* L.). Flora 141: 237–270
- Rademacher, P. (1986): Morphologische und physiologische Eigenschaften von Fichten, Tannen, Kiefern und Buchen gesunder und erkrankter Waldstandorte. GKSS-Forschungszentrum, 274 S.
- Röse, A. (1865): Über die «Absprünge» der Bäume. Bot. Ztg. 23: 109–115
- Roloff, A. (1986): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Ber. Forschunzs. Waldökosysteme/Waldsterben 18: 1–177
- Roloff, A. (1989a): Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser. I. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung am Beispiel Buche. Schweiz. Z. Forstw. 140 (1989)9: 775–789
- Roloff, A. (1989b): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten. Schr. forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. VersAnst. 93: 1–258
- Schweingruber, F.H., Kontic, R., Winkler-Seifert, A. (1983): Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Ber. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. 253: 1–29

- Wahlmann, B., Braun, E., Lewark, S.* (1986): Radial increment in different tree heights in beech stands affected by air pollution. IAWA Bull. 7: 285–288
- Züge, J.*, (1986): Wachstumsdynamik eines Buchenwaldes auf Kalkgestein. Diss. Forstwiss. Fachber. Univ. Göttingen, 213 S.