

Bundesministerium  
für Ernährung, Landwirtschaft  
und Forsten

**Auszug aus:**  
**Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden**  
**im Level II - Programm**  
**Methoden**  
**und Ergebnisse der**  
**Kronenansprache**  
**seit 1983**

**Arbeitskreis „Krone“ der Bund-Länder Arbeitsgruppe Level II**

## Mitglieder des Arbeitskreises „Krone“ der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II

W. Arenhövel; Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen; Gotha

A. Böttiger; Landesforstanstalt Eberswalde; Eberswalde

I. Dammann; Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt; Göttingen

M. Helbig; Sächsische Landesanstalt für Forsten; Graupa

M. Klein; Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen; Gotha

F. Körper; Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie; Hann. Münden

Th. Herrmann; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg; Freiburg

F.-J. Mayer; Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising

H. Schäfer; Landesamt für Forstplanung Mecklenburg-Vorpommern; Schwerin

A. Schöndube; Sächsische Landesanstalt für Forsten; Graupa

H.W. Schröck; Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz; Trippstadt

S. Vogl; Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt; Flechtingen

Ch. Ziegler; Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten; Recklinghausen

## mit Beiträgen von:

I. Dammann; Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt; Göttingen

Th. Herrmann; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg; Freiburg

F. Körper; Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie; Hann. Münden

H.W. Schröck; Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz; Trippstadt

Ch. Ziegler; Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten; Recklinghausen

## **2. BESCHREIBUNG UND WERTUNG DER AUFNAHMEPARAMETER**

### **Kurzfassung**

Im Mittelpunkt der Untersuchungen auf Dauerbeobachtungs- und Level II – Flächen steht der Gesundheitszustand des Einzelbaumes, dessen zentrale Kenngröße der Nadel-/Blattverlust ist. Er wird geprägt durch die Einflüsse, die auf den Baum an einem bestimmten Standort einwirken. Die Vitalität des Baumes wird durch das visuelle Verfahren der Kronenansprache beurteilt. Die dabei erhobenen Parameter sind sowohl beschreibender Art, sie erfassen jedoch auch Faktoren, die den Kronenzustand unmittelbar beeinflussen. Bei diesen Faktoren handelt es sich um Insekten- und Pilzbefall sowie Fruktifikation. Die Aufnahme weiterer Parameter dient der Klassifizierung des Datenmaterials, der Interpretationshilfe, der Plausibilitätskontrolle und der Dokumentation möglicher latenter Schadfaktoren. In dieser Arbeit werden die Aufnahmeparameter zum Kronenzustand einzeln vorgestellt, die Beziehung des Merkmals zum Kronenzustand kurz beschrieben und eine Bewertung der bislang vorliegenden Auswertungen zum Merkmal vorgenommen.

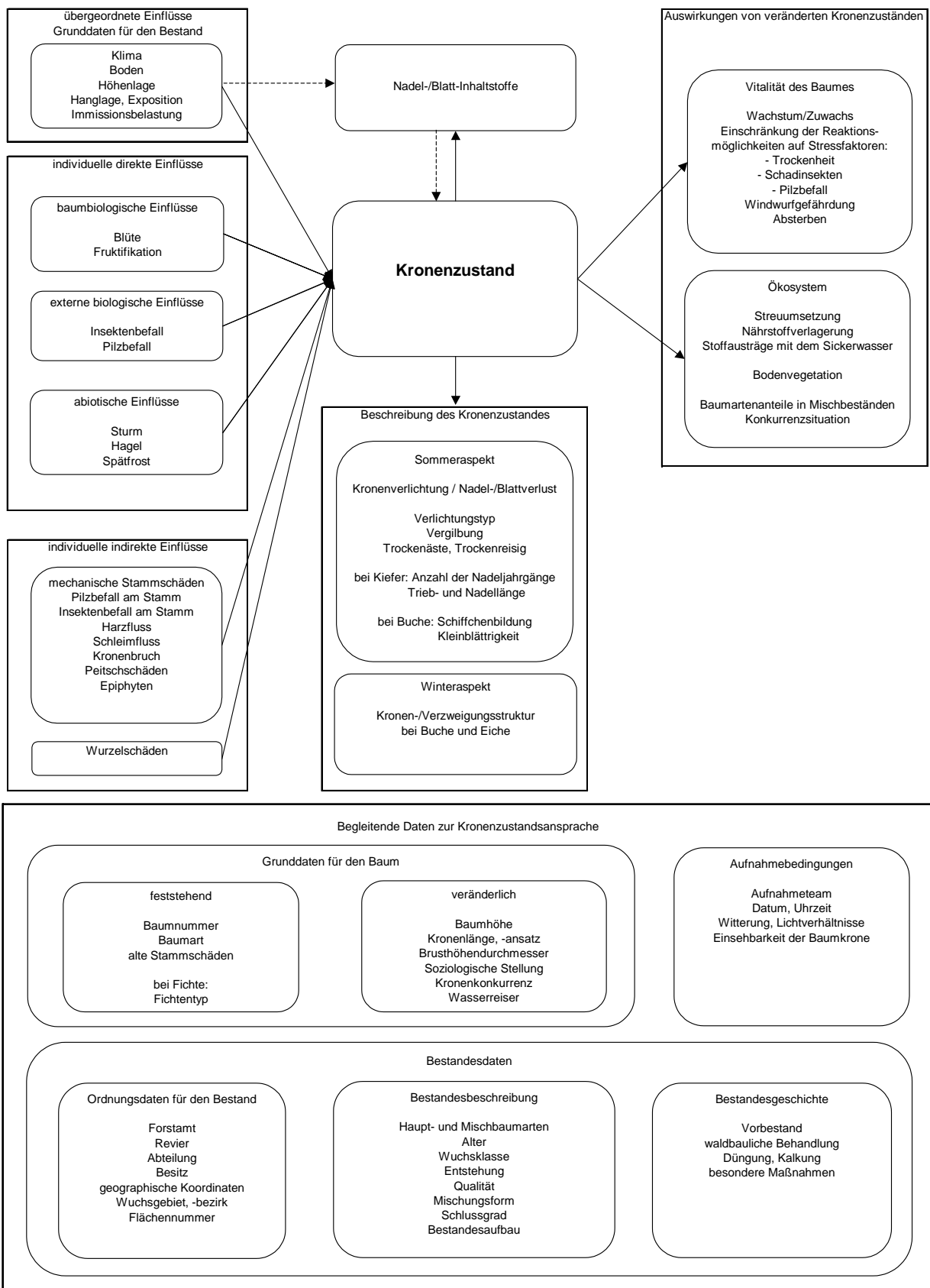
### **2.1 Einführung**

Auf die Baumkrone wirken eine Vielzahl von endogenen und exogenen Einflüssen ein. Zu nennen sind die standörtlichen Gegebenheiten, Witterungseinflüsse, Schadstoffbelastungen sowie externe als auch baumeigene biologische Faktoren. Der Kronenzustand ist eine integrierende Größe aller dieser Einwirkungen.

Beim Verfahren der Kronenbonitur am Einzelbaum wird die Dichte der Belaubung/Benadelung eingeschätzt. Dies erfolgt unabhängig von den Ursachen. Gleichzeitig werden Merkmale erfasst, die die Ausprägung der Kronenverlichtung beschreiben sowie eindeutig zuzuordnende Faktoren dokumentiert, die den Kronenzustand beeinflussen. Standorts-, Witterungs- und Bestandesdaten werden hinzugezogen, um die Ergebnisse der Kronenbonitur interpretieren zu können. Im Folgenden werden die Aufnahmeparameter systematisch strukturiert vorgestellt. Auf die Beziehung der einzelnen Parameter zum Kronenzustand wird eingegangen (vgl. Abb. 1), Möglichkeiten zur Auswertung der Daten erläutert und einige bisherige Ergebnisse vorgestellt.

Von der Arbeitsgemeinschaft Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden wurde eine Arbeitsanweisung zur Kronenansprache (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1996) sowie Bilderserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen für die fünf Hauptbaumarten erarbeitet (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1997). Bis zur Fertigstellung der eigenen Bilderserie WALDBÄUME (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1997) wurde die Fotoserie SANASILVA KRONENBILDER (WSL 1990) verwandt. Diese Arbeitsmaterialien und die jährlichen Abstimmungskurse zur Kronenansprache dienen der Qualitätssicherung und machen das Verfahren transparent und nachvollziehbar. Die von der Arbeitsgemeinschaft Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden gesammelten Erfahrungen sind in das heutige Level II - Programm der UN-ECE eingegangen. Die angewendeten Verfahren zur Kronenbonitur werden - soweit die Kontinuität der Datenerhebung dies zulässt - laufend weiterentwickelt.

Die Kronenbonitur wird abgestuft in der Erhebungsintensität, aber nach identischen Kriterien auf dem Level I - Stichprobenraster, den bundesweit angelegten Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden und den Level II - Flächen angewendet.



**Abb. 1:** Kronenzustandsansprache auf Dauerbeobachtungsflächen

## **2.2 Beschreibung und Wertung der Daten und Merkmale**

### **2.2.1 Grunddaten für den Bestand**

Die Grunddaten für eine Fläche werden bei deren Einrichtung einmalig erhoben. Ordnungs- und Standortdaten sind als langfristig feststehend anzusehen, wobei jedoch bei Boden und Klima Veränderungen in größeren Zeiträumen möglich sind. Bestandesdaten können sich durch forstliche Eingriffe ändern und sind bei gegebenen Anlässen zu aktualisieren.

Während die **Ordnungsdaten** dazu dienen, eine Beobachtungsfläche (Aufnahmepunkt der Waldzustandserhebung, Dauerbeobachtungsfläche, Level II - Fläche) zu benennen und von anderen zu unterscheiden, beinhalten die **Standortsdaten** Angaben, die zur Interpretation des Kronenzustands wichtig sind. Sie sind hilfreich bei der Abgrenzung bekannter Schadbilder gegenüber unspezifischen Kronenverlichtungen, wie sie als Komplexkrankheit 'Neuartige Waldschäden' beschrieben sind. Außerdem sind sie Bindeglied beim Vergleich verschiedener Flächen untereinander und bei der Verschneidung von Ergebnissen aus den Untersuchungen von Level I (Waldzustandserhebung, Bodenzustandserhebung) und Level II.

Dies gilt in gleicher Weise auch für die **Bestandesdaten**. Bei den Bestandesdaten kommt dem Alter eine besondere Bedeutung zu. Junge, wüchsige Bäume weisen aufgrund des ausgeprägten Längenwachstums in der Regel eine transparentere Krone auf als alte, ohne dass dort Nadel-/Blattverluste vorliegen. In Altbeständen können natürliche Alterungserscheinungen zu Kronenverlichtungen führen. Mischbaumarten wie z.B. Buchenunterstand können die Einsehbarkeit der Kronen bei der Hauptbaumart stark beeinträchtigen. Dichter Unterstand kann daher dazu führen, dass z.B. mit Buche unterbaute Kiefernflächen nur im Winter bonitiert werden können, sodass eine Vergleichbarkeit mit Sommeraufnahmen nur eingeschränkt gegeben ist. Unterstand kann aber auch in Trockenperioden Wasserstress (Interzeption und Wurzelkonkurrenz) für die Hauptbaumart und damit Blatt-/Nadelverluste bewirken. Andererseits wird auf den positiven Einfluss der Beschattung der Eichenschäfte durch Buchen im Zusammenhang mit der Prachtkäferproblematik beim Eichensterben hingewiesen (HARTMANN, BLANK 1998b).

Bestandesdaten ermöglichen es weiterhin, Fragestellungen zum Schädigungsgrad von Rein- und Mischbeständen oder von geschlossenen und aufgelichteten Waldflächen nachzugehen.

### **2.2.2 Grunddaten für den Baum**

#### **Feststehende Grunddaten**

Wie für den Bestand werden auch die feststehenden Grunddaten für den Einzelbaum bei Anlage der Fläche bestimmt und periodisch überprüft.

#### **Baumnummer**

Die Baumnummer ist in Verbindung mit der Flächennummer die eindeutige Identifikation für jeden Einzelbaum.

Bisherige Aufnahmen haben gezeigt, dass Bäume mit ganz unterschiedlichem Kronenverlichtungsgrad in einem Bestand vorkommen können. Es ist daher unbedingt erforderlich, die Kronenbonitur in jedem Jahr an den selben dauerhaft markierten Bäumen vorzunehmen. Nur so können Auswertungen beispielsweise zur Regeneration nach Insektenfraß, zu Absterbevorgängen oder zur Beziehung von Kronenverlichtung und Zuwachsverhalten sinnvoll durchgeführt werden.

### **Baumart**

Biotische Schaderreger und viele Kronenparameter sind in ihrer Art oder Ausprägung baumartenspezifisch. Auch zeigt die Entwicklung der Waldschäden, dass in den achtziger Jahren zunächst Tannen und Fichten, dann zu Beginn der neunziger Jahre zunehmend die Buchen und aktuell ab Mitte der neunziger Jahre die Eichen von Kronenverlichtungen stark betroffen waren. Auswertungen zum Kronenzustand sind also nur baumartenbezogen sinnvoll.

### **Alte Stammschäden**

Die Aufnahme alter Stammschäden dient zur Dokumentation einer Vorschädigung an der Rinde und am Holzkörper des Baumes, die zu Fäulnis führen kann. Zusammenhänge zwischen Stammverletzungen und Kronenverlichtung sind zwar bei größeren Schäden langfristig zu erwarten, bei den bisher vorliegenden Zeitreihen jedoch nicht nachweisbar (SCHRÖCK 1994).

### **Verzweigungstyp**

Dieses Merkmal wird nur für die Baumart Fichte erhoben. Nach Art der Verzweigung werden bei der Fichte drei Typen (Kamm-, Bürsten- und Plattenfichte) unterschieden, zwischen denen Übergangsformen möglich sind. Durch ihre herabhängenden Zweige (zweiter Ordnung) wirkt die Krone der Kammfichte selbst bei voller Benadelung transparenter als die Bürstenfichte. Um Fehleinschätzungen bei der Kronenverlichtung zu vermeiden, muss sich der Taxator den Fichtentyp bewusst machen und diesen bei der Einschätzung der Nadelverluste berücksichtigen.

Durch Bildung von Sekundärtrieben auf der Oberseite der Primäräste bei stark geschädigten Kammfichten kann sich dieser Fichtentyp im Erscheinungsbild zu einer Art Bürstenfichte hin entwickeln. Ein Vorgang der Revitalisierung, der durchaus häufiger zu beobachten ist (GRUBER 1988).

## **Veränderliche Grunddaten**

Die veränderlichen Grunddaten dienen der Klassifizierung und Interpretation der Nadel-/ Blattverluste. Da sie sich nur geringfügig oder in längeren Zeiträumen verändern, brauchen sie nicht jährlich erhoben werden. Empfehlenswert ist ein fünfjähriger Aufnahmezyklus, sowie Aufnahmen nach planmäßigen Nutzungen oder Schadereignissen. Das Level II – Manual schreibt teilweise jedoch jährliche Erhebungen vor.

### **Soziologische Stellung nach KRAFT**

Auf den Dauerbeobachtungsflächen wird von jedem Baum die relative Konkurrenzkraft zu seinen Nachbarbäumen nach dem Schema von KRAFT (1884) ermittelt.

Kronenbonituren sind, mit Einschränkung, nur bei Bäumen der KRAFT'schen Klassen 1 bis 3 sinnvoll. Das Kronenbild von Bäumen der Klasse 4 (unterdrückt) und 5 (beherrscht) ist stark von bestandessoziologischen Einflüssen überprägt.

Die Aufnahme der KRAFT'schen Klasse ermöglicht es, der Fragestellung nachzugehen, ob vorherrschende Bäume, die aufgrund ihrer Wuchsleistung als besonders vital, von ihrer Stellung im Bestand aber als sehr exponiert anzusehen sind, von Kronenverlichtungen in unterschiedlicher Weise betroffen sind als Bäume der Klassen 2 und 3. Während z.B. vorherrschende Fichten (Baumklasse 1) im Mittel etwas stärker geschädigt sind als Fichten der Klassen 2 und 3 (HERRMANN et al. 1999), sind für andere Baumarten keine signifikanten Unterschiede nachweisbar (SCHRÖCK 1994). In mittelalten Buchenbeständen Nordostdeutschlands stellen jedoch HEINSDORF und CHRZON (1997) fest, dass vorherrschende Buchen in der Regel besser belaubt sind als die herrschenden oder mitherrschenden.

### **Kronenkonkurrenz**

Bei der Erhebung der Kronenkonkurrenz wird das Ausmaß der Bedrängung des Einzelbaumes durch seine Nachbarbäume festgestellt. Das Merkmal gibt Hinweise auf den Grad der Beschattung der Krone, auf mechanische Beeinträchtigungen, sowie auf die Kronengröße. Bei Veränderung einer Konkurrenzsituation (Freistellung nach Planmäßiger Nutzung oder aber auch zunehmende Beschattung) ist mit Auswirkungen auf den Kronenzustand zu rechnen. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang der Anstieg der Transpirationsrate nach einer Freistellung, die Aufrauhung des Kronendaches, die zu einer erhöhten Auskämmung von Luftschadstoffen führen kann, die Umwandlung von Schattenblättern zu Lichtblättern oder die erhöhte Gefährdung des Buchenstamms für Sonnenbrand.

### **Ertragskundliche Aufnahmen**

Um die Auswirkungen von Kronenverlichtungen auf das Höhen- und Durchmesserwachstum beurteilen zu können, ist es sinnvoll, diesen Vitalitätsweiser durch ertragskundliche Aufnahmen zu ergänzen.

Die **Baumhöhe** ist Eingangsgröße zur Feststellung der Ertragsklasse. Sie dient außerdem der Berechnung von Kronengrößen. Die Baumhöhe korreliert eng mit der soziologischen Stellung.

Die **Kronenlänge** ergibt sich als Differenz aus Baumhöhe und Kronenansatz. Auch hier sind enge Zusammenhänge mit soziologischer Stellung und Kronenkonkurrenz zu erwarten.

Die Aufnahme des **Brusthöhendurchmessers** ermöglicht die Differenzierung eines Baumkollektives nach Stärkeklassen. Er ist Grundlage für die Berechnung von Bestandesgrundfläche und Bestockungsgrad. Beide Größen sind wichtige Weiser für die Bestandesentwicklung.

Jährliche **Zuwachsmessungen** erlauben es, Korrelationen zwischen Verlichtungsprozenten und Zuwachs zu berechnen. Nach den bisherigen Auswertungen in NRW (nicht veröffentlicht) wurden bei Bäumen der Schadstufe 1 (Nadel-/Blattverluste bis 25%) keine Zuwachseinbußen festgestellt,

während in der Schadstufe 3 (Nadel-/Blattverluste über 60%) der Zuwachs deutlich zurückgeht. Grenzwerte für Nadel-/Blattverlustprozente, ab denen Zuwachseinbußen zu erwarten sind, können nicht angegeben werden, da das Durchmesserwachstum noch von weiteren Faktoren (z.B. Witterung) abhängig ist. Außerdem sind regionale und baumartenspezifische Unterschiede zu beobachten (PRETZSCH 1999). Bei der Eiche geht in Jahren mit starkem Frühjahrsfraß durch blattfressende Insekten der Zuwachs auch dann erheblich zurück, wenn die Blattverluste durch Regeneration im Sommer wieder ausgeglichen werden (NRW unveröffentlicht). Über den Zusammenhang zwischen Fraß und Zuwachs bei der Eiche wird im Kapitel 7 am Beispiel zweier Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz berichtet. Außerdem wird bezüglich der Eiche auf Arbeiten von BLANK (1997) und HANSEN (1999) verwiesen.

### **Wasserreiser, Sekundärzweige**

Wasserreiser bzw. Sekundärzweige sind Triebe, die sich aus schlafenden Knospen (Proventiv- und Adventivknospen) an Stamm oder Ästen entwickelt haben. Sie werden ausgebildet, um Defizite in der Primärverzweigung bzw. Belaubung/Benadelung auszugleichen. Häufig werden sie nach einer Freistellung der Bäume gebildet. Sie sind sowohl Ausdruck einer vorangegangenen Schädigung als auch einer einsetzenden Regeneration. Bei der Kronenbonitur werden die Wasserreiser im Boniturbereich der Krone bei der Beurteilung des Verlichtungsgrades mit einbezogen. Die Intensität der Wasserreiserbildung am Stamm wird gesondert erfasst.

### ***2.2.3 Aufnahmebedingungen zum Zeitpunkt der Kronenbonitur***

Die Aufnahmebedingungen werden für Plausibilitätskontrollen und Interpretationen dokumentiert. Zu den Aufnahmebedingungen gehören Aufnahmeteam, Datum, Tageszeit, Witterungsbedingungen und Einsehbarkeit der Baumkrone.

#### **Aufnahmeteam**

Die Kontinuität des Boniturpersonals ist ein wesentlicher Faktor zur Qualitätssicherung. Mögliche Sprünge in der Schätzung der Nadel-/Blattverluste durch Wechsel im Aufnahmeteam können durch eine kontinuierliche Schulung vermieden werden.

#### **Datum**

Zur besseren Vergleichbarkeit sollen die Flächen jährlich etwa zur gleichen Zeit bonitiert werden. Fällt in den Boniturzeitraum eines Jahres eine Trockenperiode, so können vor allem Buchenbestände die am Ende einer solchen bonitiert werden, durch vorzeitigen Blattabfall höhere Verlichtungen aufweisen als Bestände, die vor der Trockenperiode aufgenommen wurden. Das Aufnahmedatum kann in diesem Fall als Erklärungsansatz dienen.

#### **Tageszeit**

Unterschiedlicher Lichteinfall kann Schätzergebnisse beeinflussen (vor allem die Ansprache der Vergilbung). Dies ist besonders bei am Hang liegenden Flächen zu berücksichtigen.



## **Witterungsbedingungen**

Unterschiedliche Lichtverhältnisse bei Sonne oder bedecktem Himmel können die Kronenansprache und hier insbesondere die Aufnahme von Verfärbungen beeinflussen. Bei Regen, Schneefall, starkem Wind und Nebel sind Bonituren ausgeschlossen.

## **Einsehbarkeit**

Die Einsehbarkeit wird bei jeder Aufnahme einzelbaumweise angesprochen. Bonitiert werden nur Bäume, deren Kronen in ausreichendem Maße einsehbar sind. Von nicht einsehbaren Bäumen können jedoch Parameter aufgenommen werden, die z.B. den Stamm betreffen. Durch Freistellung können zunächst nicht einsehbare Bäume in das Aufnahmekollektiv mit einbezogen werden. Bei Laubbäumen die im Sommer aufgrund dichter Belaubung der Nachbarbäume nicht einsehbar sind, kann im winterkahlen Zustand eine Kronenstrukturansprache zur Vitalitätseinschätzung durchgeführt werden.

### ***2.2.4 Stamm- und Kronenmerkmale***

#### **Mechanische und abiotische Stammschäden**

Zu den mechanischen und abiotischen Stammschäden zählen Fäll-, Rücke- und Schälsschäden, Stammrisse durch Frost oder Blitz, Bruchstellen nach sturmbedingten Astabbrüchen sowie Schäden durch Feuer. Beeinträchtigt werden in jedem Fall die Rinde und die Leitungsbahnen im Kambium. Verletzungen sind zudem Eintrittspforten für Pilze und Insekten. In der Regel verkraftet der Baum kleinere und mittlere Schäden und überwallt die offenen Stellen. Somit sind kurzfristige Auswirkungen auf die Belaubung/Benadelung der Krone nur bei größerer Schadausprägung zu erwarten (s.a. nachfolgender Abschnitt).

#### **Pilze und Insekten am Stamm**

Als Sekundärererscheinung nach Verletzungen können Pilze und Insekten Teile des Holzkörpers besiedeln, ohne dabei (zunächst) Einfluss auf den Belaubungs-/Benadelungszustand des Baumes zu nehmen. Als Beispiel ist bei der Fichte die Rotfäule zu nennen. Zur langfristigen Differenzialdiagnose sind erkennbare Befallserscheinungen zu dokumentieren. Auf die biotischen Schaderreger im Stammbereich, die das Kronenbild unmittelbar beeinträchtigen, wird unter Punkt 2.2.5 eingegangen.

#### **Harzfluss, Schleimfluss**

Harz- und Schleimfluss sind Reaktionen und Abwehrmechanismen auf mechanische oder auch biotische Einwirkungen. Sie geben Hinweise auf eine Schädigung, sind aber auch Ausdruck der Vitalität des Baumes.

#### **Kronenbruch**

Kronenbrüche führen zum Verlust von Kronenteilen und zu Verletzungen am Holzkörper. Starke Kronenbrüche führen zum Ausschluss des Baumes aus dem Aufnahmekollektiv.

Bei geringeren Schädigungen wird der Baum weiter bonitiert, wobei der fehlende Kronenteil vom Boniturbereich ausgenommen, das heißt nicht ideell ergänzt wird.

### **Peitschschäden**

Peitschschäden sind mechanische Beeinträchtigungen in der Krone durch Nachbarbäume. Die dadurch entstehenden Nadel-/Blattverluste gehen nicht in das Verlichtungsprozent ein (s.a. Kap. 2.2.5).

### **Epiphyten**

Misteln oder andere Epiphyten in der grünen Krone können zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Kronenverlichtung führen. Durch entsprechende Dokumentation macht sich der Taxator das Auftreten bewusst und berücksichtigt deren Blattmasse bei der Festlegung des Nadel-/Blattverlustes. Bei der Kiefer scheint ein Zusammenhang zwischen verminderter Vitalität und Mistelbesatz zu bestehen.

## ***2.2.5 Einflüsse, die unmittelbar in das Nadel-/Blattverlustprozent eingehen***

### **Baumeigene biologische Faktoren**

#### **Blüte**

Blüte und Fruktifikation stellen für den Baum eine Belastung dar, die die Belaubung/Benadelung unmittelbar beeinflussen kann. Zum einen fallen an den Stellen, an denen Blüten und Früchte gebildet werden, Triebe und Nadeln/Blätter aus, zum anderen geht der Energieverbrauch zu Lasten der vegetativen Baumteile.

Aussagen über die Blüte sind zum Zeitpunkt der Sommerbonitur im Juli/August nur bei Kiefer (Schirmcheneffekt) möglich. Für eine Bonitur der Blüte bei den Baumarten Fichte, (Tanne), Buche und Eiche ist ein zweiter Aufnahmetermin im Frühjahr notwendig.

Erste Ergebnisse für die Baumart Fichte aus Baden-Württemberg zeigen bisher keinen eindeutigen Einfluss der Intensität der Blüte auf die Entwicklung des Nadelverlustes. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass eine starke männliche Blüte nicht zwingend mit einer starken Fruktifikation einhergeht (HERRMANN et al. 1999). Dies bestätigt die Notwendigkeit einer Zusatzbonitur im Frühjahr zur Erfassung der Blühintensität.

Bei der Kiefer sind die Folgen der männlichen Blüte ganzjährig am sogenannten Blüheffekt erkennbar. Die Triebe sind nur im vorderen Teil benadelt, während am hinteren Zweigteil, wo die männlichen Blüten angeordnet waren, der Trieb unbenadelt bleibt. Dadurch erhält die Benadelung ein "schirmchenartiges" Aussehen. In Jahren geringer bis mittlerer Blüte ist der Blüheffekt meist auf das untere Kronendrittel beschränkt. Dieser Kronenteil zählt als Schattenkrone nicht zum Boniturbereich für die Nadel-/Blattverlustschätzung. Bei starker Blüte ist jedoch die gesamte Kiefernkrone betroffen, was zu einer deutlich sichtbaren Kronenverlichtung führen kann.

## **Fruktifikation**

Besser untersucht ist der Zusammenhang zwischen Fruchtbildung und Nadel-/Blattverlust, wobei es erhebliche Unterschiede bei den einzelnen Baumarten gibt. Die Kiefer trägt in jedem Jahr mehr oder weniger viele Zapfen, so dass Zapfenbehang und Nadelverlust schlecht korrelieren. Bei der Eiche sind zum Zeitpunkt der Kronenbonitur die Früchte meist noch sehr klein und farblich unauffällig, so dass eine gesicherte Schätzung des Fruchtbehangs nicht möglich ist. Hier wäre ein weiterer Aufnahmetermine im Herbst notwendig. Auf den rheinland-pfälzischen Eichenflächen konnte nur in Einzelfällen ein signifikanter Anstieg der Blattverluste bei starker Fruktifikation festgestellt werden (SCHRÖCK 1994).

Nachweislich deutlicher reagiert die Fichte und vor allem die Buche in Fruchthjahren mit einem Anstieg der Kronenverlichtung (SCHMIDT 1991; KÖRVER 1999). Bei wiederholt stark fruktifizierenden Buchen kann sich das Verlichtungsprozent nachhaltig verschlechtern. In Kapitel 6 wird der Zusammenhang zwischen Fruktifikation, Kronenverlichtung und Kronenstruktur am Beispiel hessischer Buchen-Dauerbeobachtungsflächen dargestellt.

## **Externe biotische Faktoren**

### **Pilze und Insekten an Stamm und Wurzeln**

Insekten und Pilze am Stamm und im Wurzelbereich beeinflussen unmittelbar den Kronenzustand, wenn sie den Saftstrom zwischen Wurzeln und Blättern/Nadeln unterbrechen.

Das Auftreten der Erreger kann primärer oder sekundärer Art sein. Bei den Insekten führen insbesondere Borkenkäfer (Buchdrucker, Kupferstecher) bei der Fichte auch als Primärschädlinge zu bedeutenden Ausfällen.

Hallimasch tritt bei fast allen Baumarten als Schwächeparasit sekundär besonders nach Trockenjahren auf (HARTMANN et al. 1995). Nadelbäume reagieren am Stammfuß mit Harzfluss und in der Krone mit Nadelverfärbungen: zunächst Vergilbungen, später rotbraune Farbe.

Bei der Buche spielt als Komplexkrankheit die Buchenrindennekrose (Schleimfluss) eine gewisse Rolle. Hier wirken die Buchenwollschildlaus, holzbrütende Käfer und Weißfäulepilze zusammen (LUNDERSTÄDT 1992).

Bei der Eiche erlangt der Prachtkäfer im Zusammenhang mit dem Eichensterben größere Bedeutung (HARTMANN und BLANK 1998b). Prachtkäfer besiedeln den Stammbereich geschwächter Eichen, bevorzugt den Kronenansatz. Durch den Larvenfraß wird der Saftstrom beeinträchtigt, so dass die Krone verlichtet. Insbesondere absterbende Kronenpartien und einsetzende Vergilbung mit nachfolgendem Absterben der Blätter innerhalb der Vegetationsperiode sind deutliche Hinweise auf Prachtkäferbefall.

Beim Eichensterben scheinen jedoch auch Phytophthora-Wurzelpilze eine Rolle zu spielen (JUNG 1998; JUNG et al. 1999).

Hierbei werden erhöhten Stickstoffeinträgen und warmen Wintern eine besondere Bedeutung zugesprochen. Von Schäden durch Phytophthora-Arten an Buchen auf zeitweise nassen Standorten berichten auch HARTMANN und BLANK (1998a). Bei den befallenen Buchen ist Kleinblättrigkeit, Vergilbung und eine von oben nach unten fortschreitende Kronenverlichtung zu beobachten.

## **Pilze und Insekten an Blättern und Nadeln**

Insekten- und Pilzbefall an Nadeln/Blättern führen durch direkte Schädigung der Nadel-/Blattmasse zu Kronenverlichtungen.

Pilzbefall kann zunächst zu Verfärbungen, im weiteren Verlauf zum Verlust von Nadeln/Blättern und Trieben führen. Im Rahmen der Kronenansprache mittels des Fernglases sind nur in sehr beschränktem Maße Diagnosen hinsichtlich der Erreger möglich. Erkennbar sind i.d.R. die Blattbräune bei der Buche oder der Eichenmehltau. Letzterer tritt verstärkt in Jahren mit starkem Frühjahrsfraß an der Regenerationsbelaubung der Eiche auf und kann dort zu erheblichen Blattschäden führen.

Insektenfraß an Nadeln/Blättern hat bei den verschiedenen Baumarten unterschiedlichen Einfluss auf das Kronenverlichtungsprozent. Bei den Nadelhölzern sind die Fraßspuren an den Nadelresten zum Zeitpunkt der Sommeraufnahme erkennbar. Beispielsweise wird die Kiefer von einer Vielzahl von Raupen befallen. Im Falle von Massenvermehrungen und damit verbundenem Kahlfraß kann dies zu nennenswerten Ausfällen führen. Zu nennen sind Forleule, Kiefernspinner, -spanner und -schwärmer, Nonne und die Kiefernbuschhornblattwespe. Zusätzlich führt der Waldgärtner zu Triebsschäden. An der Fichte entstehen Schäden durch Blattwespen oder Läuse, wobei deren Bedeutung hinter denen der Kieferschädlinge zurückbleibt.

An der Buche verursacht der Buchenspringrüssler als adulter Käfer Löcherfraß und durch den Minierfraß der Larven Nekrosen. Bei starken Schäden kann dies zu einer Erhöhung der Blattverlustwerte führen. In Kalamitätsjahren können die Raupen der Eichenfraßgesellschaft auch die Buche befallen.

In erheblichem Maße hat die Eiche unter Insektenfraß (Eichenwickler und Frostspanner im Frühjahr, Schwammspinner im Frühsommer) zu leiden (SCHWERDTFEGER 1961; BLOCK et al. 1995; SCHRÖCK 1996; BLANK 1997; FISCHER 1999). Das Ausmaß der Frühjahrsschäden ist im Sommer bis auf den Löcherfraß oftmals nicht mehr zu erkennen, da die Eiche über ein erhebliches Regenerationsvermögen verfügt. Gleichwohl bedeutet der Blattverlust im Mai eine extreme Belastung für den Baum. Bei wiederholtem Auftreten lässt das Regenerationsvermögen nach und die Anfälligkeit für Sekundärschäden (Prachtkäferbefall, Frost) steigt. Die tatsächliche Belastungssituation der Eiche durch blattfressende Insekten kann nur durch eine zusätzliche Frühjahrsbonitur beurteilt werden.

## **Abiotische Faktoren**

Stürme können zum Auswehen von Nadel-/Blattmasse und Abbrüchen im Feinreisigbereich führen. Verluste dieser Art gehen im Gegensatz zu Kronenbrüchen in das Kronenverlichtungsprozent ein, da eine mengenmäßige Differenzierung zwischen Sturmschäden und anderem Nadel-/Blattverlust nicht möglich ist.

Spätfrostschäden in Form von braunen Blättern oder Welken und Absterben der Maitriebe sind bei der Sommeraufnahme meist nicht mehr zu erkennen.

Starker Hagelschlag führt zu Schäden in Form von Löchern oder abgerissenen Blättern. Entsprechende Verluste erhöhen das Kronenverlichtungsprozent.

## ***2.2.6 Hauptmerkmale des Kronenzustandes***

### **Kronenverlichtung**

Die Kronenverlichtung ist die zentrale Kenngröße der Kronenbonitur. Sie gibt die Abweichung der tatsächlichen Belaubungs-/Benadelungsdichte eines Baumes von der möglichen Belaubungs-/Benadelungsdichte an. Diese Abweichung wird in 5%-Stufen unabhängig von ihrer Ursache visuell eingeschätzt. Geschätzt wird der Nadel-/Blattverlust (NBV) im Boniturbereich der Krone, d.h. im Kronenbereich, der nicht durch die Kronenkonkurrenz der Nachbarbäume beeinflusst ist. (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1996, 1997; ICP-FOREST 1994; SCHÖPFER und HRADEZKY 1983). Um eine weitgehend einheitliche Ansprache der Kronenverlichtung in allen Bundesländern zu ermöglichen werden jährliche Abstimmungskurse durchgeführt.

Bezugsgröße zur Einschätzung des Nadelverlustes ist eine für das Erhebungsgebiet typische, vollbenadelte/belaubte Baumkrone (Referenzbaum). Eine solche Krone wird, auch wenn sie transparent erscheint, mit 0% Nadel-/Blattverlust bonitiert. Der Referenzbaum dient als Vergleichsbasis und nicht als Zielvorstellung. Prozentuale Abzüge oder Zugaben (Bonus/Malus) aufgrund bekannter Schadfaktoren werden bei der Bonitierung nicht vorgenommen. Dies bedeutet, dass die Kronenverlichtung unabhängig von ihrer Ursache geschätzt wird. Die erkennbaren Einflussfaktoren werden getrennt erhoben und zur Erklärung der Kronenverlichtung herangezogen.

Hilfsmittel zur Einschätzung der Kronenverlichtung sind Bilderserien für die Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Tanne, die von der Arbeitsgemeinschaft Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden der Länder und des Bundes in Deutschland entwickelt wurden (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1997). Die Bilderserien dienen auch der Sicherung der zeitlichen Kontinuität der Schätzungen.

Neben dem Begriff der Kronenverlichtung werden die Begriffe Kronentransparenz und Nadel-/Blattverlust teilweise synonym verwendet. Unter Kronentransparenz ist der Anteil der lichtdurchlässigen Fläche zu verstehen, den man bei der Projektion des Kronenraums auf eine Ebene erhält (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1996; ICP-FOREST 1994). Der Begriff ist wertfrei, d.h. mit der Transparenz werden keine Schäden, sondern alle lichtdurchlässigen Bereiche der Krone erfasst. Insbesondere junge und wüchsige Bäume wirken transparent, ohne dass hier von einer Verlichtung gesprochen werden kann. Gleiches gilt für freigestellte schmale Kronen oder für Kronen, die durch Astabbrüche beeinträchtigt sind. Die Kronentransparenz geht somit nur zum Teil in das Verlichtungsprozent mit ein.

Ein Nadel-/Blattverlust liegt dann vor, wenn in der Krone Nadel-/Blattmasse an Stellen fehlt, an denen sie zu erwarten ist. Deutlich werden Verluste beispielsweise durch Trockenäste, Blatt-/Nadelreste nach Fraß oder Pilzbefall, durch Kleinblättrigkeit oder beim Blüheffekt der Kiefer. Schwierig dagegen sind Verluste dort einzuschätzen, wo aufgrund von Strukturschäden die Feinverzweigung fehlt. Die Nadel-/Blattverluste werden in vollem Umfang in das Verlichtungsprozent einbezogen.

Die Kronenverlichtung ist Ausdruck der Summe von Einflüssen, die auf die Baumkrone direkt oder indirekt einwirken. Das Merkmal ist insofern unspezifisch, da es keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die Ursache der Nadel-/Blattverluste zulässt.

### Vergilbung an Nadeln/Blättern

Vergilbungen lassen auf Störungen im Nährstoffhaushalt der Bäume schließen. Meist sind sie Anzeichen für Mangelercheinungen. Sie können aber auch im Zusammenhang mit Pilzinfektionen auftreten.

Vergilbungen werden in 5%-Stufen bonitiert. Bei den Nadelbäumen soll zusätzlich der Ort der Vergilbung dokumentiert (Nadeljahrgang, Nadelspitzen, ganze Nadeln) werden, da diese Angaben die Schaddiagnose erleichtern. Erfasst werden nur eindeutige Vergilbungen, nicht aber hell- bis gelbgrüne Farbnuancen.

### Schadstufen

Seit Beginn der Waldschadenserhebungen werden die Ergebnisse von Kronenzustandserhebungen in Kombinationsschadstufen (Schadstufen) dargestellt. In dieser für die Öffentlichkeit komprimierten Form der Ergebnisdarstellung gehen neben dem Verlichtungsprozent auch die Vergilbung der Nadeln/Blätter ein. Hierzu werden die in 5%-Stufen erhobenen Werte in Stufen unterschiedlicher Breite eingeteilt (Tab. 1).

In der Schadstufe 0 befinden sich die Bäume ohne Schadensmerkmale. Die Schadstufe 1 mit den schwach geschädigten Bäumen wird auch als „Warnstufe“ bezeichnet. Die Schadstufen 2 bis 4 mit den mittelstark und stark geschädigten sowie den toten Bäumen werden in den Waldzustandberichten unter dem Begriff „deutlichen Schäden“ zusammengefasst.

**Tab. 1:** Herleitung der Schadstufen

<b>Kombinationsschadstufen</b>				
<b>Kronenverlichtung / Nadel-/Blattverlust- prozent</b>	<b>Vergilbungsstufe / Vergilbungsprozent</b>			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>0 – 10%</b>	<b>11 – 25%</b>	<b>26 – 60%</b>	<b>&gt; 60%</b>
<b>0 – 10%</b>	0	0	1	2
<b>11 – 25%</b>	1	1	2	2
<b>26 – 60%</b>	2	2	3	3
<b>61 – 99%</b>	3	3	3	3
<b>100%</b>	4			

Die differenzierte Stufenbreite wurde gewählt, weil geringe und hohe Nadelverluste (0-25% bzw. >60%) einfacher zu schätzen sind als Verluste im mittleren Bereich (>25%, < 60%). Auf diese Weise kann der Fehler bei der Klassenzuordnung minimiert werden (SCHÖPFER und HRADETZKY 1983). Aber auch die Bewertung der Schädigung soll damit berücksichtigt werden.

Die Schadstufeneinteilung wurde 1983 bundeseinheitlich festgeschrieben. Sie ist seit 1986 auch europäischer Standard (ICP-FOREST 1994). Die Schadstufen ermöglichen eine übersichtliche, leicht fassbare Darstellung der Schadsituation. Sie lassen sich wegen ihrer deutlichen Unterschiede gut bildlich darstellen und sind somit auch leicht zu vermitteln.

Auf die mathematisch-statistischen Probleme dieser Einteilung wird bereits im Methodenteil des ersten Waldzustandsbericht des Landes Baden-Württemberg (SCHÖPFER und HRADETZKY 1983) hingewiesen.

### **Verlichtungstyp**

Der Verlichtungstyp beschreibt, in welcher Weise die Kronenverlichtung auftritt und fortschreitet und welche Kronenteile von der Verlichtung am stärksten betroffen sind (z.B. Außen-, Innenkrone, Wipfel, Fenster). So sind z.B. bei Fichte Nadelverluste in der physiologisch besonders aktiven Kronenperipherie wesentlich gravierender zu bewerten als Verluste von physiologisch ineffektiver Nadelmasse aus der Innenkrone (GRUBER et al. 1994). Ziel der Aufnahme ist es, analoge Schadverläufe zu dokumentieren.

### **Trockenreisig, Trockenäste**

Trockenes Reisig und trockene Äste innerhalb der grünen Krone sind deutliche Zeichen für Nadel-/Blattverluste. Nicht erfasst werden Trockenäste außerhalb des Boniturbereiches, d.h. in der Schattenkrone und im Bereich der natürlichen Schaftreinigung.

Bei der Fichte wird von den Ästen herabhängendes trockenes Feinreisig als „Lametta-Syndrom“ bezeichnet (GRUBER 1987; HARTMANN et al. 1995). Primärzweige können z.B. durch Pilzinfektionen (Fichtentriebsterben) zum Absterben gebracht werden. Der Kienzopf ist an Kiefer häufiger Verursacher von Trockenästen vor allem im Wipfelbereich.

Bei den Laubbäumen treten die Trockenäste besonders in der Kronenperipherie in Erscheinung.

### **Besonderheiten bei der Kiefer**

Der verhältnismäßig übersichtliche Zweigaufbau bei der Kiefer erlaubt es, im Rahmen der Kronenbonitur die Anzahl der Nadeljahrgänge sowie Nadel- und Triebblänge zu erfassen.

Die Anzahl der Nadeljahrgänge gesunder Kiefern nimmt mit steigender Kontinentalität des Klimas zu. Dieser Einfluss ist bereits innerhalb Deutschlands feststellbar. So wird im Zeitraum zwischen Austrieb und beginnendem herbstlichen Nadelfall (in diesen Zeitraum fällt die Sommerbonitur) im ozeanisch getönten Nordrhein-Westfalen eine Normbenadelung von 2,5 Nadeljahrgängen gefordert. Im stärker kontinental geprägten Brandenburg liegt dieser Wert dagegen bei 3,0. Dabei deutet sich innerhalb Brandenburgs bereits eine geringe Differenzierung um ca. 0,2 Nadeljahrgänge an (MELF Brandenburg 1998).

Eine geringere Anzahl an Nadeljahrgängen als die gebietstypische wird bei der Bonitur als Verlust gewertet. In Abhängigkeit vom Witterungsverlauf verliert die Kiefer im Spätsommer bzw. Herbst den ältesten Nadeljahrgang. Eine Herbst- oder Winteransprache ist deshalb nur bedingt mit einer Sommeransprache vergleichbar oder erfordert einen abweichenden Referenzbaum.

Das Fehlen des dritten Nadeljahrganges darf besonders bei wüchsigen, sich gut verzweigenden Kiefern nicht überbewertet werden. Das zeigen Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen (unveröffentlicht). Beim dem dort untersuchten Material waren im Schnitt 2,5 Nadeljahrgänge vorhanden. Bei ungestörter Verzweigungsstruktur verteilte sich die Gesamtbenadelung zu 8% auf den dritten, zu ca. 33% auf den zweiten und zu ca. 59% auf den ersten Nadeljahrgang.

Die Schätzung der Nadeljahrgangswerte erfordert insbesondere bei kurztriebigen Kiefern und Bäumen mit reduzierter bzw. fehlender Seitenverzweigung an den jüngeren Trieben eine besondere Sorgfalt. Als Hilfsmittel können vorhandene Zapfen, deren unterschiedliches Alter i.d.R. gut erkennbar ist, heran gezogen werden.

### **Besonderheiten bei der Buche**

Kleinblättrigkeit und „Schiffchenbildung“ (V-förmig um die Längsachse gekrümmte Blätter) führen bei der Buche zu erhöhter Kronenverlichtung, die meist in der Oberkrone zu beobachten ist. Die Kleinblättrigkeit ist ein Weiser für eine Stresssituation der Buche. Sie tritt u.a. oft im Zusammenhang mit starker Fruktifikation auf. Die Schiffchenbildung kann durch ungenügende Wasserversorgung verursacht werden (HARTMANN et al. 1995). Die genauen Zusammenhänge sind jedoch noch offen. Das Merkmal tritt in Buchenbeständen i.d.R. nicht flächig auf und ist innerhalb einer Vegetationsperiode nicht reversibel. Ob die Blattkrümmung für die Buche eine Beeinträchtigung ihrer Vitalität bedeutet, ist bisher ungeklärt.

### **Kronen-/Verzweigungsstruktur**

Die Kronen-/Verzweigungsstruktur bei Buche und Eiche lässt sich nur im unbelaubten Zustand ansprechen. Während die Belaubung in besonderem Maße den jährlich auftretenden Witterungs- und Schadereignissen ausgesetzt und damit stärkeren Schwankungen unterworfen ist, kann man bei der Verzweigung der Krone davon ausgehen, dass ihre Struktur Ausdruck einer mehrjährigen Entwicklung ist (zur Buche: ROLOFF 1986; zur Eiche: ROLOFF 1989 und KÖRVER et al. 1999). Bei einer Schädigung werden zunächst die seitliche Verzweigung, im weiteren Verlauf dann auch die Längstriebe reduziert. Die Krone zerfällt schließlich in Segmente, die über eine Feinverzweigung nicht mehr miteinander in Verbindung stehen. Am Ende der Entwicklung steht eine Grobastform mit bruchstückhaften Reisiganteilen. Beobachtungen zeigen, dass eine Regeneration dieser Strukturschäden durch Ersatztriebbildung möglich ist.

Die Ansprache der Kronenstruktur ist bei der Buche nur in Beständen mit einem Alter zwischen 60 und 150 Jahren sinnvoll. Bei jungen Bäumen hat das Längenwachstum Vorrang vor dem Seitentriebwachstum, so dass hier nicht von einer Reduzierung gesprochen werden kann.



Bei älteren Bäumen führen natürliche Alterungserscheinungen zu Strukturveränderungen, die keine Schäden im Sinne dieses Aufnahmemerkmals sind. Da sich das Merkmal in seinen Ausprägungen nur über längere Zeiträume verändert, wird eine Aufnahme im drei- bis fünfjährigen Turnus empfohlen.

Der Kronenstrukturschlüssel für Alteichen ist in Kapitel 8 abgedruckt.

### ***2.2.7 Ausfall von Untersuchungsbäumen***

Äußerst wichtig ist die genaue Dokumentation über den Ausfall von Probebäumen. Hierbei kann zwischen folgenden Ursachen für den Ausfall aus dem Untersuchungskollektiv unterschieden werden:

#### **Ausscheiden von Bäumen aus den Aufnahmekollektiv**

Der häufigste Grund für das Ausscheiden von Bäumen ist die Entnahme im Rahmen von planmäßigen Nutzungen. In verschiedenen Fällen werden jedoch Bäume nicht weiter aufgenommen, auch wenn sie – zunächst – im Bestand verbleiben. Liegende, angeschobene oder in Nachbarbäumen hängende Bäume sind ebenso nicht mehr bonitierbar wie Bäume die durch Windbruch mehr als 50% ihrer Krone verloren haben. Das Umsetzen eines Baumes in die KRAFT'sche Klasse 4 lässt ebenfalls keine weiteren Bonituren zu.

#### **Absterben von Bäumen**

In jedem lebenden System ist das Absterben von Individuen ein natürlicher biologischer Vorgang. Auf Dauerbeobachtungs- und Level II – Flächen steht jedoch nicht das konkurrenz- bzw. alterungsbedingte Absterben im Blickpunkt der Untersuchungen, sondern das vorzeitige Absterben von herrschenden Bäumen (KRAFT'sche Klassen 1 bis 3). Ursachen hierfür können abiotische Ereignisse (z.B. Sturm, Blitz, Immissionsbelastung) oder biotische Schaderreger (z.B. Käferbefall) sein. Meist führen jedoch komplexe und über mehrere Jahre wirkende Vorgänge zum Ausfall von Bäumen, so dass eine eindeutige Ausfallursache nicht angegeben werden kann. Als Beispiel ist das Absterben von Eichen zu nennen, bei denen wiederholter Blattfraß durch Schmetterlingsraupen, Prachtkäferbefall, Witterungsextreme und standörtliche Probleme zusammenkommen. Noch schwerer erfassbar sind Immissionsbelastungen als Ausfallursache.

Probleme in der Darstellung von Zeitreihen durch den Ausfall von Bäumen aus den Kollektiven sind in Kapitel 3 beschrieben.

Auswertungen zu Absterbeprozessen auf Dauerbeobachtungsflächen sind in Kapitel 5 zu finden.