

# Methodenbeschreibung

## Terrestrische Waldzustandserhebung (WZE) in Rheinland-Pfalz

Stand: Juni 2012

FRIEDRICH ENGELS, JOACHIM BLOCK, UWE WUNN

### Abschnitte:

|  |    |
|--|----|
| 1) Stichprobenverfahren und –umfang.....   | 1  |
| 2) Erhebungsmethodik .....   | 4  |
| 3) Qualitätssicherungsmaßnahmen.....   | 7  |
| 4) Statistische Analysen .....   | 8  |
| Häufigkeitsverteilungen, Entwicklung identer Probestämme, Mittelwerte,<br>Anteilsschätzer, Mortalität und Ausscheiderate, Regionalisierung |    |
| 5) Periodische Überprüfung des WZE-Rasters .....   | 13 |
| 1.Überprüfung 1997, 2.Überprüfung 2012   |    |
| 6) Gegenüberstellung verschiedener landesweiter Stichproben.....   | 15 |
| Waldflächenanteile, Baumartenvorkommen,<br>Baumartenanteile und Altersklassenverteilung  |    |
| Literatur.....   | 18 |

### 1) Stichprobenverfahren und –umfang

Das Ausmaß der Waldschäden in Rheinland-Pfalz wird jährlich mit einer landesweiten Übersichtserhebung des Kronenzustandes der Waldbäume erfasst. Sie basiert auf einer von Fachwissenschaftlern entwickelten mathematisch-statistischen Stichprobeninventur (SCHÖPFER und HRADETZKY 1983). Die Stichprobe wurde im Jahr 1984 erstmalig eingerichtet und dauerhaft markiert, sie ist als permanente Stichprobe mit partiellem Replacement angelegt.

Die Punkte der Stichprobe liegen auf einem nach Gauß-Krüger Koordinaten orientierten 4 x 4 km Gitternetz. An jedem auf Wald fallenden Gitternetzpunkt ist ein Aufnahmepunkt eingerichtet. Die gesamte Menge dieser Aufnahmepunkte ist die Vollstichprobe, aus der eine Unterstichprobe ausgewählt wurde. Um den Aufwand in Grenzen zu halten, wird die Vollstichprobe seit 1991 nur noch in jedem dritten Jahr aufgenommen. In den Zwischenjahren wird die Erhebung an der Unterstichprobe durchgeführt. Die Unterstichprobe umfasst auch alle Aufnahmepunkte des EU/ECE Rasters von 16 x 16 km (Level I Monitoring). Die Unterstichprobe wurde 1989 und 2006 auch für die Bodenzustandserhebung ausgewählt (BLOCK et al. 1991, BLOCK und GAUER 2012).

Je nach Umfang der Stichprobe ermöglicht die WZE eine Auswertung auf unterschiedlichen Bezugsebenen. Generell ist zu beachten, dass die Ergebnisse mit höheren Unsicherheiten behaftet sind, je kleiner die Zahl der zugrundeliegenden Stichprobepflanzen ist.

Die Vollstichprobe erlaubt eine flächenrepräsentative Aussage für das Land und die waldreichen Wuchsgebiete bei einer Stratifizierung nach den am häufigsten vorkommenden „Hauptbaumarten“ Fichte, Buche, Kiefer und Eiche. Für die Hauptbaumarten kann landesweit weiter nach Altersklassen stratifiziert werden. Landesweit ist eine Auswertung auch für die weniger häufigen Arten bzw. Gattungen Douglasie, Lärche, Hainbuche, Ahorn, Birke, Esche und Erle möglich.

Mit der Unterstichprobe ist eine Auswertung auf Landesebene für die Baumarten Fichte, Buche, Kiefer und Eiche möglich, eingeschränkt auch für Douglasie, Lärche, Hainbuche und Esche.

Die EU/ECE Stichprobe erlaubt für sich genommen keine Auswertung auf Landesebene. Die Daten von diesen Punkten gehen in die WZE auf bundesdeutscher und europäischer Ebene ein.

1992 und 1993 wurde als Besonderheit nur das um ausgewählte Aufnahmeplätze erweiterte EU/ECE-Netz erhoben. Diese Teilstichprobe umfasste 60 Punkte, die aber nicht systematisch über das Land verteilt waren. Es stellte sich heraus, dass diese Teilstichprobe kein zuverlässiges Landesergebnis für die Hauptbaumarten liefert, diese Teilstichprobe wird daher nicht mehr verwendet.

An jedem Aufnahmeplatz werden 24 Stichprobenbäume ausgewählt und markiert. Die Waldfläche, in die der Gitternetzpunkt fällt, muss dabei mit Waldbäumen bestockt sein und von ihrer Bestockungsdichte, Größe und Ausformung geeignet sein, die Stichprobenbäume auswählen zu können. Weihnachtsbaum-, Schmuckreisig-, Obstbaum- oder Kopfweidenkulturen werden nicht berücksichtigt, ebenso Sukzessionsstadien die überwiegend aus Sträuchern oder verwilderten Obstbäumen bestehen.

Die Auswahl der Probenbäume erfolgt nach folgenden Verfahren:

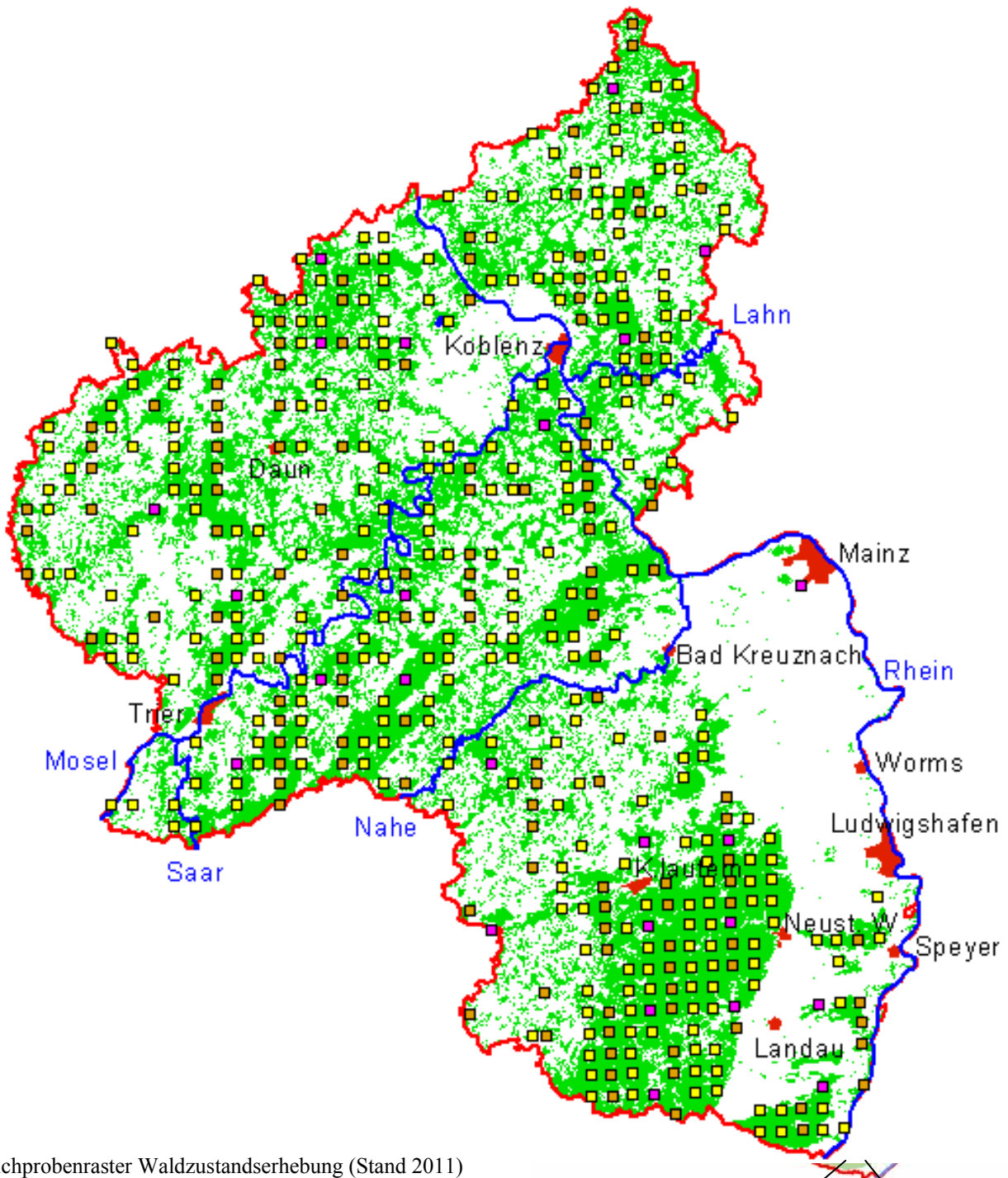
### **Kreuztrakt**

Auf dem Gitternetzpunkt wird ein an den Haupthimmelsrichtungen ausgerichtetes Kreuz von 25 m Armlänge eingemessen. Die vier Armenden dienen als Aufstellungsmittelpunkte, von denen aus die jeweils nächststehenden sechs herrschenden Bäume als aufzunehmende Stichprobenbäume dauerhaft markiert werden. Grundsätzlich wird angestrebt, dass alle 4 Sechs-Baum-Stichproben in den Waldbestand zu liegen kommen, in dem auch der Gitternetzpunkt liegt. Um dies zu erreichen sind die Kreuztraktarme zu verkürzen, wenn der Gitternetzpunkt zu dicht am Waldrand liegt. Erforderlichenfalls ist der gesamte Kreuztrakt um 25 m in eine der Haupthimmelsrichtungen zu verschieben. Der Gitternetzpunkt kommt dabei auf einen der Aufstellungsmittelpunkte zu liegen.

### **Quadrat**

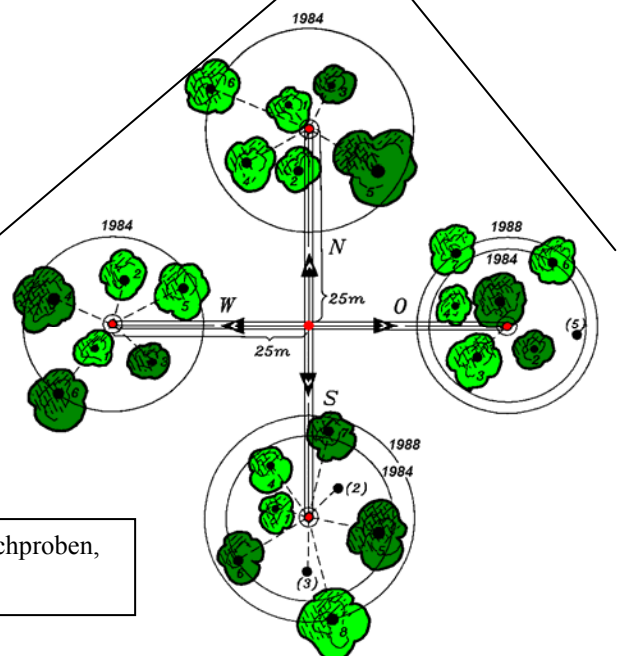
Mit dem Gitternetzpunkt als Mittelpunkt wird ein nach den Haupthimmelsrichtungen orientiertes Quadrat mit 100 m Seitenlänge in den Waldbestand gelegt. Innerhalb dieses Quadrates werden 4 Aufstellungen gewählt, an denen die Oberkrone von mindestens je 6 herrschenden, benachbarten Bäumen einsehbar ist. Die Aufstellungen sollen mindestens 25 m voneinander entfernt und möglichst gleichmäßig im Quadrat verteilt sein. Dieses Verfahren kommt nur zur Anwendung, wenn in dem Waldbestand die Stichprobe nach dem Kreuztrakt nicht angelegt werden kann oder der Waldbestand so dicht ist, dass die Oberkronen der Bäume nicht eingesehen werden können.

Bei beiden Verfahren werden nur Bäume ausgewählt, die mit ihrer Krone an der oberen Baum-schicht beteiligt sind (Baumklassen 1, 2 und 3 nach KRAFT). Jeder einmal ausgewählte Probenbaum wird solange wie möglich beibehalten.



Stichprobenraster Waldzustandserhebung (Stand 2011)

|                |                 |                   |
|----------------|-----------------|-------------------|
|                |                 |                   |
| Vollstichprobe | Unterstichprobe | EU/ECE Stichprobe |
| 4 km x 4 km    | 4 km x 12 km    | 16 km x 16 km     |
| 479 Punkte     | 169 Punkte      | 26 Punkte         |
| 11496 Bäume    | 4056 Bäume      | 624 Bäume         |



Stichprobenpunkt als Kreuztrakt mit vier 6-Baum-Stichproben, 1988 wurden drei Probebäume ersetzt

Die Waldbestände, in denen ein Stichprobenpunkt der WZE angelegt ist, unterliegen weiterhin der regulären forstüblichen Bewirtschaftung. Wo einzelne Probebäume aufgrund planmäßiger Nutzung, nach Windwurf, Schneebruch oder aus anderen Gründen ausscheiden, werden diese ersetzt. Abgestorbene noch stehende Stichprobenbäume werden erst ersetzt, wenn das Feinreisig aus ihrer Krone abgefallen ist. Zum Ersatz der Probenbäume wird der Mittelpunkt der ursprünglichen 6-Baum-Stichprobe rekonstruiert und die 6-Baum-Stichprobe um die jeweils dem Mittelpunkt nächststehenden Bäume wieder komplettiert. Diese müssen von ihrer sozialen Stellung mindestens mitherrschend sein und erhalten die Nummern 7, 8 etc.

Scheidet ein ganzer Aufnahmepunkt infolge Nutzung oder flächiger Windwürfe aus der Beobachtung aus, so „ruht“ dieser Stichprobenpunkt als im Wald liegende „Blöße“. Sobald die nachfolgende Waldgeneration zu einem gesicherten Jungwuchs herangewachsen ist, wird der Aufnahmepunkt neu angelegt und wieder erfasst.

Ausgefallene Probebäume werden nach der Ursache ihres Ausscheidens dokumentiert und die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume derjenigen ihrer Vorgänger gegenübergestellt.

Vereinzelt wurde auch der Wald an einem Aufnahmepunkt gerodet und einer anderen Nutzungsart zugeführt. Solche Aufnahmepunkte scheiden dauerhaft aus dem Stichprobenkollektiv aus. Andererseits kann im Bereich eines Stichprobenpunktes auch Wald neu begründet werden; hier ist dann ein neuer Aufnahmepunkt anzulegen (siehe Abschnitt 5 periodische Überprüfung des WZE-Rasters).

Das Jahr, in dem ein Ersatzbaum oder ein neuer Aufnahmepunkt in die Stichprobe aufgenommen wurde, wird festgehalten. Über die Kombination aus Punktnummer, Aufstellungsnummer, Baumnummer und dem Jahr seiner erstmaligen Erhebung ist jeder Probebaum eindeutig identifiziert und lässt sich individuell in seiner Entwicklung als Zeitreihe verfolgen („idente“ Probebäume).

Der Ersatz ausgeschiedener Probebäume und die Anlage neuer Aufnahmepunkte sind notwendig, damit die WZE den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

## **2) Erhebungsmethodik**

Zu jedem Waldbestand, in dem ein Aufnahmepunkt liegt, und zu jedem Stichprobenbaum werden Ordnungsdaten erfasst:

- Waldbestand: Koordinaten des Gitternetzpunktes nach Gauß-Krüger, Nummer des Aufnahmepunktes, Forstamt, Forstrevier, Forstbetrieb, Abteilung, Unterabteilung, Bestand und Besitzart,
- Stichprobenbaum: Nummer der Aufstellung und des Baumes, Jahr der ersten Aufnahme, Baumart, Alter.

Für den Waldbestand werden dazu eine Bestandesbeschreibung angefertigt und Standortdaten nach den Vorgaben der Forsteinrichtung in meist nur groben Stufen erhoben:

- Baumarten und ihre Anteile, Alter, Ertragsklasse, Kronenschlussgrad, Bestandesaufbau und Mischungsform.
- Wuchsgebiet, Wuchsbezirk, geologische Formation, Bodenart, Bodentyp, Bodenskelett, Gründigkeit, Wasserhaushalt, Nährstoffversorgung, Humusform, Kalkungs- oder Düngungsmaßnahmen, Höhenlage, Klimazone, Geländeform, ggf. Hangneigung und -richtung.

Diese Daten werden periodisch (etwa alle 10 Jahre) überprüft. Für die Unterstichprobe liegen darüber hinaus eingehende Bestandesaufnahmen, Bodenprofilbeschreibungen, physikalische und chemische Bodenuntersuchungen sowie Nadel-/Blattanalysen aus den Bodenzustandserhebungen vor (BLOCK und GAUER 2012).

Für jeden Stichprobenbaum werden bei jeder WZE mehrere Parameter angesprochen:

- Nadel-/Blattverlust, Vergilbung, Nadeljahrgänge und Trockenreisig bei der Kiefer,
- Soziale Stellung nach KRAFT, Traufbaumeigenschaft, Kronenlänge, Kronenschluss, Fruktifikation
- Stammschäden, Kronenbruch, Insektenbefall, Pilzbefall, Symptome anderer sichtbarer Schäden wie Hagelschlag, Mistelbefall
- Einsehbarkeit der Oberkrone.

Nicht alle Parameter wurden ab 1984 erhoben. Mit dem Eintreten besonderer Ereignisse oder neuer Fragestellungen wurde die Erhebung im Laufe der Jahre zielgerichtet um neue Parameter ergänzt, so 1992 um den Fruchtanhang, 1993 um die Ursache des Ausscheidens, 1994 um die Einsehbarkeit der Oberkrone, 1997 um Traufbaumeigenschaft, Kronenlänge und Kronenkonkurrenz, Kronenschlussgrad und Schichtigkeit des Bestandes, 1999 um Hagelschäden und Mistelbefall. Ab 2008 werden nach europaweit einheitlich vorgegebenen Verfahren nach ROSKAMS alle erkennbaren Schäden an dem Probestaum festgehalten. Zusätzlich sollen beobachtete Besonderheiten an den Probestäumen oder der Umgebung des Aufnahmepunktes im Klartext notiert und gemeldet werden. Die WZE bleibt so ein stets aktuelles Instrument des forstlichen Umweltmonitorings.

Die WZE wird jeweils auf dem Höhepunkt der Vegetationsentwicklung (Juli, August), nach Abschluss des Triebwachstums und vor Beginn der Herbstverfärbung, in kurzer Zeit (3-4 Wochen) durchgeführt. Mit dem äußerlich sichtbaren Kronenzustand wird ein zwar unspezifischer, aber aussagekräftiger und zuverlässig anzusprechender Indikator für die Vitalität der Probestäume herangezogen. Der Kronenzustand der Waldbäume reagiert sehr sensibel auf äußere Einflüsse. Veränderungen im Kronenzustand kommt daher Signalcharakter zu.

Bei jedem einzelnen Probestaum werden durch eine visuelle Schätzung der relative Nadel- oder Blattverlust sowie der Vergilbungsgrad der verbliebenen Nadel-/Blattmasse in Fünf-Prozent-Werten erhoben. Der Nadel-/Blattverlust wird dabei als prozentuale Differenz zur imaginären Vollbelaubung des jeweiligen Stichprobenbaumes eingeschätzt. Bei der Einschätzung der möglichen Vollbelaubung werden die Standortverhältnisse des bonitierten Baumes, seine aktuelle und ehemalige Konkurrenzsituation, der Phänotyp, das Baumalter sowie Besonderheiten wie z.B. Peitschschäden oder Kronenbruch berücksichtigt. Bei der Kiefer werden zur Abschätzung des Nadel-/Blattverlustes ergänzend die Anzahl der Nadeljahrgänge in der Oberkrone (FRAUDE 1987), bei Buche und Eiche Kronenstrukturmerkmale nach ROLOFF (1985, 1989) herangezogen. Als weitere Hilfsmittel vor allem zur Eichung der Taxatoren vor Beginn der Erhebung und zur Erhaltung eines einheitlichen Schätzmaßstabes während der Erhebung und von Jahr zu Jahr dienen Bilderserien (z.B. AG KRONENZUSTAND (Hrsg.) 2007; BOSSHARD (Hrsg.) 1986;).

Braune Nadeln oder Blätter sind abgestorben. Sie werden daher als Nadel-/Blattverlust bewertet und fließen in das Blatt-/Nadelverlustprozent mit ein.

Bei einer Vergilbung der Nadeln/Blätter wird die Vergilbung gesondert als Prozentanteil der vergilbten Nadeln/Blätter von der noch vorhandenen Nadel-/Blattmenge geschätzt. Als „vergilbt“ gel-

ten nur Nadeln und Blätter mit einer deutlichen gelben Farbe; blassgrüne Blattverfärbungen werden nicht als „vergilbt“ erfasst.

Die zu jedem einzelnen Stichprobenbaum erhobenen Daten werden zusammen mit seinen Ordnungsdaten in einer Datenbank archiviert. Alle Auswertungen werden auf Grundlage dieser Originaldaten vorgenommen. Die in 5 % Stufen festgehaltenen Nadel-/Blattverluste und Vergilbungen werden zur Darstellung der Ergebnisse seit 1984 zu europaweit einheitlich vereinbarten Kombinationsstufen verdichtet.





| Kronenverlichtung,<br>Nadel-/Blattverluste |                | Vergilbung der vorhandenen Nadeln/Blätter |              |              |               | Vergilbungsstufe<br>Vergilbungsprozent |
|--|----------------|---|--------------|--------------|---------------|--|
| Verluststufe                               | Verlustprozent | 0<br>0-10 %                               | 1<br>11-25 % | 2<br>26-60 % | 3<br>61-100 % |  |
| 0  | 0 - 10 %       | 0   | 0            | 1            | 2             | Kombinations-<br>schadstufe            |
| 1  | 11 - 25 %      | 1   | 1            | 2            | 2             |  |
| 2  | 26 - 60 %      | 2   | 2            | 3            | 3             |  |
| 3  | 61 - 99 %      | 3   | 3            | 3            | 3             |  |
| 4  | 100 %          | 4 (abgestorben)                           |              |              |               |  |

*Kombinierte Schadstufe aufgrund von Nadel-/Blattverlusten und Vergilbung.*

Bezeichnung der Stufen: 0 ohne sichtbare Schadmerkmale; 1 schwach geschädigt; 2 mittelstark geschädigt; 3 stark geschädigt; 4 abgestorben; die Stufen 2-4 werden als „deutlich geschädigt“ zusammengefasst.

Die im Jahr 1997 vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF) eingesetzte Expertengruppe Waldzustandserfassung empfahl neben der Kronenverlichtung und Vergilbung auch die Verzweigungsstruktur zur Klassifikation des Kronenzustandes heranzuziehen (BMELF 1997). Die Verzweigungsstruktur verändert sich nur langfristig und spiegelt damit eine mehrjährige Entwicklung wieder. Im Gegensatz zur Kronenverlichtung ist sie weitgehend frei von einmaligen jahresspezifischen Ereignissen wie Witterung, Fruktifikation oder Insektenfraß.

Für die Buche liegt ein erprobtes Verfahren zur Beurteilung der Verzweigungsstruktur während der Vegetationsruhe vor. Das Verfahren basiert auf Untersuchungen von ROLOFF (1986), der Phasen des Triebwachstums beschrieb, die eine abnehmende Vitalität des Baumes widerspiegeln und der natürlichen Altersentwicklung folgen. Unterschieden werden Explorationsphase, Degenerationsphase, Stagnationsphase und Resignationsphase, denen je eine Vitalitätsstufe zugeordnet wird. Zur treffenderen Bezeichnung und zur besseren Unterscheidung von den Schadstufen, die aufgrund von Kronenverlichtung und Vergilbung gebildet werden (s.o.), wird die durch die Verzweigungsstruktur sich ergebende Kronenform anhand ihres typischsten Symptoms als „Vollkrone“, „Spießkrone“, „Krallenkrone“ oder „Grobastkrone“ bezeichnet. In Rheinland Pfalz werden diese 4 Stufen in je 3 Feinstufen weiter aufgegliedert. Dadurch sind Buchen, die sich in ihrer gesamten Krone uneinheitlich darstellen und Merkmale zweier Phasen aufweisen, treffender zu beurteilen.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Explorationsphase<br>Vitalitätsstufe 0<br>„Vollkrone“    |  | Aus den Terminalknospen und oberen Seitenknospen der voll belichteten Wipfeltriebe entwickeln sich Langtriebe. Es entsteht ein abgerundetes, volles Kronenbild.  |
| Degenerationsphase<br>Vitalitätsstufe 1<br>„Spießkrone“  |  | Aus den Terminalknospen entwickeln sich Langtriebe, aus den Seitenknospen dagegen fast nur noch Kurztriebe. Der Raum zwischen den Wipfeltrieben wird nicht mehr ausgefüllt, sie ragen wie Spieße aus der Krone.        |
| Stagnationsphase<br>Vitalitätsstufe 2<br>„Krallenkrone“  |  | Auch aus den Terminalknospen entwickeln sich nur noch Kurztriebe, das Höhenwachstum stagniert. Die Kurztriebe krümmen sich krallenartig an den Wipfeltrieben. Längere Kurztriebketten im Kroneninneren brechen heraus. |
| Resignationsphase<br>Vitalitätsstufe 3<br>„Grobastkrone“ |  | Immer mehr Triebe sterben ab und brechen heraus, es bleibt nur eine Restverzweigung an den gröberen, stärkeren Ästen erhalten.   |

*Phasen der Verzweigungsstruktur bei Buche nach ROLOFF 1986 (verändert)*

### 3) Qualitätssicherungsmaßnahmen

Die Reproduzierbarkeit und die bundesweite, sowie internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse hängen bei der WZE entscheidend von der Anwendung einheitlicher Maßstäbe ab.

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird durch alljährliche Abstimmungskurse der Landesinventurleiter auf Bundesebene und internationaler Ebene im Vorfeld der Erhebungen gewährleistet. Die bei diesem Erfahrungsaustausch vereinbarten Bewertungsmaßstäbe und aktualisierten Erkenntnisse und Hilfsmittel zur treffsicheren Beschreibung des Kronenzustandes werden landesintern in einer intensiven Schulung mit praktischen Übungen im Wald an die Aufnahmeteams und Bereichsleiter weitergegeben. In den Aufnahmeteams werden grundsätzlich nur speziell geschulte Forstfachpersonal, als Bereichsleiter Forstleute mit eingehender Erfahrung in der WZE eingesetzt. Nach Abschluss der Schulung legen alle Aufnahmeteams einen Qualifikationstest ab. Bei zu hohen Abweichungen von der Musterlösung werden die jeweiligen Teams nachgeschult. In den Jahren 2001 und 2002 wurde die erreichbare Genauigkeit in der Beurteilung der Kronenverlichtung durch Abstimmungsübungen intensiv untersucht und im Kontext der weiteren Qualitätssicherungsmaßnahmen betrachtet (ENGELS, F. 2002).

Um den Einstieg in die Inventurpraxis zu erleichtern und zum Beispiel Unklarheiten an seltenen und schwierig einzuschätzenden Baumarten auszuscheiden, erfolgt unmittelbar im Anschluss an die Schulung ein zweitägiger Probelauf unter Praxisbedingungen, bei dem die Aufnahmeteams zeitweise von den Bereichsleitern begleitet und intensiv betreut werden.

Die Aufnahmen erfolgen grundsätzlich im Zweierteam. Jeder Stichprobenbaum wird also zumindest von zwei Taxatoren eingewertet. Die Teams werden immer so eingesetzt, dass mindestens zwei Teams ein Wuchsgebiet bearbeiten.

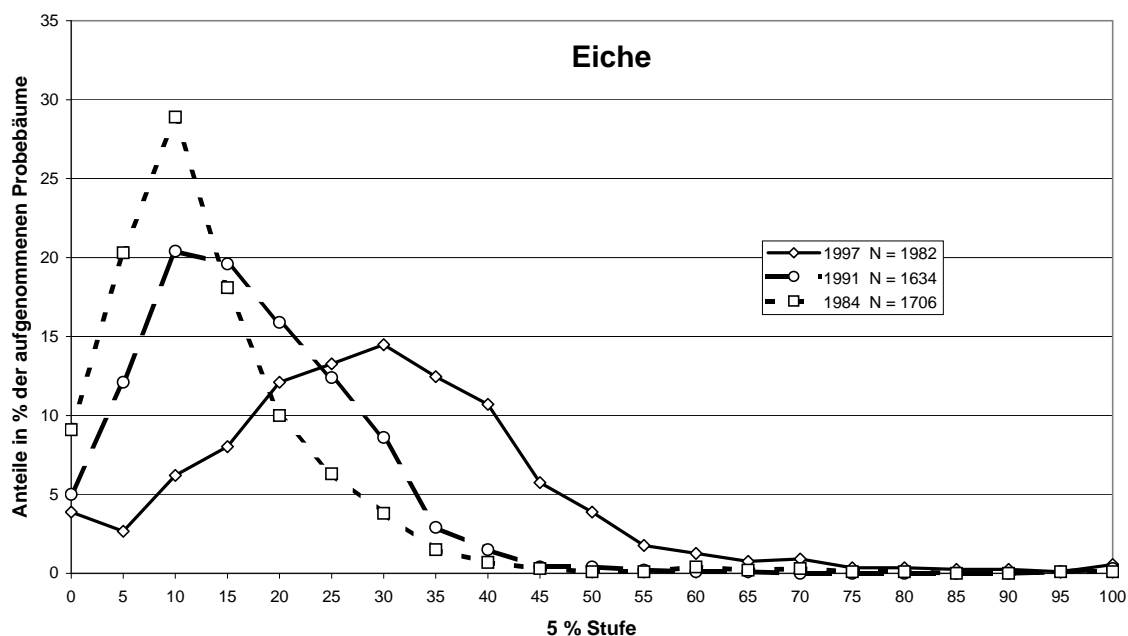
Die Aufnahmeergebnisse werden abschließend dadurch abgesichert, dass die Bereichsleiter eine zweite unabhängige Bonitierung an bis zur Hälfte der Aufnahmepunkte durchführen. Hierbei konzentrieren sie sich insbesondere auf ältere Bestände, Aufnahmepunkte mit höheren Schadensanteilen, merklichen Veränderungen gegenüber dem Vorjahr oder mit besonderen Problemen.

## 4) Statistische Analysen

Die WZE ist eine mathematisch-statistische Stichprobeninventur, die flächenrepräsentative Aussagen über den Waldzustand des jeweiligen Bezugsgebietes zulässt (SCHÖPFER 1985). Bei dem angewandten Verfahren fließen die unterschiedlichen Standräume der Stichprobenbäume mit ein, wobei innerhalb der 6-Baum-Stichprobe vereinfachend von gleichen Standräumen ausgegangen wird. Die Anteile der Probebäume in bestimmten Merkmalsklassen entsprechen daher (ideellen) Anteilen der Waldfläche, auf der Bäume der jeweiligen Merkmalsausprägung stehen.

### Häufigkeitsverteilungen

Die Hauptindikatoren für den Kronenzustand, der relative Nadel-/Blattverlust und die Vergilbung der noch vorhandenen Blattmasse werden in 5 %-Stufen bonitiert. Eine erste explorative Auswertung des Datenmaterials erfolgt über eine Darstellung der Häufigkeitsverteilung über diese 5 %-



Klassen und den Vergleich der Häufigkeitsverteilungen verschiedener Aufnahmetermine (siehe nachfolgendes Beispiel).

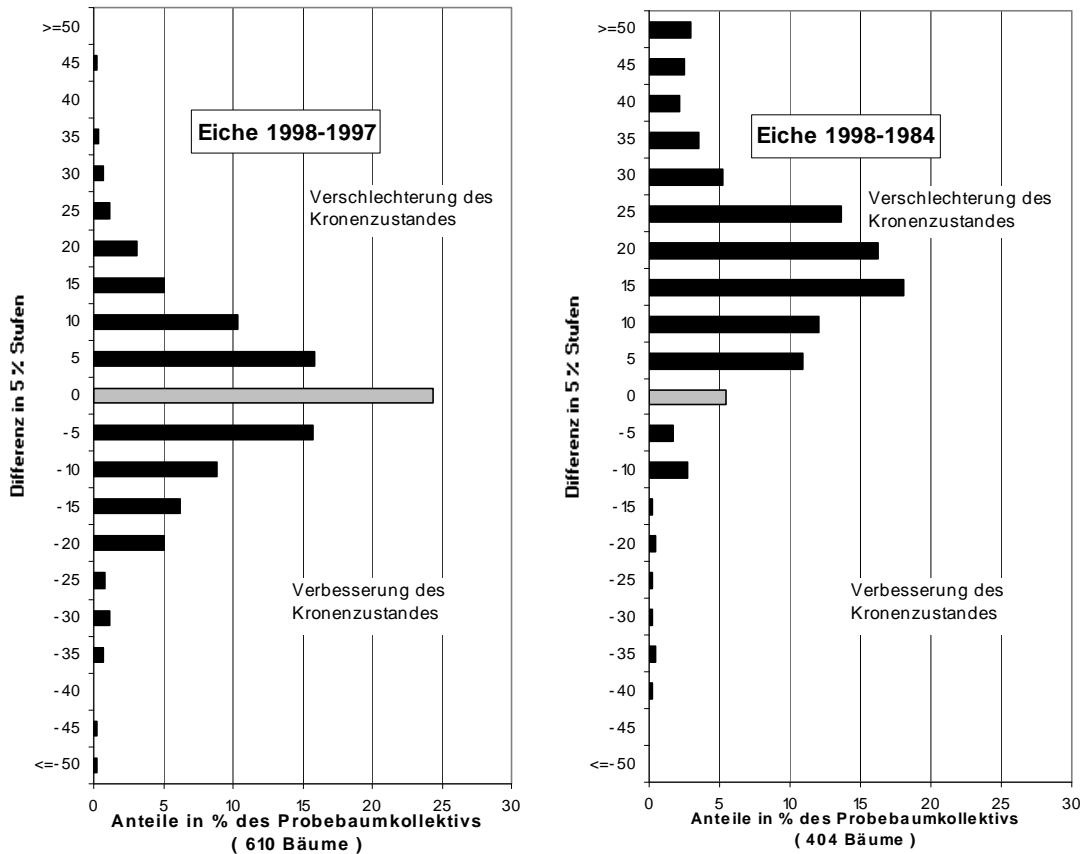
*Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste der Eiche in den Jahren 1984, 1991 und 1997  
(N = Anzahl der Stichprobenbäume)*

### Entwicklung identer Probebäume

Mit der eindeutigen Nummerierung der Stichprobenbäume lässt sich die Entwicklung eines jeden Einzelbaumes verfolgen. So kann auch die Veränderung des Kollektivs der identen Probebäume zwischen zwei Jahren dargestellt werden. Das Kollektiv der identen Probebäume umfasst alle Bäume die in beiden Bezugsjahren begutachtet wurden. Auf diese Weise können Veränderungen, die sich durch verschiedene Stichprobenkollektive ergeben, von den Veränderungen der Bäume selbst getrennt werden. Beispielsweise war von 1997 (Vollstichprobe) zu 1998 (Unterstichprobe) bei Eiche der Anteil deutlicher Schäden um drei Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung war aber im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Stichprobenkollektive bedingt, da das Kollektiv der



identen Probestämme von 1997 zu 1998 keine gerichtete Veränderung der Kronenverlichtung zeigte. Andererseits kann die Entwicklung der Kronenverlichtung, die mit unterschiedlichen Stichprobekollektiven festgestellt wurde, bestätigt werden. So zeigt das Kollektiv der identen Probestämme bei Eiche die starke Verschlechterung des Kronenzustandes von 1984 zu 1998 genauso wie die Zeitreihe der Eichen der Gesamtstichprobe. Das Gesamtkollektiv verändert sich aber von Jahr zu Jahr durch Ausscheiden und Ersatz von einzelnen Stichprobestämmen oder Ausfall und Neuanlage ganzer Aufnahmeplätze langsam immer weiter.



Veränderungen der Kronenverlichtung identer Probebaumkollektive von 1997 auf 1998 und von 1984 auf 1998 bei der Baumart Eiche; dargestellt sind die prozentualen Anteile der Probebaumkollektive, die in der jeweiligen Zeitspanne unveränderte Blattverluste (Differenz 0) bzw. angestiegene Blattverluste (Differenz +5 %, +10 %, etc.) oder gesunkene Blattverluste (Differenz -5 %, -10 %, etc.) aufweisen.

### Mittelwerte

Weiterhin werden aus den Aufnahmedaten die mittleren Nadel-/Blattverluste und deren Mittelwertfehler für die einzelnen Baumarten kalkuliert. Veränderungen im mittleren Nadel-/Blattverlust zwischen zwei Aufnahmetermen werden über einen T-Test für abhängige Stichproben auf ihre Signifikanz überprüft. Bei dieser Berechnung gehen nur Probestämme ein, die an jeweils beiden Aufnahmetermen bonitiert wurden.

Auch bei der Unterstichprobe ist der Stichprobenumfang für die Hauptbaumarten noch so groß, dass auf Landesebene bereits geringfügige Veränderungen im mittleren Nadel-/Blattverlust um einen Prozentpunkt in der Regel statistisch signifikant sind. Zu beachten ist, dass die Nicht-Stichprobenfehler, wie z.B. Verschiebungen im Maßstab (z.B. im Aussehen des Referenzbaumes) größer als der Stichprobenfehler sein können. Die Nicht-Stichprobenfehler sind zwar nicht kalku-

lierbar, können aber durch die vorstehend beschriebenen Qualitätssicherungsmaßnahmen gering gehalten werden.

### Anteilsschätzer

Bei der WZE werden beim Kronenzustand nach einer europaeinheitlichen Konvention vier Schadstufen unterschieden. Auf der Grundlage von Überlegungen von SABOROWSKI et al. (1997) erfolgt die Schätzung des Anteils der (ideellen) Waldfläche einer Schadstufe (Anteilsschätzer), des Vertrauensbereichs des Anteilsschätzers, der Differenz der Anteilsschätzer von zwei Zeitpunkten und des Vertrauensbereichs dieser Differenz nach folgendem Verfahren:

Anteilsschätzer:

$$P = \frac{Y}{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{\sum_{i=1}^N X_i}.$$

Varianz des Anteilsschätzers:

$$V(P) = \frac{1}{\bar{X}^2} \cdot \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (Y_i - PX_i)^2 = \frac{1}{X^2} \frac{N}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - PX_i)^2.$$

90%-Vertrauensbereich des Anteilsschätzers:

$$P \pm 1,65 \cdot \sqrt{V(P)}.$$

Differenz der Anteilsschätzer von zwei Zeitpunkten:

$$\Delta P = P^{(2)} - P^{(1)} = \frac{Y^{(2)}}{X^{(2)}} - \frac{Y^{(1)}}{X^{(1)}},$$

Mit dem Schätzer für die Varianz:

$$V(\Delta P) = V(P^{(1)}) + V(P^{(2)}) - 2 \cdot \text{cov}(P^{(1)}, P^{(2)})$$

wobei sich der Schätzer für die Kovarianz folgendermaßen ergibt:

a)  $N_1 = N_2 = N$

$$\text{cov}(P^{(1)}, P^{(2)}) = \frac{1}{\bar{X}^{(1)} \bar{X}^{(2)}} \cdot \frac{N}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i^{(1)} - P^{(1)} X_i^{(1)})(Y_i^{(2)} - P^{(2)} X_i^{(2)})$$

b)  $N_1 < N_2$

$$\text{cov}(P^{(1)}, P^{(2)}) = \frac{1}{\bar{X}^{(1)} \bar{X}^{(2)}} \cdot \frac{1}{N_2(N_1-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i^{(1)} - P^{(1)} X_i^{(1)})(Y_i^{(2)} - P^{(2)} X_i^{(2)})$$

Der 90%-Vertrauensbereich für die Differenz der Anteilsschätzer von zwei Zeitpunkten ergibt sich dann zu:

$$P \pm 1,65 \cdot \sqrt{V(\Delta P)}.$$

In den oben angegebenen Gleichungen wurden nachstehende Bezeichnungen verwendet:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| $N$                            | Anzahl aller möglichen Gitterpunkte (Wald und Nichtwald) im Inventurgebiet   |
| $N_1, N_2$                     | Anzahl aller möglichen Gitterpunkte (Wald und Nichtwald) im Inventurgebiet zum Zeitpunkt 1 bzw. 2  |
| $n$                            | Anzahl der Gitterpunkte, an denen wenigstens ein Satellit Bäume der zu betrachtenden Baumartengruppe bzw. Zielgruppe enthält. Bsp.: Baumart Fichte |
| $F$                            | Fläche des Inventurgebietes  |
| $R$                            | Repräsentationsfaktor: $R = F / N$ ist die von einem Punkt repräsentierte Fläche   |
| $X_i$                          | Anzahl aller Zielgruppenbäume (z. B. Baumart Fichte) am Punkt $i$  |
| $X^{(1)}, X^{(2)}$             | Summe über alle Anzahlen aller Zielgruppenbäume zum Zeitpunkt 1 und 2  |
| $\bar{X}^{(1)}, \bar{X}^{(2)}$ | Mittlere Anzahl der Zielgruppenbäume pro Punkt zum Zeitpunkt 1 bzw. 2  |
| $Y_i$                          | Anzahl aller Zielgruppenbäume am Punkt $i$ , die einer bestimmten Schadklasse angehören. Es gilt $0 \leq Y_i \leq X_i$ .                           |
| Definition                     | $X_i = Y_i = 0$ , falls $i$ ein Punkt des Gitters ist, der nicht im Wald liegt   |

### Mortalität und Ausscheiderate

Neben der Entwicklung des Kronenzustandes einer Baumart ist auch ihre Mortalitätsrate und deren Entwicklung in der Zeitreihe ein Indikator für die Entwicklung der Vitalität dieser Baumart.

Die Mortalitäts- oder Absterberate ist der Anteil an Probebäumen, die im Jahr der Erhebung tot (100 % Nadel-/Blattverlust) angetroffen werden und im Vorjahr noch gelebt haben. Im Wirtschaftswald ist die Mortalität jedoch nicht zuverlässig abzuleiten. Da die Mehrzahl der Probebäume entnommen und genutzt wird, ist nicht zu erkennen, ob sie ohne die planmäßige oder außerplanmäßige Nutzung aus welchen Ursachen auch immer abgestorben oder am Leben geblieben wären. Auch bei planmäßigen Durchforstungen werden Bäume mit schwacher Vitalität vorzugsweise genutzt, es kann damit nicht mehr beobachtet werden, ob sie ohne menschlichen Eingriff absterben oder sich erholen würden.

Daher wird die Ausscheiderate als Anteil der Probebäume, die zwischen zwei Erhebungsterminen aus dem Stichprobenkollektiv ausgeschieden sind, in die Auswertung der Waldzustandsdaten einbezogen. Im Wirtschaftswald wird die Ausscheiderate vor allem durch die Intensität der Nutzung beeinflusst und bietet damit an sich keinen Hinweis auf die Vitalität einer Baumart. Aus diesem Grund wurde die WZE 1993 um die Erhebung der „Ursache des Ausscheidens“ eines Probebaumes ergänzt. Damit ist es möglich ein Ausscheiden infolge geplanter, regulärer Ernteeingriffe von einem ungeplanten Verlust infolge eines biotischen oder abiotischen Schadereignisses zu trennen. Die Höhe der Ausscheiderate differenziert nach der Ursache erlaubt jetzt eine Bewertung der Stabilität der Baumart gegenüber Schadereignissen und der Überlebenswahrscheinlichkeit über den betrachteten

Zeitraum. Sie ist damit auch zu einem zusätzlicher Indikator für die Vitalität der betrachteten Baumart. Der Wert der Ausscheiderate kann sehr stark von Ereignissen an einzelnen Stichprobepunkten geprägt werden und damit von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ausfallen. Es ist daher obligat für die Interpretation die Ausscheiderate in der Zeitreihe zu betrachten.

In Rheinland-Pfalz wurde 1993 nur eine unsystematische Teilstichprobe erhoben, so dass erst seit 1994 eine Auswertung der jährlichen Ausscheiderate nach der Ursache des Ausscheidens für die Unterstichprobe möglich ist. Die Ursachen des Ausscheidens wurden zu vier Gruppen zusammengefasst: „Normal genutzt“, „Insektenbefall“, „Sturmwurf“ und „Sonstiges“. Als ausgeschieden infolge regulärer Bewirtschaftung wurden alle planmäßig genutzten Probebäume und alle infolge nicht mehr erkennbarer Ursache genutzten Probebäume gewertet. Zu den infolge Insektenbefalls ausgeschiedenen, werden die wegen Insektenbefalls außerplanmäßig genutzten Probebäume gerechnet. Als durch Sturmwurf ausgeschieden werden die wegen Sturmwurf genutzten und die nicht genutzten geworfenen und angeschobenen Probebäume gezählt. Als Sammelkategorie verbleiben die ausgeschiedenen aber nicht genutzten Probebäume, die einen Kronenbruch erlitten, aus der herrschenden Kronenschicht abgestiegenen oder infolge Feinreisigverlustes ausgesonderten toten Probebäume. Neben den Fehlern bei der Einschätzung der Ursache des Ausscheidens im Zuge der Waldzustandserhebung ist mit dieser Stratifizierung damit zu rechnen, dass der Anteil infolge Sturm- oder Insektenschäden ausgeschiedener Probebäume unterschätzt wird, da ein Ausscheiden aus unbekannter Ursache vollständig der regulären Holzernte zugeschlagen wird.

### **Regionalisierung**

Um das Interesse der Öffentlichkeit an Aussagen zum Waldzustand in verschiedenen Regionen des Landes auch in Jahren der Erhebung der Unterstichprobe zu bedienen wurde die Möglichkeit und Aussagekraft einer Regionalisierung geprüft. Hierfür wird die an den WZE-Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung (Blatt-/Nadelverlust in 5 %-Stufen) über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische Interpolationsverfahren (z.B. Kriging) modelliert. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht.

Ausgangswert ist die Kronenverlichtung am Aufnahmepunkt über alle Arten oder die ausgewählte Baumart. An etwa 11% der Aufnahmepunkte ist das Baumalter so unterschiedlich, dass eine Alterskorrektur erfolgen muss. Die Stichprobenkollektive werden für das Alter standardisiert (Herausrechnen des Alterseffekts), dann werden die Modelle für die anderen Effekte (Topographie, Klima, Boden) angepasst. Die Modellierung erfolgte zunächst für die Jahre 2001, 2004 und 2008 in denen die Vollstichprobe erhoben wurde (UDATA Hrsg. 2011). Hier wurde jeweils unabhängig voneinander eine Modellierung auf Basis der Vollstichprobe und der Unterstichprobe durchgeführt, jeweils global über alle Baumarten und getrennt für die Baumartengruppen Fichte, Buche, Eiche und Kiefer. Für den Waldzustandsbericht 2011 wurde eine Regionalisierung global über alle Baumarten und gesondert für Buche auf Basis der in 2010 und 2011 erhobenen Unterstichprobe modelliert.

Datengrundlagen:

- WZE-Daten, jahrgangswise erfasst und für jeden Probebaum in einer eigenen Zeile abgelegt.
- Topographische Merkmale, aus dem digitalen Geländemodells (Bodenauflösung 20 x 20 m) abgeleitet.
- InterMet-Klimadatensatz (Bodenauflösung 1 x 1 km) mit Temperatur, Niederschlag, Windstärke und -richtung, Luftfeuchte und Globalstrahlung, als Tages-, Monats- oder Jahreswerte.
- Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200)
- Wuchsgebiete und Wuchsbezirke als Regionen vergleichbarer Klima- und Bodenverhältnisse für Waldbäume.
- Forsteinrichtungsdaten, insbesondere Baumart und Alter, der einzelnen Waldorte.

Die Validierung der Modellrechnungen erfolgt jeweils anhand eines Teilkollektivs der WZE-Daten.

Im Ergebnis zeigt sich landesweit eine gute Repräsentanz der Unterstichprobe im Vergleich zur Vollstichprobe. Die flächig vorliegenden Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima oder Witterung tragen nur einen geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenzustandsdaten bei. Haupteinflussfaktoren sind das Alter und die Baumart. Diese Informationen liegen flächig nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald vor, die Regionalisierung muss sich daher auf den öffentlichen Wald beschränken. Bei Betrachtung einer bestimmten Baumart wird dabei nur die Waldfläche berücksichtigt, auf der diese Baumart zumindest als Beimischung stockt. Dabei liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die erreichten Bestimmtheitsmaße liegen meist um 50%, maximal bei 65%. Für die Modellierung von Waldökosystemen sind diese Werte der Bestimmtheitsmaße recht hoch. Jedoch besteht nicht in allen Jahren ein ausreichend guter Zusammenhang zwischen den zur Verfügung stehenden Parametern und der Kronenverlichtung, so dass insbesondere baumartenspezifisch nicht für jedes Erhebungsjahr eine Regionalisierung sinnvoll modelliert werden kann. Auch liegen nicht alle wichtigen bekannten Einflussfaktoren, wie Fruchtanhang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr als flächendeckende Information vor. Es darf daher auch nicht erwartet werden, dass die Modellierung die Varianz der Kronenverlichtung vollständig korrekt wiedergibt und erklären kann. Wegen des mit der Regionalisierung verbundenen Aufwandes ist beabsichtigt nur für ausgewählte Jahre und Baumarten eine Modellierung durchzuführen.

## **5) Periodische Überprüfung des WZE-Rasters auf neu anzulegende Aufnahme- punkte**

Die Einrichtung des Stichprobenrasters der WZE wurde 1984 vorgenommen. Orientiert an Gauß-Krüger-Koordinaten wurde ein 4 x 4 km-Gitternetz eingerichtet und auf die topographische Karte 1:50.000 (TK 50) aufgetragen. Basis waren dabei die km-Werte, die auch im Kartenrahmen angegeben sind, gewählt wurde dabei als potentiell südlichster Hochwert 5427000 und als potentiell westlichster Rechtswert 2512000 im 2er Streifen und 3392000 im 3er Streifen. Alle in Wald fallenden Punkte wurden unter Mithilfe des örtlich zuständigen Forstamtes in die entsprechende Forstbetriebskarte 1:10.000 übertragen und vor Ort überprüft. 1984 sind auf diese Weise 426 Stichprobenpunkte festgestellt, angelegt und aufgenommen worden, wobei das gesamte 4 x 4 km-Gitternetz 1240 Punkte umfasst.

Wurde die Waldfläche, in der ein Aufnahmepunkt liegt, gerodet und einer anderen Nutzung zugeführt, so schied er dauerhaft aus dem Stichprobenkollektiv aus. Solche ausscheidenden Aufnahmepunkte werden im Zuge der jährlichen WZE problemlos festgestellt.

Ist hingegen nach 1984 durch Erstaufforstung oder Sukzession Wald neu entstanden, wäre in dem Jahr der gesicherten Bestockung ein Aufnahmepunkt erstmals neu anzulegen. Ebenso ist denkbar, dass bei der Einrichtung des Stichprobenrasters Punkte, die damals bereits in Waldflächen fielen, übersehen wurden. Da die Vorauswahl anhand der TK 50 getroffen wurde, sind auch Kartenfehler denkbar, z.B. Wiesen, die vom bäuerlichen Privatbesitzer aufgeforstet wurden. Es liegt nahe, dass die 814 Gitternetzpunkte, die 1984 keinen Eingang in das Stichprobenkollektiv fanden, im Zuge der jährlichen WZE nicht überprüft werden konnten. Bereits die einmalige Überprüfung aller dieser Punkte vor Ort stellt einen erheblichen Arbeitsaufwand dar, der durch die zu erwartende geringe Zahl neuer Stichprobenpunkte nicht zu rechtfertigen ist. Als rationelles Verfahren für die Überwachung großer Gebiete bieten sich Methoden der Fernerkundung an, die durch gezielte Erhebungen vor Ort ergänzt werden.

### **1. Überprüfung um 1997**

In dieser Zeit ließ das Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz von der gesamten Landesfläche senkrecht aufgenommene schwarzweiß Luftbilder im Maßstab 1:34.000 fertigen. Die Landesfläche ist in einzelne Blöcke eingeteilt, welche reihum in regelmäßigem Turnus befliegen werden. Aus diesen Luftbildern werden Orthophotos im Maßstab 1:10.000 gefertigt, wobei je 4 Stück ein Blatt der topographischen Karte 1:25.000 (TK 25) abdecken. In den Orthophotos sind die Schnittpunkte des Gauß-Krüger-Koordinatennetzes gekennzeichnet. Die Forstdirektion Koblenz ließ für die Regierungsbezirke Trier und Koblenz in gleicher Weise schwarzweiß-infrarot Luftbilder fertigen und zu Orthophotos weiterverarbeiten.

Mit Hilfe des Satzes der TK 50 in dem das 4 x 4 km-Gitternetz eingezeichnet ist und anhand dessen das Stichprobenraster der Waldzustandserhebung eingerichtet wurde, können die zu überprüfenden Gitternetzpunkte im entsprechenden Orthophoto des jeweils neusten Bildfluges aufgesucht werden. Das Gitternetz der Gauß-Krüger-Koordinaten im Orthophoto gibt hier die genaue Lagedefinition des Punktes vor. An dem Punkt kann anhand der Luftbildinformation die Bodennutzungsart zum Zeitpunkt der Aufnahme des Luftbildes interpretiert werden. Die Interpretation beschränkt sich dabei auf zwei Fälle:

- Wald eindeutig auszuschließen oder
- Wald nicht eindeutig auszuschließen.

Das Interpretationsergebnis wurde mit der Jahreszahl des Bildfluges in der topographischen Karte vermerkt. Bei Punkten an denen Wald nicht eindeutig auszuschließen war, wurde eine einfache Lageskizze anhand des Orthophotos gezeichnet. Junge Waldbestände, Forstkulturen, Brachland, Buschland, Hochstaudenfluren, Kleingärten oder Wochenendsiedlungen mit dichtem Baumbestand sind in den Orthophotos nicht immer eindeutig zu trennen.

Die so aufgefundenen Punkte wurden mit der Information der TK 25 neuester Auflage verglichen, einzelne Punkte (z.B. Park, Gärten) konnten so ausgegliedert werden. Die übrigen Punkte sind ab-

schließlich vor Ort zu überprüfen. Die Punkte werden hierbei gutachterlich anhand der Lageskizze und der TK 25 unter Zuhilfenahme von Maßband und Bussole im Gelände aufgesucht. Wird dabei festgestellt, dass der Sollmeßpunkt in eine de facto Waldfläche fällt, die nach Bestockung, Größe und Form zur Anlage eines Aufnahmepunktes geeignet ist, wird gleichzeitig der Sollmeßpunkt und die 4 Satelliten markiert und eine Anfahrtsbeschreibung gefertigt. Die erforderlichen Bestandesdaten werden von den örtlich zuständigen Forstämtern erhoben, die auch den jeweiligen Waldbesitzer über die Neueinrichtung eines WZE-Punktes unterrichten. Der neue Aufnahmepunkt wird dann bei der nächsten anstehenden WZE vom Aufnahmeteam regulär aufgesucht und erstmals erhoben.

## **2. Überprüfung um 2012**

Das Landesamt für Vermessung und Geodaten Rheinland-Pfalz fertigt seit 2007 von der gesamten Landesfläche senkrecht aufgenommene digitale 4-Kanal Luftbilder. Die Landesfläche ist hierfür in zwei Blöcke eingeteilt, welche jährlich wechselnd befliegen werden. Die Luftbilder werden zu digitalen Orthophotos (DOP) mit einer Bodenauflösung von 20 cm weiterverarbeitet, seit 2011 geocodiert in dem neuen Landesreferenzsystem ETRS1989 UTM32 Nord. Die DOP stehen Landesforsten zur Verfügung und können in ein Geographisches Informationssystem (GIS) eingelesen werden. Die Sollkoordinaten des potentiellen Rasters der Waldzustandserhebung (WZE) wurden mit dem Transformationsprogramm des Landesamtes für Vermessung in UTM32n umgerechnet und können so mit den neusten DOP überlagert werden. Durch die Transformation ergeben sich in UTM „krumme“ Sollkoordinaten, die auf ganze Meter gerundet wurden. Der „Knick“ entlang des Gauß-Krüger-Gitternetzsprunges bleibt erhalten, obgleich Rheinland-Pfalz vollständig in der Zone UTM32n liegt.

Die potentiellen Gitternetzpunkte können nun im GIS angesteuert werden. Die Interpretation der DOP und das weitere Vorgehen erfolgt analog dem von 1997 unter Ausnutzung der neusten technischen Möglichkeiten. Die „Lageskizze“ kann direkt aus dem GIS ausgedruckt werden. Für die Überprüfung vor Ort wird der Sollmeßpunkt mit Hilfe eines DGPS aufgesucht. Für Punkte, die im DOP direkt im Waldrandbereich liegen, wird dabei genauer geprüft, ob sie innerhalb oder außerhalb des Waldes liegen. Die Istkoordinaten des Aufnahmepunktes entsprechen damit auch seinen Sollkoordinaten mit der erreichten Genauigkeit des DGPS.

## **6) Gegenüberstellung verschiedener landesweiter Stichproben**

Neben den Kollektiven der WZE liegen auch die Stichprobenpunkte der zweiten Bundeswaldinventur (BWI 2) auf einem systematischen, landesweiten Raster. Die BWI 2 wurde in den Jahren 2002 in einem zur Landeswaldinventur verdichteten Erhebungsraster von 2 x 2 km durchgeführt; dabei wurden 56.689 Probebäume an 2810 Aufnahmepunkten erfasst (BMELV 2004). Es liegt daher nahe das WZE-Raster dem der BWI 2 gegenüber zu stellen, wobei das dichtere BWI 2-Raster mutmaßlich einen geringeren Fehler aufweist. Der Vergleich dieser beiden flächenrepräsentativen Stichproben gibt einen Hinweis darauf, wie gut das WZE-Raster den rheinland-pfälzischen Wald widerspiegelt. Die Forsteinrichtung erhebt in einem eigenen Verfahren flächendeckende Informationen für die im öffentlichen Besitz befindlichen Forstbetriebe, das sind rund 70 % der Waldfläche. Die zusammengefassten Informationen der Forsteinrichtung, ergeben damit ein recht genaues Bild der

Waldverhältnisse, unterliegen jedoch einer unbekanntenen, systematischen Abweichung, da die ungleichmäßig verteilten Waldflächen in privatem Besitz nicht mit einbezogen sind.

### **Waldflächenanteile**

Das 4 x 4 km Raster der WZE erfasst 1240 potentielle Punkte in Rheinland-Pfalz. Im Jahr 2011 sind 465 Aufnahmepunkte angelegt oder ruhen befristet nach Nutzung des Waldbestandes. 5 weitere Punkte kommen hinzu, die in Waldfläche fallen, aber an denen aufgrund der Baumartenzusammensetzung oder des Flächenzuschchnitts die Anlage der WZE-Stichprobe nicht möglich ist. In dem Raster der WZE-Stichprobe sind somit 470 Waldpunkte. Aus dem WZE-Stichprobenraster ergibt sich damit ein Waldflächenanteil von 37,9 %. In der BWI 2 wurde ein Waldflächenanteil von 42,1 % erhoben. Hinsichtlich der Waldfläche liegt das Raster der WZE damit um 10 % zu niedrig. Um den Waldflächenanteil der BWI 2 zu repräsentieren, müssten insgesamt 522 Rasterpunkte (52 Punkte zusätzlich) auf Waldfläche fallen. Aus der Unterstichprobe- Bodenzustandserhebung ergibt sich ein Waldflächenanteil von 36,2 %, aus der EU-Level I Stichprobe 35,6 %. Auch für diese beiden Raster ist die bestehende Anzahl an Aufnahmepunkten damit (um 27 bzw. 5 Punkte) zu gering.

### **Baumartenvorkommen**

In den Erhebungen werden die forstwirtschaftlich bedeutsamen Arten eigens erfasst, einige Arten aber auch nur unter ihrem Gattungsnamen zusammengefasst. Selten vorkommende Baumarten und landespflegerisch bedeutsame, hochwachsende Sträucher werden erst seit den letzten Jahren artspezifisch aufgeführt, früher wurden sie schlicht unter den Sammelbezeichnung übrige Edellaubbäume, übrige Laubbäume oder übrige Nadelbäume notiert.

| <b>Stichprobe</b>       | Forsteinrichtung | BWI 2 | WZE - 4x4 | WZE - BZE |
|-------------------------|------------------|-------|-----------|-----------|
| <b>Anzahl Baumarten</b> | 57               | 48    | 39        | 30        |

Anzahl der in den verschiedenen Inventuren explizit festgestellten Arten (bzw. Gattungen) an Bäumen und baumartigen Sträuchern.

Erwartungsgemäß ist die Anzahl erfasster Arten geringer, je grobmaschiger die Stichprobe wird. Es bleibt darüber hinaus festzuhalten, dass in der BWI 2 gegenüber der Forsteinrichtung 4 zusätzliche Arten festgestellt wurden und auf dem Raster der Vollstichprobe der WZE noch einmal 2 weitere, so dass insgesamt 64 verschiedene Baumarten oder hochwachsende Sträucher in den rheinland-pfälzischen Wäldern nachgewiesen sind. Die Stichproben sind damit nicht geeignet das Spektrum der Gehölzarten der rheinland-pfälzischen Wälder zufriedenstellend wiederzugeben.

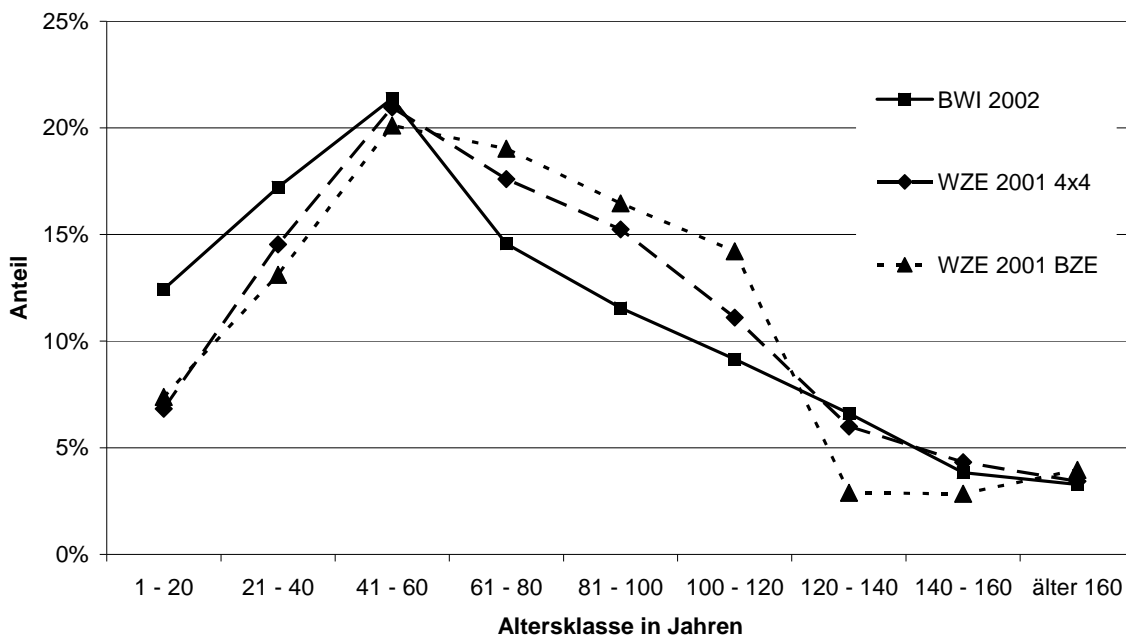
### **Baumartenanteile und Alterklassenverteilung**

Die BWI 2 wurden in den Jahren 2001 bis '02 durchgeführt, für den Vergleich wird daher die Vollstichprobe der WZE 2001 herangezogen. Wiedergegeben sind ideelle Flächenanteile.



| Baumart   | BWI 2 | WZE 2001 4x4 | WZE 2001 BZE |
|-----------|-------|--------------|--------------|
| Fichte    | 22,9% | 28,4%        | 31,3%        |
| Buche     | 21,3% | 19,6%        | 18,3%        |
| Eiche     | 19,9% | 17,9%        | 16,6%        |
| Kiefer    | 10,9% | 15,1%        | 14,4%        |
| Douglasie | 5,8%  | 4,0%         | 2,9%         |
| Lärche    | 2,6%  | 3,3%         | 3,9%         |
| Tanne     | 0,6%  | 0,5%         | 0,7%         |
| sLbh      | 16,1% | 11,1%        | 11,8%        |
| sNdh      | 0,0%  | 0,1%         | 0,1%         |

Baumartenanteile in verschiedenen landesweiten Stichprobenkollektiven



Verteilung der Altersklassen in den verschiedenen landesweiten Stichprobenkollektiven über alle Baumarten

Die Anteile von Fichte und Kiefer liegen im Kollektiv der WZE merklich über dem der BWI 2, die Anteile der Laubbäume sind entsprechend geringer. Die Altersklassenverteilung nach WZE ist gegenüber der nach BWI 2 deutlich nach rechts verschoben, das WZE-Kollektiv im Schnitt also älter. Dieser Unterschied ist bei Fichte, Buche, Eiche und Kiefer gleichermaßen festzustellen. Es bestehen damit systematische Unterschiede zwischen den Kollektiven der BWI 2 und der WZE.

Für die BWI 2 wurden die Baumartenanteile per Winkelzählprobe an den Traktecken ermittelt. Dabei werden alle Bäume ab Derbholtzgrenze ( $BHD \geq 7$  cm) in allen Schichten erfasst, bei der Altersklassenverteilung sind auch Verjüngungen unter Schirm mit berücksichtigt. Die WZE erfasst dagegen nur die herrschenden Bäume der obersten Baumschicht. Der Unterschied in der Ziehung der

Stichproben erklärt die beobachteten Unterschiede zumindest teilweise und ist bei der Bewertung zu beachten.

## Literatur:

AG KRONENZUSTAND (2007) Arbeitsgemeinschaft Kronenzustand des Bundes und der Länder in Deutschland: Waldbäume, Bilderserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen, Verlag M. Faste, Kassel, 130 S.

BLOCK J., BOPP O., GATTI M., HEIDINGSFELD N., ZOTH R. (1991): Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland Pfalz. Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz, Trippstadt, Nr. 17/91, 237 S.

BLOCK J., GAUER J. (2012): Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Nr. 70/12, 229. S.

BMELF Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1993): Terrestrische Waldschadenserhebung - Aufgaben, Methoden und Stellenwert. BMELF Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn

BMELF Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1997): Stellungnahme zur Erhebung des Waldzustandes und Empfehlung zur Weiterentwicklung des Verfahrens. Bonn, September 1997, 33S.

BMELV Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2004): Die zweite Bundeswaldinventur - BWI<sup>2</sup> Das Wichtigste in Kürze. Internetpräsentation des BMELV Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn <http://www.bundeswaldinventur.de/enid/18b338ef29d0bfb0e85577c1de617d76,0/31.html>

BOSSHARD W (Hrsg.) (1986): Sanasilva, Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten, Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen Birmensdorf, 98 S.

ENGELS F., (2002): Qualitätssicherung der Terrestrische Waldschadenserhebung (TWE), Abstimmung in der Beurteilung der Kronenverlichtung zwischen dem Personal der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) sowie Schulung und Abstimmung des Aufnahmepersonals der TWE in der Beurteilung der Kronenverlichtung. Verfügbar als Download auf der Homepage der FAWF / Forschungsschwerpunkte / Waldschadenserhebung / Befunde ab 1984 / Statistische Übersichten, 13 S. + Anhang 27 S.  
<http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/index.htm?umweltmonitoring/befunde.html>

FRAUDE H.-J., (1987): Zur Anzahl der Nadeljahrgänge der Waldkiefer. Untersuchungen im Rahmen von Waldschadenserhebungen in Rheinland-Pfalz. Der Forst- und Holzwirt 42, H. 15, S. 415-417

ROLOFF A. (1985): Schadstufen bei der Buche. Vorschlag für eine bundeseinheitliche Einordnung der Buche in 4 Schadstufen bei terrestrischen Aufnahmen. Der Forst- und Holzwirt 40, H. 5, S. 131-133

ROLOFF A. (1986): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben der Universität Göttingen, Bd. 18

ROLOFF A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus der forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Nr. 93, 258 S.

SABOROWSKI J.; DAHM, S., ACKERMANN, J. (1997): Stichprobentheoretische Analyse der Waldschadenserhebung in Niedersachsen. AFJZ, im Druck.

SCHÖPFER W. und HRADECKY J. (1983): Zielsetzung, Methoden und Probleme der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Brg. Heft 107

SCHÖPFER W. (1985): Zur Genauigkeit terrestrischer Waldschadensinventuren. Der Forst- und Holzwirt Nr. 8, S. 221-224.

UDATA Forschungs- und Consulting-Büro (Hrsg.) (2010 und 2011): Modellierung der regionalen Verteilung der Waldschäden in Rheinland-Pfalz, Erweiterung um Baumalter und Baumart, für die Jahre 2010 und 2011. Unveröffentlichte Abschlussberichte für die FAWF

UN/ECE United Nations Economic Commission for Europe, ICP Forests (Hrsg.) (2010): Manuals on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>