

**DIE BEEINFLUSSUNG DER WACHSSTRUKTUREN
VON FICHTENNADELN DURCH IMMISSIONEN AM
BEISPIEL VON BRIXLEGG. EINE STUDIE MIT DEM
RASTERELEKTRONENMIKROSKOP**

ZWISCHENBERICHT



**DIE BEEINFLUSSUNG DER
WACHSSTRUKTUREN VON FICHTENNADELN
DURCH IMMISSIONEN AM BEISPIEL VON
BRIXLEGG.
EINE STUDIE MIT DEM
RASTERELEKTRONENMIKROSKOP.
ZWISCHENBERICHT**

UBA-BE-032

Wien, April 1995

Bundesministerium für Umwelt



Autoren: Cristina Trimbacher

Projektleitung: Cristina Trimbacher

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen und EDX-Analysen:
Andreas Knieschek, Cristina Trimbacher

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, April 1995

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-238-7

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Standortsbeurteilung	2
2.1. Brixlegg	2
2.2 Linz	7
3. Zusammenfassung	10
Abbildungen	12



1. EINLEITUNG

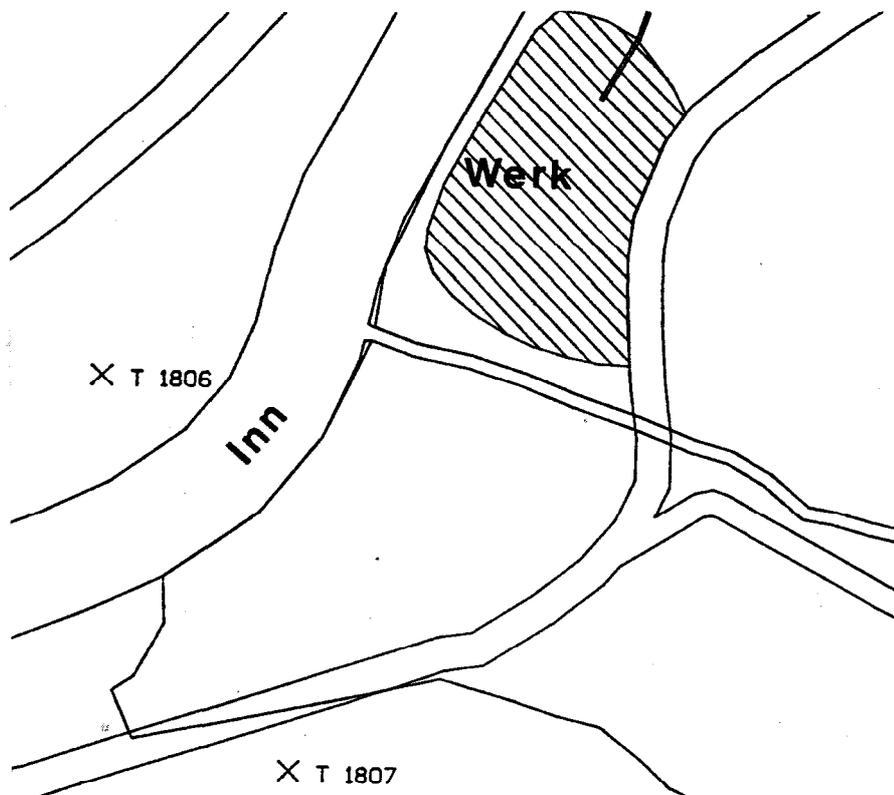
Im Rahmen einer Studie des Umweltbundesamtes wurde eine neue, standardisierte Methode zur Klassifizierung von Nadelwachsverschmelzungen bei Fichten mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) entwickelt. Diese Evaluierungsmethode beruht auf einer Einteilung der im REM beobachtbaren Strukturveränderungen der Stomatawachse (Grad der Wachsverschmelzung in % der Gesamtstomatafläche) in fünf Qualitätsklassen. Damit werden erstmals vergleichbare Ansprachen der Wachsqualität von Fichtennadeln möglich. Mit Hilfe dieses neuen Beurteilungsschlüssels wurden in der vorliegenden Arbeit erstmals Nadelproben von Industriestandorten untersucht. Altes Nadelmaterial (1. Nadeljahrgang 1987 und 1989) wurde bewertet und mit dem 1. Nadeljahrgang 1994 verglichen. Dadurch wird eine aktuelle Beurteilung der Nadelwachsqualität im Vergleich zum damaligen Zustand möglich.

2. STANDORTSBEURTEILUNG

2.1. Brixlegg

Seit dem Jahre 1953 wird in der Kupferhütte der Montanwerke Brixlegg Ges. m. b. H. am Standort Brixlegg (Tirol) im Unterinntal eine Elektrolyseanlage zur Kupferraffination betrieben. Nachweislich verursachten die Emissionen der Anlagen starke Waldschäden. Durch entsprechende emissionsreduzierende Maßnahmen seit dem Jahre 1989 (Installation einer Nachverbrennungsanlage am Schachtofen) sollte es mittlerweile zu einer Verbesserung der Umweltsituation gekommen sein.

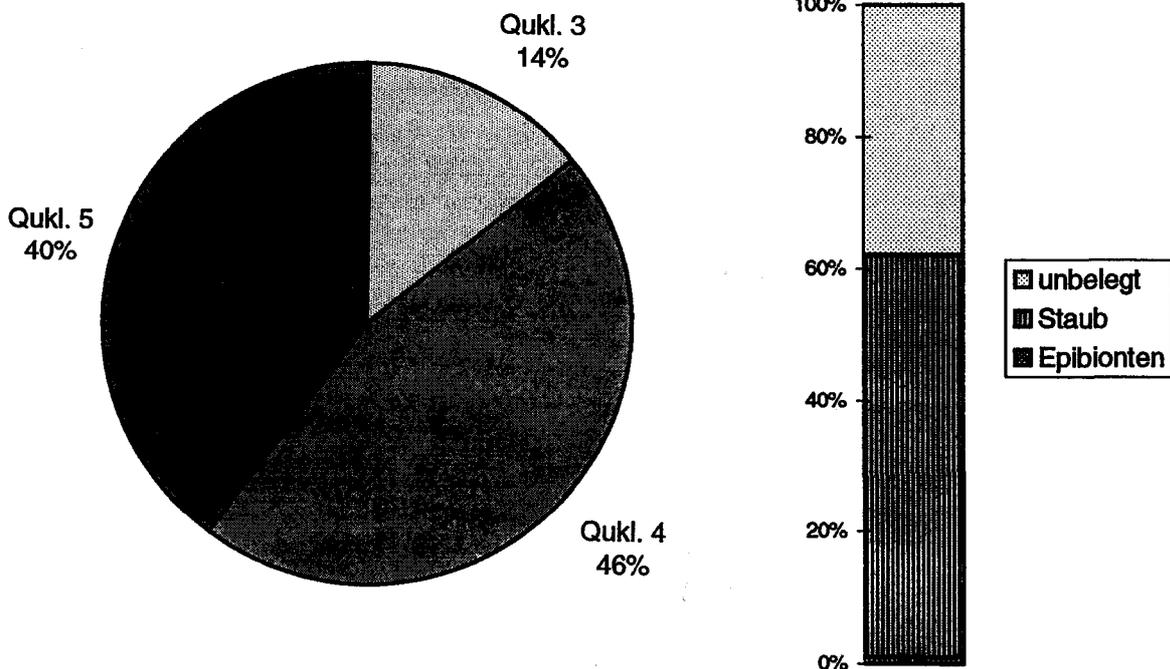
Zur Untersuchung von Fichtennadeln boten sich die Standorte Matzenköpfl (Hauptbelastungsgebiet) und Kramsach an, da von diesen Gebieten auch älteres Nadelmaterial verfügbar war und umfangreichere Daten vorliegen.



*Lageskizze der Probenahmestellen von Fichtennadeln im Raum Brixlegg.
T 1806...BIN-Standort li. Innufer / Kramsach
T 1807...BIN-Standort Matzenköpfl (Hauptwindrichtung)*

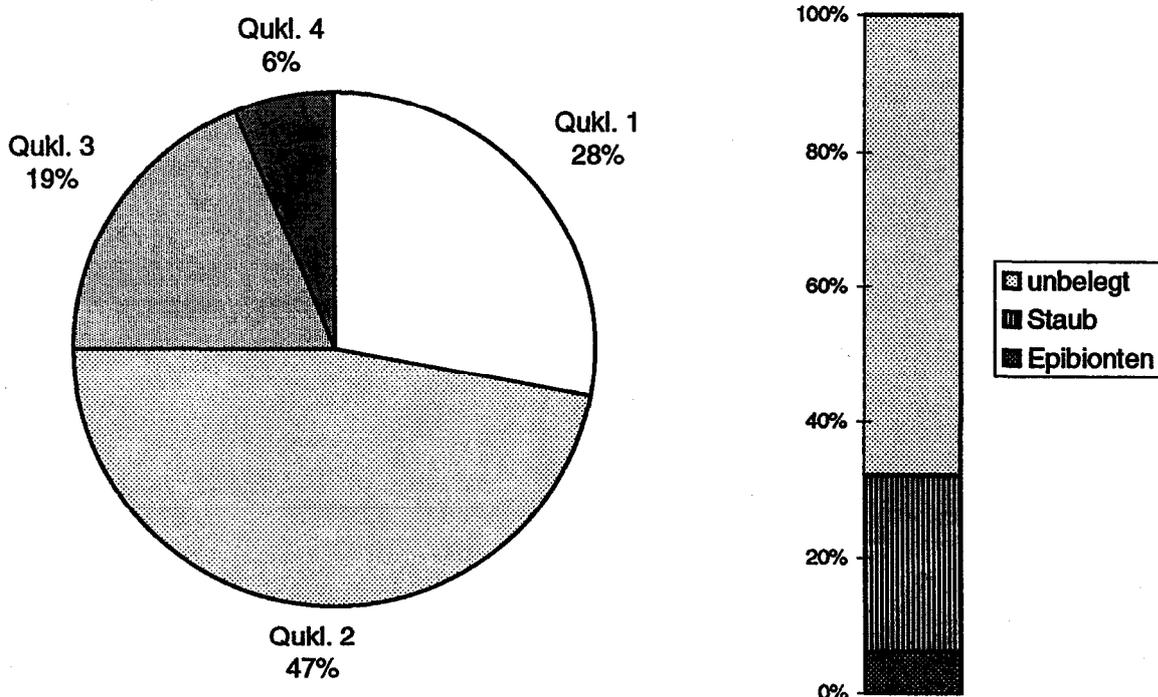
2.1.1. Matzenköpfl

Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges 1987 des Standortes 1807 des Tiroler Bioindikatornetzes wiesen eine mittlere Wachsqualität von $MW 4,2 \pm SD 0,63$ auf. Dieser schlechte Erhaltungszustand der Stomatawachse entspricht Gesamtbewertungsklasse 4 (= starke Beeinträchtigung). Keine einzige Spaltöffnung konnte Qualitätsklasse 1 bzw. Qualitätsklasse 2 zugeordnet werden. Nur 14 % entsprachen Qualitätsklasse 3. Jeweils fast die Hälfte der untersuchten Stomatawachse mußte mit Qualitätsklasse 4 und 5 beurteilt werden. Auffällig war, daß insgesamt 61 % der bewerteten Spaltöffnungen erheblich durch Staubpartikel kontaminiert waren. Die EDX-Analyse dieser Partikel ergab neben den Elementen Silicium und Calcium auch beträchtliche Anteile an Eisen (Seite 12).



Matzenköpfl. 1. Njg. 1987: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

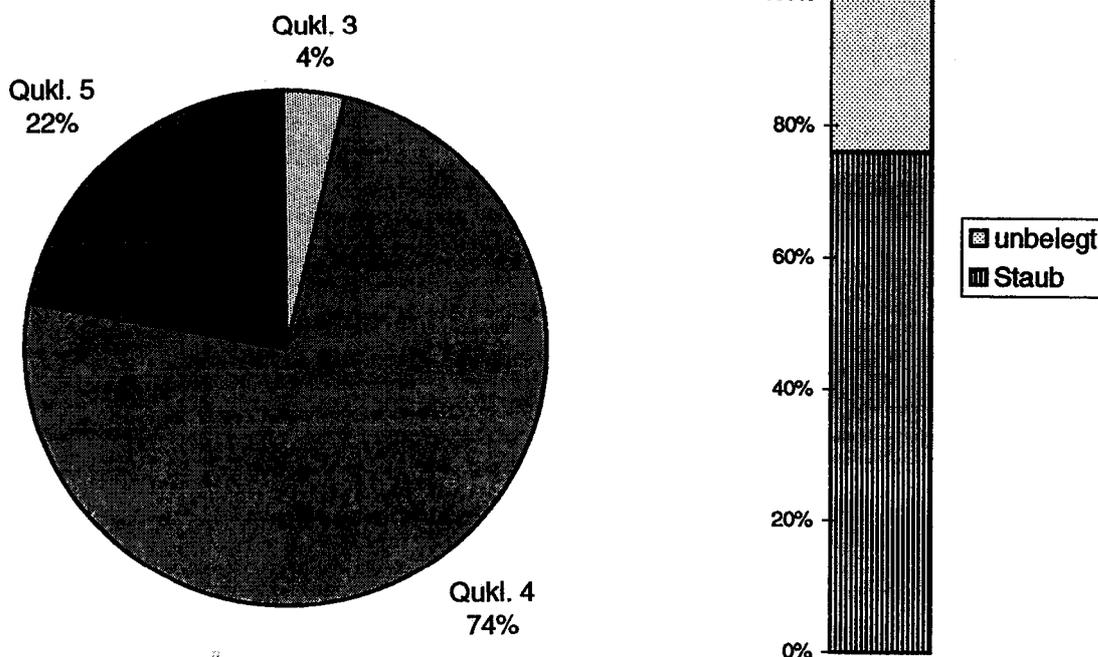
Im Vergleich dazu zeigten die Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges 1994 eine bedeutend bessere Wachsqualität. Mit einem Mittelwert von $2,0 \pm 0,73$ konnten die Stomatawachse Gesamtbewertungsklasse 1 zugeordnet werden. Fast die Hälfte der untersuchten Stomatawachse konnten mit Qualitätsklasse 2 bewertet werden. Wachsdegradationen, entsprechend Qualitätsklasse 5, konnten an keiner der untersuchten Stomatawachse gefunden werden. Die Belegung der Nadeloberfläche durch Staubpartikel war mit 26 % vergleichsweise geringer als die für den 1. Nadeljahrgang 1987 ermittelte Staubbelegung. Diese setzte sich aus den Elementen Aluminium, Silicium, Schwefel, Chlor, Kalium und Calcium zusammen. Eisen konnte in geringen Mengen im Elementspektrum detektiert werden (Seite 12). Dieser Umstand, nämlich ein guter Erhaltungszustand der epistomatären Wachsstrukturen sowie eine geringere Staubbelastung lassen auf eine rückläufige Belastungssituation schließen.



Matzenköpfl. 1. Njg. 1994: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

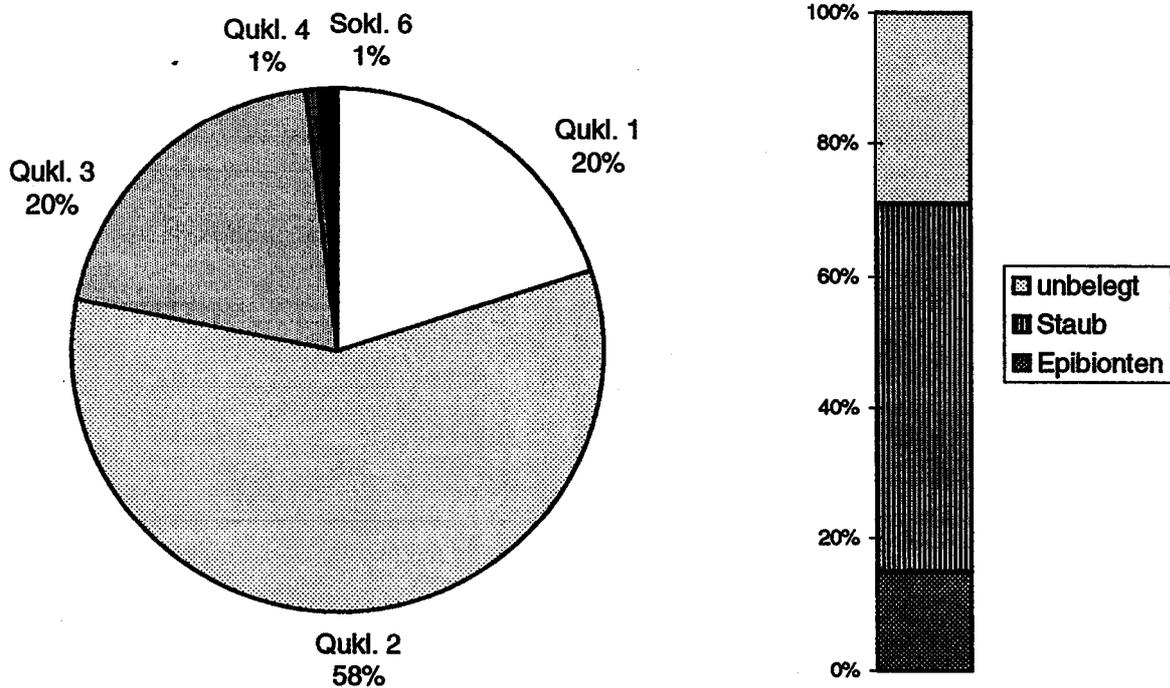
2.1.2. Kramsach

Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges 1987 des Standortes 1806 des Tiroler Bio-indikatornetzes wiesen eine mittlere Wachsqualität von $MW 4,2 \pm SD 0,36$ auf. Auch hier ergab sich durch den schlechten Erhaltungszustand der Stomatawachse eine Einstufung entsprechend Gesamtbewertungsklasse 4. Wieder konnte keine einzige Spaltöffnung Qualitätsklasse 1 bzw. 2 zugeordnet werden, nur 4 % entsprachen Qualitätsklasse 3. Annähernd $\frac{1}{4}$ der untersuchten Stomatawachse mußten mit Qualitätsklasse 4, der Rest von 22% Qualitätsklasse 5 zugeordnet werden. Wiederum kam es zu einer sehr hohen Kontamination durch Staubpartikel (76%). Die EDX-Analysen der anhaftenden Fremdpartikel wiesen neben den üblicherweise vorhandenen Elementen Silicium, Kalium und Calcium (Untergrundgestein) ebenso Eisen, und in geringerem Maße Titan, Nickel, Kupfer und Zink aus (Seite 13). Diese metallischen Komponenten lassen eine Immissionsbeeinflussung durch die Kupferhütte vermuten.



Kramsach, 1. Nig. 1987: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

Im Gegensatz dazu ergaben die Untersuchungen an Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges 1994 eine mittlere Wachsqualität von $MW 2,1 \pm SD 0,80$ entsprechend der Gesamtbewertungsklasse 1. Diese erhebliche Verbesserung des Wachszustandes gegenüber Fichtennadeln aus 1987 begründet sich in der geänderten Qualitätsklasseneinteilung (Qukl. 1: 20%, Qukl. 2: 58%, Qukl. 3: 20%). Nur jeweils 1% der untersuchten Stomatawachse mußte Qualitätsklasse 4 bzw. Sonderklasse 6 zugeordnet werden. Auch die Belegung der Spaltöffnungen mit Staub war zurückgegangen (56%), während der Epibiontenbelag mit 15% einen mäßigen Anstieg verzeichnete. Die durch die EDX-Analyse ermittelte elementare Zusammensetzung der Staubteilchen war mit der des 1. Nadeljahrganges 1987 vergleichbar (Aluminium, Silicium, Chlor, Kalium, Calcium, Eisen, Kupfer und Zink, siehe Seite 13).

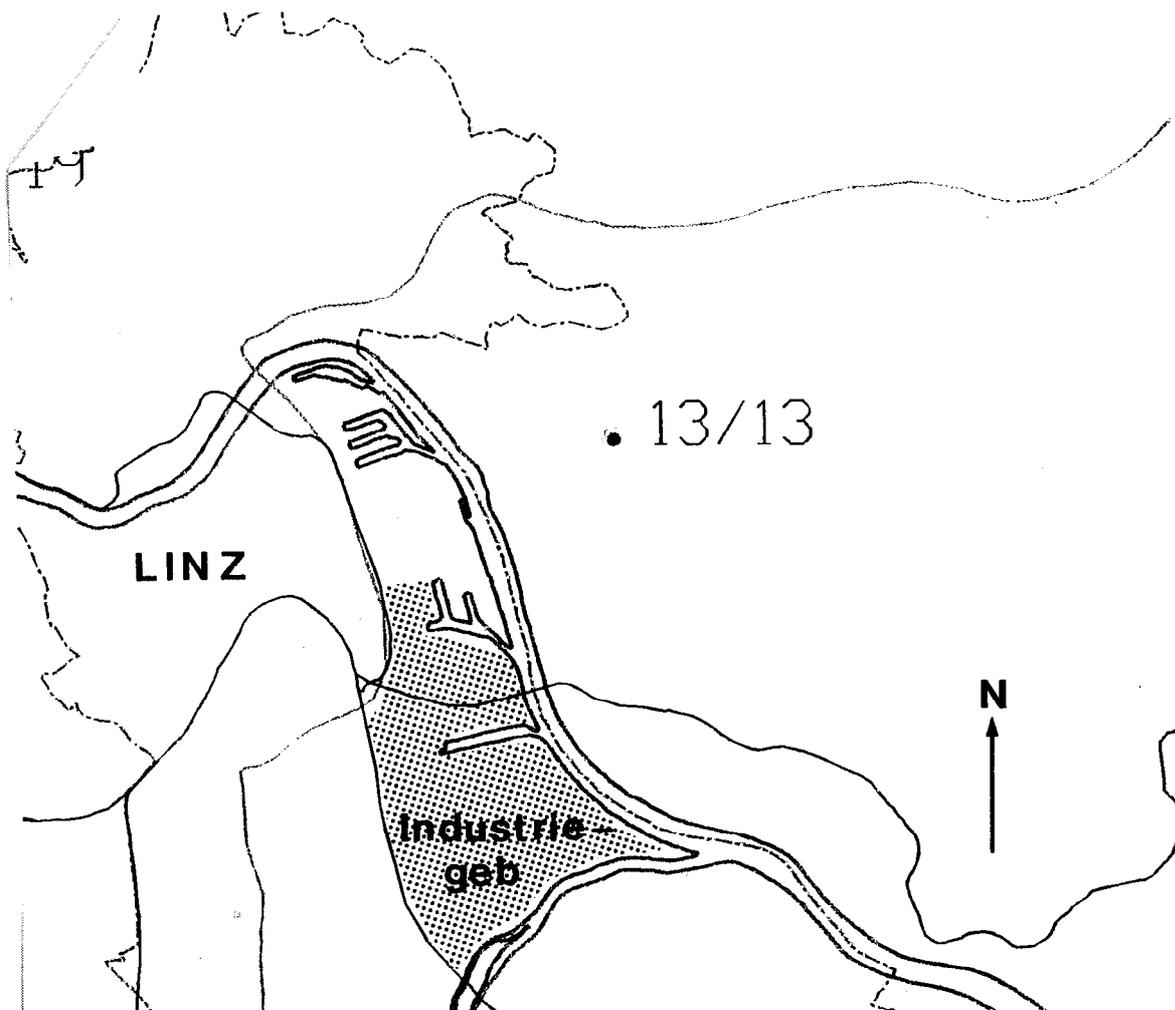


Kramsach, 1. Njg. 1994: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

2.2. Linz

Der industrielle und urbane Ballungsraum Linz gilt als durch Schadstoffimmissionen stark beeinflusstes Gebiet. Neben dem Hausbrand und dem starken Verkehrsaufkommen tragen die Stickstoffwerke AG und die VÖEST Alpine AG zu einer beträchtlichen Emission von Schadstoffen bei. Vor allem östlich des Industriegebietes im Raum Steyregg (Prallhang - Pfenningberg) können nach wie vor Rauchschäden an den Waldbeständen beobachtet werden.

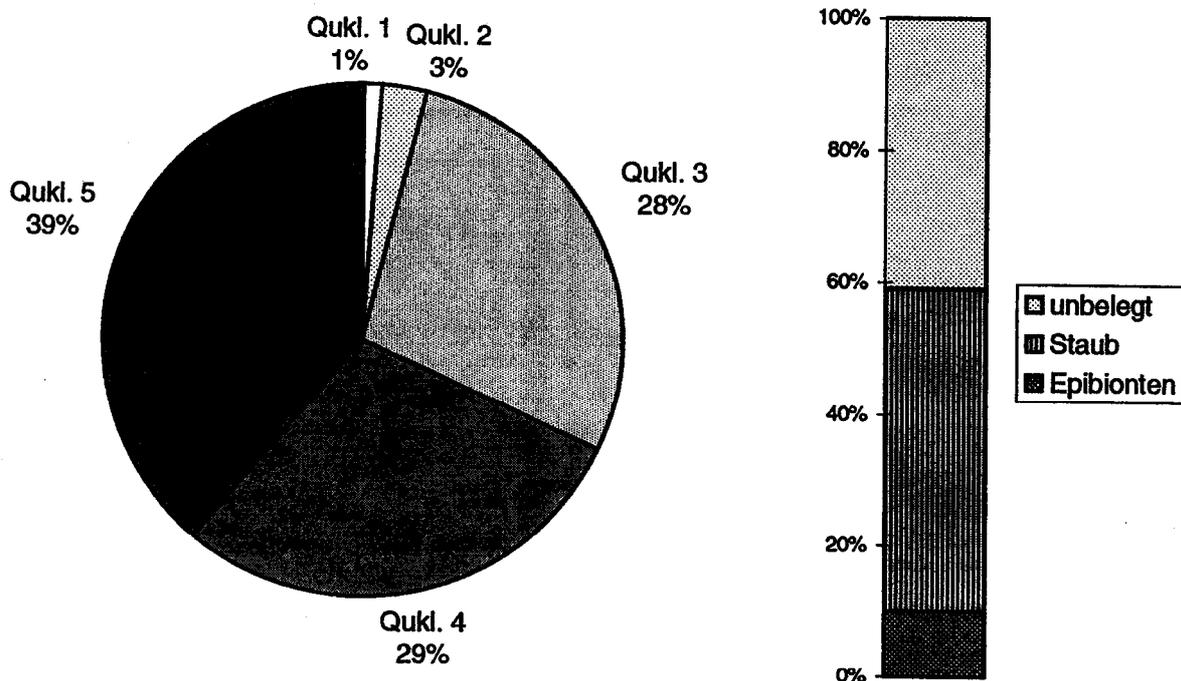
Für die Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop stand Nadelmaterial vom Pfenningberg zur Verfügung.



Lageskizze der Probenahmestelle von Fichtennadeln im Raum Linz.
BIN 13/13...Pfenningberg bei Steyregg

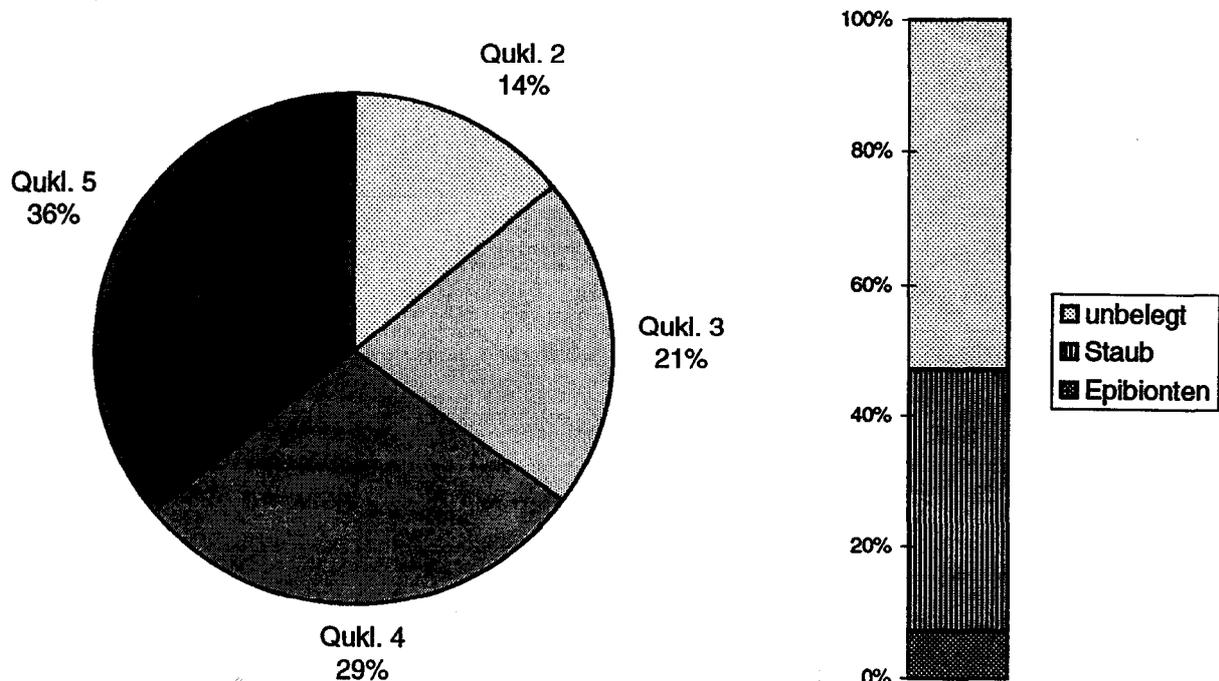
2.2.1. Pfenningberg

Für Nadelmaterial des 1. Nadeljahrganges 1989 wurde eine mittlere Wachsqualität von $MW 4,0 \pm SD 0,89$ entsprechend Gesamtbewertungsklasse 4 ermittelt. Diese starke Beeinträchtigung der epistomatären Nadelwachse ergab sich sowohl aus dem fast gänzlichen Fehlen intakter Stomatawachse (nur 1 % Qukl. 1, 3 % Qukl. 2), als auch aus der prozentuellen Verteilung in den drei übrigen Qualitätsklassen (39 % Qukl. 5). An 49 % der untersuchten Spaltöffnungen konnten Staubpartikel beobachtet werden. Im Elementspektrum konnten die metallischen Komponenten Titan, Eisen und Zink detektiert werden (Seite 14).



Pfenningberg, 1. Nig. 1989: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges 1994 zeigten eine mittlere Wachsqualität von $MW\ 3,8 \pm SD\ 1,01$. Diese Beurteilung entspricht, ebenso wie für den 1. Nadeljahrgang 1989, Gesamtbewertungsklasse 4. Keine einzige Spaltöffnung konnte Qualitätsklasse 1 zugeordnet werden. 36 % hingegen mußten aufgrund der erhöhten Degradation der Wachsstrukturen mit Qualitätsklasse 5 bewertet werden. An 40 % der untersuchten Spaltöffnungen konnten anhaftende Staubpartikel beobachtet werden. Die EDX-Analyse ergab hier ebenso Titan, Eisen und Zink als metallische Komponenten (Seite 14). Die Belegung der Nadeloberfläche mit Epibionten war gering (7%). Zwar war die Belegung der Nadeloberfläche mit Staubpartikeln geringer als die für den 1. Nadeljahrgang 1989, doch kann die Wachsqualität als kaum verbessert (1. Njg. 1989: $MW\ 4,0 \pm SD\ 0,89$, 1. Njg. 1994: $MW\ 3,8 \pm SD\ 1,01$) bezeichnet werden. Diese schlechte Wachsqualität der Fichtennadeln vom Standort Pfenningberg, östlich von Linz, läßt sich vermutlich auf eine nach wie vor anhaltende Emissionsbelastung aus dem Linzer Stadtgebiet zurückführen.



Pfenningberg, 1. Njg. 1994: Darstellung der prozentuellen Verteilung der Wachsqualität in den einzelnen Qualitätsklassen (Kreisdiagramm) sowie der Partikelbelegung (Balkendiagramm).

3. ZUSAMMENFASSUNG

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen, daß bei Fichtennadeln aus belasteten Gebieten (Industriestandorte, urbane Ballungsräume) allgemein mit einem erhöhten Degradationsgrad der Stomatawachse, d. h. mit einer schlechteren Wachsqualität zu rechnen ist.

Die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen von Nadelwachsen aus dem Raum Brixlegg ergaben für den 1. Nadeljahrgang 1987, sowohl für den Standort Matzenköpfl (Prallhang) als auch für den Standort Kramsach, eine mittlere Wachsqualität entsprechend Gesamtbewertungsklasse 4. Diese starke Beeinträchtigung der Stomatawachse läßt sich auf den Einfluß der lokalen Kupferhütte Brixlegg zurückführen. Weiters konnte an den Nadeloberflächen eine dichte Staubauflage beobachtet werden, die auch metallische Komponenten wie Eisen, Titan, Nickel, Kupfer und Zink enthielt. Im Vergleich dazu konnte für den 1. Nadeljahrgang 1994 derselben Untersuchungsstandorte eine mittlere Wachsqualität entsprechend Gesamtbewertungsklasse 1 ermittelt werden. Die Belegung der Nadeloberfläche mit Staubpartikeln war ebenso weitaus geringer als im Jahre 1987. Die erheblich bessere Wachsqualität und die relativ geringe Staubebelegung der Fichtennadeln lassen auf einen Rückgang der Immissionsbelastung in diesem Gebiet seit 1987 schließen. Um diese Befunde jedoch noch bestätigen zu können, sind weiterführende Untersuchungen notwendig. Es ist daran gedacht, im Rahmen einer Zeitreihe den Entwicklungsverlauf der Immissionsbelastungen im Raum Brixlegg kontinuierlich weiter zu verfolgen.

An Fichtennadeln aus dem Raum Linz konnte keine Veränderung der Wachsqualität beobachtet werden. Sowohl die Stomatawachse des 1. Nadeljahrganges 1989 als auch die des 1. Nadeljahrganges 1994 mußten aufgrund der starken Beeinträchtigung ihrer Wachsstrukturen mit Gesamtbewertungsklasse 4 beurteilt werden. Weiters wurden an beiden untersuchten Nadeljahrgängen Staubpartikel mit einer vergleichbaren elementaren Zusammensetzung beobachtet. Als metallische Komponenten wurden in den EDX-Spektren stets die Elemente Titan, Eisen und Zink aus-

gewiesen. Die erhebliche Beeinträchtigung der Nadelwachse am Standort Pfenningberg, östlich der Stadt und des Industriegebietes Linz gelegen, lassen sich auf die permanente Immissionsbelastung dieses städtischen und industriellen Ballungsraumes zurückführen. Zur Bestätigung der bis zum jetzigen Zeitpunkt vorliegenden Zwischenergebnisse und zur Kontrolle der Umweltsituation in diesem Gebiet erscheinen jedoch weiterführende Untersuchungen der Nadelwachse angebracht.

