

Martina Bartel, Roland Klein, Martin Paulus, Markus Quack, Kathrin Tarricone, Diana Teubner, Gerhard Wagner
Universität Trier, FB VI – Biogeographie, Wissenschaftspark Trier-Petrisberg, D-54286 Trier

Inhaltsverzeichnis

1 Umweltprobenbank des Bundes	2
2 Zielsetzung dieser Richtlinie	2
3 Funktion der Probenart	2
4 Zielkompartimente	3
5 Festlegungen für die Probenahme	3
5.1 Auswahl und Abgrenzung der Probenahmeflächen	3
5.2 Auswahl der Individuen und Stichprobengröße	3
5.3 Probenahmezeitraum und -häufigkeit	4
5.4 Gebietsbezogener Probenahmeplan	4
6 Durchführung der Probenahme	4
6.1 Erforderliche Ausrüstung und Reinigungsvorschriften	5
6.2 Probenahmetechnik	5
7 Biometrische Probencharakterisierung	6
8 Literatur	6

Anhang: ▪ Checkliste zur Vorbereitung und Durchführung der Probenahme
 ▪ Probendatenblätter

Verfahrensrichtlinien für Probenahme, Transport, Lagerung und chemische Charakterisierung von
Umwelt- und Humanproben

Stand: Juli 2009, V 2.0.1

1 Umweltprobenbank des Bundes

Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) ist ein Instrument der Umweltbeobachtung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter fachlicher und administrativer Koordinierung des Umweltbundesamtes (UBA). Die UPB sammelt ökologisch repräsentative Umweltproben sowie Humanproben, lagert sie ein und untersucht sie auf umweltrelevante Stoffe (BMU 2008).

Die Langzeitlagerung erfolgt unter Bedingungen, die eine Zustandsveränderung oder einen Verlust chemischer Eigenschaften über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten weitestgehend ausschließen. Damit stellt das Archiv Proben für die retrospektive Untersuchung solcher Stoffe bereit, deren Gefährdungspotential für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit heute noch nicht bekannt ist.

Umfassende Informationen zur UPB sind unter www.umweltprobenbank.de verfügbar.

2 Zielsetzung dieser Richtlinie

Die Probenahme ist der erste und wichtigste Schritt zur Sicherung der Proben- und Datenqualität. Sie erfolgt nach fachlich begründeten und standardisierten Methoden, um Kontaminationen zu minimieren und den Verlust von chemischen Informationen zu vermeiden.

Der besonders hohe Anspruch an Qualitätssicherung ergibt sich aus der außergewöhnlichen Bedeutung der Proben als Archivmaterial. Repräsentativität und Reproduzierbarkeit der Proben sind Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse in Zeit und Raum.

Die vorliegende Probenahmerichtlinie lehnt sich an die Methode der "Immissionsökologischen Waldzustandserfassung" (KNABE 1981, 1983, 1984) und die VDI Richtlinie 3957 Blatt 11 (VDI 2007) an.

Sie stellt die Fortschreibung der Fassung von Wagner et al. (1993) dar und gilt mit geringfügigen Unterschieden gleichermaßen für Fichten und Kiefern.

Der Transport und die weiterführende Probenbearbeitung, die Lagerung sowie die chemische Charakterisierung hat nach den gültigen Richtlinien der UPB zu erfolgen.

3 Funktion der Probenart

Nadelbäume haben als Bioindikatoren eine besondere Bedeutung aufgrund ihrer

- weiten Verbreitung,
- forstwirtschaftlichen Rolle,
- Fähigkeit, besonders effektiv Stoffe aus dem Luftstrom auszukämmen,
- ganzjährigen Exposition der Assimilationsorgane.

Die Gemeine Fichte (*Picea abies* L.) weist als wichtige Forstbaumart eine weite Verbreitung und hohe Abundanz mit wirtschaftlicher und ökologischer Bedeutung auf. In Deutschland ist die Fichte mit etwa 28% Anteil an der Waldfläche die häufigste Baumart (SCHMIDT-Vogt 1977; BMVEL 2004).

Mit zunehmender Kontinentalität nach Osten hin wird die Fichte von der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) abgelöst. Die Kiefer ist zudem mit 23% die zweithäufigste Baumart in Deutschland (BMVEL 2004).

Die Auswahl der beiden Arten für die UPB beruht auf ihrer Stellung als Primärproduzenten in vielen naturnahen und anthropogen beeinflussten Ökosystemen in ganz Mittel-, Ost und Nordeuropa sowie weit über ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet hinaus.

Folgende Aspekte unterstreichen die Eignung von Fichten und Kiefern als Umweltproben:

- Vorliegen umfangreicher Grundlagen- und Vergleichsdaten u.a. durch die Immissionsökologische Waldzustandserfassung (IWE) sowie laufende Waldschadensinventuren (KNABE 1981, 1982; BMELF 1990; WEISS & TRIMBA-

CHER 1998, EC-UN/ECE 2000; BMJ 2000, SCHRÖTER-KERMANI et al. 2006),

- Einsatz seit über 100 Jahren als sensible Wirkungs- und Akkumulationsindikatoren (WAGNER & MÜLLER 1979, HÖPKER 1991; UMLAUF et al. 1992, 1994a,b; BAUR et al. 1998, TRIMBACHER & WEISS 1999; VISKARI 2000),
- weite Verbreitung in ganz Mittel-, Ost- und Nordeuropa sowie Vorkommen in Belastungsräumen (SCHMIDT-VOGT 1977).

4 Zielkompartimente

Einjährige Triebe von Kiefern und Fichten spiegeln auf Grund ihrer hohen physiologischen Aktivität die Gesamtsituation eines Jahres am besten wider. Dabei ist die Festlegung auf einen Jahrgang notwendig, da in Abhängigkeit der Stoff- und Altersklasse unterschiedliche Akkumulationsraten auftreten.

In vielen Monitoringprogrammen (siehe auch VDI 3957 Bl. 11 (2007) werden bei Fichten und Kiefern die Triebe verschiedener Jahrgänge vor der Analyse getrocknet, danach die Nadeln abgelöst und separat analysiert. Diese Vorgehensweise ist für die UPB nicht praktikabel. Aufgrund der großen Probenmengen (ca. 3 kg FG) wäre eine Abtrennung der Nadeln nur unter erheblichem Aufwand und dem daraus resultierenden Verlust leichtflüchtiger Inhaltstoffe möglich.

Die Einbeziehung der Triebachsen ist besonders wichtig, da sich die an Partikel gebundenen schwerflüchtigen Substanzen bevorzugt an der Rinde der jungen Triebe niederschlagen (WYTTENBACH et al. 1988, UMLAUF et al. 1994a,b).

5 Festlegungen für die Probenahme

5.1 Auswahl und Abgrenzung der Probenahmeflächen

Die Auswahl der Flächen innerhalb des zu repräsentierenden Untersuchungsraumes, der i.d.R. mehrere km² groß ist, erfolgt nach dem Prinzip

der geschichteten Zufallsstichprobe in Anlehnung an GREEN (1979).

Innerhalb einer Vorstudie (Screening) sind mehrere (ca. 10), ausreichend homogene Teilflächen auszuwählen. Wesentliche Kriterien der Homogenität sind

- Vorkommen der Zielbaumart,
- Bestandsalter der Zielbaumart,
- Bewirtschaftungsweise,
- Exposition.

Auf den gewählten Flächen muss eine große Anzahl geeigneter Bäume der Probenart verschiedenen Alters stocken, um eine langfristige Probenahme zu sichern. Bei der Abgrenzung der Probenahmeflächen ist darauf zu achten, dass der Abstand zu stark befahrenen Straßen, Eisenbahnlinien, Hochspannungsleitungen etc. mindestens 100 m beträgt. Bei überhöhten Verkehrswegen muss der Abstand zwischen Probenahmefläche und Störobjekt mindestens das Zehnfache der Höhe der Störobjekte über der Probenahmefläche betragen.

Auf diesen vorausgewählten Flächen werden Baumproben entnommen. Durch biometrische und analytische Charakterisierung der Proben werden die Flächen abschließend auf ausreichende Homogenität getestet und festgelegt .

Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die ausgewählten Bestände nach Gesichtspunkten der Forstplanung und -schutzes auch langfristig als Standorte geeignet und zu erhalten sind. Auswahl, Schutzmaßnahmen und Probenahmezeitraum sind daher vorher mit den zuständigen Forstbehörden oder Eigentümern abzustimmen. Die Probenahmeflächen sollten durch Verträge gesichert und soweit möglich von regulären Waldbewirtschaftungsmaßnahmen sowie anderen störenden Veränderungen ausgeschlossen werden.

5.2 Auswahl der Individuen und Stichprobengröße

Nach Auswertung der Screeningergebnisse wird die Stichprobengröße für die jährliche Routineprobenahme ermittelt. Für die Routineprobenahme

me der UPB wurde eine Mindeststichprobengröße von 15 Bäumen pro Probenahme­fläche festgelegt. Bei einem Probenkollektiv von 15 Bäumen müssen pro Baum mindestens 150 g Frischgewicht (= einjährige Triebe) entnommen werden, um den jeweiligen Baum in ausreichendem Maß zu repräsentieren.

Die Einzelbäume auf den jeweiligen Flächen sind nach dem Zufallsprinzip und folgenden Kriterien auszuwählen. Sie sollten:

- über 40 Jahre alt (KNABE 1984), vorherrschend, herrschend oder mitherrschend sein (Abb. 1, BMJ 2000)
- frei von extremen biologischen (u.a. Borkenkäferbefall) oder schweren mechanischen Beschädigungen (u.a. Wipfelbruch) sein.

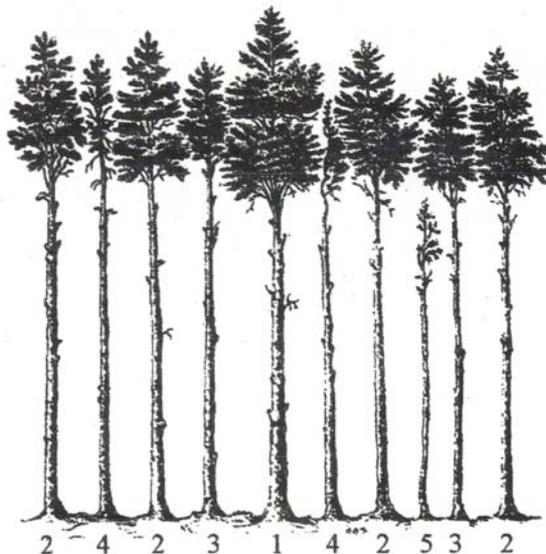


Abb. 1: Baumklassen nach KRAFT (1884): 1 = vorherrschend, 2 = herrschend, 3 = gering mitherrschend, 4 = beherrscht, 5 = ganz unterständig (aus BMJ 2000)

5.3 Probenahmezeitraum und -häufigkeit

Für die UPB sollte eine jährliche Probenahme stattfinden.

Der zu wählende Zeitraum soll durch physiologische Stabilität der Bäume gekennzeichnet sein. Um die Immissionssituation des Winters sowie die gesamte Zeitachse eines Jahres zu erfassen, wurde für die Probenahme der UPB das Ende der Vegetationsruhe festgelegt.

Daraus ergibt sich je nach Höhenlage der Probenahme­fläche und Witterung ein Probenahme­zeitraum von März bis Mai zwischen Schneeschmelze und Beginn des Neuaustriebs.

5.4 Gebietsbezogener Probenahmeplan

Auf der Grundlage der Probenahmerichtlinie müssen für die einzelnen Probenahmegebiete bzw. -flächen spezifische Festlegungen getroffen werden, die in einem gebietsbezogenen Probenahmeplan dokumentiert sind. Dies betrifft u.a.

- Lage und Abgrenzung der Probenahme­flächen,
- erforderlicher Stichprobenumfang,
- Probenahmezeitraum,
- zuständige Genehmigungsbehörden (z. Bsp. Forstämter),
- beauftragte Baumsteiger.

Dadurch wird die langfristige Kontinuität der Probenahme gesichert. Bei wesentlichen Veränderungen in der Probenahme­fläche oder beprobten Population muss das Dokument aktualisiert werden. Handelt es sich um gravierende Veränderungen, durch die eine Vergleichbarkeit der Proben nicht mehr gewährleistet ist, muss eine neue Probenahme­fläche ausgewählt werden.

6 Durchführung der Probenahme

Alle bei der Probenahme und biometrischen Probenbeschreibung erhobenen Daten sind in den entsprechenden Probendatenblättern (s. Anhang) aufzunehmen. Zu jeder Probenahme ist darüber hinaus ein Protokoll mit folgendem Inhalt anzufertigen:

- an der Probenahme beteiligte Personen,
- chronologischer Ablauf der Probenahme,
- die für die Probenahme zugrundeliegende Version der Probenahmerichtlinie und des gebietsbezogenen Probenahmeplanes,
- Abweichungen von der Probenahmerichtlinie und dem gebietsbezogenen Probenahmeplan.

Die Entnahme von Proben aus dem Kronenbereich stehender Bäume darf nur von entsprechend ausgebildeten und regelmäßig auf ihre Tauglichkeit untersuchten Personen unter Einhaltung der berufsgenossenschaftlichen Sicherheitsvorschriften durchgeführt werden. Bei besonderen Anforderungen, z.B. zum Schutz der zu beprobenden Bäume vor Beschädigungen, ist entsprechendes baumschonendes Spezialgerät einzusetzen und dessen sicherheitstechnisch ordnungsgemäßer Zustand zu gewährleisten.

6.1 Erforderliche Ausrüstung und Reinigungsvorschriften

Für die Geländearbeit:

- Probendatenblätter zur Dokumentation der Probenahmedaten,
- Scheren aus Edelstahl,
- Edelstahlwannen zum Auffangen der abgeschnittenen Triebe,
- Edelstahlgefäße (3,5 l bzw. 5,5 l je nach Fragestellung) mit Deckel und Klammer,
- wasserfester Markierungsstift zur Beschriftung der Papiertüten und der Edelstahlgefäße,
- Edelstahlpinzette,
- Papiertüten (1 Tüte pro Baum),
- Einmalhandschuhe,
- Waage zur Kontrolle der Mindest-Probenmenge (Wägebereich bis mind. 3 kg, Ablesung auf g),
- Maßband zur Stammdickenmessung,
- Baumhöhenmessgerät,
- Luftthermometer,
- Bodenthermometer,
- Kamera zu Dokumentationszwecken,
- Kühlvorrichtungen zum raschen Tiefkühlen und Lagern der Proben in der Gasphase über flüssigem Stickstoff (LIN) für die benötigte Anzahl von Edelstahlgefäßen.

Für die Laborarbeit:

- Probendatenblätter zur biometrischen Probenbeschreibung,
- Trockenschrank (80° C),
- Lineal (Ablesung 1 mm),
- Millimeterpapier (Ablesung 1 mm),
- Präzisionswaage (Ablesung 0,1 mg),

- Wägeschalen
- Pinzette

Reinigungsvorschriften

Die Reinigung der Probengefäße und -geräte erfolgt in einer Laborspülmaschine mit chlorfreiem Intensivreiniger im ersten Reinigungsgang. Nach Kalt- und Heißspülung (ca. 90-95° C) erfolgt eine Neutralisation mit ca. 30%iger Phosphorsäure in warmem Wasser; anschließend werden Heiß- und Kaltspülgänge mit deionisiertem Wasser durchgeführt. Nach dem Spülen werden die Gefäße bei ca. 130° C im Trockenschrank mindestens eine Stunde nachbehandelt (zur Sterilisation). Anschließend lässt man die Gefäße geschlossen abkühlen. Bei Kunststoffen entfällt die Sterilisation.

6.2 Probenahmetechnik

Die Probenahme soll nur bei trockenem Wetter erfolgen und bei einsetzendem Niederschlag unterbrochen werden. Nach nächtlicher Taubildung soll die Probenahme erst nach vollständiger Abtrocknung der Triebe im Kronenbereich begonnen bzw. fortgesetzt werden. Unvermeidliche Abweichungen sind im Probenahmeprotokoll zu vermerken.

Von jedem Baum werden aus dem oberen Kronenbereich (ca. 7.-12. Astquirl bei Fichten, äußere Oberkrone bei Kiefern) mind. vier Äste abgesägt. Beim Herunterwerfen und Auftreffen der Äste auf dem Boden ist darauf zu achten, dass diese nicht kontaminiert werden. Mindestens drei der Äste müssen ein vollständiges Auszählen der jüngsten sieben Nadeljahrgänge bei Fichten und der jüngsten fünf bei Kiefern ermöglichen.

Von jedem Ast werden die einjährigen Triebe ohne den Astspitzentrieb so mit einer Edelstahlschere abgeschnitten, dass sie ohne weitere Berührung in die bereitstehenden Edelstahlwannen fallen (siehe Abb. 2). Zur biometrischen Probencharakterisierung werden hiervon 25 zufällig ausgewählte Triebe mit einer Edelstahlpinzette entnommen und in einer mit der Baumnummer versehenen Papiertüte gesammelt.

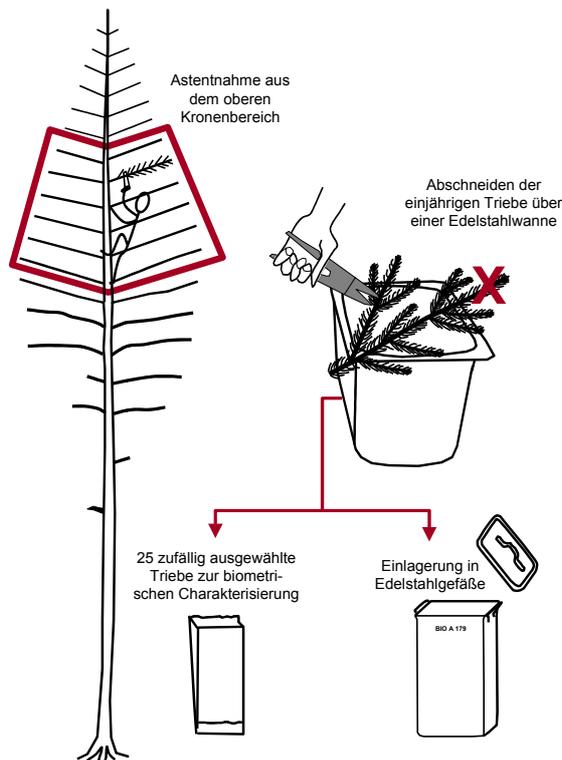


Abb. 2: Schematische Darstellung der Probenahme (verändert nach WAGNER 1995)

Aus den Edelstahlwannen werden die übrigen Triebe mit Einmalhandschuhen in die vorher leer gewogenen Edelstahlgefäße umgefüllt. Nach dem Befüllen wird das Bruttogewicht bestimmt und im entsprechenden Probendatenblatt vermerkt.

Die Proben werden direkt vor Ort in einer Kühlvorrichtung zum raschen Tiefkühlen und Lagern der Proben in der Gasphase über flüssigem Stickstoff (LIN) tiefgefroren.

7 Biometrische Probencharakterisierung

Im Gelände sind die in den Datenblättern (Beschreibung des Baumes und Beschreibung der einjährigen Triebe) aufgeführten Parameter zur biometrischen Probencharakterisierung vor der Entnahme der Triebe aufzunehmen.

An den 25 zufällig entnommenen Trieben je Baum werden im Labor folgende biometrische Parameter bestimmt:

- Trieb länge einschließlich Knospen [ablesen auf 1 mm],

- Trockengewicht Nadeln [ablesen auf 0,01 g],
- Trockengewicht Sprossachsen mit Knospen [ablesen auf 0,01 g],
- Tausendnadelgewicht [ablesen auf 0,001 g].

Die Papiertüten mit den Trieben werden unmittelbar nach der Rückkehr von der Probenahme in einen Trockenschrank (80° C) gelegt (wegen Überhitzungsgefahr nicht zu dicht packen) und bis zur Gewichtskonstanz (ca. zwei Tage) getrocknet.

Durch Schütteln der Papiertüten werden Nadeln und Sprossachsen getrennt. Verbleibende Nadeln werden mit der Hand von der Sprossachse gelöst.

Die Trieb längen (Sprossachsenlängen inkl. Knospen) werden mittels Millimeterpapier gemessen (Ablesung auf mm), bei gekrümmten Sprossachsen wird die gestreckte Länge z.B. durch Abrollen möglichst genau geschätzt. Das Gewicht der getrockneten Sprossachsen (hierzu zählen auch abgefallene Knospenschuppen, Blütenreste etc.) sowie der getrockneten Nadeln wird bestimmt (Ablesung auf 0,01 g).

Zur Bestimmung des Tausendnadelgewichtes werden dreimal jeweils genau 100 ganze, zufällig ausgewählte Nadeln ausgezählt und gewogen (wichtig: bei Kiefern jeweils 100 ganze Doppelnadeln). Aus diesen Einzelgewichten wird auf das Tausendnadelgewicht hochgerechnet.

Daneben wird die Gewichtsrelation von getrockneten Nadeln zu getrockneten Sprossachsen berechnet.

8 Literatur

- BAUR, M.; LAUCHERT, U. & WILD, A. (1998): Biochemical indicators for novel forest decline in Spruce. *Chemosphere* 4/5:865-870.
- BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hrsg.) (1990): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) - Arbeitsanleitung. Bonn.
- BMJ (Bundesministerium der Justiz, Hrsg.) (2000): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Bundeswaldinventur II (VwV-BWI II). Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Hrsg.) (2008): Umweltprobenbank des Bundes – Konzeption (Stand: Oktober 2008); www.umweltprobenbank.de

- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Hrsg.) (2004): Bundeswaldinventur 2002. www.bundeswaldinventur.de
- EC-UN/ECE (2000): Internal review of ICP Forests. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP-Forests).
- GREEN, R. H. (1979): Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists. John Wiley & Sons, New York.
- HÖPKER, K. A. (1991): Bioindikation organischer Luftschadstoffe - Erste Erfahrungen im Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg. VDI-Berichte 601: 827-836.
- KNABE, W. (1981): Immissionsökologische Waldzustandserfassung in Nordrhein-Westfalen. *AFZ/Wald* 26: 641-643.
- KNABE, W. (1982): Monitoring of air pollutants by wild life plants and plant exposure: suitable bioindicators for different immissions types. In: STEUBING, L. & JÄGER, H.J. (Hrsg.): Monitoring of Air Pollutants by Plants - Methods and Problems. S. 59-72. The Hague, Boston, London.
- KNABE, W. (1984): Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen. *AFZ/Wald* 33/34: 847-848.
- KRAFT, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth's. Hannover.
- MÜLLER, P. & G. WAGNER (1986): Probenahme und genetische Vergleichbarkeit (Probendefinition) von repräsentativen Umweltproben im Rahmen des Umweltprobenbank-Pilotprojektes. Forschungsbericht T 86-040, BMFT.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1977): Die Fichte. Bd. I: Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften. Verlag P. Parey, Hamburg.
- SCHRÖTER-KERMANI, C.; KREFT, D.; SCHILLING, B.; HERRCHEN, M. & WAGNER, G. (2006): Polycyclic aromatic hydrocarbons in pine and spruce shoots - temporal trends and spatial distribution. *Journal of Environmental Monitoring* 8: 806-811.
- TRIMBACHER, C. & WEISS, P. (1999): Needle surface characteristics and element contents of Norway spruce in relation to the distance of emission sources. *Environ. Pollut.* 105: 111-119.
- UMLAUF, G.; RICHARTZ, H.; REISSINGER, M.; FREIBERGER, A. & HUNTZINGER, O. (1992): Vergleichende Messungen atmosphärischer chlorierter Kohlenwasserstoffe in Luft und Fichtennadeln. In: Verein deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): Bioindikation – ein wirksames Instrument der Umweltkontrolle. VDI-Berichte 901, Bd. 1. VDI-Verlag. Düsseldorf. S. 205-216.
- UMLAUF, G.; HAUKE, H.; REISSINGER, M. & HUNTZINGER, O. (1994a): Untersuchungen zur atmosphärischen Deposition lipophiler organischer Verbindungen auf Pflanzen am Beispiel von *Picea abies*. In: ALEF, K., FIEDLER, H. & HUNTZINGER, O. (Hrsg.): ECOINFORMA '94, Vol.5 – Umweltmonitoring und Bioindikation. Wien. S. 129-145.
- UMLAUF, G.; HAUKE, H.; REISSINGER, M. & HUNTZINGER, O. (1994b): Langzeituntersuchungen zum Akkumulationsverhalten von atmosphärischen lipophilen organischen Verbindungen in Fichtennadeln. In: ALEF, K., FIEDLER, H. & HUNTZINGER, O. (Hrsg.): ECOINFORMA '94, Vol.5 – Umweltmonitoring und Bioindikation. Wien. S. 147-160.
- UN/ECE (2001): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution in forests. Hamburg.
- VISKARI, E.-L. (2000): Epicuticular wax of Norway spruce needles as indicator of traffic pollutant depositino. *Water Air Soil Pollut.* 121:327-337.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2007): VDI 3957 Bl. 11: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation); Probenahme von Blättern und Nadeln zum Biomonitoring von immissionsbedingten Stoffanreicherungen (passives Biomonitoring). VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissionswerte, Düsseldorf.
- WAGNER, G. & P. MÜLLER (1979): Fichten als "Bioindikatoren" für die Immissionsbelastung urbaner Ökosysteme unter besonderer Berücksichtigung von Schwermetallen. *Verh. Ges. Ökol.* VII: 307-314.
- WAGNER, G.; ALTMAYER, M.; KLEIN, R.; PAULUS, M. & SPRENGART, J. (1993): Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung Fichte (*Picea abies*) und Kiefer (*Pinus sylvestris*). In: Umweltbundesamt (Hrsg.) (1996): Umweltprobenbank des Bundes – Verfahrensrichtlinien für Probenahme, Transport, Lagerung und chemische Charakterisierung von Umwelt- und Human-Organproben. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- WAGNER, G. (1995): Nadelbäume. In: KLEIN, R. & PAULUS, M. (Hrsg.): Umweltproben für die Schadstoffanalytik im Biomonitoring. G. Fischer, Jena. S. 291-314.
- WEISS, P. & TRIMBACHER, C. (1998): Nadeloberflächenparameter und Elementgehalte von Fichtennadeln ausgewählter Industriestandorte. Umweltbundesamt Report R-154. Wien.
- WOHLFAHRT, S.; SCHMITT, V. & WILD, A. (1998): Investigation on phosphoenol pyruvate carboxylase and proline in damaged and undamaged needles of *Picea abies* and *Abies alba*. *Chemosphere* 4/5: 877-881.
- WYTTENBACH, A.; TOBLER, L. & BAJO, S. (1988): Major and trace elements in the twig axes of Norway spruce and the relationship between twig axis and needles. *Trees* 1988: 204-212.

Checkliste zur Vorbereitung und Durchführung der Probenahme

Probenarten	Gemeine Fichte (<i>Picea abies</i> L.), Wald-Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
Zielkompartimente	gesamte einjährige Triebe von mind. vier Ästen aus dem oberen, frei exponierten und belichteten Kronenbereich, bei Fichten 7.-12. Astquirl
Probenindividuen	vorherrschende, herrschende oder mitherrschende Bäume (Baumklasse 1, 2 oder 3 nach KRAFT 1884) der Zielaltersklasse (> 40 Jahre)
Stichprobenumfang	mind. 15 Bäume und pro Baum mind. 150 g Frischgewicht
Probenmenge für die UPB	für eine Probenmenge von 2.200 g ist die Entnahme von 150 g Frischgewicht (= einjährige Triebe) von 15 Bäumen nötig
Probenahmezeitraum	März bis Mai (zwischen Schneeschmelze und Beginn des Neuaustriebs)
Probenahmehäufigkeit	1 Probenahme pro Jahr
Erforderliche Ausrüstung für die Geländearbeit	<ul style="list-style-type: none"> ○ Probendatenblätter zur Dokumentation während der Probennahme (Entnahmestelle, Witterung, Beschreibung des Baumes und der einjährigen Triebe, Lagerung) ○ Scheren aus Edelstahl ○ Edelstahlwannen zum Auffangen der abgeschnittenen Triebe ○ Edelstahlgefäße (3,5 bzw. 5,5 l) mit Deckel und Klammer (1 Gefäß pro Baum) ○ wasserfester Markierungsstift zur Beschriftung der Papiertüten und der Edelstahlgefäße ○ Pinzette zum Absammeln der Triebe zur biometrischen Charakterisierung ○ Papiertüte (1 Tüte pro Baum) ○ Einmalhandschuhe ○ Waage (Wägebereich bis mind. 3 kg, Ablesung auf g) ○ Maßband zur Stammstickenmessung, Baumhöhenmesser ○ Luftthermometer, Bodenthermometer ○ Kamera zu Dokumentationszwecken ○ Kühlvorrichtungen zum raschen Tiefkühlen und Lagern der Proben in der Gasphase über flüssigem Stickstoff (LIN)
Probenverpackung bis zur Aufarbeitung	Edelstahlgefäße (3,5 bzw. 5,5 l), Papiertüten
Probentransport und -zwischenlagerung	Kühlvorrichtungen zum raschen Tiefkühlen und Lagern der Proben in der Gasphase über flüssigem Stickstoff (LIN)
Erforderliche Ausrüstung für die Laborarbeit	<ul style="list-style-type: none"> ○ Probendatenblätter zur biometrischen Probenbeschreibung ○ Trockenschrank (ca. 80° C) ○ Lineal (Ablesung auf mm) ○ Millimeterpapier (Ablesung auf mm) ○ Präzisionswaage (Ablesung auf mg) ○ Wägeschalen ○ Pinzette
Biometrische Probencharakterisierung	<p>am Baum (s. Probendatenblätter):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Bestandsart, Stammumfang und Baumhöhe ○ Benadelungs- u. Vergilbungsgrad (Chlorosen), Fruchtbildung <p>einjährige Triebe (s. Probendatenblätter):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Nadel- u. Triebsschäden (Fraß, Chlorosen, Nekrosen), Verunreinigungen an 25 Trieben: ○ Trieblänge [ablesen auf mm] ○ Trockengewicht Nadeln [ablesen auf 0,01 g] ○ Trockengewicht Sprossachsen mit Knospen [ablesen auf 0,01 g] ○ Tausendnadelgewicht [ablesen auf mg] ○ Gewichtsrelation von Nadeln zu Sprossachsen

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probendatenblatt 1: Entnahmestelle

Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Identifikation

____ / X / ____ / ____ / ____

_____	Probenart
_____	Probenzustand
_____	Entnahmedatum (MM/JJ)
_____	Probenahmegebiet (PNG)
_____	Gebietsausschnitt (GA)
_____	Probenahmefläche (PNF)
_____	Zusatzangabe

Baumnummern: von ____ bis ____

Gauß-Krüger-Koordinaten

Rechtswert: _____

Hochwert: _____

Datum: _____

Ellipsoid: _____

Höhe über NN: _____ m

Hangneigung: _____

Exposition: _____

Größe der Entnahmestelle: ____ km² ____ ha ____ a ____ m²

Nutzung:

Bemerkung:

Entnahmestelle:

Bearbeiter:

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probendatenblatt 2: Witterung

Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Identifikation:

_____ / **X** / _____ / _____ / _____

Baumnummern: von _____ bis _____

Datum des letzten Niederschlagsereignisses vor der Probenahme: ____ . ____ . ____

Art des Niederschlags: ____
(s. Tab. unten)

Beginn der Probenahme:		Ende der Probenahme:
____ . ____ . ____	Datum der Probenahme	____ . ____ . ____
____ : ____	Uhrzeit	____ : ____
____	Lufttemperatur in 1,5 m Höhe (°C)	____
____	Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (°C)	____
__ / 8	Wolkenbedeckung	__ / 8
__	Wolkenart	__
____	Windrichtung	____
__	Windstärke in Grad Beaufort (s. Tab. unten)	__
__	Art des Niederschlags (s. Tab. unten)	__

Wolkenart	<ul style="list-style-type: none"> 0 = unbewölkt 1 = Cirren 2 = Stratus 3 = Cumulus 4 = Nebel 5 = Hochnebel 6 = Stratocumulus 	 Cirren	 Stratus	 Cumulus	 Stratocumulus
		 Cirren	 Stratus	 Cumulus	 Stratocumulus

Art des Niederschlags

- 0 = kein Niederschlag
- 1 = Regen
- 2 = Nieselregen
- 3 = Schnee
- 4 = Tau
- 5 = Reif
- 6 = Starkregen
- 7 = Hagel

Windstärke (nach Beaufort)

- 0 = Windstille (Flaute)
- 1 = sehr leichte Brise
- 2 = leichte Brise, bewegt Blätter
- 3 = schwache Brise, bewegt Zweige
- 4 = mäßige Brise, bewegt dünne Äste
- 5 = frische Brise, bewegt mittlere Äste
- 6 = starker Wind, bewegt dicke Äste
- 7 = steifer Wind, schüttelt Bäume

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probendatenblatt 3: Beschreibung des Baumes Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Identifikation:

_ _ _ _ _ / **X** / _ _ _ _ _ / _ _ _ _ _ / _

Baumnummer: _ _ _

Bestandsart: geschlossener Bestand Bestandsrand
 lichter Bestand Wegschneise
 freistehende Einzelbäume

Stammumfang (in 1,3 m Höhe): _ _ _ _ cm **Baumhöhe:** _ _ m

Benadelungsgrad: % (* automatische Berechnung im IS UPB)

(prozentuale Schätzung pro Nadeljahrgang)

Nadeljahrgang	1	2	3	4	5	Summe Kiefern	6	7	Summe Fichten
Ast 1						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 2						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 3						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *

Vergilbungsgrad (Chlorosen): % (* automatische Berechnung im IS UPB)

(prozentuale Schätzung pro Nadeljahrgang in 5%-Schritten)

Nadeljahrgang	1	2	3	4	5	Summe Kiefern	6	7	Summe Fichten
Ast 1						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 2						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 3						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *

Grad rötlicher und bräunlicher Verfärbungen (Nekrosen): % (* automatische Berechnung)

(prozentuale Schätzung pro Nadeljahrgang in 5%-Schritten)

Nadeljahrgang	1	2	3	4	5	Summe Kiefern	6	7	Summe Fichten
Ast 1						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 2						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *
Ast 3						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *

Fruchtbildung: (bezieht sich auf Zapfen und erkennbare Narben von aktuellen Zapfenverlusten)

keine/wenig mittlere starke

Angsttriebe: keine/wenig mittlere starke

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probendatenblatt 4: Beschreibung der einjährigen Triebe Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Identifikation:

_ _ _ _ _ / **X** / _ _ _ _ _ / _ _ _ _ _ / _

Baumnummer: _ _ _

Schäden an Nadeln:

biotische Schäden:
(Anteil an der Nadelfläche)

_____ % (prozentuale Schätzung in 5%-Schritten)

- Schadensart:**
- nicht vorhanden
 - Fraß
 - Insektensaugstellen
 - Sonstige: _____

Chlorosen:
(alle gelblichen bis weißlichen Verfärbungen)

* %

(prozentuale Schätzung in 5%-Schritten)

(* automatische Berechnung im IS UPB)

- Art der Chlorosen:**
- nicht vorhanden
 - als Scheckung, Fleckung an der Nadelbasis
 - an der Nadelspitze
 - an den ganzen Nadeln

Nekrosen:
(alle braunen bis rötlichen Verfärbungen)

* %

(prozentuale Schätzung in 5%-Schritten)

(* automatische Berechnung im IS UPB)

- Art der Nekrosen:**
- nicht vorhanden
 - als Scheckung, Fleckung an der Nadelbasis
 - an der Nadelspitze
 - an den ganzen Nadeln

Schäden an Trieben:

- ausgehöhlte Triebe
- nicht ausgetriebene Spitzenknospen
- Gallen, Ananasgallen
- Sonstige: _____

Beschreibung von Verunreinigungen:

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probendatenblatt 5: Lagerung und Probenbeschreibung Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Identifikation:

_ _ _ _ / **X** / _ _ _ _ / _ _ _ _ / _

Baumnummer: _ _

Einlagerungszustand: trockene Einlagerung (Standardfall) feuchte Einlagerung

Nummer des Edelstahlgefäßes:	Leergewicht [g]	Vollgewicht [g]	Einwaage [g]	Bemerkungen

Probenbeschreibung (bezogen auf 25 Triebe)

Trennung von Nadeln und Trieben

Trockengewicht Nadeln: _ _ _ , _ _ _ g

Trockengewicht Sprossachsen mit Knospen: _ _ _ , _ _ _ g

Gewichtsrelation von Nadeln zu Sprossachsen: , * automatische Berechnung im IS-UPB

Tausendnadelgewicht

Trockengewicht von 3 x 100 Nadeln

_ _ , _ _ _ _ g _ _ , _ _ _ _ g _ _ , _ _ _ _ g

Tausendnadelgewicht: , g * automatische Berechnung im IS-UPB

Mittlere Trieblänge von 25 gemessenen einjährigen Fichtentrieben

1 _ _ _ _ mm	11 _ _ _ _ mm	21 _ _ _ _ mm
2 _ _ _ _ mm	12 _ _ _ _ mm	22 _ _ _ _ mm
3 _ _ _ _ mm	13 _ _ _ _ mm	23 _ _ _ _ mm
4 _ _ _ _ mm	14 _ _ _ _ mm	24 _ _ _ _ mm
5 _ _ _ _ mm	15 _ _ _ _ mm	25 _ _ _ _ mm
6 _ _ _ _ mm	16 _ _ _ _ mm	
7 _ _ _ _ mm	17 _ _ _ _ mm	
8 _ _ _ _ mm	18 _ _ _ _ mm	
9 _ _ _ _ mm	19 _ _ _ _ mm	
10 _ _ _ _ mm	20 _ _ _ _ mm	

Mittelwert der 25 Messungen

mm *

* automatische Berechnung im IS-UPB

UMWELTPROBENBANK DES BUNDES

Probenahmeprotokoll

Gemeine Fichte (*Picea abies*) / Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Probenahmegebiet: _____ Identifikation: _____

Zugrundeliegende Fassung der Probenahmerichtlinie: ____ . ____ . ____

Zugrundeliegende Fassung des Probenahmeplanes: ____ . ____ . ____

1. Ziel der Probenahme: _____

2. Tatsächlicher Probenahmezeitraum:

Datum	Uhrzeit		Proben Nr.		Bemerkungen
	von	bis	von	bis	

3. Teilnehmer: Leitung/Protokoll: _____
Beteiligte: _____

4. Checkliste zum Probenahmeplan und zur Probenahmerichtlinie: eingehalten

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 4.1 Probenahmezeitraum | <input type="checkbox"/> 4.6 Probenahmetechnik/Fangmethode |
| <input type="checkbox"/> 4.2 Probenahmefläche und Entnahmestelle
(Auswahl/Abgrenzung) | <input type="checkbox"/> 4.7 Probenmenge |
| <input type="checkbox"/> 4.3 Auswahl der Probenindividuen | <input type="checkbox"/> 4.8 Datenerhebung |
| <input type="checkbox"/> 4.4 Technische Vorbereitungen | <input type="checkbox"/> 4.9. Transport und Zwischenlagerung |
| <input type="checkbox"/> 4.5 Reinigungsvorschriften für Verpackungen | |

Nummer, Art und Grund der Abweichung als Klartext:

Bemerkungen: _____

Protokollführer

____ . ____ . ____
Datum

Unterschrift