

**Messnetze zur Deposition von Luftschadstoffen
im Gebiet des Böhmerwaldes/Šumava
(Bayern, Oberösterreich und Tschechien)**
**Measuring sites of atmospheric deposition of pollutants
in the Bohemian Forest territory (Bavaria, Austria, Bohemia)**

**Manfred Kirchner¹, Ludwig Peichl², Jaroslav Fiala³,
Andreas Hoppe¹ & Stefan Braeutigam¹**

¹*GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Ökologische Chemie,
Ingolstädter Landstr. 1, D-85758 Neuherberg, Deutschland*

²*Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Bürgermeister-Ulrich-Str. 160,
D-86179 Augsburg, Deutschland*

³*Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, CZ-14306 Praha 4, Česká republika*

Abstract

Atmospheric deposition of pollutants is one of the major factors influencing the ecosystems in Bohemia Forest. The deposition of nitrate and ammonium may contribute to undesired changes in oligotrophic ecosystems. In order to quantify the different types of deposition some approaches by Bavarian, Austrian and Czech authorities have been made. In the framework of a project, which is funded by the Bavarian Ministry for State Development and Environmental Affairs and the European Fund for Regional Development, an overview over the most important networks in the region along the border is given. The numerous problems concerning the sampling and analysing of rain and snow significantly affect the quality of measurements. As the major aim of the current project wet deposition charts will be compiled for selected ions on the basis of all-round chemical analyses of precipitation samples and the distribution of precipitation on Bohemian Forest.

Key words: Böhmerwald, Bayerischer Wald, Šumava, precipitation, deposition, air pollutants, critical loads, international collaboration

Bedeutung von atmosphären Einträgen

Die Entfernung von Spurenstoffen aus der Atmosphäre durch Depositionsprozesse auf der Erdoberfläche ist einer der wichtigsten Selbstreinigungsprozesse der Atmosphäre. Jedoch stellen die atmosphärischen Einträge von Schadstoffen einen potentiellen Belastungsfaktor für die Ökosysteme dar. Die Ablagerung kann über verschiedene Pfade erfolgen; man unterscheidet hier trockene (Gase und Aerosole), nasse (Niederschlag: Regen und Schnee) und feuchte (horizontaler Niederschlag: Nebel) Deposition. Die nötige Bestimmung des Eintrags über alle Pfade und über einen längeren Zeitraum hinweg erfolgte in Mitteleuropa bisher kaum.

Ein Hauptergebnis der Waldschadensforschung der zurückliegenden 15 Jahre ist, dass die Probleme des Waldes weniger auf die akute Einwirkung von gasförmigen Luftschadstoffen, sondern auf den jahrzehntelangen Eintrag von sauren Depositionen, insbes. von Schwefel-

und Stickstoffverbindungen, zurückzuführen sind; dies trifft vor allem auf schlechter basenversorgte Standorte, wie z.B. den Böhmerwald, zu. Darüber hinaus wirkt sich der Eintrag von stickstoffhaltigen Verbindungen im Sinne einer Düngung aus, welche Ökosysteme langfristig verändert. Für die Deposition sind die Lage des Eintragsgebiets zu den Emissionsgebieten, die Qualität und Quantität der emittierten Substanzen, meteorologische Größen, wie die Höhe und zeitliche Verteilung des Niederschlags, und der Bewuchs die bestimmenden Faktoren.

Probleme der Depositionsmessung

Bei der Messung der Deposition von Schadstoffen treten in vermehrtem Umfang die entsprechenden Fehler auf, die der meteorologisch oder hydrologisch motivierten reinen Niederschlagsmengenmessung anhaften (KIRCHNER 1980); Windeffekte (Jevons-Effekt), Luv- und Leeeffekte, erhebliche Probleme bei der Wintermessung (wechselnde Schneehöhe und z.T. starke horizontale Verfrachtung des Schnees) führen zu großen Unsicherheiten in exponiertem Gelände. Unterschiedliche Auffangflächen und -höhen machen einen Vergleich von verschiedenen Sammlern schwierig. Zusätzlich ist je nach Sammlertyp mit unterschiedlichen Benetzungs- und Verdunstungsfehlern zu rechnen. Eine Berücksichtigung der für den Gesamteintrag mancherorts wichtigen Nebelniederschläge ist mit herkömmlichen Sammlern ohnehin nicht möglich. Unregelmäßigkeiten bei der Sammlerentleerung, Probentransport und Lagerungsprobleme entziehen sich in einzelnen Fällen einer objektiven Kontrolle. Darüber hinaus sorgten gerade in früheren Jahren unterschiedliche Analysenverfahren für weitere Schwierigkeiten in der Vergleichbarkeit der einzelnen Proben. Durch internationale Vergleichsversuche und Ringtests wird allerdings diese Situation langsam verbessert (WINKLER & al. 1989).

Vielfach erfolgt die Erfassung mit Sammlern, die die nasse und trockene Deposition gemeinsam erfassen: Diese Gruppe von Sammlern werden als Bulk-Sammler bezeichnet. Form und Materialien der eingesetzten Sammelgefäße sind unterschiedlich. Häufig werden mehrere Bulk-Sammler parallel eingesetzt, um die Repräsentativität der Messung zu erhöhen. Der Einfluss der trockenen Deposition kann jedoch die Informationen über den Säuregehalt des Niederschlags mitunter stark verfälschen. Durch Staubeintrag während niederschlagsfreier Perioden, welcher meist aus der näheren Umgebung der jeweiligen Messstation stammt, kann der pH-Wert vom Sauren zum Neutralen verschoben werden. Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde in einigen wenigen Fällen durch spezielle sensorgesteuerte Abdeckvorrichtungen die nasse Deposition gesondert gemessen: Für diese technisch aufwendigere Methode hat sich aus dem englisch/amerikanischen Sprachraum der Begriff Wet-only-Sammler durchgesetzt. In „Reinluftgebieten“ ist der Anteil der trockenen Deposition weniger bedeutsam, wodurch die Abweichungen zwischen Bulk- und Wet-only-Messung hier geringer sind als in der Nähe von Quellen. Generell gilt, dass für eine Extrapolation auf eine größere Fläche Wet-only-Geräte besser geeignet sind.

Neben der unterschiedlichen Dauer der einzelnen Messprogramme ist ein Hauptproblem bei den bisher im Untersuchungsraum durchgeführten Depositionsmessungen die unterschiedliche, z.T. arbeitstechnisch bedingte Frequenz beim Probenwechsel durch die einzelnen Messstellenbetreiber. Tages-, 1-Wochen-, 2-Wochen-, 4-Wochen- und Monatsproben erschweren hierbei die direkte Vergleichbarkeit und gestatten oft nur die Bildung von Jahresmitteln. Erschwerend kommt hinzu, dass die Angabe von berechneten Jahresmitteln in Berichten und Publikationen entweder auf die Periode Januar bis Dezember oder auf den Zeitraum November bis Oktober (hydrologisches Jahr) basiert.

In der Regel werden in den Messnetzen nur die anorganischen Bestandteile des Niederschlags erfasst. Neben der Niederschlagsmenge werden pH-Wert, Leitfähigkeit, Protonen (H^+)

Tabelle 1. - Parameter der Eintragsmessungen.
Table 1. - Parametres of deposition measurements.

Messgröße	Abk.	Konzentrations-einheit	Bedeutung und Ursprung
pH-Wert	pH		neg. dek. Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration, Maß f. d. Säuregehalt des Niederschlags
Leitfähigkeit	Lf	$\mu\text{S/cm}$	Kontrollgröße für die Qualitätsprüfung der Ionenanalyse, Maß f. d. ges. Ionengehalt einer Probe
Nitrat	NO_3^-	mg/l	Oxidation von NO_x aus Verbrennung (u.a. Verkehr)
Ammonium	NH_4^+	mg/l	wichtigstes Kation im Niederschlag, u.a. aus Landwirtschaft (NH_3)
Sulfat	SO_4^{2-}	mg/l	Oxidation von SO_2 und Seesalz
Natrium	Na^+	mg/l	u.a. aus Seesalz
Kalium	K^+	mg/l	u.a. aus Biosphäre und Seesalz
Calcium	Ca^{2+}	mg/l	u.a. aus Böden, Industriestäuben und Seesalz
Magnesium	Mg^{2+}	mg/l	aus Böden und Seesalz
Chlorid	Cl^-	mg/l	aus Seesalz und Verbrennungsprozessen

und Hauptionen bestimmt (Tabelle1); Metallkationen und organische Schadstoffe werden dagegen in sog. Reinluftgebieten nur episodisch in besonderen Messkampagnen gemessen.

Für forstliche Belange sind Eintragsmessungen in Beständen von Interesse. Die Messung der Nassdeposition umfasst in der Regel Niederschlagshöhe, pH-Wert, Leitfähigkeit und die wichtigsten Ionenarten. Zum Stoffeintrag in Waldbestände tragen mehrere Vorgänge bei. Der gravitationsbedingten Niederschlagsdeposition über dem Bestand steht die eigentliche Interzeptionsdeposition gegenüber. Zu unterscheiden sind bei den Messgrößen Traufwasser und Stammablauf. Aufnahme, Aus- (Leaching) und Abwaschungsvorgänge erschweren hierbei in jedem Falle die Interpretation. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Bestandesmessungen ist wegen der unterschiedlichen Bestockung kaum gegeben.

Bestockungsart, Bestockungsdichte, Bestandeshöhe, jahreszeitabhängiger Belauungsgrad, Bestandesgrenzen und die Orographie bestimmen letztlich die Auskämmung von trockenen und feuchten Aerosolen und Regen bzw. Schnee und damit die Gesamtschadstoffdeposition. Ereignisse mit massiver biologischer bedingter Kontamination der Kronentraufe (z.B. durch Raupenbefall und starken Pollenflug) und mechanische Einwirkungen (z.B. Windwurf) machen die Berechnung von Monats- und Jahressummen der Deposition vielfach schwierig. Das in den Hochlagen der beiden Nationalparks auf Grund des Borkenkäferbefalls zu beobachtete Absterben der Fichtenaltbestände führt zu massiven Veränderungen im Stoffein- und austrag.

Für die flächenmäßige Abschätzung des Eintrags ist ein enges Netz von vergleichbaren Depositionsmessstellen wünschenswert. Solche Voraussetzungen sind auch im Untersuchungsgebiet nicht gegeben; in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten wurden lediglich an einer geringen Anzahl von Messstationen Depositionsmessungen z.T. von nur begrenzter Dauer durchgeführt. So muss die Abschätzung über die zahlreicheren Niederschlagsmessstellen und die vorhandenen Ergebnisse der Konzentrationsmessungen im Niederschlag durchgeführt werden.

Messstellen im Böhmerwald und in den angrenzenden Gebieten

Der Begriff ‚Böhmerwald‘ wird im folgenden in seiner früheren Bezeichnung für das Gesamtgebiet aus Tschechischem Böhmerwald, Österreichischem Böhmerwald, Bayerischem Wald unter Einschluss des Oberpfälzer Walds verwendet (PFAFFL 1996). Depositionsmessungen fallen in Bayern, Österreich und der Tschechischen Republik in die Kompetenz unterschiedlicher Dienststellen, Landesämter bzw. Landesanstalten, Universitäten und sonstigen Forschungseinrichtungen. Die Zuständigkeiten können hierbei regional oder national sein. Die wissenschaftliche Motivation entsprechender Untersuchungsprogramme kann forstlich oder hydrometeorologisch bedingt sein oder generell in den Bereich Umweltschutz fallen. Die Datenlage muss als sehr heterogen und a priori als nur eingeschränkt vergleichbar bezeichnet werden, da die beschriebenen Probleme bei der Messung auch auf das Untersuchungsgebiet zutreffen. In Anbetracht der Tatsache, dass langfristige Depositionsmessungen nur von wenigen Messstellen vorliegen, ist es zur Charakterisierung des Eintrags im Gebiet des Böhmer Waldes und seiner angrenzenden Gebiete nötig, auch kürzere, z.T. bereits beendete Messaktivitäten heranzuziehen. Im folgenden werden die Messstationen beschrieben, von denen der GSF Eintragsdaten vorliegen.

Die Datensammlung zum Eintrag von Luftschadstoffen im Grenzgebiet von Bayern, Tschechien und Oberösterreich stellt den ersten Teil eines Projekts dar, das vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und dem Regionalfond der Europäischen Union finanziert wird.

Waldklimastationen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Ziel der 22 in ganz Bayern eingerichteten Waldklimastationen (WKS) ist die intensive und kontinuierliche Beobachtung und Dokumentation der komplexen physikalisch-chemischen und biologischen Lebensabläufe in Waldökosystemen unter den heutigen und in der Zukunft zu erwartenden Umweltbedingungen (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1993 und 1994). Das längerfristig angelegte Monitoringprogramm umfasst derzeit auch die Deposition von Schad- und Nährstoffen in Freiland und Bestandsniederschlag (Kronendurchlass und ggf. Stammablauf). Im Untersuchungsraum liegen die Stationen Mitterfels und Flossenbürg; sie bestehen jeweils aus einer Bestandes- (Buche bzw. Fichte) und einer Freilandmessstelle. Die Beprobung erfolgt für die Hauptelemente im Niederschlag wöchentlich und für die Spurenelemente 14-tägig.

Messgebiet Markungsgraben des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft (LfW) und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Das Einzugsgebiet Markungsgraben liegt als Teil des Einzugsgebiets der Großen Ohe mit dem Pegel Taferlbruck im NW des Nationalparks Bayerischer Wald. Das reich strukturierte Modelluntersuchungsgebiet reicht von den unteren Hanglagen bis in die Hochlagen des Hauptkamms. Das Gebiet ist mit vier integrierten Messstellen ausgestattet, davon zwei in mittlerer Hanglage und zwei in der Hochlage (970 m – 1290 m NN); dabei sind jeweils Freiflächen als Referenzstandorte den Bestandsflächen (Buche bzw. Fichte) gegenübergestellt. Zentrale Fragestellung dieses Gemeinschaftsprojektes zwischen den beiden Landesämtern ist die Untersuchung der möglichen Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen auf die Qualität des Grundwassers in Bayern (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1992 und 1994). Die Erfassung der Deposition erfolgt wie bei den Waldklimastationen mit Bulk-Sammlern vom Typ LÖLF, d.h. mit Trichterflaschensammler aus Polyethylen. Im Winterbetrieb

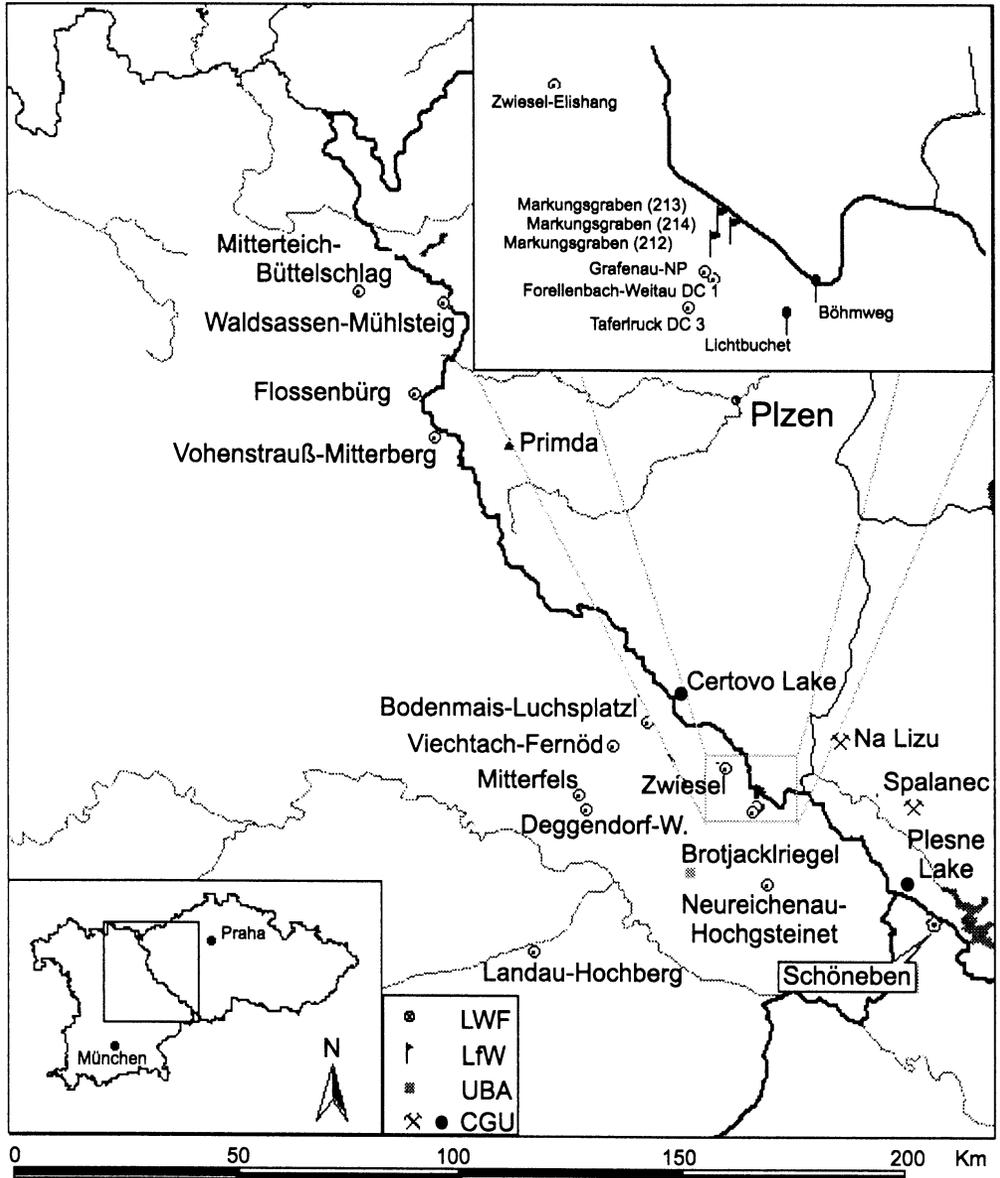


Abb. 1. – Freilandmessflächen im Böhmerwald und in den angrenzenden Gebieten.

Fig. 1. – Measuring sites (open areas) of atmospheric deposition of pollutants in Bohemian Forest and adjacent regions.

werden die LÖLF- Sammler durch Polyethylen-Eimer ersetzt. Zur Kontrolle der Schneeniederschläge und zur Minimierung der Fehler bei der Niederschlagsmessung werden im Winter Wannen eingesetzt. Auf den Freiflächen sind 3, auf den Bestandsflächen 15 Niederschlagssammler aufgestellt. Auf ausgewählten Laubbaumbeständen wird zusätzlich der mit dem Stammabfluss erfolgende Stoffeintrag ermittelt. Die Einträge von Spurenmetallen werden mit gesonderten Sammlern erfasst.

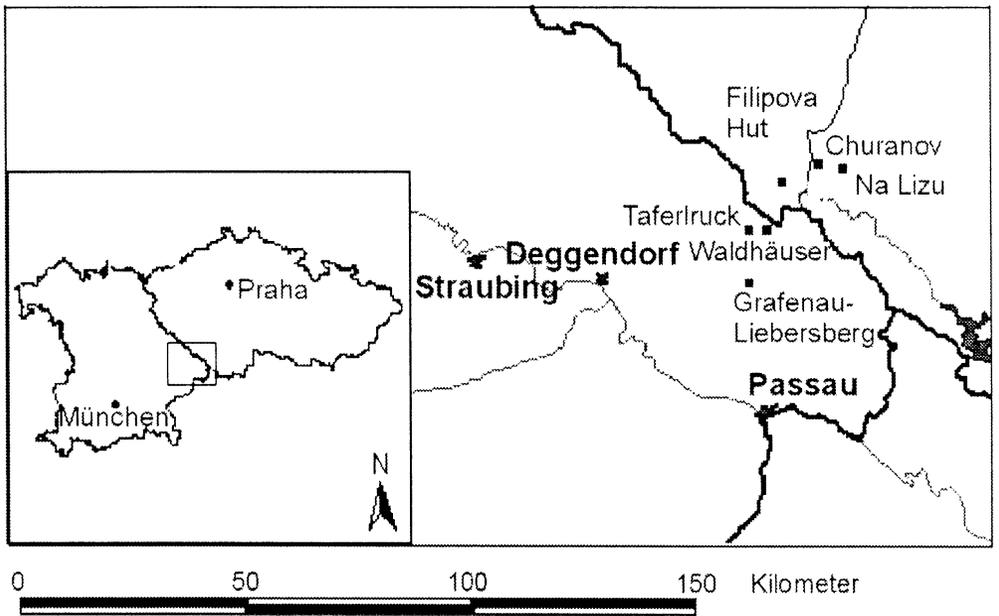


Abb. 2. – Von GSF/LfU zusätzlich eingerichtete Freilandmessflächen 1997–1999.
Fig. 2. – Measuring sites of atmospheric deposition installed by GSF.

Gebiet Forellenbach (ECE-Flächen)

Die Untersuchungen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft im Forellenbachgebiet, das im Süden an den Markungsgraben anschließt, sind in das internationale „Integrated Monitoring Programme“ (ECE-Luftreinhaltkonvention) eingebettet. Ziel ist die *langfristige Untersuchung der Auswirkungen grenzüberschreitender Luftschadstoffe auf Ökosysteme* (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1994). Es liegt in einem relativ engen Höhenbereich zwischen der Messfläche Taferlruck (765 m NN), wo seit den 80er Jahren Messungen zur Deposition durchgeführt wurden, und der Rachel-Dienst-Hütte (875 m NN). Das Gebiet ist mit 5 Messplätzen (Freiland: je 3 Sammler, Fichten- und Buchenbestände: je 15 Sammler mit 3 Mischproben) eingerichtet. Als Sammelgefäße werden in der schneefreien Zeit sogenannte LWF-Sammler aus Polyethylen verwendet, die im Vergleich zum Typ LÖLF einzelne konstruktive Veränderungen aufweisen (PREUSHLER & al. 1994).

Messstation Brotjacklriegel des Umweltbundesamtes (UBA)

Die Station am Südrand des Bayerischen Waldes liegt auf dem gleichnamigen Berg in 1016 m NN in waldreicher Umgebung (UBA, 1997). Die Messungen erfolgen in exponierter Lage auf einem Messturm in 20 m über Grund in Wipfelhöhe der umliegenden Bäume; sie sind infolge des Windeinflusses nur hinsichtlich der gemessenen Konzentrationen mit anderen Stationen vergleichbar, liefern aber auf Grund der langen Messreihe eine gute Basis für Trenduntersuchungen. Die Sammlung der täglichen Bulk-Niederschlagsproben erfolgt über eine Kombination von 4 Sammlern, wodurch ein automatischer Wochenendbetrieb gewährleistet ist. Die Sammelhöhe der Bulksammler über Plattform beträgt 160 cm. Der Wet-only-Sammler sammelt wöchentlich, die Konzentrationen im Niederschlag werden ionenchromatographisch bestimmt.

Frühere Messungen der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt

In den Jahren 1983 bis 1990 wurden von der früheren Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (jetzt Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft) an 16 süd- und ostbayerischen Standorten Eintragsmessungen mit Bulk-Sammlern durchgeführt; dabei liegen 9 Stationen im weiten Umfeld des Untersuchungsgebiets. Es handelt sich um die Messorte Zwiesel, Neureichenau, Deggendorf, Landau, Viechtach, Bodenmais, Vohenstrauß, Waldsassen und Mitterteich. Für die Sammlung der Niederschläge wurde das LÖLF-System verwendet (HÜSER & REHFUESS 1988); auf den Freiflächen wurden jeweils 2 und in den benachbarten Fichtenbeständen ebenfalls 2 Sammelsysteme installiert. Im Winterbetrieb wurden an den schneereichen Standorten Eimer verwendet.

Depositionsmessungen am Böhmweg durch die Universität München

Ziel der Arbeiten am Böhmweg durch den Lehrstuhl für Bodenkunde der Universität München war es, in charakteristischen Fichten- und Buchenbeständen des Nationalparks Bayerischer Wald die Wasser- und Stofffrachten vom Eintrag in den Kronenraum bis zur Untergrenze des Hauptwurzelraumes zu untersuchen. Hierzu wurden an zwei Standorten Freiland- und Bestandsniederschläge im Zeitraum 1988 bis 1990 durch Bulk-Sammler erfasst. Dazu wurde ein an einer Gleitschiene angebrachtes Niederschlagssammelsystem für Freilandniederschläge entwickelt, das den Eintrag an der Oberseite der Bestände bestimmte. Am Standort Lichtbucht wurden die Einträge im Freiland (1015 m NN) und im Buchenbestand (1003 m NN) und am Böhmweg im Freiland (1200 m NN), im Buchenbestand (1165 m NN) und unter Fichte (1203 m NN) gemessen (Heil, 1998).

Station Schöneben des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung (OÖ)

Seit 1984 werden vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung in Schöneben (920 m NN) nasse und staubförmige Niederschläge gesammelt und auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Als Probenahmegerät dient ein WADOS-Gerät (wet and dry only sampler), mit dem nasse und trockene Niederschläge getrennt erfasst werden. Das Gefäß für den Staubniederschlag wird monatlich gewechselt; die Erfassung des nassen Anteils erfolgt täglich.

Messstellen des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts (ČHMÚ)

Das Tschechische Hydrometeorologische Institut führt seit Beginn bzw. Mitte der 90er Jahre in der ganzen Tschechischen Republik Wet-only-Depositionsmessungen durch; im Untersuchungsgebiet ist vor allem die Station Přimda zu nennen. Von dieser Station liegen neben den Bestimmungen der Ionengehalte (Sulfat, Nitrat, Ammonium, Chlor und Fluor) auch Messungen zum Schwermetalleintrag im Niederschlag vor. In früheren Jahren wurden in Churáňov auch entsprechende Gehalte im Nebelniederschlag erhoben (TESAR, 1994). Seit 1996 werden jährlich Depositionskarten für die wichtigsten Niederschlagsinhaltsstoffe für das gesamte Gebiet der Tschechischen Republik erstellt (Český Hydrometeorologický Ústav, 1998).

Messstellen des Tschechischen Geologischen Dienstes (CGU) und des Tschechischen Hydrobiologischen Instituts

Der Tschechische Geologische Dienst, Prag, führt an zahlreichen Messpunkten in der Tschechischen Republik Bulk-Messungen durch; im Untersuchungsgebiet werden an mehreren

Messstellen Einträge gemessen, so in Na Lizu und Spalanec ab 1994 und in Kooperation mit dem Hydrobiologischen Institut am Teufelssee (Čertovo Lake) und Plöckensteiner See (Plešné Lake) ab 1993. Die Messungen erfolgten zweiwöchig, an den zuletzt genannten wurde auch Bestandesdepositionen erfasst. Für die im Nationalpark Sumava gelegenen Messstellen besteht eine enge Zusammenarbeit mit der Nationalparkverwaltung.

Messtranssekt des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit und des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (GSF/LfU)

Um die unbefriedigende Datenlage im Böhmerwald zu verbessern, wurde Anfang 1997 vom GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit ein grenzüberschreitendes Messtranssekt von je 3 Messpunkten in Bayern und in Tschechien eingerichtet. Dabei werden an allen Punkten (Na Lizu, Churáňov, Filipova-Hut, Taferlruck, Waldhäuser und Grafenau) Bulk-Eintragsmessungen im 4-Wochen-Rhythmus durchgeführt. In Na Lizu und Taferlruck wurden zusätzlich Wet-only-Sammler aufgestellt. Die Wechsel- und Analysearbeiten erfolgen im Rahmen einer Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz.

An den Standorten Taferlruck, Na Lizu und Churanov wurden analog zu den Beobachtungsflächen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (RUDOLPH 1991) Biomonitoring-Verfahren exponiert. Als aktive Akkumulationsindikatoren wurden die standardisierte Graskultur und das Grünkohlkultur-Verfahren angewendet (PEICHL & al. 1996). Beim aktiven Biomonitoring werden im Gegensatz zum passiven Monitoring mit Organismen am natürlichen Standort die Bioindikatorpflanzen unter konstanten Bedingungen angezogen und in standardisierter Form für einen definierten Zeitraum der Immissionssituation in der Umwelt ausgesetzt. Die natürlichen Umwelteinflüsse, Klima- und Standortfaktoren sind damit in die Immissionswirkungen miteinbezogen.

Untersucht wird die Akkumulation von Arsen und Spurenmetallen (Cadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Antimon, Titan, Vanadium, Zink und Platin) in Graskulturen. Ferner werden polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Graskulturen und die Gehalte von PCDD/F-, PAK und polychlorierten Biphenylen (PCB) in Grünkohlkulturen bestimmt.

Niederschlagsmessstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des Hydrometeorologischen Instituts der Tschechischen Republik (CHMI) und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Da der nasse Eintrag von Luftschadstoffen maßgeblich von der Niederschlagsmenge bestimmt wird, ist zur Abschätzung des flächenmäßigen Eintrags die Kenntnis des an den Niederschlagsmessstellen der drei Länder (Bayern, Tschechische Republik und Österreich) erfassten Niederschlags nötig. Diese Daten tragen auch dazu bei, die Qualität der Niederschlagsmengenbestimmung aus den Depositionsmessstationen besser einschätzen zu können. An diesen Messstellen erfolgt die tägliche Erfassung der Niederschläge mit Hellmann-Niederschlagssammlern, deren kreisförmige waagrechte Auffangfläche 200 cm² beträgt; die Messhöhe ist 1 m über Grund. Die beschriebenen Depositionssammler weichen in der Regel von den Niederschlagsmengensammlern ab.

In Abb. 4 ist die Lage der Niederschlagsmessstationen im Böhmerwald und den angrenzenden Gebieten eingetragen.

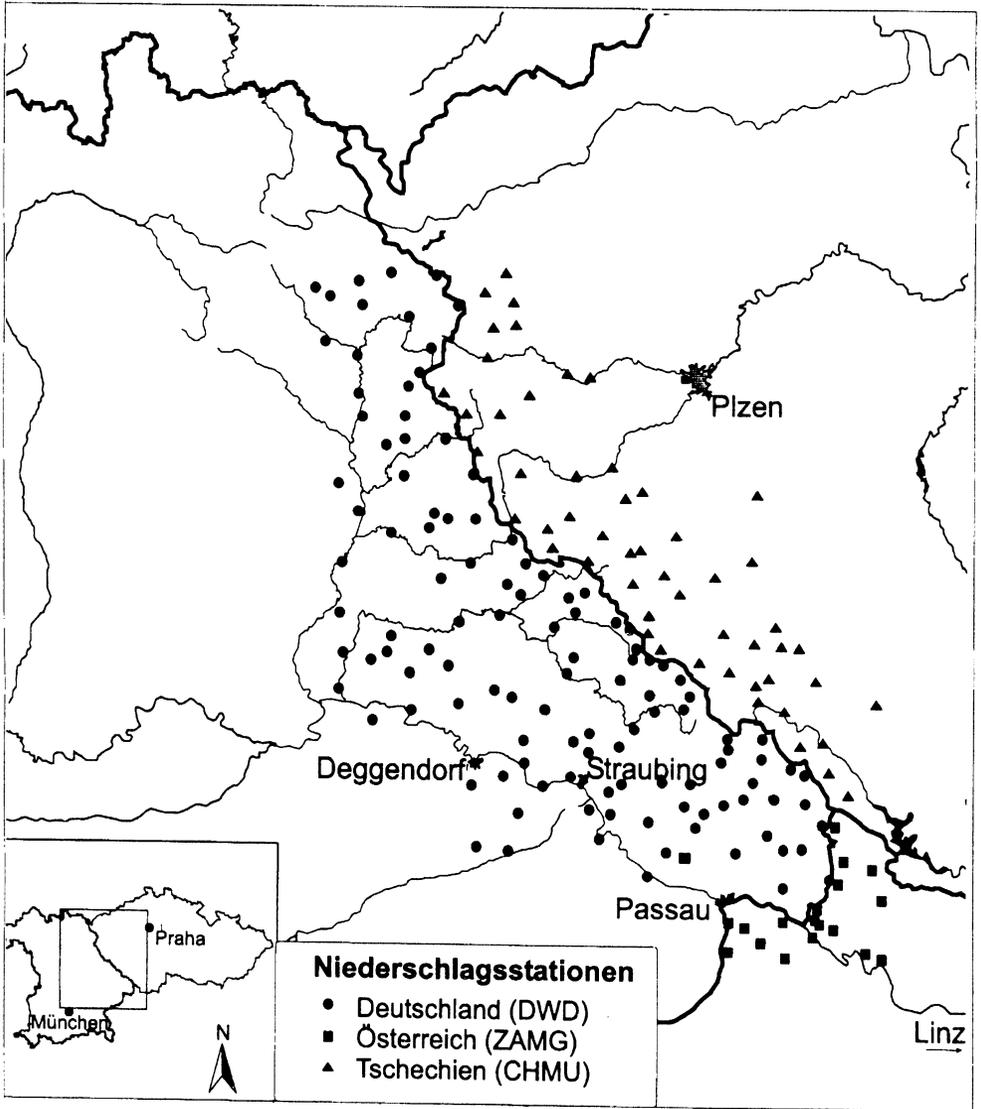


Abb. 4. – Lage der Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des Hydrometeorologischen Instituts der Tschechischen Republik (CHMI), der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG).

Fig. 4. – Map of precipitation stations of German Meteorological Survey (DWD), Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) and Central Institute for Meteorology and Geodynamics (ZAMG).

Weitere Projektziele

Im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen geförderten Projekt werden ausgehend von der beschriebenen Übersicht über die vorhandenen Messreihen und der eingerichteten Datenbank die Depositionsdaten u.a. nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet:

Berechnung der Einträge

Aufbauend auf den vorhandenen Konzentrationsdaten und den entsprechenden Niederschlagsmengen sollen für die einzelnen Messstationen die jährlichen Einträge berechnet, mit den vorliegenden Literaturdaten verglichen und auf ihre Plausibilität geprüft werden.

Vergleich Freiland – Bestand

Da im Raum des Böhmerwaldes in den zurückliegenden Jahren eine Reihe von Eintragsmessungen im Freiland- und Bestandsniederschlag durchgeführt wurde, sollen hier entsprechende Vergleichsfaktoren angegeben werden. Eine Umrechnung von einer in die andere Erfassungsart erscheint jedoch nicht ohne weiteres möglich, da je nach Bestandsdichte der Auskämmeffekt der Wälder das 1.6 – bis 3.6 – fache betragen kann.

Saisonale Verteilung

Für Einzelfälle soll versucht werden, monatliche Depositionssummen und damit den Jahresgang im Vergleich darzustellen.

Zeitreihen

Aus den vorhandenen Messdaten sollen die Zeitreihen herausgegriffen werden, die Aussagen zum Trend der einzelnen Messparameter für den längst möglichen Zeitrahmen ermöglichen. Zeitraum 1983 bis 1997 auf Basis der hydrologischen Jahre.

Vergleich Bulk-Messungen mit Wet-only-Messungen

Für die wenigen Stationen, an denen beide Messverfahren verfügbar sind, sollen die entsprechenden Daten miteinander verglichen werden, um ggf. Umrechnungsfaktoren für den einen oder anderen Inhaltsstoff abzuleiten.

Erstellung von Depositionskarten für das Untersuchungsgebiet

Die Deposition von Luftinhaltsstoffen ergibt sich zum einen aus deren Konzentration im Niederschlag und der Niederschlagsmenge. Um die räumliche Verteilung der Deposition zu ermitteln, müssen Karten der Konzentrationsverteilung mit den entsprechenden Niederschlagskarten unter Berücksichtigung der vertikalen Verteilung des Niederschlags verschnitten werden (KOVÁR & al 1992, VAN LEEWEN & al 1995). Somit erscheint es nicht zuletzt infolge der zu geringen Anzahl der Depositionsstellen nicht sinnvoll, aus den singulären Depositionsergebnissen zu einer Gesamtdarstellung zu kommen. Im Einzelfall kann auch eine eingeschränkte Repräsentativität der Messstelle hinsichtlich der Niederschlagsmessung zu Fehlern in der Kartendarstellung führen. Unter Verwendung der für die einzelnen hydrologischen Jahre ermittelten Höhenabhängigkeiten soll somit auf Basis eines digitalen Geländemodells die Normniederschlagsmenge für den Untersuchungsraum flächenhaft berechnet werden. Andererseits soll für jede Messstation die Differenz aus gemessenem Jahresniederschlag und errechneter Normniederschlagsmenge (Residuen) ermittelt werden. Diese Residuen werden anschließend mit einem räumlichen Interpolationsverfahren flächendeckend modelliert. Aus der Summe aus dem Normniederschlag und den interpolierten Residuen wird die tatsächliche Niederschlagsverteilung errechnet. Diese wird anschließend mit der Verteilung der Konzentrationen überlagert.

Literatur

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 1993: Lufthygienischer Jahresbericht 1993. *Heft 127, München.*

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1994: Auswirkungen des Sauren Regens und des Waldsterbens auf das Grundwasser. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. *Materialien Nr. 40*.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1992: Nitrateintrag in das Grundwasser unter Waldgebieten in Bayern. *Informationsberichte Heft 6/92*.
- BAYERISCHES LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT, 1993: Bayerische Waldklimastationen Jahrbuch 1993. *Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*.
- BAYERISCHES LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT, 1994: Bayerische Waldklimastationen Jahrbuch 1993. *Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*.
- HEIL K., 1998: Untersuchungen zum Stoffhaushalt von Fichten- und Buchen-Waldökosystemen des Inneren Bayerischen Waldes unter besonderer Berücksichtigung der höheren Lagen. *Dissertation an der Universität München*.
- HÜSER R. & REHFUESS K.E., 1988: Stoffdeposition durch Niederschläge in ost- und südbayerischen Waldbeständen. *Forstliche Forschungsberichte München 86*.
- KIRCHNER M., 1980: Niederschlagsmessung. 12. Fortbildungslehrgang des DVWK in Bad Sothen-Allendorf, 6.–10. 10. 1980.
- KOVÁR A. & PUXBAUM H., 1992: Nasse Deposition im Alpenraum. *Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 15/92*.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, 1995: Niederschlag – Richtlinie für Beobachtung und Auswertung der Niederschlagsbeschaffenheit. *Entwurf Stand Juli 1995*.
- VAN LEEWEN E. P., ERISMAN J. W., DRAAIJERS G. P. J., POMA C. J. M. & VAN PUL W. A. J., 1995: European wet deposition maps based on measurements. *RIVM No. 7222108006*.
- PEICHL L., DIETL C. & WÄBER M., 1996: Aktives Biomonitoring von Immissionswirkungen im Untersuchungsgebiet München. *Schriftenreihe 136, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz München*.
- PFÄFFL F. A., 1996: Zur Geographie des Bayerischen Waldes und Böhmer Waldes. *Silva Ga-breta 1: 21–25*.
- PREUSHLER T., BEUDERT B., BREIT W., DIEPOLDER U. & KAISER M., 1994: Errichtung und Betrieb einer Messstelle für das ECE-Projekt Integrated Monitoring im Rahmen der ECE-Luftreinhaltekonvention. *Abschlussber. des FV 10402643, UBA Berlin*.
- RUDOLPH E., 1991: Das Niederschlagsdepositions-Messnetz des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz. *Staub – Reinhaltung der Luft 51, 445–451*.
- TESAR M., 1994: Cloud and fog water deposition in the Sumava Mts. A model estimate of (water flux and deposition of chemical compounds to mountainous spruce stand. *Acta Universitatis Carolinae. Geologica 37, 57–72*.
- UMWELTBUNDESAMT, 1997: Ergebnisse täglicher Niederschlagsanalysen in Deutschland von 1982 bis 1995. *Texte 10/97*.
- WINKLER P., JOBST S. & HARDER C., 1989: Meteorologische Prüfung und Beurteilung von Sammelgeräten für die nasse Deposition. *BPT-Bericht 1/89 GSF-Forschungszentrum für Umwelt- und Gesundheit*.