

Frachtenberechnung Atmo-Bio-Pedosphäre

Die Stofffracht aus der Atmosphäre in die Bio- und Pedosphäre (atmosphärische Gesamtfracht) ist abhängig von der Art der Vegetation (akzeptorabhängig). Diese Stofffracht wird für alle Stoffe nach der Methode von ULRICH (1983) ermittelt. Eingangsgroßen sind Messdaten von Streuproben und Depositionsproben. Liegen hierbei 50% der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze, werden die berechneten Frachten entsprechend gekennzeichnet. Die Stofffracht, die der Vegetationsbestand dem Boden entzieht wird durch Bilanzierung mit allen anderen Stoffflüssen ermittelt. Hierzu sind zusätzlich wiederkehrende Pflanzeninventuren erforderlich.

Die nebenstehende Abbildung zeigt ein vereinfachtes Schema der in einem (ungedüngten) Pflanzenbestand relevanten Stoffflüsse. Im Glosar [U1-01] sind die betreffenden Begriffe erläutert.

Aus methodischen Gründen sind die Stoffflüsse zu unterscheiden in solche, die direkt durch Messungen bestimmbar sind (Teil A für FN, BN, SF, EE) und solche, die nur indirekt bestimmbar sind durch Modellbildung (Teil B für ID) und durch Bilanzierung (Teil C für PA).

Teil A: Messdatenverrechnung

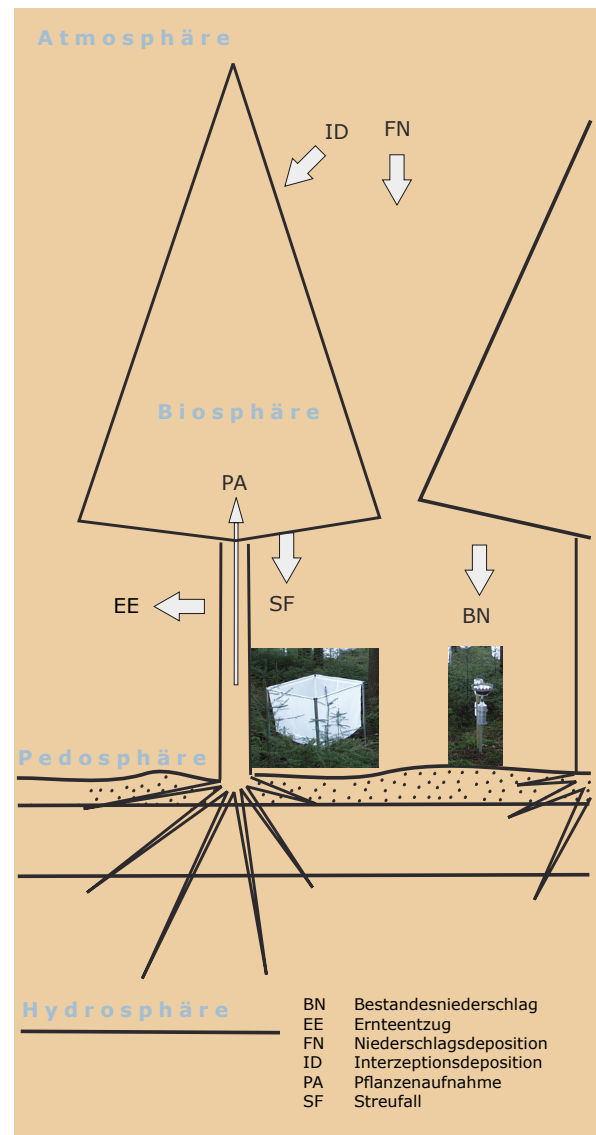
Die Berechnung der Freiland- und Bestandesfrachten eines Stoffes erfolgt nach folgender Gleichung:

- (1) $\text{Konzentration der 14-Tages-Mischprobe} [\mu\text{g/l}] \times \text{Niederschlagshöhe} [\text{mm}/14 \text{ Tage}] \div 100 = \text{14-Tagesfracht} [\text{g}/\text{ha} \text{ 14 Tage}]$

Die Jahresfracht ist dann die Summe aus allen 14-Tagesfrachten eines Jahres. Bei der Streufracht findet Gleichung 2 Anwendung.

- (2) $\text{Konzentration der jährlichen Streu-Mischprobe} [\text{mg}/\text{kg TS}] \times \text{Streumenge} [\text{kg}/\text{m}^2 \text{ a}] \times 10 = \text{Streufracht} [\text{g}/\text{ha} \text{ a}]$

Bei der Anwendung von Gleichung (1) wird folgendes berücksichtigt:



Analysenwerte kleiner als die Bestimmungsgrenze werden gleich der halben Bestimmungsgrenze gesetzt. Fehlende Analysendaten werden durch die arithmetischen Mittelwerte aus der Menge der plausibilisierten Analysendaten inklusive der Werte, die auf die halbe Bestimmungsgrenze gesetzt wurden (da < BG) ergänzt. Zur Berechnung der Summenparameter PAK 16 und PCB 6 werden dagegen Werte kleiner als die Bestimmungsgrenzen nicht berücksichtigt.

Es ist insofern bei den Frachtenberechnungen zu beachten, dass diese unterschiedlich stark durch Messungen abgesichert sein können. Dies insbesondere dann, wenn Analysenwerte häufig unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Ist dies zu mehr als 50% der Fall, so werden die berechneten Frachten entsprechend gekennzeichnet.

Bei der Berechnung der Streufrachten nach Gleichung (2) werden Analysenwerte kleiner als die Bestimmungsgrenze gleich der halben Bestimmungsgrenze gesetzt. Der Analysenwert multipliziert mit der mittleren Streumenge (Mittelwert der Trockensubstanzgewichte aller 8 Sammler) ergibt nach Richtigstellen der Einheit die mittlere Streufracht in g/ha a.

Zur Frachtenberechnung werden Analysendaten verwendet, die bei der Bewertung der Beschaffenheiten plausibilisiert wurden. Die Plausibilisierung der errechneten Frachten wird durch Zeitreihenvergleich mit den Ergebnissen aus den Vorjahren sowie im Vergleich mit den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen durchgeführt. Dabei werden die von Jahr zu Jahr variierenden Streumengen berücksichtigt.

Teil B: Modellrechnung

Die Interzeptionsdeposition ID wird nach Gleichung 3 berechnet.

$$ID_x = F_{Na} * FN_x \quad (3)$$

x = Stoff (z.B. Cd, PAK)

$$F_{Na} = \text{Auskämmfaktor F auf Basis von Na} \\ = (BN_{Na} - FN_{Na}) / FN_{Na}$$

Für die Berechnung des Auskämmfaktors auf Basis von Na (F_{Na}) wird angenommen, dass 1. die Adsorption im Kronenraum, 2. das Leaching und

Kurzbeschreibung

Ziel

- Ermittlung der Freiland-, Streu- und Bestandsfrachten im Wald
- Ermittlung der atmosphärischen Gesamtfracht sowie der Pflanzenaufnahme aus dem Boden

TEIL A: Messdatenverrechnung

Eingangsgrößen

- Streuanalysen
- Streumengen
- Depositionswasseranalysen
- Freiland- und Bestandsniederschlagshöhen

Formeln

$$[\mu\text{g/l}] \times [\text{mm}/14 \text{ d}] \div 100 \\ = [\text{g}/\text{ha} \text{ 14 Tage}] \text{ (NS)} \\ [\text{mg}/\text{kg TS}] \times [\text{kg}/\text{m}^2 \text{ a}] \times 10 = \\ [\text{g}/\text{ha a}] \text{ (Streu)}$$

Ergebnisangabe

- g/ha a
- Kennzeichnung wenn 50% der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze

TEIL B: Modellrechnung

Eingangsgrößen

- Jahresfrachten Freiland, Bestand

Formeln

$$ID_x = F_{Na} * FN_x \\ x = \text{Stoff (z.B. Cd, PAK)} \\ F_{Na} = \text{Auskämmfaktor Basis Na} \\ = (BN_{Na} - FN_{Na}) / FN_{Na}$$

Ergebnisangabe

- g/ha a
- Kennzeichnung wenn bei den Eingangsgrößen 50% der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze

TEIL C: Bilanzierung

Eingangsgrößen

- Jahresfrachten Freiland, Bestand, Interzeption, Streu, Stoffvorräte im Vegetationsbestand

Formeln

$$PA = d\text{Bio} + \text{BN} + \text{SF} - \text{ID} - \text{FN}$$

Ergebnisangabe

- g/ha a
- Kennzeichnung wenn bei den Eingangsgrößen 50% der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze

3. die Pflanzenaufnahme zu vernachlässigen sind.

Die atmosphärische Gesamtfracht in einem Waldbestand ist dann die Summe aus ID_x und FN_x .

Bei der Anwendung des Rechenverfahrens müssen ggf. verkehrsbedingte Na-Einträge berücksichtigt werden.

Teil C: Bilanzierung

Um bezüglich der Pedosphäre vollständig bilanzieren zu können, muss die Pflanzenaufnahme PA berechnet werden. In Anlehnung an das abgebildete Stoffflussschema gilt folgende Bilanzgleichung für die Pflanzenaufnahme über die Wurzeln:

$$PA = dBio + BN + SF - ID - FN \quad (6)$$

mit $dBio$ = Vorratsänderung eines in der Biomasse gespeicherten Stoffes

$dBio$ muss durch wiederkehrende Pflanzeninventuren bestimmt werden. Da mit erheblichen Streuungen bei der Verteilung der Stoffe in Ästen Rinde, Nadeln usw. gerechnet werden muss, sollten die zeitlichen Abstände der Pflanzeninventuren nicht zu gering gewählt werden.

Wenn $PA < 0$ so wird ID angepasst (da hier die am wenigsten durch Messungen gestützte Größe) bis gilt $PA = 0$.

Bei Werten $PA > PA_{max}$ wird ID soweit erhöht, bis $PA = PA_{max}$ gilt. PA_{max} ist die Jahressumme aus Transpirationsstrom mal maximale gemessene Bodenwasserkonzentration pro Messintervall.

Informativer Anhang

Erläuterung

Die Input-Grösse der atmosphärischen Gesamtfracht in einen Vegetationsbestand z. B. einem Forst ist nicht einfach mit der Summe aus Bestandeseintrag und Streueintrag gleichzusetzen, weil im Einzelfall beträchtliche Mengen eines Stoffes im Kronendach zwischengespeichert bzw. von dort ausgewaschen werden können. Schätzungen zeigen, dass diese Mengen jährlich größenordnungsmäßig so groß sein können wie beispielsweise die Jahres-Streudeposition selbst (UMEG 1998). Im Falle einer Ernte würden diese Anteile dem System entzogen werden.

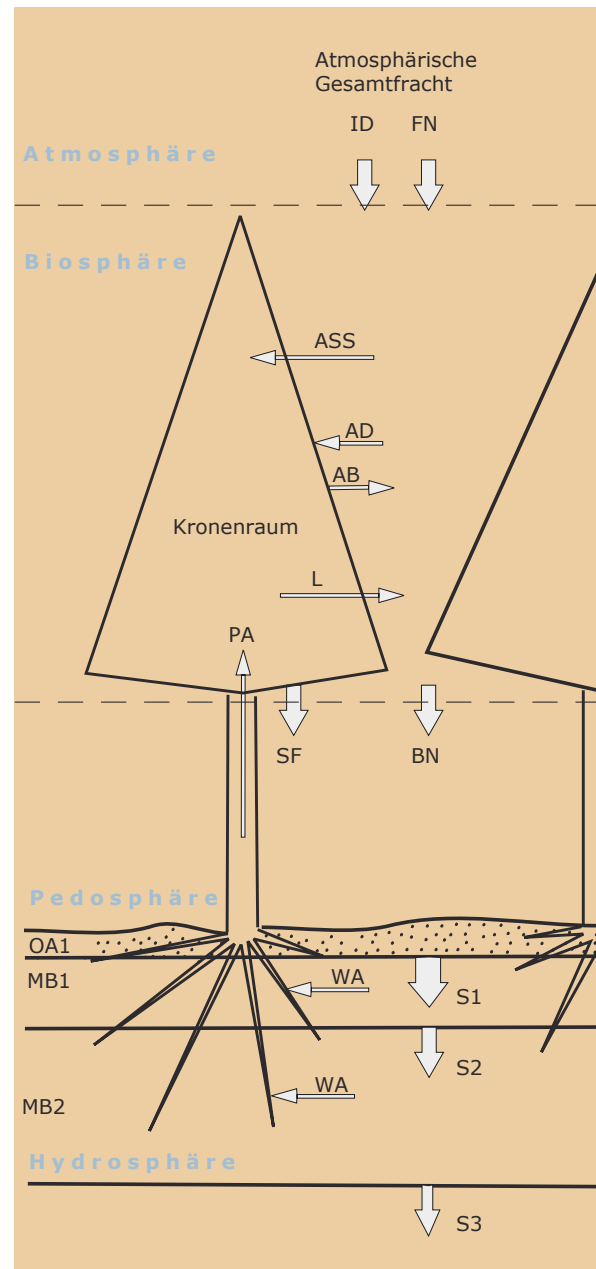
Als weitere Komplikation tritt hinzu, dass interne Kreisläufe im Waldökosystem einen Beitrag zur Streu- und Bestandesniederschlagsdeposition liefern können. Dies wird bei allen Stoffen sicher der Fall sein, die von den Pflanzen aktiv aufgenommen werden, also den Hauptelementen und den für ihr Wachstum wichtigen Spurenstoffen wie Kupfer, Mangan und Zink. Aber auch bei anderen Schwermetallen läßt sich eine solche Wurzelaufnahme nicht ausschließen. Zur Verdeutlichung: selbst bei keinem Eintrag über die Atmosphäre wäre z. B. bei Mangan eine Streu- und Bestandesdeposition messbar, einfach weil Mangan über die Wurzeln aufgenommen und aus dem Kronenraum durch Leaching aus den lebenden Blattoberflächen bzw. durch Streufall wieder abgegeben wird.

Die Schwierigkeit besteht nun darin, diese drei Effekte, atmosphärische Deposition, Zwischenspeicherung (Adsorption) bzw. Abgabe (Abwaschung) und interner Kreislauf (Leaching, Streufall) methodisch auseinanderzuhalten.

Grundlagen

Nebenstehende Abbildung zeigt detailliert die in einem Waldökosystem stattfindenden Stoffflüsse.

Zu ermitteln ist die unbekannte Interzeptionsdeposition (ID), also das, was der Kronenraum innerhalb eines Jahres zusätzlich zur Freilanddeposition (FN) aus der Atmosphäre filtert.



nach SCHULTZ 1987, verändert

AB	Abwaschung
AD	Adsorption
ASS	Assimilation
BN	Bestandesniederschlag
FN	Niederschlagsdeposition
ID	Interzeptionsdeposition
L	Leaching (Auswaschung)
MB	Mineralboden
OA	Organische Auflage
PA	Pflanzenaufnahme
S1	Mineralbodeninput aus
S2	Sickerung in
S3	Ökosystemaustrag
SF	Streufall
WA	Wurzelaufnahme

Dazu gibt Ulrich (1983) ein Verfahren an, das sich auf Natrium als natürlichen Tracer stützt. Natrium wird von den Pflanzen nicht aufgenommen, es findet also auch kein Leaching statt. Der interne Kreislauf ist gleich Null. Des weiteren wird Natrium im Kronenraum nicht adsorbiert. Die Zwischenspeicherung ist somit ebenfalls Null. Für Natrium gilt demnach: die atmosphärische Gesamtfracht ist gleich der Fracht mit dem Bestandesniederschlag (zumindest über längere Zeiträume hinweg wie z. B. ausgedrückt in der Jahressumme). Im Falle des Natrium ist also das Verhältnis von Bestandeseintrag zu Freilandeintrag ein Maß für die Filterwirkung des betreffenden Vegetationsbestandes.

Eine Übertragung dieses sogenannten Natrium-Faktors (man könnte ihn auch Filter- oder Auskämmfaktor nennen) auf andere Komponenten würde tatsächlich das Problem lösen, es ließe sich nämlich leicht die atmosphärische Gesamtd deposition aus Freiflächeneintrag mal Na-Faktor berechnen.

Nun ist eine solche Übertragung strenggenommen nur dann gerechtfertigt, wenn die neue Komponente sich hinsichtlich ihres Interzeptionsverhaltens im Kronenraum genauso verhält wie Natrium, d. h. genau so auf die einzelnen Korngrößenfraktionen depositionsrelevanter Partikel verteilt ist wie Natrium. Das wird schwerlich bei einer Komponente der Fall sein, da diese sich ja gerade im Hinblick auf ihre Adsorptionseigenschaften von Natrium unterscheiden. Aus Ermangelung einer besseren Methode wird aber trotzdem weitverbreitet der Na-Faktor als Schätzung auch auf andere Komponenten wie z. B. Schwermetalle angewendet und zwar unter der Voraussetzung, dass die atmosphärischen Bedingungen eines Standortes weitgehend kontinental geprägt sind, d. h. Natrium ubiquitär verbreitet ist und nicht durch einen direkten Emittenten wie z. B. das Meer oder durch Streusalz von einer Straße eingetragen wird. Aus diesem Grunde ist die Anwendung des Na-Faktors bei vorliegendem Verkehrseinfluss kritisch zu beurteilen.

Literatur

SCHULTZ (1987): Vergleichende Betrachtung des Schwermetallhaushalts verschiedener Waldökosysteme Norddeutschlands. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, Bd. 32, 1987.

SCHULTZ, R. N. LAMERSDORF, H. HEINRICHS, R. MAYER UND B. ULRICH (1987): Raten der Deposition, der Vorratsänderungen und des Austrages einiger Spurenstoffe in Waldökosystemen. DFG-Abschlußbericht Nr. UL 35/46-1.

UMEG (1998): Intensiv-Bodendauerbeobachtung Baden-Württemberg 1996/97 -Entwurf. Bericht Nr. 30-17/98 im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe, den 30. April 1998.

Impressum

Herausgeber	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg
Titel	Frachtenberechnung Atmo-Bio-Pedosphäre
Ausgabe	Dezember 2002
Kennung	U26-U75-N02 (ehem. U263-DBW01-de)
©	Nachdruck und Versand bei Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet
Bezug	ab Juni 2009 http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U26-U75-N02