

# Depositions- und Sickerwassermessungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen

## - Methodenbeschreibung -

### 1. Depositionsmessungen

#### 1.1 Messstelleneinrichtung und Sammelsysteme

Eine Depositionsmessstation besteht in der Regel aus einer Messstelle auf einer Freifläche und einer Messstelle in einem nahegelegenen Waldbestand. Die Einrichtung der Messstellen, die Konstruktion der Sammelvorrichtungen und das Messprogramm wurden an den DVWK-Regeln 122/1984, den DVWK-Merkblättern 211/1986 und 299/1994 sowie den Vorgaben aus BMELF 1997) ausgerichtet.

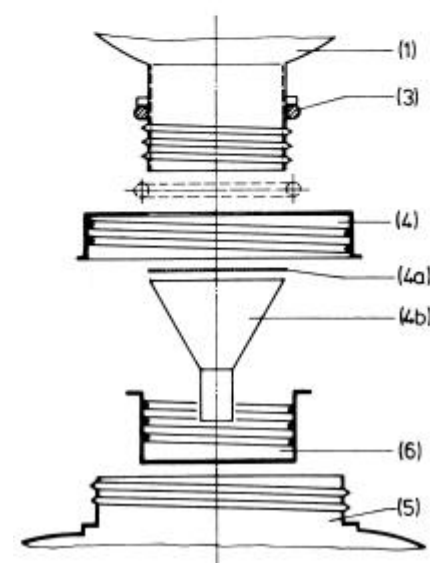
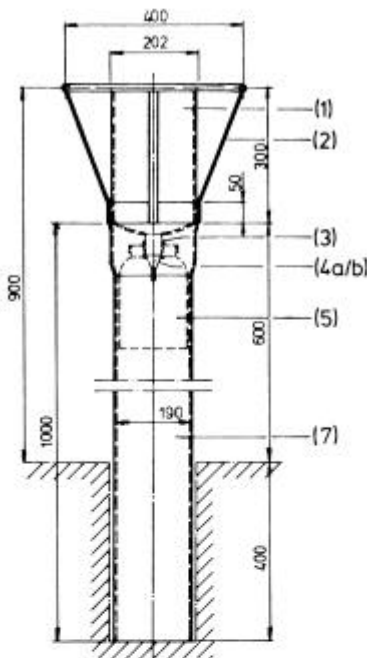


Abb. 1: Kunststoffniederschlagssammler  
- System LÖLF -

Auf der Freilandmessstelle werden die Sammler nach Möglichkeit so positioniert, dass von Einzelobjekten ein Abstand von der einfachen Hindernishöhe, bei kompakten Objekten (z.B. dem Waldrand) ein Abstand von der 1,5 fachen Hindernishöhe eingehalten wird. Ist die Freifläche hierzu zu klein, sind die Sammler auf einem bis zu 8 m hohem Holzpodest installiert.

Die Bestandesmessstelle wurde jeweils inmitten großer Waldbestände in bestandestypischer Situation in möglichst großer Entfernung zum Bestandesrand oder zu größeren Lücken positioniert.

Zur Ermittlung der Niederschlagsdeposition (Freilanddeposition) werden auf der Freifläche je 6 Bulk-Deposi-

- (1) 10 Liter Enghalsflasche aus Niederdruck-Polyäthylen (PE), Boden der Flasche abgeschnitten, Schraubdeckel (6) zentral mit einem Durchmesser von 55 mm durchbohrt; Auffangfläche ca. 321 cm<sup>2</sup>.
- (2) Vogellausweichsitzring aus Polypropylen, auf Kanalrohrmuffe aufsitzend; oberer Ring aus 8 mm starkem Randmaterial, 400 mm Durchmesser.
- (3) Gummi-Runddichtung 50 mm Durchmesser, 4 mm stark.
- (4 a/b) Vollkunststoffgitter (a) aus Polyäthylen, 1 mm Maschenweite, 60 mm Durchmesser, Pulvertrichter (b), 65 mm Durchmesser aus Polypropylen, Trichter am oberen Rand gekürzt auf 60 mm Durchmesser, mit Kunststoffgitter (a) zwischen Ausflussöffnung der Enghalsflasche (1) und dem Schraubdeckel (6) eingeklemmt.
- (5) 5 Liter Weithalsflasche aus Polyäthylen; Deckel zentral mit 62 mm Durchmesser durchbohrt, durch Schraubdeckel der Enghalsflasche (6) auf Dichtung (3) gepresst.
- (7) Halterung: Kunststoffkanalrohr aus Hart-PVC Nennweite 200 (Muffe), 1000 mm lang; ca. 400 mm in den Boden eingegraben.



Kunststoffniederschlagssammler System LÖLF mit Vogelausweichsitzring

Depositionssammler – System LÖLF – verwendet. Dieses Sammelsystem besteht aus einem Auffanggefäß und einem Sammelgefäß (siehe Abb. 1). Als Auffanggefäß dient eine abgeschnittene 10 l Polyäthylen-Enghalsflasche, als Sammelgefäß eine 5 l Polyäthylen-Weithalsflasche. Beide Teile sind unter Einlage eines Trichters miteinander verschraubt. Größere, partikuläre Verunreinigungen werden von einem 1 mm Vollkunststoffgitter im Trichter zurückgehalten. Zum Schutz vor Vogelkot ist in der Höhe des oberen Randes des Auffanggefäßes ein Ausweichsitzring angebracht. Zur Befestigung wird das Sammelgefäß in ein stehendes Kunststoff-kanalrohr eingesteckt.

Die Auffangfläche beträgt ca. 320 cm<sup>2</sup>. Sie kann material- und herstellungsbedingt etwas variieren. Daher werden die Auffangflächen über kreuzweise Durch-

messermessungen exakt ermittelt und Abweichungen vom Durchschnittswert bei der Umrechnung der aufgefangenen Wassermenge in mm Niederschlag berücksichtigt. Vor dem ersten Einsatz werden die Gefäße mit entionisiertem Wasser ausgewaschen und vor der ersten Probeentnahme auf den Messstellen durch Niederschlagswasser konditioniert. Beim laufenden Betrieb erfolgt eine 14-tägige Reinigung der Gefäße durch sorgfältiges Auswischen mit einem Laborpapier Tuch. Die Reinigung des schwer zugänglichen Trichters – gegebenenfalls verbunden mit einem Auswechseln der Feingitter – erfolgt so oft wie erforderlich, mindestens halbjährlich.

Das Sammelsystem wird auch im Winter eingesetzt. Dazu werden bei einsetzendem Frost die Gitter und der Trichter aus dem Sammelsystem entfernt. Reicht die Sammelkapazität noch aus werden gefrorene Proben bis zum nächsten Sammeltermin im Sammelgefäß belassen. Ansonsten oder spätestens am Ende eines Quartals werden die Sammelgefäße ausgetauscht und die Proben in den geschlossenen Sammelgefäßen in einem beheizten Raum aufgetaut.

Zur Überprüfung der Genauigkeit der Sammler bei der Niederschlagsmessung wird auf jeder Freifläche ein Standardniederschlagssammler des Deutschen Wetterdienstes (HELLMANN Niederschlagssammler mit 200 cm<sup>2</sup> Auffangfläche) eingesetzt.

Zur Ermittlung der Kronendurchlaßdeposition werden auf den Bestandesmessstellen jeweils 15 LÖLF-Sammler eingesetzt. Die Sammler sind systematisch im Bestand verteilt, wobei 3 Reihen zu je 5 Sammlern gebildet wurden. Der Abstand zwischen den Sammlern variiert je nach mittlerem Baumabstand zwischen 3 und 6 m, der Abstand zwischen den Reihen zwischen 3 und 6 m.

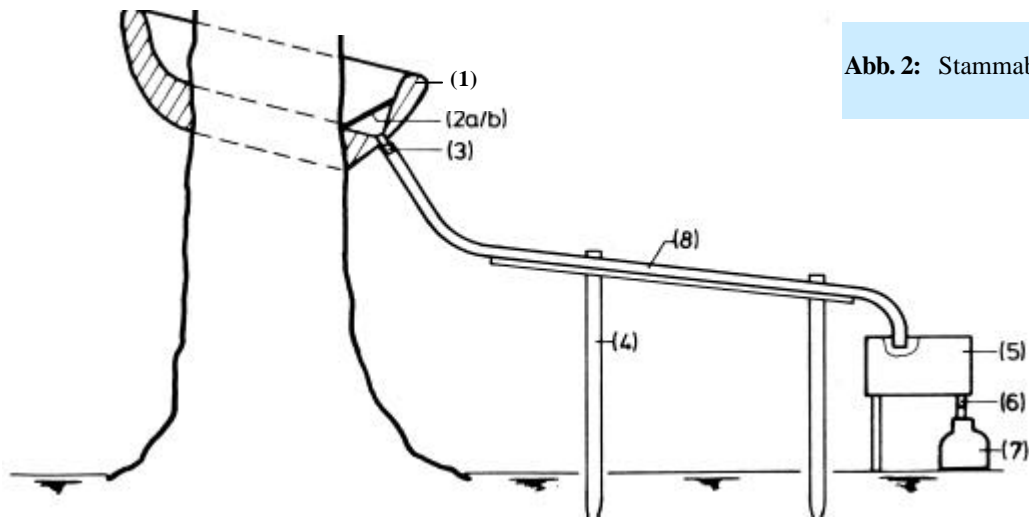


Abb. 2: Stammabflußmessaanlage

(1) Stammumfassende Polyurethan-Klebschaum Rinne, Innenseite mit Paraffin ausgekleidet. (2) Am unteren Ende der Ablaufrinne Polyäthylen-Sieb (a), 1 mm Maschenweite und PE Trichter (b), zum Anschluß des Ablaufschlauches (3) PVC-Ablaufschlauch (20 mm Ø innen) (4) Holzgerüst für Ablaufschlauch mit stetigem Gefälle. (5) Kippschalenwassermesser mit Probenentnahmevorrichtung. (6) PVC-Schlauch zur Probensammelflasche. (7) Probensammelflasche PE 10 Ltr. (8) PVC-Rohr (35 mm Ø) (Lichtabschirmung)

In Buchenbeständen wird zusätzlich die Stoffdeposition mit dem Stammabfluss ermittelt. Die Messungen erfolgen summarisch an 5 Bäumen, die in etwa die Durchmesservertelung des Bestandes repräsentieren. Das am Stamm herabfließende Wasser wird mit PU-Schaumstoffmanschetten, die oberseits mit Paraffin ausgekleidet sind, aufgefangen und in einen Kunststoff-(PP)-Kippschalenwassermesser mit Probenahmevorrichtung geleitet (Abb. 2). Die Umrechnung der aufgefangenen Wassermenge in die Niederschlagshöhe erfolgt anhand des Verhältnisses der Kreisfläche der 5 Probestämme zur Gesamtkreisfläche des Bestandes je Hektar (vgl. DVWK 1986).



Stammabfluß - Messanlage

## 1.2 Niederschlagsmessung, Probenahme

Die Messung der aufgefangenen Niederschlagsmenge und die Probenahme erfolgen 14-tägig am gleichen Wochentag. An den Freilandmessstellen werden je 2 Sammler, an den Bestandesmessstellen je 5 Sammler (Reihe) zu einer Mischprobe zusammengefasst. Je Messstelle werden also 3 Parallelproben gewonnen. Die Niederschlagsmessung erfolgt mit einem Messzylinder auf 5 cm<sup>3</sup> genau. Die aufgefangene Nieder-

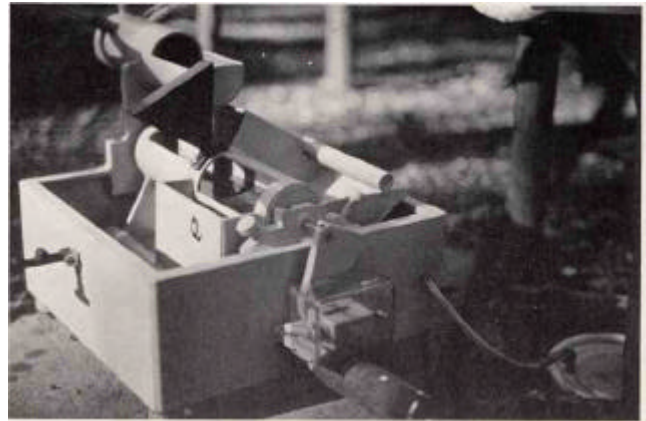


Blick in den Abflusstrichter der Stammabflußrinne

schlagsmenge bzw. eine Teilmenge von ca. 1 l wird in gereinigte und etikettierte PE-Flaschen gefüllt und nach der Probenahme bei  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren. Vor dem Einfrieren wird der pH-Wert der Probe ermittelt. Durch Vogelkot o.ä. kontaminierte Proben werden bei der Ermittlung der Niederschlagshöhe berücksichtigt, gehen aber nicht in die Mischprobe ein, sondern werden verworfen.

### 1.3 Probenbehandlung, Analyse

Die Wasserproben werden bei  $-20^{\circ}\text{C}$  in Gefriertruhen gelagert. Vor der Analyse werden die 14-Tagesproben zu Niederschlagsmengen- aliquoten Monats- bzw. Quartalsmischproben vereinigt. Niederschlagsproben die aus zwei aufeinanderfolgenden Monaten bzw. Quartalen stammen, werden mit Hilfe von Aufzeichnungen der täglichen Freilandniederschlagshöhe entsprechend dem prozentualen Niederschlagsanteil aufgeteilt. Vor der Analyse erfolgt eine Membran-Filtration mit  $0,45\ \mu\text{m}$ .



Kippschalenwassermesser (Deckel abgenommen)

Die Mischprobenbildung, die Filtration und die Analysen werden von der **Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer** durchgeführt. Erfasst werden die in Tabelle 1 aufgeführten Parameter. Diese Tabelle enthält auch die Analyseverfahren und die Bestimmungsgrenzen. Zur Kontrolle der Analyserichtigkeit wird für jede Probe eine Ionenbilanz und eine Leitfähigkeitsbilanz (Vergleich der theoretischen Leitfähigkeit aufgrund der Einzelionengehalte mit der gemessenen Leitfähigkeit) berechnet. Weitere Plausibilitätsprüfungen erfolgen anhand von graphischen Darstellungen des Verlaufs der Stoffkonzentrationen der einzelnen Komponenten an den einzelnen Messorten. Liegen bei einem oder zwei Werten der drei Wiederholungen offensichtliche Fehlmessungen vor, so werden diese Werte eliminiert. Bei – sehr seltenen – Fehlmessungen aller drei räumlichen Wiederholungen oder bei kompletten Messwertausfällen werden die Elementkonzentrationen einzelfallspezifisch gutachterlich, in der Regel anhand der Befunde zeitlich benachbarter Messperioden mit vergleichbarer Niederschlagshöhe, geschätzt. Eine Schätzung der fehlenden Messdaten ist erforderlich, da die Kalkulation von zeitraumbezogenen Depositionsraten nur anhand lückenfreier Datensätze erfolgen kann.

Die Datenhaltung und die weitere Auswertung erfolgt mit Hilfe einer Access-Datenbank.

Parameter	Analysemethode	Bestimmungsgrenze
pH	Potentiometrie POT	-
elektrische Leitfähigkeit	Conduktometrie CON	1µS/cm (25°)
K	Atomemissionsspektrometrie – induktiv gekoppelte Plasmaspektrometrie (AES-ICP)	0,01 mg/l
Ca	AES-ICP	0,01 mg/l
Mg	AES-ICP	0,01 mg/l
Na	AES-ICP	0,01 mg/l
Al	AES-ICP	0,01 mg/l
Mn	AES-ICP	0,01 mg/l
Fe	AES-ICP	0,01 mg/l
Zn	AES-ICP	5 µg/l
SO <sub>4</sub>	AES-ICP	0,1 mg/l
NH <sub>4</sub>	Spektrometrie – Segmented Flow Analysis (SPEC-SFA)	0,02 mg/l
NO <sub>3</sub>	SPEC-SFA	0,02 mg/l
Cl	SPEC-SFA	0,1 mg/l
Ngesamt	SPEC-SFA	0,02 mg/l
PO <sub>4</sub>	SPEC-SFA	5 µg/l
Cu	Elektrothermische Atomadsorptionsspektrometrie (ET-AAS)	0,1 µg/l
Pb	ET-AAS	1 µg/l
Cd	ET-AAS	0,1 µg/l
Cr*	ET-AAS	0,1 µg/l
Ni*	ET-AAS	1 µg/l
DOC*	Verbrennung bei 800°C Infrarot-Detektion	0,2 mg C/l
N <sub>org</sub>	Kalkulation: Ngesamt -(N-NH <sub>4</sub> +N-NO <sub>3</sub> )	0,02 mg/l

**Tab. 1:** Analysemethoden für Niederschlagswasser- und Sickerwasserproben der Waldökosystem-Dauerbeobachtungsfläche  
\* Analyse nur bei Sickerwasserproben

## 2. Sickerwasseruntersuchung

Bei den Sickerwasseruntersuchungen werden zwei unterschiedliche Verfahren angewandt:

An den Umweltkontrollstationen erfolgt eine kontinuierliche manometergesteuerte Beprobung des Sickerwassers. An den übrigen Standorten (Bodendauerbeobachtungsflächen) wird das Sickerwasser diskontinuierlich alle 14 Tage beprobt.

### 2.1 Kontinuierliche Sickerwasserbeprobung

An den Standorten Merzalben und Idar-Oberstein sind in 3 Mineralbodentiefen (Merzalben 10: 60, 115 cm; Idar-Oberstein: 10, 30, 80 cm) je 12 Saugkerzen installiert. Eingesetzt werden keramische P80-Kerzen mit einem Durchmesser von ca. 2,2 cm. Der Saugkerzenhals besteht aus Plastik mit einer Plexiglasinnenführung. Jede Saugkerze ist über PE-Schläuche mit einer Glasflasche in einer Messhütte verbunden (Abb. 3). Alle Glasflaschen sind an einen Unterdruckkessel angeschlossen, der mit Hilfe eines Manometers und einer elektrischen Pumpe kontinuierlich in einem Unterdruckbereich von ± 0,4 bar gehalten wird. Wenn bei Austrocknung im Sommer kein Sickerwasser kommt, wird die Pumpe zeitweilig abgestellt.

Die Probenahme erfolgt wöchentlich am gleichen Wochentag. Hierbei wird das Wasser von jeweils 4 Saugkerzen zu einer Mischprobe vereinigt (= 3 Mischproben je Tiefenbereich). Die Probenbehandlung erfolgt wie bei den Depositionsuntersuchungen (Kap. 1.3). Analysiert werden Monatsmischproben auf die in Tab. 1 (Kap. 1.3) aufgeführten Parameter.

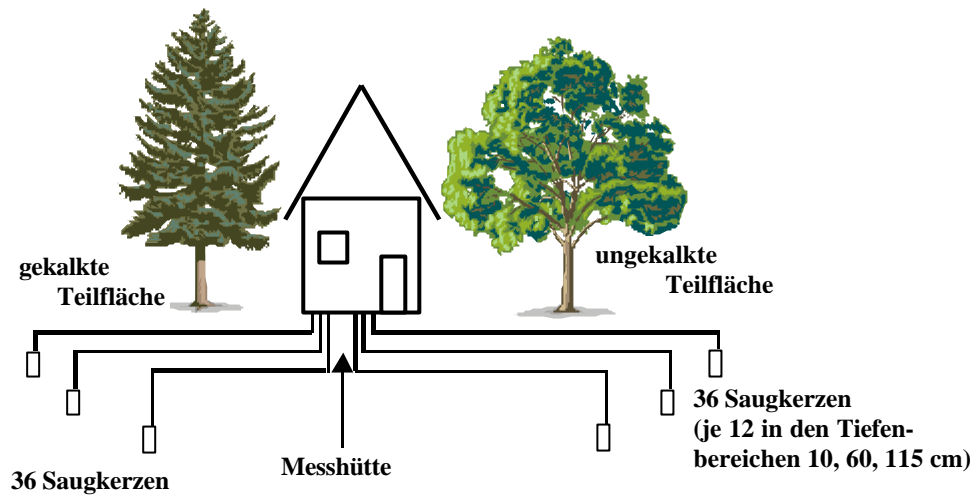


Abb. 3: Kontinuierliche Sickerwasserbeprobung

## 2.2 Diskontinuierliche Sickerwasserbeprobung

Bei der diskontinuierlichen Sickerwasserbeprobung sind im Umfassungstreifen der Bodendauerbeobachtungsfläche in bestandescharakteristischer Situation 3 bis 6 Saugkerzen-komplexe installiert. In den Mineralbodentiefen 10 und 60 cm werden jeweils 6 bis 9 keramische Saugkerzen eingesetzt. Die Saugkerzen sind mit 1 l Glasflaschen in einem eingegrabenen Plastikeimer verbunden (Abb. 4). Bei vor 1994 installierten Anlagen hängen je 2 Saugkerzen an einer Glasflasche. Bei später installierten Anlagen wurde nur jeweils 1 Saugkerze je Glasflasche verwendet. An die Glasflaschen wird alle 14 Tage mit Hilfe einer mobilen 12 Volt Pumpe ein Unterdruck von ca. 0,6 bar angelegt. Die Wasserprobe wird im gleichen Turnus gewonnen, die Wassermenge ermittelt und die Probe eingefroren. Analysiert werden Quartalsmischproben je Glasflasche (= 3 bis 6 Mischproben je Fläche und Tiefenbereich).

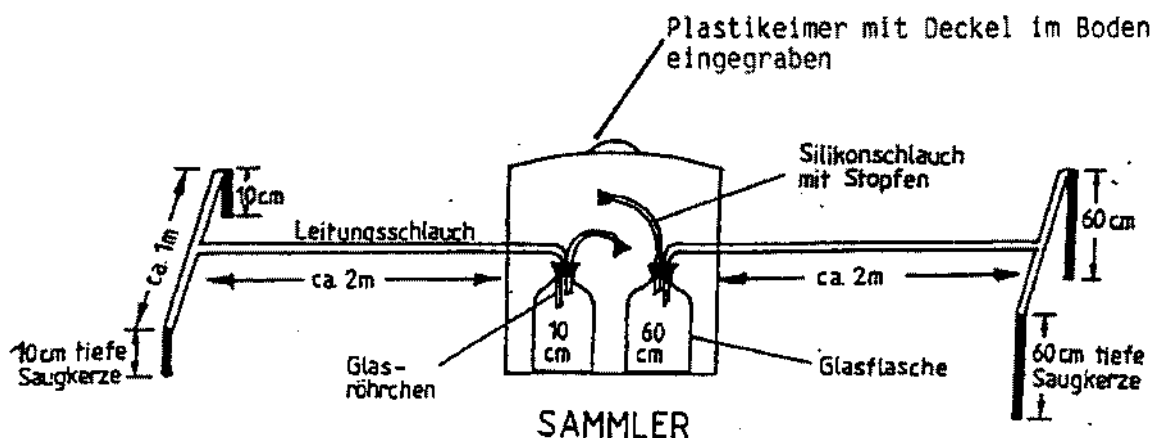


Abb. 4: Schematische Darstellung eines Saugkerzenkomplexes

BMELF (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) (Hrsg.) (1997): Dauerbeobachtungsflächen im Wald. Methodenleitfaden für das Level II-Programm. Bonn, 126 S.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1984): Ermittlung der Stoffdeposition in Waldökosysteme. DVWK Regeln 122, 1-5

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1986): Ermittlung des Interzeptionsverlustes in Waldbeständen bei Regen. DVWK Merkblätter 211, 1-9

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1994): Grundsätze zur Ermittlung der Stoffdeposition. DVWK Merkblätter 229, 1-22