

Umweltbeobachtung

Pflanzenprobennahme auf Agrarflächen

Pflanzenprobennahmen werden zur Kontrolle der Lebens- und Futtermittelqualität (Lebensmittelkontrolle, Landwirtschaft, Gartenbau, Kleingärten) oder auch zur Abschätzung von Stoffflüssen (z.B. an Agrar-Intensivmessflächen) durchgeführt. Im folgenden Beitrag werden grundsätzliche Überlegungen zur Erntegutprobennahme, die im Probenbegleitschein berücksichtigt werden sollten, dargelegt.



Kontrolle der Lebens- und Futtermittelqualität

Um die Bewertung von Pflanzenproben nach lebens- und futtermittelrechtlichen Bestimmungen vornehmen zu können, muss die Probennahme des zum Verzehr/zur Verfütterung bestimmten Teiles den erntetypischen Bedingungen nachempfunden werden. Die Probenvorbereitung soll den küchen- bzw. verfütterungstypischen Verfahren entsprechen.



Bei amtlichen Kontrollen werden üblicherweise Mischproben von den zur Verfütterung oder in den Verkauf gelangten Pflanzenteilen erstellt. Um die Messdaten für Zwecke der Umweltbilanzierung nutzen zu können, sollte idealerweise eine schlagbezogene Probennahme durchgeführt werden. Ersatzweise wird empfohlen

- die Raumeinheit (Einzugsgebiet der Probe) möglichst klein zu halten und gut zu dokumentieren und
- das Probengut möglichst vor der Einlagerung zu gewinnen, um Sekundärkontaminationen (z.B. durch das Silo) zu vermeiden.

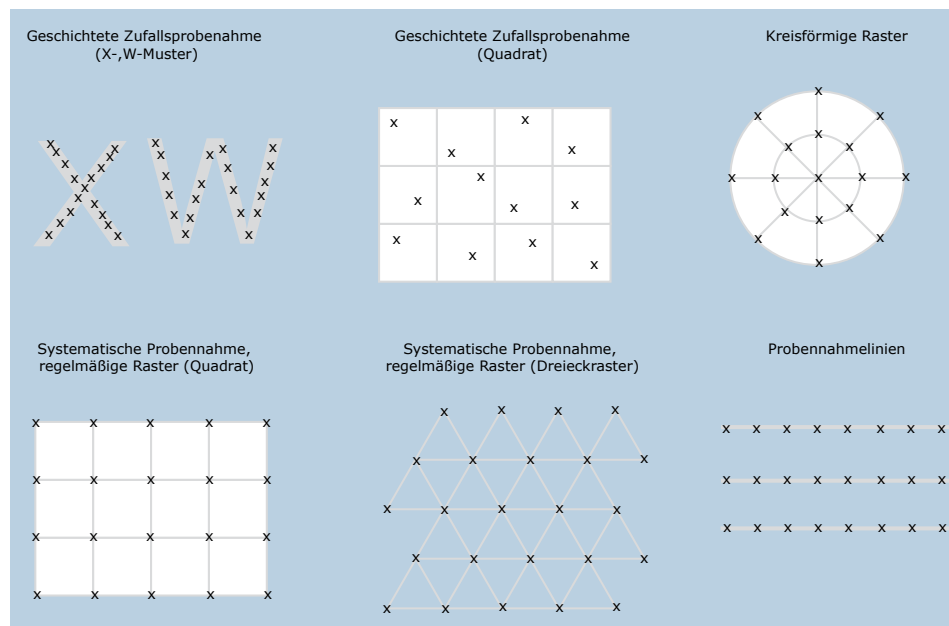
Schlagbezogene Probennahme

Mischproben über den gesamten Schlag werden idealerweise kurz vor der Ernte im W-Muster, 5-10 m vom Rand entfernt genommen (einfach durchzuführen; keine Zentrumsbetonung). Schlagbezogene Mischproben können nur dann nach der Ernte aus der Erntemaschine/dem Haufwerk entnommen werden (z. B. Stroh- und Kornmischproben), sofern noch keine Durchmischung mit Nachbarparzellen erfolgt ist.

Probennahme von Boden-Pflanzen-Paaren

Boden-Pflanze-Paare mit präziser räumlicher Zuordnung erfordern die zusätzliche Probennahme des Substrates, in dem die jeweils beprobte Pflanze wurzelt.

Bei der Gewinnung von Boden-Pflanzenpaaren steht nicht die



flächenrepräsentative Probennahme, sondern die Zuordnung von Boden- und Pflanzenproben im Vordergrund. Daher sollten im Boden- und Pflanzenproben zu einem Zeitpunkt und von einer Person entnommen werden. Dabei sollten die an einem Einstich unmittelbar benachbarten Pflanzen bzw. der unmittelbar am Wurzelraum befindliche Boden beprobt werden. Aus 15 bis 25 Boden- und Pflanzeneinzelproben sind Mischproben zu erstellen.

Bei Grünland Boden-Pflanzenpaaren wird empfohlen, kleine Probenahmeflächen (Radius $r = 5\text{ m}$) zu bestimmen. Innerhalb des Kreises werden Boden und Pflanzen repräsentativ für die Probenahme- fläche beprobt (ggf. Grassoden abklopfen). Bei der Festlegung der Probenahme- fläche ist ausreichend Abstand zu Grundstücks- und Nutzungsgrenzen, Straßen, Gebäuden etc. zu halten ($> 30\text{ m}$). Ebenso sind „Fehlstellen“ (z.B. Vorgewende, ehemalige Mietenplätze etc.) zu meiden.

Sofern Boden- und Pflanzenproben nicht zum gleichen Zeitpunkt gewonnen werden, sind die genauen Probenahme- flächen reproduzierbar einzumessen und kartenmäßig zu dokumentieren.

Auf kleinparzelligen Boden-Wiederholbeprobungsflächen kann auf die gekoppelte Bodenprobennahme verzichtet werden.

Probennahme an Agrar-Intensivmessstellen

Die Pflanzenprobennahme an Agrar-Intensivmessflächen geht über die oben genannten Ziele hinaus und wird für Zwecke der Umweltbilanzierung durchgeführt. Ziel der Probennahme ist, die folgenden Stoffpfade zu unterscheiden:

- systemische Aufnahme über die Wurzel,
- Aufnahme über die Gasphase,
- Aufnahme über die atmosphärische Deposition,

- Aufnahme über Verschmutzung durch Bodenpartikel (Spritzwasser).

Frachtenberechnung

Für die Ermittlung von Stofffrachten, werden die Proben flächentreu mit Hilfe eines Rahmens mit definierter Grundfläche in erforderlicher Parallelnzahl genommen (z. B. Grünland 4 Parallelen zu je 0,25 m² (50 x 50 cm Kantenlänge). Ertragsangaben des Landwirts (Schlagkartei) sind Mittelwerte für den gesamten Schlag und sollten ergänzend bzw. zur Plausibilisierung der lokal ermittelten Mengen verwendet werden.

Probennahme auf Boden-Wiederholbeprobungsflächen

Die Probennahme auf Boden-Wiederholbeprobungsflächen dient der Bildung von Boden-Pflanzen Paaren geringerer räumlicher Auflösung und soll vor der Ernte durchgeführt werden. Die Eckpunkte der Wiederholbeprobungsfläche werden mit dem Magnetsuchgerät lokalisiert und mit Peilstangen markiert. Die Parzellen werden anschließend eingemessen und mit Schnüren markiert. Innerhalb der Parzellen werden Mischproben jeweils über eine Diagonale oder im W-Muster beprobt. Bedarfsweise können auch Mischproben aus mehreren Parzellen genommen werden (z.B. 3 Streifen zu je 6 Parzellen).

Pflanzenkompartimentierung zur Untersuchung der Stoffverteilung in der Pflanze

Zur Untersuchung der Stoffverteilung in der Pflanze und des Verschmutzungspfades sollen die Pflanzen idealerweise kompartimentiert werden. Beispiele:

Kulturpflanze	Kompartimente
Weizen	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0-10 cm (Stoppeln, vornehmlich bodenbürtige Verschmutzung) 2. 10 - 40 cm und 3. > 40 cm (Sproß, vornehmlich atmosphärische Verschmutzung) 4. Korn
Grasaufwuchs	<ol style="list-style-type: none"> 1. < 4 cm 2. > 4 cm
Karotten	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frucht geschält 2. Fruchtschaale 3. Kraut
Mais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wurzel, 2. Stängel, 3. Blätter, 4. Kolben

Für Stoffflussbilanzen muss in exportierte Anteile und solche, die nach der Ernte auf der Fläche verbleiben, unterschieden werden.

Pflanzenauswahl

Bei der Auswahl der Kulturpflanzen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- hinsichtlich des Partikel-Transfers Boden-Pflanze sollten vorzugsweise Wurzelgemüse (Karotten, Kartoffeln, Rote Beete) und bodennah wachsende Pflanzen (z.B. Salate, Spinat) beprobt werden,
- hinsichtlich des systemischen Transfers Boden-Pflanze sollten akkumulierende Pflanzen untersucht werden (z.B. Spinat, Winterweizen für Cd),
- hinsichtlich der atmogenen Stoffaufnahme sollten vorzugsweise Pflanzen mit großer Oberfläche (z.B. Salate, Spinat, Petersilie), Obst mit rauher Oberfläche (z.B. Himbeere) und wachshaltige Pflanzen (z.B. Weidelgras, Grünkohl) beprobt werden.

Probennahmegeräte

Für die Probennahme dürfen nur saubere und kontaminationsfreie Geräte verwendet werden. Die verwendeten Messer bzw. Scheren dürfen ausschließlich nur für diesen Zweck eingesetzt werden.

Probenmenge

Die Probenmenge sollte mit dem Analysenlabor abgestimmt werden. Um eine Feld-homogene Mischprobe zu gewährleisten, sollten mindestens 1-2 kg Frischmasse beprobt werden.

Erforderliche Probenmengen für die Untersuchung von Pb, Cd und Hg kann aus der Richtlinie 2001/22/EG entnommen werden.

Probentransport und -lagerung

Je nach Art der Proben eignen sich Aluminium- oder Glasgefäße sowie Papier- bzw. PE-Tüten als Probennahmegeräte. Der Transport und die Lagerung der Proben erfolgt so, dass keine nachteilige Veränderung der Proben eintritt.

Kurzfristige Lagerung sollte bei 4°C im Kühlschrank erfolgen; Konservierung bei -18 bis -25°C.

Probenvorbereitung

Die Pflanzenproben werden je nach Fragestellung ungewaschen oder nach küchentypischer Aufbereitung untersucht (Festlegung im Einzelfall). Anhaftender (abwaschbarer) Boden kann z.B. bei Spinat den Großteil der Stoffgehalte verursachen.

Nach Auftauen sollte der Pflanzenbrei mit Mixern homogenisiert werden.

Die küchentypische Vorbereitung ist in der DIN EN 13804 beschrieben.

Anmerkungen zur Analytik

Nach Trocknen (bei Hg bzw. org. Schadstoffe bei 40°, sonst 105°) werden die Proben zerkleinert, durch Mahlen (mit abriebfreien Geräten) homogenisiert (auch mit Keramikmesser/-scheren; Cutter [z.B. Fa. Robot Coupe]) und durch (Mikrowelle oder konventionell) beheizten Druckaufschluss mit HNO₃ und H₂O₂ als Extraktionsmittel aufgeschlossen (VDLUFA 1996). Die Analysen erfolgen mittels ICP-MS nach VDLUFA (2000) oder ICP-OES (VDLUFA 2003) je nach Eignung für das jeweilige Element (z.B. ICP-MS für Pb, As, Sb, Tl, Ca, K, Mg, Na sowie Be, Bi, Co, Fe, Mn, U, V und Ti und ICP-OES für Ni, Cd, Cr, Cu, Zn, S, P).

Bei Hg erfolgt die Bestimmung aus dem gleichen Aufschluss mittels Kaltdampf-AAS.

Die N-Bestimmung erfolgt getrennt durch Elementaranalyse im Sauerstoffstrom.

Zur Titanbestimmung wird ein Teil des Wasserstoffperoxids durch Flußsäure ersetzt (Erfahrungswert: bei 250 bis 500 mg Einwaage eine Mischung aus 5 ml HNO₃, 3 ml H₂O₂ und 2 ml HF; Anmerkung: während ca. 60% des Titan in Gerüstsilikaten gebunden sind, sind es bei den anderen Spurenmetallen nur ca. 10 %. Beim Druckaufschlussverfahren mit HF-Anteil ist bezogen auf den Verschmutzungsanteil mit ca. 10% höheren Werten gegenüber der Standardmethode mit reinem HNO₃/H₂O₂-Aufschluss zu rechnen).

Abschätzung der Verschmutzung

Die Quantifizierung der (bodenbürtigen) Verschmutzung ist in doppelter Hinsicht von Interesse:

1. sie ist zum Zwecke der Schadstoffreduktion in der Nahrungskette durch entsprechende Produktionsmethoden (Anbau, Ernte, Weiterverarbeitung) viel leichter zu beeinflussen, als etwa die systemische Aufnahme.
2. sind die Bodengehalte eines Standorts bekannt, lassen sich alle folgenden verschmutzungsbedingten Pflanzengehalte allein aus einer einfachen Analyse rein der Verschmutzungsmenge abschätzen (Transfermodell Verschmutzungspfad), z. B. ermittelt als HCl-unlösliche Asche.

Es ist zu erwarten, dass die Gehalte von Pflanzenproben bei einigen Stoffen hauptsächlich durch den Verschmutzungspfad (alle nicht essentiellen Stoffe) und nur untergeordnet durch die systemische Aufnahme bedingt sind.

Analytische Trennung der Pfade

Methode A: Veraschung

Aus dem Aschegehalt von Pflanzen lassen sich unter Abzug von pflanzentypischen „Ascheblindwerten“ (typischer Aschegehalt von gut ernährten Gefäßkulturlpflanzen ohne Partikelverschmutzung) grobe Anhaltswerte für

den Bodenanteil errechnen.

Methode B: HCl-unlösliche Asche

Der HCl-unlösliche Ascheanteil enthält Stoffe in rein silikatischer Bindungsform (Tonminerale, Gerüstsilikate etc.). Gleichzusetzen mit atmosphärischer und direkt-bodenbürtiger Verschmutzung, allerdings ohne deren organische Substanz, die ebenso verascht wird und ohne die austauschbaren Kationen. Hier ist also mit Minderbefunden zu rechnen. Zur Plausibilisierung des angestrebten Transfermodells für den Verschmutzungspfad sollten die Elementgehalte im HCl-unlöslichen Anteil bestimmt werden, um sie mit den zugehörigen Bodenwerten sowie mit den entsprechenden Gesamtgehalten der Pflanzen zu vergleichen.

Methode C: Titan als Leitelement für die Verschmutzung nach Breuer (2004)

Titan ist in Böden im wesentlichen in Gerüstsilikaten gebunden und wird unter anderem deshalb systemisch nicht oder nur sehr wenig aufgenommen. Die Bestimmung von Titan erfolgt mittels ICP-MS aus dem HF-ergänzten Druckaufschluss. Bestimmt werden zunächst die Gesamtgehalte sowie die Gehalte in der HCl-unlöslichen Asche, um die Eignung von Titan als Leitelement für Verschmutzung an den jeweiligen Standorten zu überprüfen. Dazu sollte Titan überwiegend in der HCl-unlöslichen Asche vorhanden sein und idealerweise zu den anderen Elementen in der Verschmutzung in einem konstanten Verhältnis stehen. Eine Schwierigkeit bei diesem Ansatz ist, dass die Verschmutzung häufig maßgeblich über Tonpartikel abläuft und Gerüstsilikate nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Literatur

BCR (1988): Commission of the European Communities, Community Bureau of Reference. The certification of the contents (mass fractions) of As, B, Cd, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se and Zn in rye grass. CRM 281.

Breuer (2004: Beitrag Eurosoil 2004 [in Vorbereitung]).

CARY E.E. et al. (1986): Titanium determination for correction of plant sample contamination by soil. Agronomy Journal 78, S. 933-936.

Hülster, A. (1994): Transfer von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen (PCDD/PCDF) aus unterschiedlich stark belasteten Böden in Nahrungs- und Futterpflanzen 1994. Verlag Grauer, Ulrich.

UMEG (2000): Aufschluss und Aufbereitung von Pflanzenmaterialien zur Analyse nach den QM-Verfahrensweisungen V 504-32661 (ICP-OES), V 504-32662 (ICP-MS) und V 504-32663 (Hg, Kaltdampf-AAS). UMEG 2000.

VDLUFÄ (2003): VDLUFÄ Methodenbuch VII Umweltanalytik, 5.Ergänzung 2003.

VDLUFÄ (2000): Methodenbuch VII Umweltanalytik, 2.Ergänzung . 2000.

VDLUFÄ (1996): Methodenbuch VII Umweltanalytik, 1. Teillieferung 1996.

VDLUFÄ (1999): Methodenbuch Futtermittel, 1. Richtlinie 71/250/ EWG. 5. Bestimmung von Rohasche, 6. Bestimmung von in Salzsäure unlöslicher Asche.

Impressum

Herausgeber	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg
Titel	Pflanzenprobennahme auf Agrarflächen
Ausgabe	Juli 2004 in Kooperationen mit LACHEMIE Hohenheim, LUFA Augustenberg, CVUA Karlsruhe
Kennung	U22-M64-N04 (ehem. U233-EU01-de)
©	Nachdruck und Versand bei Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet
Bezug	ab Juli 2009 http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U22-M64-N04