

Aktives Biomonitoring: Grünkohlexposition

Bei der Grünkohlexposition werden Grünkohlpflanzen im Gewächshaus angezogen, in Gefäßen in einem Untersuchungsgebiet exponiert und anschließend auf Stoffanreicherungen untersucht.

Das Ziel der Grünkohlexposition ist es festzustellen, ob sich an einem bestimmten Ort und in einem bestimmten Zeitraum immissionsbedingt zum Beispiel polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzo-Dioxine (PCDD) und/oder polychlorierte Dibenzo-Furane (PCDF) in Pflanzen anreichern und das Ausmaß des Immissionseinflusses zu identifizieren. Die Ergebnisse geben Hinweise zur Bewertung der Gefährdung von Menschen und Tieren durch atmosphärische Stoffeinträge.

Einleitung

Die Grünkohlexposition wurde zuerst zur Ermittlung der PAK-Immissionswirkung (Hettche, 1975; Steubing et al., 1983; Poos, 1985) entwickelt, inzwischen jedoch auch für anorganische Schadstoffe und insbesondere auch für andere organische Stoffe und Stoffgruppen erfolgreich eingesetzt (Prinz et al., 1990; UM 1992a, b; Nobel et al., 1992, 1993; Peichl et al., 1996; Köhler und Peichl, 1996; UVM 1996; Wäber et al., 1996). Im Laufe der Zeit ergaben sich verschiedene Verfahrensvarianten (Radermacher und Rudolph, 1994), aus denen die VDI-Richtlinie 3957, Blatt 3 entwickelt wurde.

Die für unsere Untersuchungen eingesetzte Methode entspricht der VDI-Richtlinie 3957, Blatt 3 (s. a. <http://imperias.vdi-online.de/vdi/pdf/rili/9117428.pdf>). Hierbei werden Grün-



Kurzbeschreibung

Ziel	Ermittlung der Immissionsbelastung von Pflanzen
Verwendete Sorte	Brassica oleracea, var. Hammer/Grüsa
Substrat	Einheitserde ED 73 der Firma Patzer, D-36391 Sinntal (Verband der Einheitserdehersteller)
Pflanztöpfe	- Nenndurchmesser 24-26 cm - Rauminhalt ca. 5-6 l, - vier Bohrungen mit 10 mm für Saugdochte
Wasserbehälter	30-l-Tonne aus Polyethylen mit Deckel, der dem Durchmesser des Pflanztopfes entsprechend ausgeschnitten wird
Anzucht	im Gewächshaus, Dauer ca. 8 Wochen
Wasserversorgung	mittels Saugdochten aus Glasfaser, Durchm. 5 mm
Düngung	Grunddüngung der ED 73 plus Düngerlösung mit 5,8 g KH ₂ PO ₄ ; 8,5 g KNO ₃ ; 5,3 g NH ₄ NO ₃ ; 10,3 g (NH ₄) ₂ SO ₄ je l Wasser
Pflanzenschutz	Netze gegen Schädlingsbe-

kohlpflanzen der Sorte Hammer/Grüsa während eines Zeitraumes von ca. 8 Wochen im Gewächshaus angezogen. Die Exposition der Grünkohlpflanzen erfolgt in Töpfen, die in das Wasservorratsgefäß eingehängt werden. Zur Wasserversorgung sind die Pflanztöpfe mit Glasfaserdochten versehen. An jedem Messpunkt werden im September und im November jeweils vier Pflanzen exponiert, die Expositionsdauer beträgt 56 Tage. Als Probe werden von jeder Pflanze 8 Blätter genommen.

Bewertungsgrundlagen

Gegenüber der immissionsbedingten Akkumulation in den Blattorganen ist bei Grünkohl die Aufnahme von PAK, PCB oder PCDD/PCDF über die Wurzel in die oberirdischen Pflanzenteile vernachlässigbar (Prinz et al., 1990; Hülster und Marschner, 1993; Hülster, 1994). Paterson et al., 1994; Simonich und Hites, 1995; Delschen et al. 1996; Krause 1996). Es gibt jedoch Hinweise, dass sich die genannten Substanzen nach Ausdampfung aus dem Boden an oberirdische Pflanzenorgane anlagern können (Schroll und Scheu- nert, 1993; Trapp und Matthies, 1994) und dass es zu einer Aufnahme aus Bodenpartikeln kommen kann, die z.B. vom Regen hochgeschleudert und auf den Blättern abgelagert werden (Hülster und Marschner, 1993). Durch die Exposition in 80 cm Höhe werden diese Störeinflüsse weitgehend ausgeschlossen, so dass bei standardisierter Exposition von Grünkohl gefundene Stoffanreicherungen als immissionsbedingt interpretiert werden können. Da die oben genannten Stoffe natürlicherweise nicht in Pflanzen vorkommen, entspricht die Wirkungsnachweisgrenze hier der chemischen Nachweisgrenze.

Die Höhe der Anreicherungen erlaubt es, Belastungs- schwerpunkte und/oder Zonen unterschiedlicher Belastung zu erkennen. Darüberhinaus kann eine Bewertung der Ergebnisse über den Vergleich mit anderen Untersuchungen vorgenommen werden. Vergleichswerte finden sich z. B. in VDI 3957-3.

Bei den genannten Schadstoffgruppen kann wegen ihrer Kanzerogenität eine Gefährdung oder unerwünschte Beeinflussung von Schutzgütern nicht ausgeschlossen werden, wenn immissionsbedingte Anreicherungen gefunden werden. Eine Gefährdung von Schutzgütern durch Immissionen wird stets vermutet, wenn in den Grünkohl-

Exposition	fall, entfernen älterer Blätter gegen Pilzbefall, wenn nötig systemische Mittel (damit Blattoberflächen nicht verändert werden) 56 Tage, Topfoberkante 80 cm über dem Boden, je 4 Pflanzen pro Messpunkt und Exposition, 2 Expositionen nacheinander, beginnend im Herbst
Probenahme	vor Ort; als Probe werden von jeder exponierten, gesunden Pflanze die Blattspreiten von 8 durch ihr Alter definierten Blättern genommen
Probenbehandlung	Transport in Glasgefäßen bei < 10°C, Lagerung bei -18°C, Gefriertrocknung für Analyse
Nachweisgrenze	die Wirkungsnachweisgrenze ist in diesem Verfahren die chemische Nachweisgrenze für die untersuchten Substanzen in der Probe
Messergebnisse	die Angaben der Schadstoffkonzentrationen werden auf Trockensubstanz bezogen
Beurteilung	die Proben werden zur Bewertung des Immissionseinflusses auf Pflanzen verwendet, die Beurteilung, ob diese für den Verzehr geeignet sind, ist nicht Gegenstand der Methode

durch die standardisierte Exposition der Grünkohlpflanzen werden Störeinflüsse weitgehend ausgeschlossen, so dass Stoffanreicherungen als immissionsbedingt interpretiert werden können

proben Schadstoffkonzentrationen auftreten, die bei Nahrungs- oder Futterpflanzen eine Überschreitung der Richtwerte bedeuten würden. Wenn eine Gefährdung vermutet wird, sind Kontrollen an z.B. Nahrungs- und/oder Futterpflanzen durchzuführen, weil die Überschreitung/Einhaltung von Grenz- oder Richtwerten grundsätzlich nur am betreffenden Medium überprüft werden kann.

Aussagemöglichkeiten

Aufgrund der Wuchsform des Grünkohls sind seine Blätter gut anströmbar. Sie sind stark gekräuselt und weisen daher eine große Oberfläche auf. Die ausgeprägte Wachsschicht (Kutikula) der Blätter begünstigt die Anreicherung der meist lipophilen organischen Substanzen (Hettche, 1975). Wegen seiner Winterhärte kann Grünkohl auch in der kalten Jahreszeit als Bioindikator benutzt werden.

Der Vergleich von Stoffanreicherungen in verschiedenen Nahrungspflanzen aus Haus- und Kleingärten (Prinz et al., 1990; MURL, 1993; MURL, 1996) hat gezeigt, dass Grünkohl PAH, PCB und PCDD/F aus der Luft effektiv anreichert und dass Anreicherungen in Grünkohl mit denen in anderen Pflanzen gut korrelieren. Grünkohl ist somit als Bioindikator für die stoffliche Belastung anderer Pflanzen geeignet.

Die Untersuchung standardisiert exponierter Grünkohlpflanzen hat gegenüber der Beprobung von am Messort gewachsenem Grünkohl folgende Vorteile:

- Immissionseinfluss ist leichter und sicherer nachzuweisen,
- Störungen durch Einflüsse der messpunktspezifischen Bodeneigenschaften können ausgeschaltet werden,
- es steht in Entwicklungs- und Versorgungszustand sowie in der Expositionsdauer optimal vergleichbares Pflanzenmaterial zur Beprobung bereit. Dadurch wird eine gute zeitliche und räumliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse von verschiedenen Messpunkten erreicht,
- die Versuchsbedingungen erlauben es festgestellte Immissionswirkungen einem bestimmten Zeitraum zuzuordnen



Relative Standardabweichungen des Grünkohlverfahrens

Substanz(-gruppe)	relative Standardabweichung, Variationskoeffizient (S(D) nach VDI 2449 Blatt 1) in %	Anzahl Wertepaare
16 PAH (EPA)	14,5	12
6 PAH (TVO)	22,8	21
Benzo(a)pyren	19,9	21
6 PCB (VDI 2310 Blatt 32)	23,7	16

- die Messpunkte können frei gewählt werden.

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Kontrolle des Pflanzenmaterials

Durch eine strenge Auswahl der Grünkohlpflanzen wird sicher gestellt, dass die exponierten Pflanzen gesund und gleichmäßig gewachsen sind, das gleiche Entwicklungsstadium aufweisen und nicht von Schädlingen befallen sind. Pflanzen mit Transportschäden werden verworfen. Desgleichen werden nur gesunde und der Witterung entsprechend normalwüchsige Pflanzen beprobt.

Kenngößen für die Qualitätssicherung

Zur Kontrolle der Fehlerstreuung der Messung werden Doppelexpositionen an Standorten mit vermuteter geringer und an Standorten mit vermuteter hoher Belastung durchgeführt, die Standardabweichungen berechnet und mit Erfahrungswerten verglichen. Die gefundenen Standardabweichungen dienen einerseits zur Berechnung der Vertrauensbereiche für die Messergebnisse, andererseits der Arbeitskontrolle.

Umgang mit Messdaten

Damit Messwerte unterhalb der chemischen Nachweisgrenze in Berechnungen (Messpunktmittelwert, Signifikanzprüfung) einbezogen werden können, wird für sie 50 % der Nachweisgrenze als Zahlenwert eingesetzt. Bei der Darstellung können deswegen Konzentrations- und Summenangaben nicht unterhalb der entsprechenden Schwellen liegen.

Literaturhinweise

- Hettche, H.O.: Pflanzenwache als Sammler für polycyclische Aromaten in der Luft von Wohngebieten. Staub ? Reinhaltung der Luft 35 (1975), S. 187/193
- Hülster, A., und H. Marschner: Transfer of PCDD/PCDF from contaminated soils to food and fodder crop plants. Chemosphere Vol. 27 (1993), S. 439/446
- Hülster, A.: Transfer von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen (PCDD/PCDF) aus unterschiedlich stark belasteten Böden in Nahrungs- und Futterpflanzen. Diss. Univ. Hohenheim; Stuttgart 1994
- Köhler, J., und L. Peichl: Monitoring of PCDD/F with Kale. Organohalogen Compounds, Vol. 28, 16th Symposium on Chlorinated Dioxins and related Compounds, Amsterdam 1996, ISBN 3-928379-50-X, S. 224/227
- Krause, G.H.M., B. Prinz, und L. Radermacher: PCDD-Transfer über die Pfade Boden/Pflanze und Luft/Pflanze. Kriterien zur Beurteilung organischer Boden-Kontaminationen: Dioxine (PCDD/F) und Phtalate. Dechema Frankfurt/M., 1995
- Krause, G.H.M.: Umweltbelastungen in Recklinghausen - Hochlarmark/Grullbad. Hrsg.: Landesumweltamt NRW, Essen in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Umweltamt Herten und der Bezirksregierung Münster (1996). Teil 1, Gutachterliche Stellungnahme, S. 1/169
- MURL - Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landesentwicklung des Landes Nor-

drhein-Westfalen 1993: Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West (1993), S. 293/305

MURL - Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landesentwicklung des Landes Nordrhein-Westfalen 1996: Sonderluftreinhalteplan Duisburg (1996), S. 199/226

Nobel, W., W. Maier-Reiter, B. Sommer, und M. Finkbeiner: Biomonitoring organischer Luftschadstoffe, insbesondere Dioxine/Furane. VDI-Berichte 901 (1992), S. 813/826.

Nobel, W., W. Maier-Reiter, M. Finkbeiner, W. Frank, B. Sommer, and R. Kostka-Rick: Levels of polychlorinated dioxins and furans in ambient air, plants and soil as influenced by emission sources and differences in land use. In: Dioxin ,93: Emissions Control, Transport and Fate, Environmental Levels and Ecotoxicology. Organohalogen Compounds, Vol. 12. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria 1993, p. 171/174

Peichl, L., C. Dietl, und M. Wäber: Aktives Monitoring von Immissionswirkungen im Untersuchungsgebiet München. Pilotprojekt Wirkungsmessung. Schriftenreihe Heft 136. Hrsg.: Bayer. Landesamt für Umweltschutz, 2 Bände, Augsburg 1996

Poos, F.: Bioindikation polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe im Großraum Frankfurt. Dissertation, Univ. Gießen 1985

Prinz, B., G.H.M. Krause, und L. Radermacher: Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und Dibenzo-Furane - Untersuchungen zur Belastung von Gartenböden und Nahrungspflanzen. Staub - Reinhaltung der Luft 50 (1990), S. 377/381

Radermacher, L., und H. Rudolph: Grünkohl als Bioindikator - Ein Verfahren zum Nachweis von organischen Substanzen in Nahrungsmitteln. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6 (1994), S. 384/386

Schroll, R., and I. Scheunert: Uptake pathways of octachlordibenzo-p-dioxin from soil by carrots. In: Dioxin ,93: Emissions Control, Transport and Fate, Environmental Levels and Ecotoxicology. Organohalogen Compounds, Vol. 12. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria 1993, p. 111/114

Simonich, S. L., and R. A. Hites: Organic pollutant accumulation in vegetation. Environmental Science and Technology, Vol. 29 (1995) Nr. 12, p. 2905/2914

Steubing, L., U. Kirschbaum, F. Poos, und R. Cornelius: Monitoring mittels Bioindikatoren in Belastungsgebieten. Forschungsbericht 80-101 04034 für das UBA Berlin 1983

Trapp, S., und M. Matthies: Transfer von PCDD/F und anderen organischen Umweltchemikalien im System Boden-Pflanze-Luft. II: Ausgasung aus dem Boden und Pflanzenaufnahme. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6 (1994) Nr. 3, S. 157/163

UM 1992 a: Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): Immissions- und Wirkungsmessungen in „Reutlingen / Tübingen“. Karlsruhe 1992

UM 1992 b: Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): Immissions- und Wirkungsmessungen in „Heilbronn / Neckarsulm“. Karlsruhe 1992

UVM: Ministerium für Verkehr und Umwelt Baden-Württemberg: Immissions- und Wirkungsuntersuchungen Großraum Stuttgart (1996). Karlsruhe 1997

VDI 2310 Blatt 32 Maximale Immissions-Werte - Maximale Immissions-Werte für PCB zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere. Maximum Immission values - Maximum Immission values for PCBs to protect farm animals. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 1a, Beuth 1995

VDI-Richtlinie 3957 Bl. 3: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl (Immissionsbelastung). Düsseldorf 1999.

Impressum

Herausgeber UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg

Titel Grünkohlexposition

Ausgabe November 2002

Kennung U22-M242-N02 (ehem. U252-DBW04-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-M242-N02