



Probenahme von Nahrungspflanzen zur Prüfung, ob selbst angebautes Gemüse nach immissions- bedingten Einträgen verzehrt werden darf

[LANUV-Arbeitsblatt 31](#)



**Probenahme von Nahrungspflanzen zur Prüfung, ob selbst angebautes
Gemüse nach immissionsbedingten Einträgen verzehrt werden darf**

LANUV-Arbeitsblatt 31

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2015

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0, Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
	Die vorliegende Fassung wurde im Auftrag des LANUV erstellt und basiert auf einem Entwurf der UMW Umweltmonitoring Dr. Monica Wäber, München, in Zusammenarbeit mit einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe.
Autoren	Dr. Annegret Hembrock-Heger, Dr. Katja Hombrecher, Jörg Leisner, Ludwig Radermacher, Silvia Sievering (alle LANUV), Reinhard Gille (Stadt Essen), Sabine Huth (Stadt Duisburg), Dr. Monica Wäber (UMW, München)
Redaktion	Ludwig Radermacher (LANUV), Dr. Cornelia Wappenschmidt (MKULNV)
Stand	14. Oktober 2015
Bildnachweis	LANUV: Titelbild und Umschlagrückseite Fotos der Tabelle 4, nummeriert von oben nach unten: iStockphoto: PicturePartners (1), juefraphoto (2), egal (8), zeleno (9), Tarek El Sombati (10), lepas2004 (11), Riverlim (12), Floriana (14), AndreaAstes (15) Fotolia: sommai (3, 4, 5, 6, 7, 13), silencefoto (16)
ISSN	2197-8336 (Print), 1864-8916 (Internet), LANUV-Arbeitsblätter
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Notwendigkeit der Probenahme von Nahrungspflanzen	6
2.1. Ist Gartengemüse aus Eigenanbau vorhanden?	7
2.2. Befindet sich das Gartengemüse im Einflussbereich der Quelle?	8
2.3. Sind Stoffe freigesetzt worden, die bei oraler Aufnahme eine gesundheitliche Relevanz haben können?	8
3. Vorbereitung der Probenahme	10
3.1. Probenkoffer	11
3.2. Welche Stoffe sind freigesetzt worden?	11
3.3. Welches Gebiet ist betroffen?	12
3.4. Welche Pflanzen stehen zur Verfügung?	13
4. Durchführung der Probenahme	16
4.1. Untersuchungsgebiet festlegen	17
4.2. Hauptpflanzenart festlegen	18
4.3. Messpunkte festlegen	18
4.4. Stoffauswahl	19
4.5. Probenahme	20
4.6. Probenaufbereitung / Analyse	22
5. Bewertung der Ergebnisse	27
6. Weitergehende Untersuchungen	29
7. Abkürzungen	31
8. Glossar	33
9. Literatur	35
Anhang 1: Zuordnung von Gemüsearten zu spezifischen Anreicherungsklassen	37
Anhang 2: Probenahmeprotokoll	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flussdiagramm zur Klärung der Notwendigkeit einer Probenahme von Nahrungspflanzen	6
Abbildung 2:	Flussdiagramm zur Vorbereitung der Probenahme von Nahrungspflanzen.....	10
Abbildung 3:	Flussdiagramm zur Durchführung der Probenahme von Nahrungspflanzen.....	16
Abbildung 4:	Schematische Darstellung des Untersuchungsgebietes.....	17
Abbildung 5:	Beispiel für die Auswahl der Messpunkte im Falle eines Schadensereignisses	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gesundheitsrelevante Schadstoffe, die bei Schadensereignissen über die Luft in Nahrungspflanzen eingetragen werden können	9
Tabelle 2:	Notwendige Materialien und Geräte.....	11
Tabelle 3:	Informationsquellen zu freigesetzten Stoffen	12
Tabelle 4:	Nahrungspflanzen, die für eine Probenahme in Frage kommen	13
Tabelle 5:	Anzahl der notwendigen Messpunkte	18
Tabelle 6:	Mögliche Analyseverfahren und deren Bestimmungsgrenzen	24
Tabelle 7:	Vergleichswerte (50. und 95. Perzentil) der Hintergrundbelastung für Grünkohl in Nordrhein-Westfalen.....	26
Tabelle 8:	Höchstgehalte für Blei und Cadmium.....	28

1. Einleitung

Bei Schadensereignissen wie Bränden oder Betriebsstörungen können Luftschadstoffe freigesetzt werden, die sich auf Nahrungspflanzen absetzen oder von diesen aufgenommen werden können. Schadstoffe, wie beispielsweise Schwermetalle oder Dioxine, können so über die Nahrung direkt vom Menschen aufgenommen werden und dessen Gesundheit beeinträchtigen. Deshalb ist es nach einem Schadensereignis wichtig abzuklären, ob der Verzehr von Nahrungspflanzen aus Eigenanbau in dem betroffenen Gebiet in gesundheitlicher Hinsicht bedenklich ist oder nicht.

Die Ausbreitung von Emissionen erfolgt einerseits über die Gasphase (z. B. Fluor, Quecksilber, organische Stoffe) und zum anderen in Form von feinen Partikeln, die auf der Oberfläche der Pflanzenblätter deponiert werden. Auswirkungen gasförmiger Stoffe sind häufig als Chlorosen oder Nekrosen an Blättern und Nadeln zu erkennen. Gasförmige Stoffe, wie z. B. organische Stoffe, können sich auch in Pflanzen anreichern, ohne sichtbare Reaktionen an den Blattorganen auszulösen. Es ist zudem auf auffällige Staubbelastungen an Blättern und Nadeln zu achten. Äußerlich sichtbare Symptome verschiedenster Art führen häufig zu Nachbarbeschwerden. Treten Nachbarbeschwerden auf, ist zu prüfen, ob es sich gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) um schädliche Umwelteinwirkungen handelt (§ 1 BImSchG). Neben sichtbaren Symptomen an der Vegetation liefern Immissionsmessungen oder Ergebnisse aus Depositionsmessprogrammen Hinweise auf mögliche Belastungen der Vegetation.

Pflanzen können Schadstoffe nicht nur über den Luftpfad aufnehmen, sondern auch über den systemischen Pfad über die Wurzel. Außerdem können sich durch Bodenverwehungen oder Spritzwasser bei Regen schadstoffhaltige Bodenpartikel auf den Blättern der Nahrungspflanzen absetzen oder organische Schadstoffe aus dem Boden ausgasen, die von den Blättern aufgenommen bzw. an der wachsartigen Oberfläche der Pflanzen (Cuticula) adsorbiert werden. Aus diesem Grund sind bei der Annahme einer länger anhaltenden Immission auch die Bodengehalte zu prüfen, um eine Abschätzung vornehmen zu können, wie hoch der tatsächliche Eintrag über den Luftpfad ist (siehe LANUV-Arbeitsblatt 22).

Um nach einem Schadensereignis kurzfristig die **Notwendigkeit einer Probenahme von Nahrungspflanzen** klären zu können, sind in **Kapitel 2** die Kriterien in einem Flussdiagramm (**Abbildung 1**) aufgeführt und erläutert. In **Kapitel 3** werden die zur **Vorbereitung der Probenahme notwendigen Schritte** beschrieben (**Abbildung 2**) und die Materialien eines entsprechenden **Probekoffers** aufgelistet, der für die Probenahme von Nahrungspflanzen benötigt wird (Tabelle 2). Die **Durchführung der Probenahme** wird in **Kapitel 4** beschrieben (**Abbildung 3**). **Kapitel 5** erläutert die Bewertung der **Ergebnisse der Probenahme** und welcher Handlungsbedarf sich daraus ergibt.

2. Notwendigkeit der Probenahme von Nahrungspflanzen

Bei **Schadensereignissen** wie Bränden oder Betriebsstörungen in Industrieanlagen werden unmittelbar die zuständigen unteren oder oberen Umweltschutzbehörden informiert. Diese müssen kurzfristig abwägen, ob eine Probenahme von Nahrungspflanzen, die in dem betroffenen Gebiet angebaut wurden, notwendig ist.

Unkontrollierte Freisetzungen von Luftschadstoffen können den Umweltschutzbehörden beispielsweise über kontinuierliche Messungen oder Nachbarbeschwerden, z.B. über Ablagerungen und Flecken auf den Blättern, bekannt werden. Auch in diesem Fall kann eine Probenahme von Nahrungspflanzen zur Risikoabschätzung bei Verzehr von selbst angebautem Gemüse notwendig sein.

Zur Klärung der Notwendigkeit einer kurzfristigen Probenahme von Nahrungspflanzen, liefert das Flussdiagramm (s. Abbildung 1) Orientierung. Im nachfolgenden Text wird das Flussdiagramm zusätzlich erläutert und mit Beispielen verdeutlicht. Eine Probenahme von Nahrungspflanzen kann auch ohne sachliche Indikation im öffentlichen Interesse angezeigt sein, um erhöhte Belastungen auszuschließen.

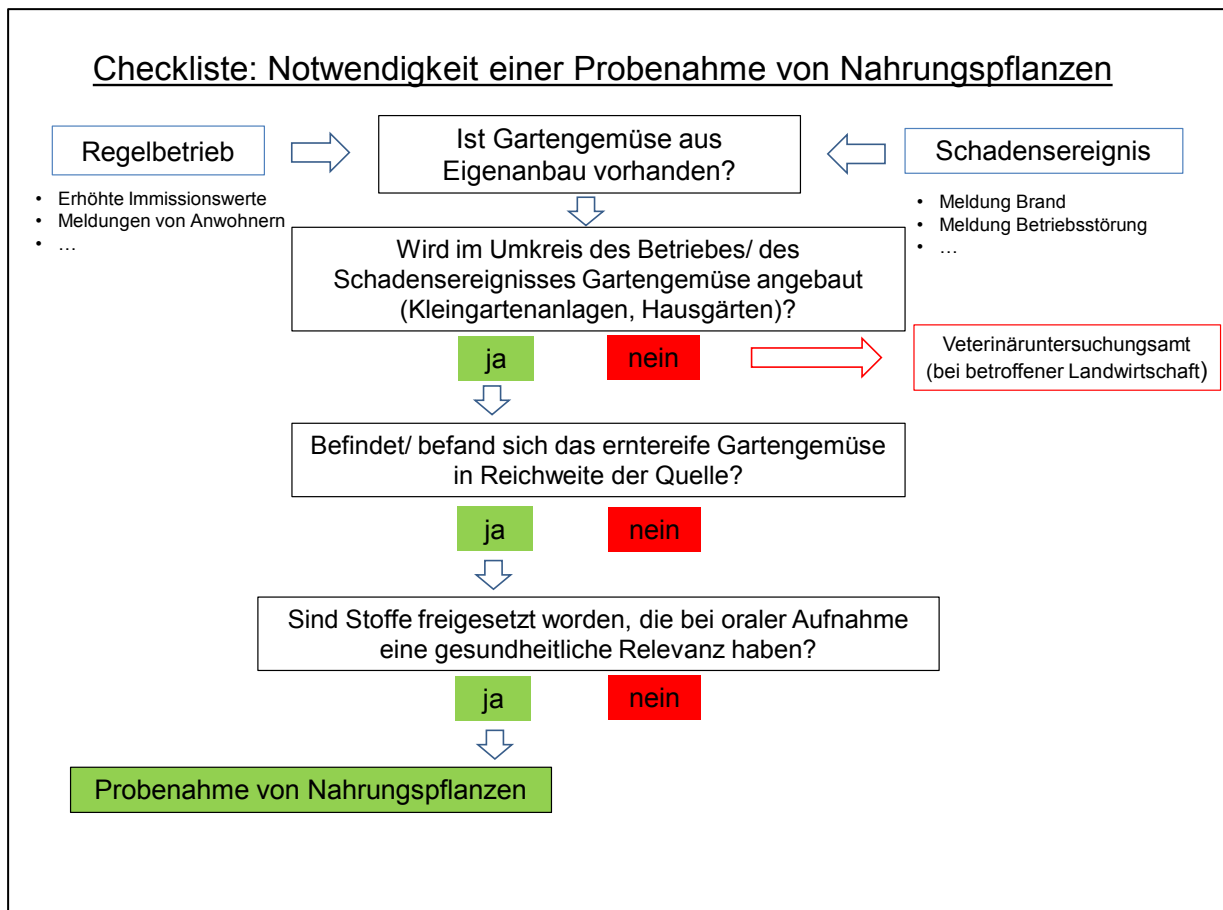


Abbildung 1: Flussdiagramm zur Klärung der Notwendigkeit einer Probenahme von Nahrungspflanzen

2.1. Ist Gartengemüse aus Eigenanbau vorhanden?

In einem ersten Schritt ist zu klären, ob überhaupt Gartengemüse aus Eigenanbau vorhanden ist. Dazu sollte zunächst eruiert werden, ob im Umkreis der Quelle (des Betriebes/ des Schadensereignisses) Gartengemüse in Kleingartenanlagen und/ oder Hausgärten angebaut wird und dieses erntereif ist. In einigen Bereichen Nordrhein-Westfalens, insbesondere im Ruhrgebiet, gibt es viele Kleingartenanlagen, die an Industriebereiche angrenzen. Als Informationsquellen können Karten des betroffenen Gebietes und Verzeichnisse über Kleingartenanlagen in den jeweiligen Städten herangezogen werden. Der Anbau von Nahrungspflanzen in Hausgärten dagegen ist in den letzten Jahren zurückgegangen. Eine Immissionseinwirkung auf diese in Hausgärten ggf. vorhandenen Nahrungspflanzen könnte direkt oder bei Befragung von den betroffenen Anwohnern angezeigt oder bei einer Begehung des Gebietes eruiert werden (s. Kapitel 3.3).

Sollte sich die Immissionseinwirkung auf landwirtschaftliche Anbauflächen beziehen, ist das zuständige **Veterinär- und Lebensmitteluntersuchungsamt** zu informieren. Die Behörde entscheidet dann über die Notwendigkeit einer Beprobung landwirtschaftlicher Flächen. Sollten sowohl Nahrungspflanzen aus Eigenanbau als auch landwirtschaftliche Flächen betroffen sein, kann eine Probenahme von Nahrungspflanzen beider Anbauformen notwendig sein, wobei auch in diesem Fall das **Veterinäruntersuchungsamt** die Probenahme der landwirtschaftlichen Anbauflächen übernimmt.

Zusätzlich zu der Frage, ob im betroffenen Gebiet Gärten und Anbaugelände vorhanden sind, gibt es jahreszeitlich bedingte Unterschiede: Bei einem Schadensereignis im Winter- und Frühjahr sind in der Regel keine bzw. deutlich weniger Nahrungspflanzen betroffen. Generell kann man davon ausgehen, dass eine Probenahme von Gartengemüse aus Eigenanbau lediglich in den **Monaten Juni bis Oktober** notwendig sein wird. Im Einzelfall könnten aber auch Gemüsepflanzen, wie beispielsweise Grünkohl oder Lauch, auch noch im November und Dezember in Hausgärten zur Ernte bereit stehen.

Nicht jede Nahrungspflanze ist in der Lage die freigesetzten Luftschadstoffe in größeren Mengen aufzunehmen und in den zu verzehrenden Pflanzenteilen anzureichern (s. auch Kapitel 3.4). So ist der Verzehr von **Früchten** in der Regel unproblematisch, da diese gewaschen oder geschält werden können. Eine Aufnahme von Luftschadstoffen in die Frucht über Ablagerungen ist zu vernachlässigen. Auch Gemüsepflanzen, deren unterirdisch wachsende Teile verzehrt werden, wie etwa **Möhren** oder **Kartoffeln**, sind von einer Immissionseinwirkung in der Regel nicht betroffen. Grundsätzlich sind alle Gemüsearten für eine Probenahme relevant, deren möglicherweise mit Luftschadstoffen kontaminierte Blätter direkt verzehrt werden, wie z. B. **Salat, Endivie, Spinat, Mangold** und auch **Kohlgemüse** (Grünkohl). Kohlsorten mit geschlossenen Köpfen, wie z. B. Weiß- und Rotkohl, Blumenkohl und Rosenkohl, sind davon ausgenommen, da die äußeren, ggf. kontaminierten Blätter bei der Aufbereitung in der Küche üblicherweise verworfen werden. **Grünkohl** stellt mit seiner großen Blattoberfläche und der besonders dicken Wachsschicht auf den Blättern eine Pflanze dar, die besonders gut organische, fettlösliche (lipophile) Schadstoffe anreichern kann und somit für diese Schadstoffklasse als „Worst-Case-Pflanze“ dient.

2.2. Befindet sich das Gartengemüse im Einflussbereich der Quelle?

Im zweiten Schritt geht es darum zu klären, ob sich das vorhandene, erntereife Gartengemüse im Einflussbereich der Quelle befindet bzw. zur Zeit eines Schadensereignisses befand. Dazu können zum einen sichtbare Hinweise, wie etwa Ablagerungen (Ruß, Brandrückstandspartikel) und Flecken auf den Blättern bzw. Chlorosen oder Nekrosen, dienen. Darüber hinaus könnten die Anwohner befragt und z. B. bei Brandereignissen vorhandene Protokolle der Feuerwehr ausgewertet werden. Diese geben meist die Ausbreitung einer Rauchgaswolke an. Auch Immissionsmessungen im Umkreis einer Quelle bzw. orientierende Messungen nach Schadensereignissen geben Aufschluss über die Reichweite einer Immission. In jedem Fall gilt es zu klären, ob die ermittelten Beaufschlagungen von der vermeintlichen Quelle stammen können oder ob es weitere potentielle Quellen im Umkreis der festgestellten Immission gibt.

Sollten keine sichtbaren Beaufschlagungen und keine Messwerte von Immissionsmessungen vorliegen, so kann die Reichweite einer Quelle wie folgt abgeschätzt werden: Es ist zu prüfen, ob die festgestellte Immission aus einer gefassten Quelle, wie etwa einem Schornstein, oder vorrangig von diffusen Quellen, wie z. B. von Materiallagern, stammt.

Im Falle einer **gefassten Quelle** ist die Auslasshöhe relevant: Bei einer Immission von partikelgebundenen **Schwermetallen** ist als Radius des mutmaßlich belasteten Gebiets die 30fache Höhe der Auslassquelle anzusetzen, bei **Gasen** und **organischen Stoffen** die bis zu 50fache Höhe der Auslassquelle.

Bei **diffusen Quellen** ist eine nicht so weit reichende Ausbreitung der Immissionen um die Quelle zu erwarten, wobei die vorherrschende Windrichtung, die Hauptausbreitungsrichtung und die zum Zeitpunkt des Ereignisses vorherrschenden Windgeschwindigkeiten die Reichweite und die Ausdehnung des betroffenen Gebietes bestimmen. Informationen dazu können der Deutsche Wetterdienst, die Feuerwehr, das LANUV und auch die Anwohner des betroffenen Gebietes liefern.

2.3. Sind Stoffe freigesetzt worden, die bei oraler Aufnahme eine gesundheitliche Relevanz haben können?

Im dritten Schritt gilt es einzuordnen, ob bei dem vorliegenden Schadensereignis Luftschadstoffe freigesetzt wurden, die sich zum einen auf und/ oder in Nahrungspflanzen anreichern und die bei oraler Aufnahme für den Menschen gesundheitliche Auswirkungen haben können.

Bei unkontrollierten Freisetzungen von Luftschadstoffen im **Regelbetrieb** sollte zunächst der Betrieb direkt kontaktiert und nach den mutmaßlich emittierten Substanzen befragt werden. Weitere Anhaltspunkte liefern hier auch der Genehmigungsbescheid sowie das Emissionskataster (PRTR= „Pollutant Release and Transfer Register“, BUBE= „Betriebliche Umweltberichterstattung“). Bei Nachbarbeschwerden - beispielsweise über Ablagerungen und Flecken auf Blättern von Nahrungspflanzen - sollten diese begutachtet werden, um zu klären, ob eine Immissionsbelastung vorliegt und weitere Schritte einzuleiten sind.

Bei **Schadensereignissen**, die nach VDI-Richtlinie 3957 Blatt 15 (2011) eine „akute Freisetzung von Schadstoffen durch ein unkontrolliertes Ereignis“ darstellen, können ganz unterschiedliche Stoffe freigesetzt werden. Bei Bränden sollte das Ausgangsmaterial und dessen Menge in Augenschein ge-

nommen werden. Enthält dieses beispielsweise halogenhaltige Materialien, wie etwa PVC, besteht die Möglichkeit, dass beim Verbrennungsprozess Dioxine (Polychlorierte Dibenzo-Dioxine; PCDD) und Furane (Polychlorierte Dibenzo-Furane; PCDF) entstanden und freigesetzt worden sind, die schon in einer relativ geringen Konzentrationen eine gesundheitliche Relevanz haben können. Bei Betriebsstörungen und Bränden in Betrieben kann die Betriebsleitung Aufschluss über die freigesetzten Stoffe oder das Brandausgangsmaterial liefern (s. auch Kapitel 3.2).

Zudem finden bei Schadensereignissen, wie beispielsweise Großbränden, häufig Untersuchungen der Rauchgasfahne durch das LANUV (Sondereinsatz) oder die Feuerwehr statt. Werden dabei erhöhte Konzentrationen an Halogenen im Rauchgas detektiert, sollten beaufschlagte Nahrungspflanzen sicherheitshalber beprobt werden. In einigen Fällen werden außerdem Brandrückstandspartikel bzw. Wisch- und Fegeproben auf ihre Inhaltsstoffe analysiert. Sollten in diesen erhöhte Konzentrationen von Schadstoffen vorhanden sein, stellt auch dies einen Grund dar Nahrungspflanzen zu untersuchen.

Anhaltspunkte, ob eine Untersuchung notwendig ist, liefert die folgende Tabelle 1, in der relevante Schadstoffe, die über die Luft in Pflanzen eingetragen werden können, aufgeführt sind:

Tabelle 1: Gesundheitsrelevante Schadstoffe, die bei Schadensereignissen über die Luft in Nahrungspflanzen eingetragen werden können

Schadstoffe	Chemische Bezeichnung	Wann freigesetzt?
Dioxine und Furane (PCDD/F)	Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzo-Furane	unvollständige Verbrennung von chlorhaltigen Materialien
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Verbrennungsprozesse
PCB	Polychlorierte Biphenyle	Regelbetrieb oder Betriebsstörungen mit PCB-haltigen Ausgangsmaterialien
Schwermetalle	z. B. Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Nickel (Ni)	Regelbetrieb oder Betriebsstörungen z. B. in metallverarbeitenden Betrieben
Schwermetalle	Quecksilber (Hg)	Verbrennungsprozesse

3. Vorbereitung der Probenahme

Wenn die Notwendigkeit einer Probenahme von Nutzpflanzen gegeben ist, sollte – insbesondere beim **Schadensereignis** – unverzüglich mit der Vorbereitung der Probenahme begonnen werden. Dazu ist sowohl eine Recherche verschiedener Parameter als auch eine Begehung des betroffenen Gebietes erforderlich.

Bei einer unkontrollierten Freisetzung von Luftschadstoffen im Regelbetrieb, bei der es beispielsweise zu Nachbarbeschwerden durch erhöhte Staubbelastung gekommen ist, sollte zusätzlich auch eine Bodenbeprobung erfolgen, um abschätzen zu können, ob eine festgestellte Belastung in der Pflanze tatsächlich nur durch die Immission oder aber auch über den Bodenpfad erfolgt ist.

Das folgende Flussdiagramm (s. Abbildung 2) vermittelt die einzelnen Schritte der Vorbereitung, die im Anschluss textlich erläutert und mit Beispielen versehen werden.

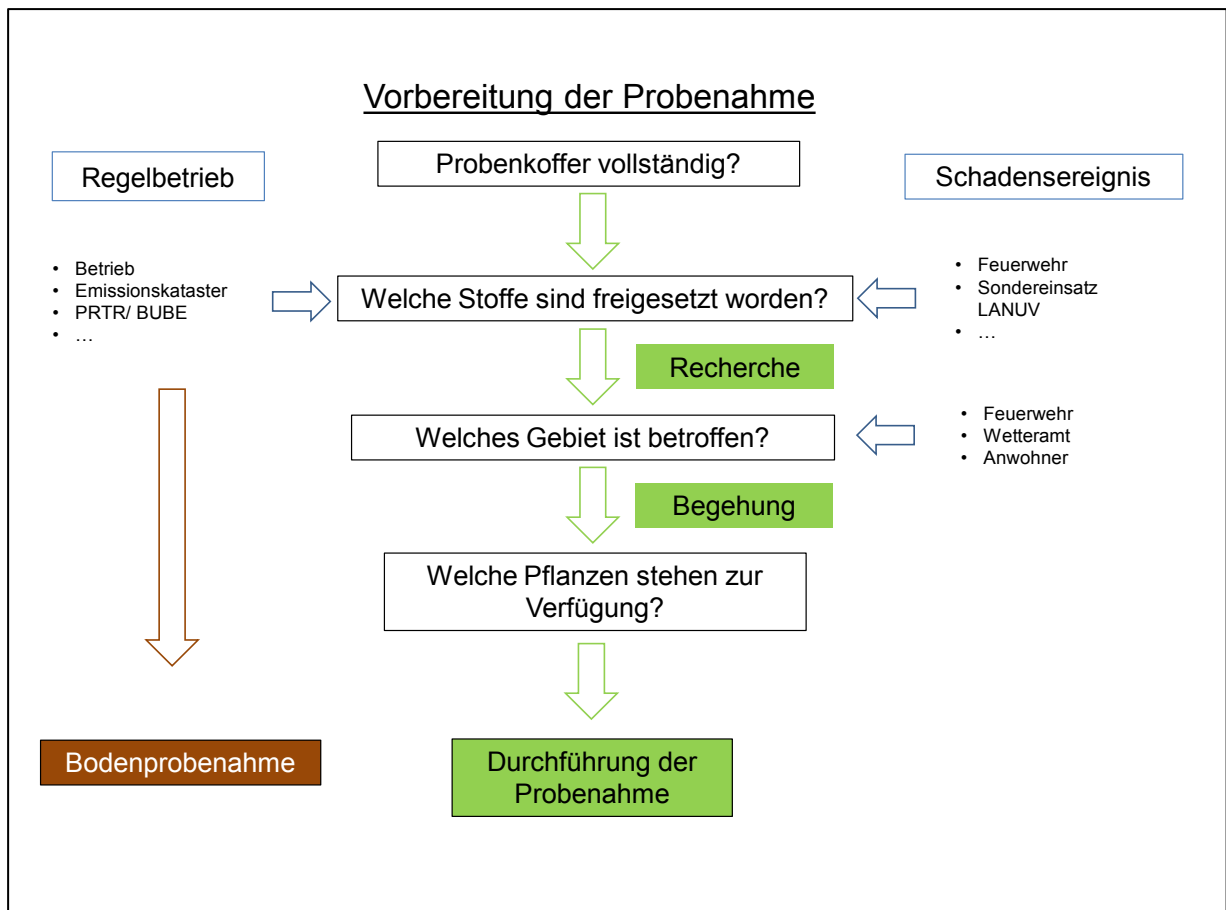


Abbildung 2: Flussdiagramm zur Vorbereitung der Probenahme von Nutzpflanzen

3.1. Probenkoffer

Die für eine Probenahme erforderlichen Materialien und Geräte werden bereits im Vorfeld zu einem Probenkoffer zusammengestellt (s. Tabelle 2). Nur so ist gewährleistet, dass nach einem Schadensereignis eine Probenahme von Nahrungspflanzen zeitnah erfolgen kann.

Tabelle 2: Notwendige Materialien und Geräte

Probenkoffer		
Verbrauchsmaterial		
1 Pack	Laborhandschuhe	bei jeder Beprobung neue benutzen
1 Rolle	Laboralufolie oder handelsübliche Küchenalufolie	60-100 cm breit, ca. 0,03 mm stark, ohne Walzölrückstände
1 Stück	Dest.Wasser-Spritzflasche	1 l zzgl. ca. 2 l destilliertes Wasser zum Nachfüllen
1 Rolle	Haushaltspapier	zum Reinigen der Messer mit dest.Wasser bei jeder Probe
1 Rolle	PE-Beutel (30-50 l)	zur Verpackung großer Probenmengen
1 Pack	Klebeetiketten	mit Probenidentifikationsnummern bedruckt
2 Stück	Folienstift (inkl. 1 Ersatz)	für Probenbeschriftungen zusätzl. zu nummeriertem Etikett
Material und Geräte		
1 Stück	Küchenwaage mit Batterien	zum Wiegen der Pflanzenprobe
1 Stück	Zollstock	zum Ausmessen der Pflanzenprobe (z. B. der Wuchshöhe)
1 Stück	Edelstahlmesser	für Analysen von organischen Stoffen
1 Stück	Keramikmesser	für Analysen auf (Schwer-) Metalle bzw. anorganische Stoffe
mehrere	Kühlboxen	1 mit ca. 25 l Vol. für Proben von je 1-3 Messpunkten
mehrere	Kühlakkus	eingefroren gelagert, mindestens 4 je Kühlbox
zur Dokumentation		
1 Stück	Protokollmappe	Klemmmappe mit Protokollen und Checklisten, Stift
1 Set	Probennahmeprotokolle	1 pro Probe, mit Identifikationsnummern
1 Stück	Fotoapparat/ Fotohandy	Fotos (Gebiet, Messpunkt, Pflanzenprobe etc.) mit ID-Nr.
1 Stück	Mini-GPS-Gerät	mit Batteriebetrieb und Ladegerät zum Einmessen

3.2. Welche Stoffe sind freigesetzt worden?

Dieser Fragestellung wurde bereits bei der Klärung der Notwendigkeit einer Probenahme von Nahrungspflanzen nachgegangen (s. Kapitel 2). Sollte eine detailliertere Recherche notwendig sein, um Klarheit darüber zu erlangen, welche Schadstoffe emittiert und ggf. von den Pflanzen aufgenommen wurden, liefert die folgende Tabelle 3 weitere Informationsquellen:

Tabelle 3: Informationsquellen zu freigesetzten Stoffen

Quelle	Datenführende Stelle	Kontakt/ Internet
Betriebsauskünfte	Immissionsschutzbeauftragter/ Geschäftsführung (I-BA/ GF)	
Regelbetriebsdaten	I-BA/ GF, obere/ untere Umweltschutzbehörde, LANUV	www.lanuv.nrw.de
Genehmigungsbescheid/ Änderungsbescheid	I-BA/ GF, obere/ untere Umweltschutzbehörde, LANUV	www.lanuv.nrw.de
Emissionsdaten	LANUV-Emissionskataster BUBE (Betriebliche Umweltberichterstattung) PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) I-BA/ GF	www.lanuv.nrw.de www.bube.bund.de www.thru.de
Experten	obere/ untere Umweltschutzbehörde, LANUV	www.lanuv.nrw.de
Dokumentation Schadensereignis/ Betriebsstörung	Feuerwehrleitstelle, I-BA/ GF	

Bei einem Schadensereignis könnten zudem von der Feuerwehr oder durch den Sondereinsatz des LANUV Luftmessungen durchgeführt worden sein, die Rückschlüsse auf die freigesetzten Schadstoffe liefern. So würde beispielsweise ein erhöhter Chlor-Gehalt in der Rauchgaswolke eines Brandes aufzeigen, dass mit einer Freisetzung von Dioxinen und Furanen zu rechnen ist.








3.3. Welches Gebiet ist betroffen?









Bei unkontrollierten Freisetzungen im **Regelbetrieb** stellen in erster Linie Nachbarbeschwerden die Ursache für eine Untersuchung dar. In diesem Falle verschafft eine Begehung des mutmaßlich betroffenen Gebietes Klarheit über die Ausdehnung. Anhaltspunkte sind hier zum einen wahrnehmbare Spuren der Immission, wie etwa Ablagerungen und Verfärbungen auf Pflanzen, und zum anderen Aussagen der Anwohner über Gerüche oder außergewöhnliche Vorfälle. Auch der Betrieb selbst sollte befragt werden. Sind erhöhte Messwerte ausschlaggebend für eine Probenahme von Nahrungspflanzen, sollte durch eine Ausbreitungsrechnung der Ort der größten Immission und die Ausdehnung der Immissionen abgeschätzt werden.

Bei einem akuten **Schadensereignis** ist in der Regel im Bericht der Feuerwehr oder des Immissionsschutzbeauftragten eine Ausbreitungskarte der Brandwolke enthalten. Anhand dieser Informationen sollte vorab das mutmaßlich betroffene Gebiet auf einer Karte, z. B. Deutsche Grundkarte 1 : 5.000 (DGK 5), Stadtplan 1 : 10.000 oder Topografische Karte 1 : 25.000 (TK 25), eingezeichnet werden. Nach Abschluss des Brandes erfolgt eine Begehung des Gebietes. Dabei ist darauf zu achten, ob noch wahrnehmbare Spuren des Schadensereignisses zu finden sind, wie beispielsweise Brandgeruch, Brandrückstandpartikel, oder andere auf den Oberflächen sichtbare Ablagerungen. Durch eine Befragung von Anwohnern können zusätzliche Informationen eingeholt werden. Durch diese Informationen lässt sich das betroffene Gebiet ggf. eingrenzen oder aber auch ausweiten. Aus Gründen der Qualitätssicherung ist es wichtig, alle Informationen ausführlich zu dokumentieren.

3.4. Welche Pflanzen stehen zur Verfügung?

Tabelle 4: Nahrungspflanzen, die für eine Probenahme in Frage kommen

Pflanze	Abbildung	Menge pro Messpunkt
Grünkohl <i>Brassica oleracea</i>		1000 g Blätter und Stängel
Kopfsalat <i>Lactuca sativa var. capitata</i>		4 Köpfe (≥ 1000 g)
Eisbergsalat <i>Lactuca sativa var. capitata</i>		4 Köpfe (≥ 1000 g) Wenn keine andere Salatsorte vorhanden ist!
Römersalat (Lattuga, Romana-Salat) <i>Lactuca sativa var. longifolia</i>		4 Köpfe (≥ 1000 g)
Pflücksalat <i>Lactuca sativa var. crispa</i> Eichblattsalat rot/ grün, Lollo rosso/ bionda, Lattich <i>Lactuca</i>		1000 g Blätter
Endivie <i>Cichorium endivia</i>		4 Köpfe (≥ 1000 g)
Spinat <i>Spinacia oleracea</i>		1000 g Blätter

Pflanze	Abbildung	Menge pro Messpunkt
<p>Rucola (Rauke, Garten-Senfrauke) <i>Eruca sativa</i></p>		<p>1000 g Blätter</p>
<p>Feldsalat <i>Valerianella locusta</i></p>		<p>1000 g Blätter</p>
<p>Portulak <i>Portulaca oleracea</i></p>		<p>1000 g Blätter</p>
<p>Gartensauerampfer <i>Rumex acetosa var. hortensis</i></p>		<p>1000 g Blätter</p>
<p>Mangold, Schnittmangold <i>Beta vulgaris subsp. cicla</i></p>		<p>1000 g Blätter und Stängel</p>
<p>Gartenmelde (Spanischer Salat) <i>Atriplex hortensis</i></p>		<p>1000 g Blätter</p>
<p>Rübstiel (Stielmus) <i>Brassica rapa</i></p>		<p>1000 g Blätter und Stängel</p>
<p>Staudensellerie <i>Apium graveolens</i></p>		<p>1000 g Blätter und Stängel Nicht bei Schwermetall-Untersuchungen!</p>

Bei der Begehung (s. Kapitel 3.3) sollten zusätzlich die zur Verfügung stehenden Pflanzen eruiert und kartiert (in der Karte des Untersuchungsgebietes eingezeichnet) werden. Nur die Gemüsearten, deren Blätter verzehrt werden können (s. Kapitel 2.1) sind für eine Probenahme interessant. Diese Gemüsearten sind in der oben stehenden Tabelle 4 im Detail vorgestellt. Küchenkräuter, wie Petersilie, Basilikum oder Schnittlauch, werden in der Regel nicht betrachtet, da ihre Verzehrsmengen zu gering sind. Es ist das Ziel möglichst gleiches Gemüse (gleiche Art und Wachstumsphase) an allen Messpunkten zu beproben (s. Kapitel 4.2). Zusätzlich zu möglichen Probenahmeorten im mutmaßlich von der Immission betroffenen Gebiet sollten bei der Begehung auch Gärten aufgezeichnet werden, die nicht im betroffenen Gebiet liegen, um Kontrollmesspunkte und Referenzmesspunkte zu erhalten (s. Kapitel 4.3). Generell sollten die Anwohner in die Recherche einbezogen werden. Gartenbesitzer sind in jedem Fall vorab zu fragen, ob sie einer Probenahme ihres Gemüses zustimmen würden.

4. Durchführung der Probenahme

Wenn alle für die Probenahme wichtigen Parameter (Stoffspektrum, betroffenes Gebiet und zur Verfügung stehende Nahrungspflanzen) zusammen getragen sind und die notwendigen Materialien und Geräte (s. Probenkoffer, Tabelle 2) bereit stehen, kann mit der Probenahme unverzüglich begonnen werden.

Das folgende Flussdiagramm (s. Abbildung 3) vermittelt die einzelnen Schritte der Durchführung, die im Anschluss textlich erläutert und mit Beispielen versehen werden.

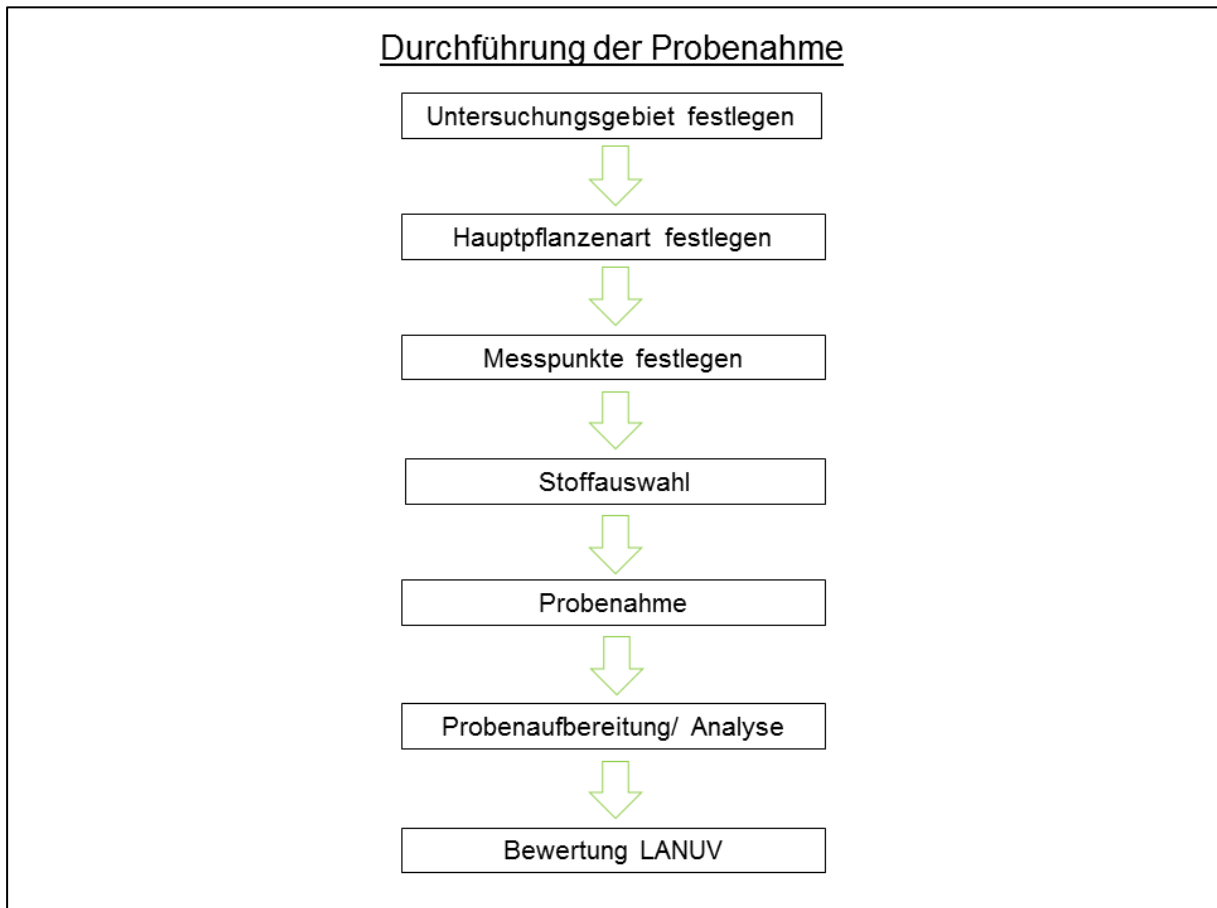


Abbildung 3: Flussdiagramm zur Durchführung der Probenahme von Nahrungspflanzen

4.1. Untersuchungsgebiet festlegen

Auf Grundlage der in Kapitel 3.3 beschriebenen Recherche und Begehung des mutmaßlich betroffenen Gebietes wird das Untersuchungsgebiet festgelegt. Dieses umfasst das **betroffene Gebiet**, den **Kontrollbereich** und den **Referenzbereich**. Das **betroffene Gebiet** spiegelt den gesamten Einwirkungsbereich der Immission wider. Es wird, wie in Kapitel 3.3 beschrieben, durch Ausbreitungskarten und/ oder bei der Begehung anhand von Schilderungen der Anwohner und vorhandenen Anzeichen, wie etwa Brandrückstandspartikeln oder Ablagerungen auf den Oberflächen, eingegrenzt. Der Bereich der mutmaßlichen maximalen Immissionsbelastung sollte im betroffenen Gebiet gesondert eingezeichnet werden (s. Abbildung 4). Bei gefassten Quellen grenzt dieser in der Regel nicht unmittelbar an die Quelle an. Bei diffusen Quellen, etwa im Regelbetrieb, kann die **maximale Immissionsbelastung** allerdings auch in unmittelbarer Nähe zu der Quelle bzw. den Quellen sein. Der **Kontrollbereich** bezeichnet den Bereich, der unmittelbar ($\leq 0,5$ km) an den vermuteten Einwirkungsbereich angrenzt, in dem aber z. B. keine Brandrückstandspartikel mehr gefunden wurden. Der Referenzbereich beginnt ca. 0,5 km außerhalb des betroffenen Gebietes. Um sicher zu gehen, dass die Referenzproben nicht von der Immission betroffen sind, sollte mindestens eine Probe entgegen der Windrichtung (in Luv der Quelle) genommen werden (s. Kapitel 4.3).

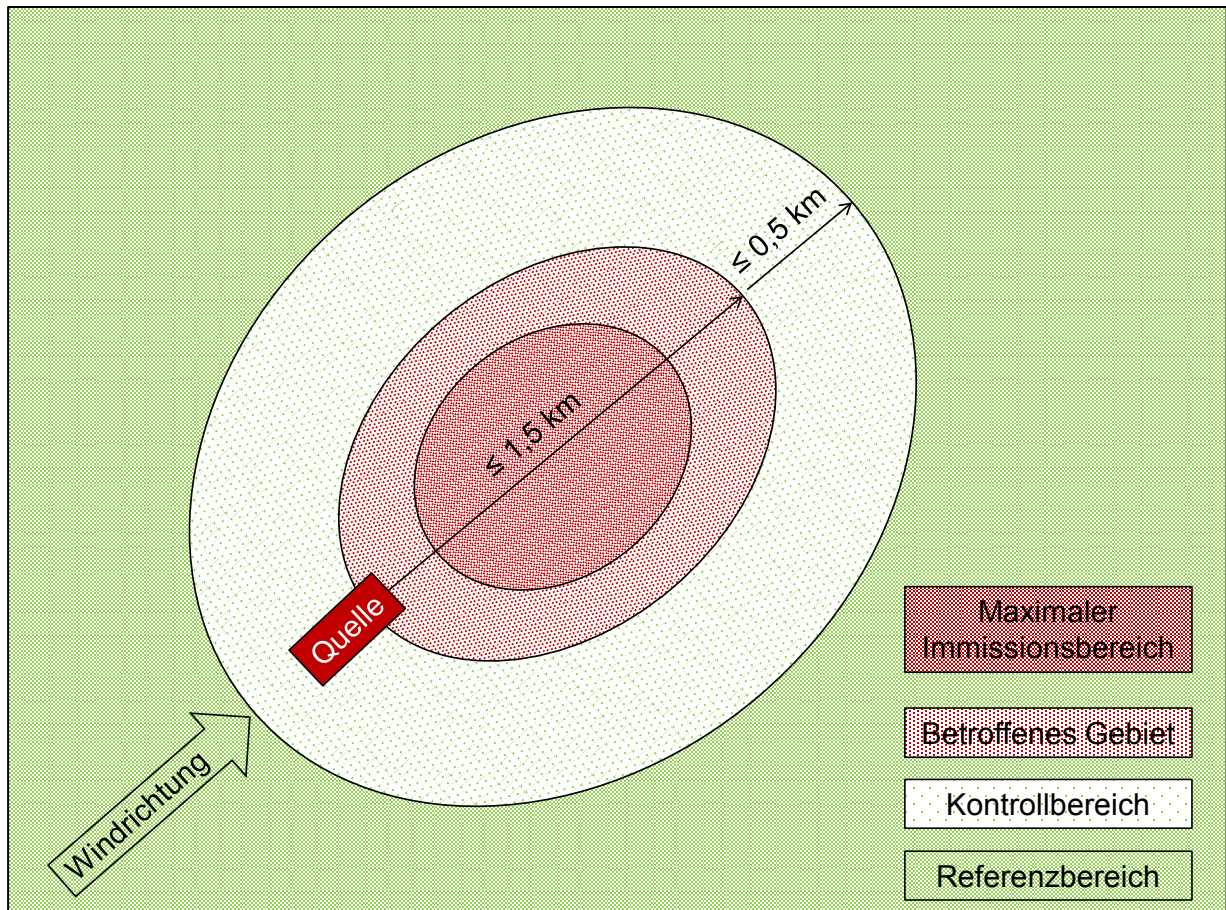


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Untersuchungsgebietes

4.2. Hauptpflanzenart festlegen

Optimal ist es, wenn in allen zu untersuchenden Bereichen (Immissionsmaximum, Kontrollmesspunkte, Referenzmesspunkte, s. Kapitel 4.3) eine einzige Pflanzenart beprobt werden kann. Auf diese Weise wäre die größtmögliche Vergleichbarkeit der ermittelten Werte gegeben. In der Regel ist dies jedoch nur selten möglich, so dass eine geeignete **Hauptpflanzenart** für die Probenahme auszuwählen ist. Es kann die Pflanzenart mit dem häufigsten Vorkommen im Untersuchungsgebiet ausgewählt werden, wenn sie sowohl im Bereich des Immissionsmaximums als auch an mindestens einem Kontroll- oder Referenzmesspunkt vorkommt. Dabei sind auch das Entwicklungsstadium der Pflanzen und die jeweils verfügbare Menge zu berücksichtigen. Pflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien weisen grundsätzlich verschiedene Anreicherungen auf. Im geeigneten Entwicklungsstadium sind Pflanzen bzw. Blätter, wenn sie verzehrfähig – also in der Regel voll entwickelt – sind. Die Erfahrung zeigt, dass am besten Pflanzenarten ausgewählt werden, die aufgrund ihrer Wuchsform und Beschaffenheit vergleichbar sind: Beispielsweise die bodennah wachsenden Pflanzen Spinat, Pflücksalat, Rucola oder Feldsalat. Pflanzenarten, die in NRW für das Biomonitoring eingesetzt werden, so dass für sie Vergleichswerte vorliegen, können ebenfalls zur Auswertung heran gezogen werden. Dazu zählen Grünkohl, Endivie und Kopfsalat (s. Kapitel 4.6).

4.3. Messpunkte festlegen

Auf Grundlage des festgelegten Untersuchungsgebietes und der Kartierung der Gärten mit den zur Probenahme zur Verfügung stehenden Nahrungspflanzen werden die Messpunkte festgelegt (s. Tabelle 5):

Tabelle 5: Anzahl der notwendigen Messpunkte

Messpunktart (MP)	Anzahl	Lage im Untersuchungsgebiet
(Belastungs-) Messpunkte	(1 -) 6	im Bereich des Immissionsmaximums
Kontrollmesspunkte	3	außerhalb des vermuteten Einwirkungsbereichs
Referenzmesspunkte	2	außerhalb des Untersuchungsgebietes

Die Anzahl der Messpunkte richtet sich nach dem Standardverfahren der VDI-Richtlinie 3957, Blatt 15 (2011), nach der im mutmaßlich betroffenen Gebiet mindestens sechs (**Belastungs-) Messpunkte** festgelegt werden sollen. Wenn es nur einen einzigen Garten mit Nahrungspflanzen im betroffenen Gebiet gibt, ist auch die Auswahl eines Messpunktes legitim. Sollten mehrere (Belastungs-) Messpunkte eingerichtet werden können, ist eine Anordnung anhand eines Transektes (ein Satz von Messpunkten entlang einer geraden Linie) von der Quelle zum Rand des betroffenen Gebietes in Hauptwindrichtung sinnvoll, um einen möglichen Gradienten der Einwirkung zu erfassen. Die Messpunkte können aber auch über die Fläche des Einwirkungsbereiches verteilt vorliegen. Weiterhin sollen nach der VDI-Richtlinie mindestens drei **Kontrollmesspunkte** im vorher festgelegten Kontrollbereich zur Überprüfung der tatsächlichen Reichweite der Immissionen außerhalb des vermuteten Einwirkungsbereichs ausgewählt werden, davon mindestens einer in Luv (windabgewandte Seite der Quelle). Zusätzlich sind üblicherweise zwei lokale **Referenzmesspunkte** (s. Abbildung 5) zur Abschätzung der typischen Hintergrundsituation erforderlich.

Zusätzlich kann es erforderlich sein weitere Messpunkte einzurichten, wenn z. B. Nachbarbeschwerden zu berücksichtigen sind, oder wenn sich im näheren Bereich der Quelle, welcher aber mutmaßlich

nicht betroffen ist, eine besonders sensible Nutzung, wie etwa ein Gemüsebeet in einem Kindergarten befindet.

Die Messpunkte sollten alle möglichst frei anströmbar sein und nicht im Abtropfbereich von Leitungen, Gebäuden oder Bäumen liegen. Auch sollten keine Pflanzen beprobt werden, die ganz oder teilweise unter Folien oder in Frühbeeten oder Gewächshäusern stehen. In der Praxis kommt es häufig zu Abweichungen von dem theoretisch optimalen Messkonzept. Hierbei spielt die Ausdehnung der beaufschlagten Fläche eine wichtige Rolle (kleine Fläche = weniger Möglichkeiten Messpunkte im Gebiet auszuweisen) oder aber das Fehlen von Nutzgärten in dem betroffenen Gebiet. Beides kann dazu führen, dass sowohl die Anzahl als auch die Lage der Gärten in der immissionsbelasteten Zone zu weniger Messpunkten führen als erwünscht. Dies kann auch für das Auffinden von Nutzgärten im Kontrollbereich zutreffen.

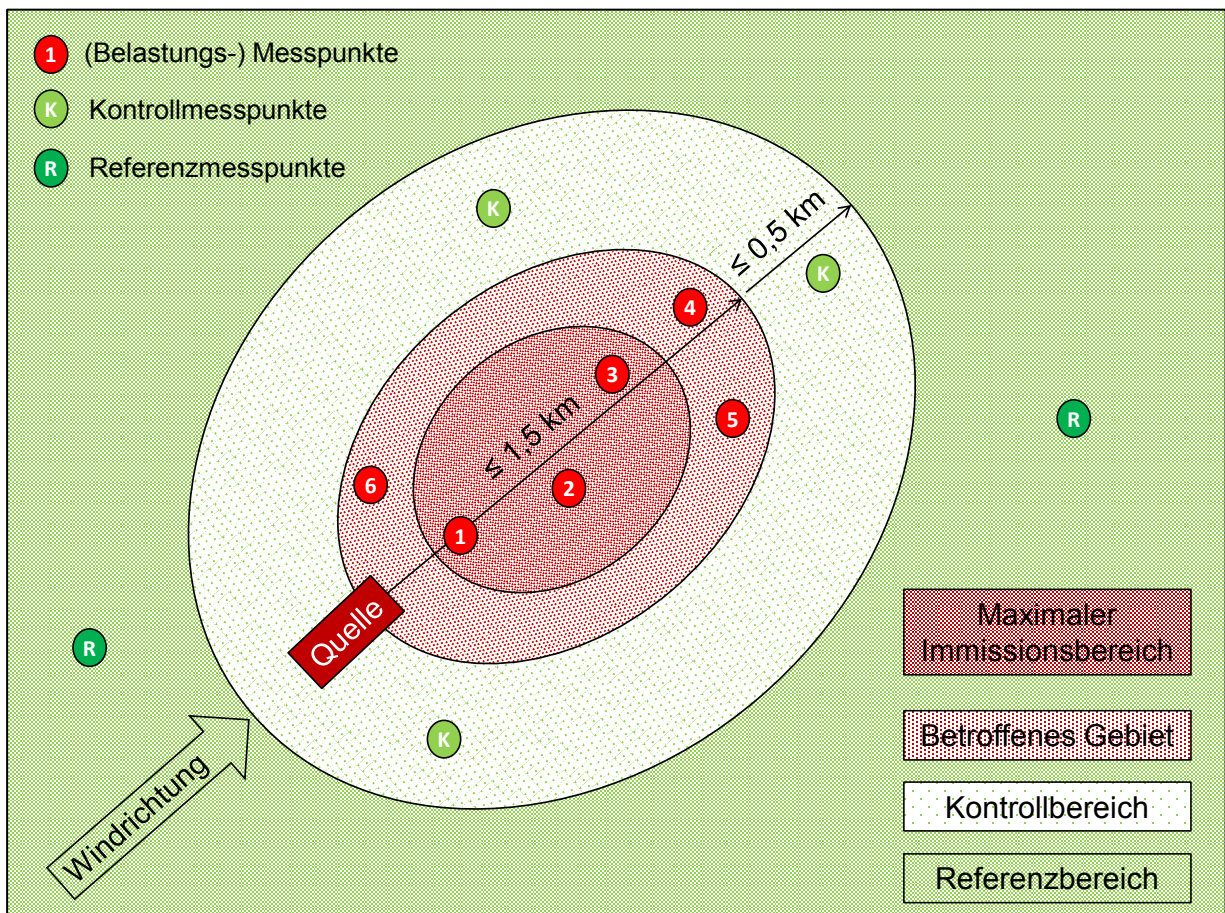


Abbildung 5: Beispiel für die Auswahl der Messpunkte im Falle eines Schadensereignisses

4.4. Stoffauswahl

In den Kapiteln 2.1 und 3.2 wurde beschrieben, wie eine Recherche der mutmaßlich freigesetzten Stoffe erfolgen kann. Nun gilt es festzulegen, auf welche Stoffe die Pflanzenproben untersucht werden sollen. Danach richten sich die Probenmenge und die Probenahme. Dabei ist zu beachten, dass bei der Vergabe der Aufbereitung und Analysen an ein externes Labor darauf zu achten ist, dass dieses akkreditiert ist oder die entsprechende Qualität durch Ringversuche o. ä. Erfahrungen nachweist.

Die Auswahl der zu untersuchenden Stoffe beruht auf der Zusammensetzung der mutmaßlich von der betrachteten Quelle freigesetzten Stoffe, deren Relevanz für den Menschen (Risiko bei Verzehr) sowie des Vorhandenseins von standardisierten Analysenverfahren und von Beurteilungskriterien.

Die persistenten und toxikologisch relevanten Stoffe, die sich entweder auf den Pflanzen ablagern (Deposition) oder über die Spaltöffnungen (Stomata) und/ oder über die Blattoberfläche (Cuticula) aufgenommen werden können, können zum einen (**Schwer-) Metalle**, wie etwa Blei, Cadmium oder Chrom, sein, oder andere **anorganische Stoffe**, wie das z. B. aus Ziegeleien stammende Fluorid (F⁻). Zum anderen zählen dazu **organische Stoffe**, wie die toxikologisch relevanten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (16 PAK nach EPA), die polychlorierten Dibenzo-p-Dioxine und -Furane (17 PCDD/F) und die polychlorierten Biphenyle (PCB): 6 Indikator-PCB sowie die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB).

4.5. Probenahme

Das Ziel der Probenahme ist, eine ausreichende Menge an möglichst einheitlichem und repräsentativem Probenmaterial zu gewinnen. Dabei gilt es auch die Probenahme vollständig zu dokumentieren. Beides ist Voraussetzung für richtige, reproduzierbare und vergleichbare Analyseergebnisse.

Vorbereitung der Probenahme

Nach Möglichkeit sollte bereits im Vorfeld ein **Labor** mit der Aufbereitung und Analyse beauftragt werden. In diesem Fall sollte der Zeitpunkt der Probenahme und die Anlieferung im Labor aufeinander abgestimmt werden.

Sollte eine Beauftragung im Vorfeld noch nicht möglich sein, muss eine **Lagerung** der Proben vorbereitet werden. Die Lagerung frischer Pflanzenproben sollte so kurz wie möglich gehalten werden, da sich die Stoffgehalte durch Welken und ggf. einsetzende Fäulnisprozesse ändern. Bei kurzfristiger Lagerung bis zu 48 Stunden nach der Probenahme reicht die Aufbewahrung in einem Kühlschrank bzw. Kühlhaus ($\leq 10\text{ °C}$). Bei längerfristiger Lagerung müssen die Proben bei -18 °C tiefgefroren werden. In diesem Falle müsste eine küchenfertige Aufbereitung des Probengutes vorab erfolgen (s. Kapitel 4.6).

Zur Probenahme müssen der **Probekoffer** und alle notwendigen Materialien und Geräte (s. Kapitel 3.1) sowie die Transportkapazitäten (Kühlboxen) vorhanden sein. Anhand der bereits angefertigten Karte des Untersuchungsgebietes werden die einzelnen Messpunkte aufgesucht und die Proben genommen.

Durchführung der Probenahme

Bei der Probenahme sind zunächst – falls noch nicht bei der Vorbereitung und Begehung geschehen – alle notwendigen **Parameter des Messpunktes und der Probenahme** in einem **Probenahmeprotokoll** (s. Anhang 2) zu erfassen: Adresse, Ansprechpartner, geografische Lage (GPS-Einmessung, (Rechts- Hochwerte, bzw. UTM Koordinaten), Fläche der Probenahme, beprobte Nahrungspflanze (Art, Entwicklungsstadium, Zustand). Außerdem liefern folgende Informationen wichtige Hinweise für die Interpretierbarkeit der Ergebnisse: Verschmutzungsart und -grad (Flecken, Ablage-

rungen, Brandrückstandspartikel), praktizierte Anbaumethode und andere Besonderheiten. Es sollten Fotos vom Garten, von der Umgebung, den ggf. vorhandenen Ablagerungen auf den Pflanzen und dem Probengut gemacht werden. Schwierigkeiten, Probleme und/ oder Fehler sollten ebenfalls dokumentiert werden.

Bei der Probenahme sind **Einmalhandschuhe** (Laborhandschuhe) zu tragen, die nach jedem Messpunkt gewechselt werden müssen. Die verwendeten **Geräte** werden jeweils nach der Probenahme mit **destilliertem Wasser** abgespült und ggf. mit Küchenpapier abgetrocknet. Während der Probenahme darf nicht geraucht und gegessen werden.

Die Nahrungspflanzen von allen Messpunkten sollen einheitlich jeweils als **Mischprobe** aus mehreren Pflanzen beprobt werden. Die an einem Messpunkt gezogenen Pflanzen sollen jeweils als Mischprobe je Art zusammengeführt werden. Bei Salatköpfen sind das jeweils vier Köpfe mit einem Gesamtgewicht $\geq 1000\text{g}$. Bei der Entnahme von Blättern und einzelnen Pflanzenstängeln sollte eine **Probenmenge** von etwa 1000 g erreicht werden (an jedem Messpunkt). Somit erhält man auch ausreichend Material für Rückstellproben. Es werden nur gesunde und normal gewachsene Pflanzen bzw. deren Blätter entnommen, die auch für den Verzehr geerntet würden. Schadhafte und durch Boden oder Vogelkot grob verschmutzte Blätter werden entfernt. Befinden sich Brandrückstandspartikel auf dem Probengut, die vor einer küchenfertigen Zubereitung entfernt werden können, so sind diese vor Ort zu entfernen und mit dem Hausmüll zu entsorgen. Schmierige Rußpartikel, die nicht einwandfrei mit Wasser entfernt werden können, bleiben auf den Pflanzen und diese werden so untersucht. Die Verschmutzungen werden dokumentiert.

Sollen die Nahrungspflanzen auf **Metalle oder andere anorganische Stoffe** untersucht werden, werden die Pflanzen mit Hilfe eines Keramikmessers geerntet und im Labor zerlegt. Die Proben können in PE-Beutel (30 - 50 l) verpackt werden.

Wenn die Nahrungspflanzen auf **organische Stoffe** untersucht werden sollen, werden sie mit einem Keramik- oder einem Edelmessers geerntet, in Alufolie verpackt und beschriftet.

Sollten die Nahrungspflanzen sowohl auf **Metalle/ anorganische Stoffe** als auch auf **organische Stoffe** untersucht werden, ist eine größere Probenmenge anzustreben (ca. 200 g Frischmasse mehr).

Sollte die Probenmenge von mindestens 1000 g Frischmasse am Messpunkt im beprobten Garten nicht zur Verfügung stehen, so kann zusätzlich in benachbarten Gärten eine ergänzende Beprobung vorgenommen werden. Aus beiden Proben würde dann eine Mischprobe hergestellt. Auch sind geringere Probenmengen im Einzelfall möglich. Je nach zu untersuchendem Stoff können die Anforderungen an die Analytik und Rückstellung auch mit (etwas) weniger Probenmaterial erfüllt werden. Es sollte in diesem Fall eine Rücksprache mit dem Labor erfolgen, welches die Probenaufbereitung und Analysen durchführt.

Zur Qualitätssicherung dient die verwechslungsfreie **Beschriftung der Proben** und Protokolle mit Proben-Identifikationsnummern sowie eindeutige Proben- und Messpunktbezeichnungen. Für den Transport von der Probenahmestelle bis zur Behörde ist bei der Analyse auf organische Stoffe die Bereitstellung von Kühlboxen mit vorgekühlten Kühlelementen erforderlich.

4.6. Probenaufbereitung / Analyse

Die weitere Aufarbeitung der Proben ist an ein akkreditiertes oder in der Analytik von Pflanzenproben erfahrenes Labor, das die entsprechende Qualität durch Ringversuche o. ä. Erfahrungen nachweist, zu vergeben, damit geeignete, hinreichend empfindliche Analyseverfahren richtige und reproduzierbare Ergebnisse ergeben. Die Aufarbeitung der Proben richtet sich nach der Art der Proben bzw. den ausgewählten Nahrungspflanzen und nach den zu untersuchenden Stoffen.

Probenaufbereitung

Die küchenfertige Aufbereitung der Mischproben, die Trocknung und ggf. deren Aufteilung (Aliquotierung) wird i. d. R. durch das beauftragte Labor vorgenommen und sollte folgendermaßen erfolgen (vgl. BVL Monitoring Handbuch 2014, VDI-Richtlinie 3957 Blatt 15, 2011):

- Bei der Aufarbeitung des Probenmaterials sind Handschuhe zu tragen.
- Die gesamte Probe wird gewogen (Ausgangsmaterial ≥ 1000 g Frischmasse).
- Bei Salat werden bei ausreichender Gesamtprobenmenge die Pflanzen halbiert und jeweils die eine Hälfte des Salatkopfes wird zu einer Mischprobe mit den Hälften der anderen drei Köpfe vereinigt sofern das entsprechende Gewicht von 1000 g erreicht wird. Die andere Hälfte wird verworfen.
- Das Probengut wird küchenfertig aufgearbeitet. Dazu werden die Blätter und ggf. andere verzehrbare Teile der Pflanzen (z. B. Stängel bei Mangold oder Staudensellerie) abgetrennt und anschließend zweimal jeweils mindestens eine halbe Minute mit Leitungswasser und ggf. einmal mit destilliertem Wasser gewaschen (nur bei Chrom und Nickel obligat). Pflanzenteile mit Beaufschlagungen, die sich nicht entfernen lassen und die nicht durch das Schadensereignis verursacht wurden, sowie vergilbte Blätter werden entfernt.
- Das Pflanzenmaterial lässt man anschließend mit Hilfe eines gereinigten Kunststoffsiebs (bei Proben auf (Schwer-) Metalle bzw. anorganischen Stoffe) bzw. eines Edelstahlsiebs (bei organischen Stoffen) abtropfen.
- Danach werden die Blätter und Stängel grob zerkleinert (Keramikkmesser) und es wird ggf. die Mittelrippe der Blätter entfernt (z. B. bei Grünkohl).
- Das Probenmaterial wird mit einer gereinigten Salatschleuder aus Kunststoff (bei Analyse auf Schwermetalle) und aus Edelstahl (bei Analyse auf organische Stoffe) trocken geschleudert.
- Die Frischmasse als Bezugsgröße für den Stoffgehalt der Mischprobe wird bestimmt (FM).
- Für Analysen auf (Schwer-) Metalle bzw. anorganische Stoffe wird das Probenmaterial im Trockenschrank bei ca. 80 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.
- Zur Bestimmung von Quecksilber muss ein repräsentatives Aliquot der Probe bei einer Temperatur ≤ 40 °C getrocknet werden (VDI 3957 Blatt15, 2011).
- Für Analysen auf organische Stoffe wird das Probenmaterial bei einer Temperatur von ≤ 40 °C im Trockenschrank getrocknet oder gefriergetrocknet.
- Nach der vollständigen Trocknung (bis zur Gewichtskonstanz) wird die Trockenmasse bestimmt (TM) und der Wassergehalt berechnet (FM – TM; Angabe in % FM).

- Die Homogenisierung des getrockneten Pflanzenmaterials erfolgt in einer geeigneten Mühle, z. B. einer Zentrifugalmühle mit Titansieb mit 0,25 mm Lochdurchmesser, die nach jedem Mahlvorgang rückstandsfrei zu säubern ist.
- Die homogenisierten Proben werden lichtgeschützt in geeigneten Behältern bei Raumtemperatur bis zur Analyse gelagert, z. B. in Braungläsern, deren Öffnung bei der Analyse auf organische Stoffen zusätzlich mit Alufolie abgedeckt wird.
- Anschließend wird das getrocknete Pflanzenmaterial in die zu analysierende Probe und die Rückstellprobe aufgeteilt.

Die Bestimmung von Quecksilber und organischen Stoffen kann alternativ aus der Frischmasse erfolgen.

Analyse

Die küchenfertig aufbereiteten, getrockneten und homogenisierten Proben werden auf die im Vorfeld festgelegten Stoffe analysiert (s. Tabelle 6). Über die Einwaage und den Wassergehalt kann anschließend auf die Stoffgehalte in der Frischmasse zurück gerechnet werden. Für die Bestimmung von organischen Stoffen sind Einwaagen von ≥ 10 g Trockensubstanz zu berücksichtigen.

Hinweis: Es empfiehlt sich, mehr als nur die Stoffe zu untersuchen, für die Beurteilungswerte definiert sind, insbesondere wenn die Untersuchungsziele die Identifikation der Emissionsquelle einschließen (s. auch Kapitel 5). Eine Erweiterung des Spektrums der (Schwer-) Metalle und anorganischen Spurenstoffe, über das Mindestmaß hinaus, dürfte bei Verwendung von Standardanalysenverfahren wie ICP-MS in etwa aufwandsneutral bleiben, ebenso wie die Analyse von 16 PAK nach EPA anstelle von PAK4 (vier Leit-PAK nach Verordnung (EU) Nr. 835/2011).

Tabelle 6: Mögliche Analysenverfahren und deren Bestimmungsgrenzen

Übersicht über Analysenverfahren und mindestens einzuhaltende Bestimmungsgrenzen									
Stoffe/-gruppen	Analysenverfahren								
(Schwer-) Metalle und anorganische Stoffe	Homogenisierung mittels geeignetem Mahlwerkzeug, Hochdruckaufschluss mit konzentrierter Salpetersäure zur vollständigen Mineralisierung; Bestimmungen aus der Aufschlusslösung nach DIN EN 15763 mit ICP-MS gegen externe Kalibrierung mit Matrix angepassten Standards – oder gleichwertige Verfahren								
Bestimmungsgrenzen für Metalle und anorganische Spurenstoffe in mg/kg Trockenmasse:									
As: 0,02	Cd: 0,01	Cr: 0,2	Cu: 0,1	F: 1	Hg: 0,05	Ni: 0,2	Pb: 0,1	Tl: 0,05	Zn: 1,0
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Extraktion der gefriergetrockneten, homogenisierten Probe am Soxhlet mit Toluol; Aufreinigung mit Kieselgelsäule und GPC, Elution mittels Hexan; Bestimmung der <u>16 PAK nach EPA</u> in Anlehnung an DIN ISO 12884 mittels HRGC und MSD/LRMS und Isotopenverdünnungsmethode; Kontrolle der Wiederfindungen gegen d10-Pyren als Surrogat-Standard – oder gleichwertige Verfahren								
Bestimmungsgrenze (BG) für PAK: je PAK-Einzelstoff 0,5 µg/kg TM:									
Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und -Furane (PCDD/F) dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB)	<p>Extraktion der (gefriergetrockneten), homogenisierten Probe <u>mit Toluol</u>; Bestimmung der 17 2,3,7,8-substituierten PCDD/PCDF und ihrer Homologen-Summengehalte sowie der PCB analog DIN EN 1948 2 und 3 – oder gleichwertige Verfahren</p> <p>Nach Durchführung der PCDD/F-Analysen sind dem Auftraggeber die Chromatogramme komplett zu übersenden. Der zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Analysen vorliegende Laborblindwert (Extraktion Clean up und Analytik) sowie die Wiederfindungsraten der ¹³C₁₂ markierten Analysenstandards sind mit den Ergebnissen vorzulegen. Als Analysenergebnisse sind die einzelnen Kongenere sowie die Homologen anzugeben [Gesamtanalyse: TEQ exklusive BG/ inklusive ½ BG/ inklusive BG]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - berechnet auf der Basis der Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS - berechnet auf der Basis der WHO-TEF (1998) - berechnet auf der Basis der WHO-TEF (2005) <p>Für die Kongenere der mono-ortho PCB (105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189) ist mindestens eine Bestimmungsgrenze von 50 ng/kg TM einzuhalten.</p>								
Bestimmungsgrenze je PCDD/F- und dl-PCB-Kongenere in ng/kg TM:									
TCDD/F: 0,2	PeCDD/F, HxCDD/F: 0,3	HpCDD,F: 5	OCDD/F: 50	je PCB (EN 12766-2): 25-400	PCB 77, 81: 10	PCB 126, 169: 1	mono-ortho PCB: 50		

Vergabe

Bei der Vergabe der Aufbereitung und Analysen an ein externes Labor ist darauf zu achten, dass dieses akkreditiert ist oder die entsprechende Qualität durch Ringversuche o. ä. Erfahrungen nachweist. Folgende Qualitätskriterien sollen erfüllt werden:

- Das Labor wendet die vorgeschlagenen oder gleichwertige, erprobte Verfahren an (s. Tabelle 6).
- Das Labor hält die notwendigen Bestimmungsgrenzen ein.
- Das Labor verfügt über eine nachgewiesene analytische Erfahrung, sowohl hinsichtlich der ausgewählten Stoffe als auch hinsichtlich dieser bzw. vergleichbarer Probenarten und Empfindlichkeitsgrade.

- Nachanalysen zur Überprüfung einzelner Analysenergebnisse sind inklusive (Umfang: $\geq 10\%$).
- Das Labor liefert eine detaillierte Verfahrensdokumentation (genaue Beschreibung des Aufarbeitungs- und Extraktions-Verfahrens, Angabe der verwendeten Standards und deren Konzentrationen, interne Analysenstandards, Wiederfindungsstandards) und eine Plausibilitätsprüfung.

Eine Akkreditierung ist nicht unbedingt erforderlich, wenn die erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen, oder andere Qualitätsnachweise dargelegt werden können. Die Entscheidung über das jeweils geeignete Aufarbeitungs- und Analysenverfahren kann dem Labor übertragen werden. Das Labor sollte einen geeigneten Vorschlag für die Plausibilitätsprüfung der Analysenergebnisse unterbreiten. Das LANUV steht Ihnen als Ansprechpartner für Fragen zu diesen Themen zur Verfügung.

Es kann zweckmäßig sein, die Analysen getrennt zu vergeben, wenn (Schwer-) Metalle und anorganische Stoffe einerseits und organische Stoffe andererseits zu analysieren sind. Labore weisen oft Experten in einem Bereich auf, vergeben den anderen Bereich aber ihrerseits per Unterauftrag.

Gegebenenfalls können von ca. 10 % der Proben Doppelbestimmungen durchgeführt werden, um die Aussagesicherheit der Analysenergebnisse zu erhöhen.

Rückstellproben

Es sollten Rückstellproben des getrockneten Pflanzenmaterials zurück gehalten werden, um durch eine erneute Analyse Ergebnisse überprüfen zu können oder die Untersuchung ggf. nachträglich hinsichtlich des Stoffspektrums auszuweiten. Nach der VDI-Richtlinie 3957 Blatt 15 (2011) mit Verweis auf Blatt 10 sollte im Rahmen der Qualitätssicherung von jeder gezogenen Probe Material für Rückstellproben gesichert und veränderungsfrei bereitgehalten werden, das heißt die Lagerung muss so erfolgen, dass sich die Gehalte der zu analysierenden Stoffe möglichst nicht ändern. Es empfiehlt sich, das Labor zu beauftragen, Rückstellproben zu erstellen und zu lagern. Die Lagerung ist so lange erforderlich, bis die Daten veröffentlicht und Nachfragen nicht mehr zu erwarten sind, also in der Regel mindestens 3 Monate bis maximal 24 Monate. Die Lagerung von bis zur Gewichtskonstanz getrockneten Proben kann dunkel bei Raumtemperatur erfolgen.

Plausibilitätsprüfung

Die Ergebnisse der Probenahme werden überprüft, in dem sie mit Ergebnissen anderer Untersuchungen verglichen werden. Insbesondere die Ergebnisse der Referenzmesspunkte sollten mit den Ergebnissen unbelasteter Hintergrundmesspunkte in einer vergleichbaren Größenordnung liegen (s. Tabelle 7). An Kontroll- und Referenzmesspunkten können teilweise aber auch erhebliche Vorbelastungen auftreten, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Untersuchung stehen. Das LANUV verfügt über diesbezügliche Informationen.

Tabelle 7: Vergleichswerte (50. und 95. Perzentil) der Hintergrundbelastung für Grünkohl in Nordrhein-Westfalen (Berechnung aus Daten aus dem Wirkungsdauermessprogramm NRW von 2004 bis 2013, n = 50 – 94, LANUV-Fachbericht 61)

Vergleichswerte der Hintergrundbelastung für Grünkohl in NRW			
Stoffe	50. Perzentil	95. Perzentil	Einheit
Blei	0,026	0,13	mg/kg FM
Cadmium	0,010	0,019	mg/kg FM
Zink	2,9	4,4	mg/kg FM
Nickel	0,080	0,19	mg/kg FM
Kupfer	0,61	1,1	mg/kg FM
Chrom	0,017	0,056	mg/kg FM
PCB _{gesamt}	2,3	6,1	µg/kg FM
dl-PCB	0,048	0,17	ng TEQ/kg FM
PCDD/F	0,048	0,13	ng TEQ/kg FM
BaP	0,24	0,66	µg/kg FM

5. Bewertung der Ergebnisse

Sobald die Analysenergebnisse vorliegen, kann die Bewertung durch das LANUV erfolgen. Im Rahmen der Bewertung muss geklärt werden, ob der Verzehr des selbstangebauten Gemüses gesundheitlich unbedenklich ist oder nicht. Die weitere Vorgehensweise der verantwortlichen Behörden hängt entscheidend von dem Ergebnis dieser Bewertung ab.

Die Bewertung selbst ist abhängig von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren. Dazu zählen beispielsweise folgende Fragestellungen: Gibt es Bewertungsmaßstäbe für die einzelnen Stoffe? Sind diese Bewertungsmaßstäbe noch aktuell? Welche Bewertungsmaßstäbe sollen herangezogen werden? Wie hoch ist die zusätzliche orale Aufnahme der zu bewertenden Stoffe über den allgemeinen Warenkorb? Wie hoch ist bei einem Schadensereignis die Hintergrundbelastung in der Umgebung? Ist Gemüse, das in den Handel kommt, weniger belastet? Wie viel Gemüse wird verzehrt? Welche menschlichen Körper- und Skelettmerkmale (z. B. Größe) sollen getroffen werden? Jeder Fall muss gesondert betrachtet werden und erfordert entsprechenden Sachverstand und Erfahrung sowie eine aktuelle Überprüfung der toxikologischen Datenlage. Die Bewertung und Risikoabschätzung bei Verzehr von selbst angebautem Gemüse obliegt dem LANUV.

Für **Blei** und **Cadmium** hat die EU bisher Höchstgehalte in Lebensmitteln, die in den Handel kommen, festgesetzt. Diese aus dem Lebensmittelrecht stammenden Höchstgehalte können in Analogie auch zur Bewertung der Gehalte in den selbstangebauten Nahrungspflanzen herangezogen werden.

Geregelt ist der Wert für **Cadmium** in der EU-Verordnung Nr. 488/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der EU-Verordnung Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011 und diese wiederum zur Änderung der EG-Verordnung Nr. 1881/2006 vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.

Blei wird über die EU-Verordnung Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011 zur Änderung der EG-Verordnung Nr. 1881/2006 vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln geregelt.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die aktuellen Höchstgehalte für **Blei** (Stand 29. April 2011) und **Cadmium** (Stand 12. Mai 2014) entsprechend der EU-Verordnungen in Abhängigkeit von dem jeweiligen Gemüse aufgeführt.

Für die übrigen Schadstoffe werden vom LANUV unterschiedliche Beurteilungswerte heran gezogen, die laufend durch die Recherche humantoxikologischer Datenbanken und die Berücksichtigung der neuesten Erkenntnisse aktualisiert werden. Es ist zu beachten, dass auch die Höchstgehalte von Blei und Cadmium bei jeder Bewertung auf Aktualität geprüft werden müssen.

Die Ergebnisse der Bewertung – unabhängig davon, ob Beurteilungswerte überschritten wurden oder nicht – werden sowohl den Anwohnern als auch dem emittierenden Betrieb dargelegt.

Bei **Überschreitung** von Beurteilungswerten/ Höchstgehalten sind weitere Handlungsschritte erforderlich. Das Belastungsgebiet muss räumlich eingegrenzt werden. Dazu werden die Überschreitungen z. B. der Höchstgehalte in der Kartendarstellung des Untersuchungsgebiets den entsprechenden Messpunkten zugeordnet. Anschließend wird gemäß VDI-Richtlinie 3957 Blatt 15 (2011) das belastete Gebiet, für das vorsorglich Empfehlungen ausgesprochen werden, festgelegt. Dabei sollen die Grenzen dieses Gebietes anhand von Straßenzügen und der vorhandenen Bebauung ausgerichtet werden.

Das heißt eine Verzehrempfehlung, die z.B. auf Grundlage eines Befundes in einem Wohnblock ausgesprochen wird, sollte auch diesen komplett umfassen. Außerdem sollte bei der Beurteilung mehrerer Komponenten das belastete Gebiet so ausgewählt werden, dass alle Überschreitungen der untersuchten Komponenten einbezogen sind. Es ist darauf zu achten, dass die Ausdehnung des Gebiets so festzulegen ist, dass über eine Interpolationsabschätzung zwischen den nächstgelegenen Messpunkten die Beurteilungswerte eingehalten werden.

Tabelle 8: Höchstgehalte für Blei und Cadmium

Höchstgehalte für Blei (mg/kg Frischgewicht), je nach Gemüse	
Gemüse, ausgenommen Kohlgemüse, Blattgemüse, frische Kräuter, Pilze, Kartoffeln – Höchstgehalt gilt für geschälte Kartoffeln	0,10
Kohlgemüse, Blattgemüse und folgende Pilze: <i>Agaricus bisporus</i> (Wiesenchampignon), <i>Pleurotus ostreatus</i> (Austernseitling), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	0,30
Höchstgehalte für Cadmium (mg/kg Frischgewicht), je nach Gemüse	
Gemüse und Früchte, ausgenommen Wurzel- und Knollengemüse, Blattgemüse, frische Kräuter, Blattkohl, Stängelgemüse, Pilze	0,050
Wurzel- und Knollengemüse (ausgenommen Knollensellerie, Pastinake, Schwarzwurzel und Meerrettich), Stängelgemüse (ausgenommen Stangensellerie), Kartoffeln – Höchstgehalt gilt für geschälte Kartoffeln	0,10
Blattgemüse, frische Kräuter, Blattkohl, Stangensellerie, Knollensellerie, Pastinake, Schwarzwurzel, Meerrettich und die folgenden Pilze: <i>Agaricus bisporus</i> (Wiesenchampignon), <i>Pleurotus ostreatus</i> (Austernseitling), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	0,20
Pilze (ausgenommen <i>Agaricus bisporus</i> (Wiesenchampignon), <i>Pleurotus ostreatus</i> (Austernseitling), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake))	1,0

Für das so festgelegte Belastungsgebiet wird eine vorsorgliche **Verzehrempfehlung** heraus gegeben, d. h. es wird den Bürgerinnen und Bürgern empfohlen, im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes auf den Verzehr bestimmter Gemüsearten zu verzichten bzw. den Verzehr auf eine bestimmte Menge zu beschränken.

Bei **Schadensereignissen** bezieht sich eine Verzehrempfehlung auf die aktuell erntereifen Blattgemüsearten, die ggf. geerntet und über den Hausmüll entsorgt werden sollten. In der Regel nimmt nach einem Schadensereignis die Menge des Schadstoffes in den Nahrungspflanzen schnell wieder ab, so dass davon auszugehen ist, dass wenige Wochen nach dem Ereignis nachgewachsene Pflanzen und Blätter wieder verzehrt werden können.

Bei einer Freisetzung von Luftschadstoffen im **Regelbetrieb** ist die Belastung der Nahrungspflanzen nach einiger Zeit erneut zu prüfen. Vorliegende Erkenntnisse über mögliche Bodenbelastungen sind in diese Prüfungen einzubeziehen. Gegebenenfalls werden vom LANUV langfristige Untersuchungsprogramme eingerichtet, um Transferpfade aufzuklären und über eine mögliche Verzehrempfehlung im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes entscheiden zu können.

6. Weitergehende Untersuchungen

Nach der unkontrollierten Freisetzung von Luftschadstoffen, die zu einer nachweisbaren Belastung in den Nahrungspflanzen geführt hat, sind ggf. weitere Maßnahmen zu ergreifen. Dazu zählen beispielsweise Auflagen zur Emissionsminderung für den emittierenden Betrieb. Diese werden von der zuständigen Überwachungsbehörde festgelegt. In der Regel sind im Vorfeld einer solchen Maßnahme weitere Untersuchungen zur Klärung der Emissionsquelle und zur Aufklärung des Eintragspfades nötig. Dazu können beispielsweise **Bodenuntersuchungen** notwendig sein. Im Anhang 1 sind Anreicherungsklassen verschiedener Pflanzen für unterschiedliche Aufnahmepfade aufgeführt.

Nach akuten **Schadensereignissen** sind auch bei hohen einmaligen Einträgen von Schadstoffen relevante Anreicherungen im Boden nach den vorliegenden Erkenntnissen des LANUV kaum zu erwarten.

Probenahme von Nahrungspflanzen zur Prüfung,
ob selbst angebautes Gemüse nach immissionsbedingten Einträgen verzehrt werden darf

7. Abkürzungen

As	Arsen
BaP	Benzo(a)pyren
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BG	Bestimmungsgrenze
BUBE	Betriebliche Umweltdaten Bericht Erstattung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
dl-PCB	dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
EPA	Umweltschutzbehörde der USA (US Environmental Protection Agency)
F ⁻	Fluorid
FM	Frischmasse (Bezugsgröße der Stoffgehalte in den Nahrungspflanzenproben)
GPC	Gelpermeationschromatographie
Hg	Quecksilber
HRGC	hochauflösender Gaschromatographie
HRMS	hochauflösende Massenspektrometrie
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in NRW
LRMS	niederauflösende Massenspektrometrie
mg/kg	Milligramm pro Kilogramm
MSD	massenselektive Detektion
NATO/CCMS	Northern Alliance Treaty Organization / Committee on Challenges of Modern Society
ng/kg	Nanogramm pro Kilogramm
Ni	Nickel
NRW	Nordrhein-Westfalen
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAK4	4 PAK: BaP, Benz(a)anthracen, Benz(b)fluoranthren, Chrysen (Verordnung (EU) Nr. 835/2011)
Pb	Blei
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und -Furane
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PRTR	Emissionsregister (Pollutant Release and Transfer Register)

PVC	Polyvinylchlorid
TEF	Toxizitätsäquivalenzfaktoren
TEQ	Toxizitätsäquivalent
TI	Thallium
TM	Trockenmasse bezogen auf 100 % Trockensubstanz
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VO (EU)	Verordnung der Europäischen Union
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation)
Zn	Zink
µg/kg	Mikrogramm pro Kilogramm

8. Glossar

Ablagerungen

(aus VDI 3957 Blatt 15, 2014)

„Hinweise auf Sedimentationen von Immissionsbestandteilen auf den Oberflächen von Materialien und Vegetation. Dazu zählen auch Verbrennungsrückstände, die relativ großflächig und leicht sind und aufgrund dieser Beschaffenheit mit der Brandwolke in die Höhe getragen und dann mit dem Wind transportiert werden. **Anmerkung:** Diese Partikel lassen sich oft noch in mehr als 1 km Entfernung vom Brandherd nachweisen.“

Betriebsstörung (siehe auch Regelbetrieb)

Bioindikatoren

(VDI 3957 Blatt 1, 2014)

„Organismus oder ein Teil davon oder eine Organismengemeinschaft (Biozönose), der/ die Umwelteinflüsse dokumentiert; unterschieden werden → *Akkumulationsindikatoren* [Anm.: die Stoffe anreichern] und → *Reaktionsindikatoren* [Anm.: die Wirkungen durch Symptome anzeigen].“

Biomonitoring

(VDI 3957 Blatt 1, 2014)

„Einsatz biologischer Systeme (Organismen und Organismengemeinschaften) zur räumlichen und/ oder zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen; biologische Systeme können im Weiteren als → *Bioindikatoren* angesehen werden.“

Emissionsquellen

Quellen, z. B. Betriebe oder Industrieanlagen, die feste, flüssige oder gasförmige verunreinigende Stoffe, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen in die Umwelt abgeben; hier: Luftverunreinigungen an die Atmosphäre abgeben

Hauptpflanzenart (auch: -sorte)

an den Messpunkten im Untersuchungsgebiet im geeigneten und vergleichbaren Entwicklungsstadium in ausreichender Menge vorkommend, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten

Immissionen

Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

Immissionsmaximum

Bereich der maximalen Beaufschlagung mit → *Immissionen* seitens → *Emissionsquellen*

Immissionswirkung

(VDI 3957 Blatt 1, 2014)

„Durch luftgetragene Stoffe verursachte → *Wirkungen*“ mit Wirkung als:

„Reaktion von Organismen, Teilen von Organismen oder von Organismengemeinschaften (Biozönosen) auf stoffliche und physikalische Umwelteinflüsse sowie deren Veränderung in ihrer chemischen Zusammensetzung [= Akkumulation]“ hier: ***immissionsbedingte Einträge***

Kontaminanten

Der Begriff ist in der Verordnung (EWG) Nr. 315/93 des Rates vom 8. Februar 1993 zur Festlegung von gemeinschaftlichen Verfahren zur Kontrolle von Kontaminanten in Lebensmitteln definiert: Stoffe, die einem Lebensmittel nicht absichtlich hinzugefügt werden, jedoch als Rückstand im Lebensmittel vorhanden sind, z. B. aufgrund einer Verunreinigung durch die Umwelt.

Kontrollmesspunkt

(VDI 3957 Blatt 15, 2014)

„→*Messpunkt* außerhalb des (vermuteten) Einflussbereichs [der Quelle(n)], welcher die typischen Immissions[wirkungs]verhältnisse im Untersuchungsgebiet charakterisieren soll“

Messpunkt

(VDI 3957 Blatt 1, 2014)

„Stelle, an der Proben direkt auf Wirkungen untersucht und/ oder für Schadstoffanalysen entnommen werden“

Nahrungspflanzen

hier: selbstangebautes Gemüse aus privatem Eigenanbau

Probenkoffer

hier: für die Probenahme von Nahrungspflanzen bereitzustellende und mitzuführende Materialien (s. Tabelle 2).

Referenzmesspunkt, lokaler

(VDI 3957 Blatt 15, 2014)

„→*Messpunkt* außerhalb des Untersuchungsgebietes, der z. B. die typische Hintergrundsituation im weiteren Umfeld [...] repräsentiert“

Regelbetrieb/ bestimmungsgemäßer Betrieb einer Anlage

Betrieb von → Emissionsquellen, wenn alle Einrichtungen nach der Regel funktionieren, der regelmäßig zur Freisetzung von → Immissionen führen kann (wird vom Regelbetrieb abgewichen, spricht man von einer Betriebsstörung)

Schadensereignis

(VDI 3957 Blatt 15, 2014)

„Akute Freisetzung von Schadstoffen durch ein unkontrolliertes Ereignis“

Sichtbare Symptome an der Vegetation

(VDI 3957 Blatt 15, 2014) :

„Verfärbungen oder abgestorbene Gewebeteile (Chlorosen oder Nekrosen) als akute Merkmale einer Schädigung durch Immissionen an der Vegetation bzw. an besonders empfindlichen Pflanzen“

Umweltschutzbehörden (hier: Immissionsschutzbehörden)

Nach §1 (2) Zuständigkeitsverordnung Umweltschutz (ZustVU) vom 11. Dezember 2007 (Fn 1), Artikel 15 des Gesetzes zur Kommunalisierung von Aufgaben des Umweltrechts (GV. NRW. S. 6629) sind:

1. das für Umwelt zuständige Ministerium **oberste Umweltschutzbehörde**,
2. die Bezirksregierungen **obere Umweltschutzbehörden**,
3. die Kreise und kreisfreien Städte **untere Umweltschutzbehörden**.

9. Literatur

- BVL (2013): Handbuch Monitoring 2014. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), Referat 103 „Strategie und Koordination in der Kontrolle“.
- DIN 51527 (1987): Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB): Prüfung von Mineralölerzeugnissen. Deutsche Industrie Norm (zurückgezogen).
- DIN EN 15763:2010-04 (D): Lebensmittel - Bestimmung von Elementspuren - Bestimmung von Arsen, Cadmium, Quecksilber und Blei in Lebensmitteln mit induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach Druckaufschluss; Deutsche Fassung EN 15763:2009.
- DIN EN 1948-2:2006-06: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 2: Extraktion und Reinigung von PCDD/PCDF; Deutsche Fassung EN 1948-2:2006.
- DIN EN 1948-3:2006-06: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 3: Identifizierung und Quantifizierung von PCDD/PCDF; Deutsche Fassung EN 1948-3:2006.
- DIN EN 12766-2: Mineralölerzeugnisse und Gebrauchttöle Bestimmung von PCBs und verwandten Produkten Teil 2: Berechnung des Gehaltes an polychlorierten Biphenylen (PCB) Deutsche Fassung EN 12766-2:2001
- DIN ISO 12884:2000-12: Außenluft - Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe - Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/ massenspektrometrischer Analyse; Deutsche Fassung ISO 12884:2000.
- LANUV-Arbeitsblatt 22: Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze 2014. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 198 S.
- LANUV-Fachbericht 61: Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW. Schwermetalle und organische Verbindungen. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 2015, 65 S.
- Verordnung (EU) Nr. 420/2011 DER KOMMISSION vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 111, S. 3-6.
- Verordnung (EU) Nr. 488/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 138, S. 75–79.
- Verordnung (EU) Nr. 835/2011 DER KOMMISSION vom 19. August 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 im Hinblick auf Höchstgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union: L 215, S. 4.
- Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union: L 364, S. 5-24.
- Verordnung (EWG) Nr. 315/93 DES RATES vom 8. Februar 1993 zur Festlegung von gemeinschaftlichen Verfahren zur Kontrolle von Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt Nr. L 37, S. 1.

- VDI 3957 Blatt 1 Technische Regel VDI 3957 Blatt 1:2014-09:Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring) - Grundlagen und Zielsetzung. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, Beuth.
- VDI 3957 Blatt 10 Technische Regel VDI 3957 Blatt 10:2004-12: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) - Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, Beuth.
- VDI 3957 Blatt 15 Technische Regel VDI 3957 Blatt 15:2014-02: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigung auf Pflanzen (Bioindikation) - Untersuchungsstrategie nach Schadensereignissen (passives Biomonitoring). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, Beuth.
- WHO-TEF (2005) Van den Berg M, Birnbaum L, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson R E (2006) The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. Toxicol Sci 93, S. 223-241.

Anhang 1: Zuordnung von Gemüsearten zu spezifischen Anreicherungsklassen

Zuordnung von Gemüsearten zu spezifischen Anreicherungsklassen aus LANUV-Arbeitsblatt 22 (2014; *geschälte Kartoffeln):

- für den systemischen Pfad für Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber und Zink (unten, LANUV Arbeitsbl. 22 Tab. 7);
- für den systemischen Pfad für Benz(a)pyren und PCB (rechts oben, LANUV Arbeitsbl. 22 Tab. 8);
- nach allen Aufnahmepfaden für Benz(a)pyren (rechts unten, LANUV Arbeitsbl. 22 Tab. 9).

	Arsen / Blei / Chrom / Quecksilber	Cadmium / Zink	Nickel
Hoch	-	Spinat Sellerie Mangold Endivie Pflücksalat Feldsalat Kopfsalat	-
Mittel	Pflücksalat Spinat Endivie Feldsalat Kopfsalat Mangold Möhren Rettich Schwarzwurzel	Chinakohl Grünkohl Möhren Porree Rote Bete Schwarzwurzel Kohlrabi Radieschen Rettich Zwiebel	Buschbohne Stangenbohne Tomate Erbsen Pflücksalat Spinat Endivie Feldsalat Kopfsalat Mangold Möhren Rettich Schwarzwurzel
Niedrig	Radieschen Zwiebel Porree Rote Bete Sellerie Kartoffeln Blumenkohl Brokkoli Chinakohl Grünkohl Rotkohl Spitzkohl Stangenbohne Tomate Weißkohl Wirsing Zucchini Kohlrabi Buschbohne Erbsen Gurke Stangenbohne Tomate Zucchini	Buschbohne Erbsen Gurke Blumenkohl Brokkoli Kürbis Paprika Rosenkohl Rotkohl Spitzkohl Stangenbohne Tomate Weißkohl Wirsing Zucchini Kartoffeln*	Radieschen Zwiebel Porree Rote Bete Sellerie Kartoffeln Blumenkohl Brokkoli Chinakohl Grünkohl Rotkohl Rosenkohl Spitzkohl Weißkohl Wirsing Kohlrabi Buschbohne Erbsen Gurke Zucchini

	Benzo(a)pyren	PCB
Hoch	-	-
Mittel	Salat Endivie Radieschen Rettich Spinat Mangold Zucchini Gurke Möhren Schwarzwurzel Feldsalat	Salat Endivie Spinat Zucchini Rettich Mangold Gurke Sellerie Möhren Schwarzwurzel Radieschen Rote Bete
Niedrig	Zwiebeln Kartoffeln Rote Bete Sellerie Porree Kohlrabi Tomate Buschbohne Grünkohl Stangenbohne Rotkohl Stangenbohne Rotkohl Weißkohl Wirsing Brokkoli Spitzkohl Erbsen Blumenkohl Rosenkohl Chinakohl	Zwiebel Kartoffeln Porree Kohlrabi Tomate Buschbohne Grünkohl Stangenbohne Rotkohl Weißkohl Wirsing Brokkoli Spitzkohl Erbsen Blumenkohl Rosenkohl Chinakohl

Deposition / Verschmutzungspfad			
	Hoch	Mittel	Niedrig
Systemischer Pfad	Hoch	-	-
	Mittel	Kopfsalat ¹ Endivie ¹ Spinat ¹ Mangold ¹ Feldsalat ¹ Pflücksalat ¹	-
	Niedrig	Grünkohl ¹ Erdbeeren ¹	Sellerie ² Porree ² Brokkoli ² Blumenkohl ² Wirsing ²
			Zwiebeln ³ Kartoffeln ³ Rote Beete ³ Kohlrabi ³ Tomate ³ Buschbohne ³ Stangenbohne ³ Rotkohl ³ Weißkohl ³ Spitzkohl ³ Erbsen ³ Rosenkohl ³ Chinakohl ³ Paprika ³

Zuordnung hinsichtlich der Kombination von Verschmutzungspfad und systemischem Pfad:
^{1.} höchste Anreicherungsstufe
^{2.} mittlere Anreicherungsstufe
^{3.} niedrige Anreicherungsstufe

Probenahme von Nahrungspflanzen zur Prüfung,
ob selbst angebautes Gemüse nach immissionsbedingten Einträgen verzehrt werden darf

Anhang 2: Probenahmeprotokoll

Probenahmeprotokoll

Projekt :

Allgemeine Angaben

Probenehmende Stelle	
Probenehmer	
Datum der Probenahme, Uhrzeit	
Pflanze	
Wetterbedingungen	

Angaben zur Pflanzen-Probennahme

LANUV-Probe-Nr.	Entnahme- werkzeug (Schere)	Höhe der Pflanzen (geschätzt)	PN-Gefäß (Alu-Schale)

Angaben zur Untersuchungsfläche

Messpunkt Nr. (= Messpunkt/MP)	
Anschrift Messpunkt	
ggf. nähere Ortsbezeichnung	
Eigentümer/ AnsprechpartnerIn (Name, Anschrift, Tel.-Nr.)	
Anmerkungen zum Eigentümer	
Gauß-Krüger-Rechtswert /UTM Koordinaten	
Gauß-Krüger-Hochwert /UTM Koordinaten	
Nutzungsart	

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen
Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

