

Analysen  
Gutachten  
Planungen  
Beratung



Integrierte Umweltüberwachung GbR

Ökotoxikologie  
Biomonitoring  
Umweltüberwachung  
Naturschutz

# **Biomonitoring der Pestizid-Belastung der Luft mittels Luftgüte-Rindenmonitoring und Multi-Analytik auf >500 Wirkstoffe inklusive Glyphosat 2014-2018**

von

**TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR**

**Dipl.-Biol. Frieder Hofmann  
Dipl.-Forstwirt Ulrich Schlechtriemen  
Dr. Maren Kruse-Platz  
Dr. Werner Wosniok**

**Auftraggeber:**

**Bündnis für eine Enkeltaugliche Landwirtschaft e.V.  
Rupprechtstr. 25  
81636 München**

10. Februar 2019

---

**TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR**

**TIEM** Bremen  
Ökologiebüro  
Dipl.-Biol. Frieder Hofmann  
Rennstieg 25 28205 Bremen  
Tel.: 0421-706474 Fax: 0421-74106

**TIEM** Dortmund - Geschäftsstelle  
Sachverständigenbüro  
Dipl.-Forstwirt Ulrich Schlechtriemen  
Hohenzollernstr. 20 44135 Dortmund  
Tel.: 0231-22395933 Fax: 0231-22396548

e-mail: [tiem@arcor.de](mailto:tiem@arcor.de)

---

### Unter Mitwirkung von:

Dipl.-Biol.‘in Ulrike Kuhn, Gewässer-Vegetation, Bremen, *TIEM*-Partnerin  
Dr. Peter Stolz, KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, *TIEM*-Partnerlabor  
Dr. R. Wachter, Pollenflug Nord, Westerloge, *TIEM* Partner Referenzmessstelle ländlicher Raum  
Dipl.-Biol. MAS(GIS) Ragna Mißkampff, GIS-Services, Bremen, *TIEM*-Partnerin für GIS  
Agr. Ing. Florian Berendt, EgeSun GmbH Morgenland, Oyten, Bündnispartner BEL  
J. Heimrath, BI Landwende e.V., Lassan, Bündnispartner BEL  
Dr. B. Wagner, Wassergut Canitz GmbH, Bündnispartner BEL  
Dr. Günter Lach, Lach & Bruns Partnerschaft, Hamburg, Bündnispartner BEL  
Dipl.-Agr. Ing Rudolf Vögel, Landesamt für Umwelt (LfU), Eberswalde, Brandenburg  
Dipl.-Agr. Ing Jörg Peil, Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin,  
Landesamt für Umwelt (LfU), Angermünde, Brandenburg

### Danksagung:

**Wir möchten uns ganz herzlich bei den Bündnispartnern, Baumpaten sowie allen anderen bedanken, die uns bei der Durchführung unterstützt haben, insbesondere:**

Christine Fröhlen, ebl-naturkost GmbH & Co. KG, Nürnberg, BEL Bündnispartnerin  
Heike Kirsten, Rapunzel Naturkost GmbH, Legau, BEL Bündnispartnerin  
Stephan Paulke, basic AG, München, BEL Bündnispartner  
Michael Radau, Albert Hirsch, SuperBioMarkt AG, Münster, BEL Bündnispartner  
Susanne Rentzsch, ÖMA Beer GmbH Ökologische Molkereien Allgäu, Lindenberg, BEL Bündnispart.  
Hubert Schirmer, Naturkost Löwenzahn, Metzingen, BEL Bündnispartner  
Stefan Palme, Gut Wilmersdorf, Wilmersdorf  
Rainer Brennenstuhl, Gut Baumgarten, Schenkendorf  
Nils Wagner, Gut Angermünde, Angermünde  
Herr Thiele, AFB Agrar, Blönsdorf  
Rainer Dickmann, SAG Schorfheider Agrargenossenschaft, Groß-Schönebeck  
Dr. Martha Mertens, ibn Institut für Biodiversität, Regensburg  
Marion Ruppenner, Ernst Haile, Peter Forstner, Klaus Petter, BUND Naturschutz Bayern  
Biomessen: Matthias Deppe und Wolfram Müller OHG  
Fam. Blacha, Naturcamping Rehberge, Lychen-Retzow  
Fam. Franke, Ortenberg  
Fam. Ibach, Bühl-Moos  
Fam. Meißer, Tannenhof Meißer, Schwerin-Hundorf  
Fam. Schlumbohm, Syke  
Fachdienst Umwelt, Landeshauptstadt Schwerin

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2. VORGEHENSWEISE.....</b>	<b>4</b>
2.1 Rindenmonitoring.....	6
2.2 Standorte .....	7
<b>3. ERGEBNISSE MIT DISKUSSION .....</b>	<b>8</b>
<b>4. EINFLUSSFAKTOREN .....</b>	<b>12</b>
4.1 Einflussfaktoren auf die Verfrachtung von Glyphosat.....	12
<b>5. FAZIT .....</b>	<b>17</b>
<b>6. LITERATUR .....</b>	<b>19</b>
<b>7. ANHANG.....</b>	<b>22</b>
7.1 Standort- und Probendokumentation.....	22
7.2 Ergebnisse der PSM-Analytik.....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Standardisierte Entnahme der äußeren Rinde zum Luftgüte-Rindenmonitoring mit dem Rindenprobenehmer (Archivbild Hofmann) .....	6
Abb. 3.1:	Immissionsbelastung der häufigsten Pestizid-Wirkstoffe über das Luftgüte-Rinden- monitoring aus den Messungen in 2014 bis 2018 .....	11
Abb. 4.1 :	Regressionsbaum aller 6 Faktoren (Schritt 3) .....	16
Abb. 7.1:	Übersichtsplan zur Standortverteilung des Pestizid-Monitorings mit dem Luftgüte-Rindenmonitoring 2014-2018.....	22
Abb. 7.2:	Standortverteilung des Luftgüte-Rindenmonitoring 2014 bis 2018.....	23

## Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Die häufigsten Pestizid-Wirkstoffe in der Immissionsbelastung des Luftgüte- Rindenmonitorings 2014 bis 2018 .....	10
Tab. 4.1	Betrachtete Einflussfaktoren.....	13
Tab. 4.2:	Einflussfaktoren für die Glyphosat-Konzentration .....	15
Tab. 7.1	Probenahmestandorte und Proben.....	24
Tab. 7.2	Standortklassifikation.....	28
Tab. 7.3	Liste der untersuchten PSM-Wirkstoffe .....	32
Tab. 7.4	Nachgewiesene Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe in den Rindenproben mit Nachweishäufigkeit.....	37

**Abkürzungen**

PSM	Pflanzenschutzmittel, Pestizide
AMPA	Aminomethylphosphonsäure, Abbauprodukt von Glyphosat
GIS-Daten	Geografische Informations-Systeme
TG	Trockengewicht
mg	Milligramm
kg	Kilogramm
g	Gramm

# 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Der Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen in Deutschland nahm im Jahr 2017 bereits 8,2 % der gesamten Agrarfläche ein. Die Anzahl der Betriebe, die sich für den naturnahen Anbau entscheiden, wächst weiter. So stiegen 2.263 Betriebe in 2017 aus der konventionellen Nutzung aus und erhöhten die Gesamtzahl der biologisch wirtschaftenden Betriebe auf 29.395 mit einem Anteil von 11 % an der Gesamtbetriebszahl.<sup>1</sup>

Die Koexistenz der Anbauverfahren wurde und wird in Zusammenhang mit der Revision der EU-Öko-Verordnung (Europäische Gemeinschaft (EG) 2007) intensiv diskutiert. Schutz von Anbauern und Verbrauchern, aber auch Anwendungssicherheit und Produktqualität sind dabei besonders zu beachten.

Dennoch gibt es bislang wenige Untersuchungen, die sich mit der Belastung ökologischer Flächen durch Anbauverfahren der konventionellen Landwirtschaft beschäftigen. Erste Ergebnisse von Untersuchungen in Brandenburg (Hofmann und Schlechtriemen 2015, Hofmann und Schlechtriemen 2016) zeigen, dass neben der direkten Kontamination durch Abdrift von konventionell bewirtschafteten Nachbarfeldern auch der Ferntransport von Pestiziden<sup>2</sup> aus dem konventionellen Anbau zu einem Problem für den Ökologischen Landbau werden kann.

Nachdem biologisch angebauter Körner-Fenchel aus dem bundesweit größten, geschlossenen Bioanbaugebiet (Teil des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin) nach Qualitätsbeprobung wegen zu hoher Pestizidbelastung nicht mehr zur Vermarktung zugelassen wurde, wiesen die Autoren in ihren Untersuchungen zur Immissionsbelastung von Pestiziden über die Kombination von Luftgüte-Rindenmonitoring, technischen Passivsammlern und weiteren Biomonitoring-Verfahren in Brandenburg die weiträumige Verfrachtung der flüchtigen PSM Pendimethalin und Prosulfocarb aus dem konventionellen Getreide- und Kartoffelanbau nach und dokumentierten eine entsprechende Akkumulation in der Ernteware. An insgesamt 18 Standorten, verteilt über Brandenburg, wurde Pendimethalin an 94 % und Prosulfocarb an 83 % der Standorte nachgewiesen. Aber auch andere Pestizide wurden in der Luftbelastung festgestellt. Zu den 11 häufigsten, mit einem Vorkommen an >15 % der Standorte zählen neben Pendimethalin und Prosulfocarb an erster Stelle in absteigender Reihenfolge DDT, Metolachlor, Terbutylazin, Prothioconazol-desthio, Terbutylazin-desethyl, Lindan (HCH-gamma) und Metazachlor (Hofmann und Schlechtriemen 2017).

Besonderes öffentliches Interesse gilt aktuell dem Herbizid Glyphosat. Glyphosat ist das weltweit und auch in Deutschland mit großem Abstand am Häufigsten angewandte Pestizid (Benbrook 2016); in Deutschland wird es auf ca. 40 % der Felder eingesetzt. Ergebnisse über die Belastung weiter Teile der Bevölkerung mit dem Totalherbizid in Blut- und Urinproben (FOE 2013, Krüger et al. 2016, Watts

---

<sup>1</sup> <https://www.oekolandbau.de/service/zahlen-daten-fakten/zahlen-zum-oekolandbau/>

<sup>2</sup> Die Begriffe „Pestizid“, „Pflanzenschutzmittel“ sowie die Abkürzung „PSM“ werden im Text synonym verwendet,

et al. 2016, Zouaoui et al. 2013) zeigten sich schon in der ersten Untersuchung dieser Art. Obwohl es seit Jahren im Einsatz ist, wurde eine allgemeine Verbreitung und Exposition über den Luftpfad im Zulassungsverfahren für Glyphosat bisher ausgeschlossen, mit der Begründung, dass es selbst nicht flüchtig ist (European Food Safety Authority [EFSA] 2015a, European Food Safety Authority [EFSA] 2015b, Watts et al. 2016).

In systematischen Untersuchungen in den USA in Mississippi und Iowa wurden allerdings Glyphosat und dessen Abbauprodukt AMPA sowohl mit hoher Frequenz (60-100 %), als auch in relativ hoher Konzentration in Luft- und Regenwasserproben nachgewiesen (Chang et al. 2011). Diese Befunde wurden in einer weiteren Studie bekräftigt (Majewski et al. 2014). Glyphosat und AMPA konnten in >75 % der Luft- und Regenwasserproben in Mississippi nachgewiesen werden. Des Weiteren wurden Glyphosat und AMPA in der atmosphärischen Deposition in Kanada (Humphries et al. 2005; Fahrenhorst et al. 2015) und außerdem in weiteren Gebieten der USA festgestellt (Battaglin et al. 2014). Als Erklärung wurde ein vornehmlich partikelgebundener Transport diskutiert, bei der die beiden Stoffe durch Windverfrachtung an Bodenpartikeln anhaftend verdriftet werden. Windbürtige Erosionen von Bodenpartikeln sind ein gängiges Phänomen, begünstigt durch große, ausgeräumte Ackerlandschaften. Diese treten insbesondere an trocken-warmen, windigen Tagen sowie besonders bei intensiver Bodenbearbeitung auf. Wenngleich mit diesen Studien prinzipiell eine mögliche Verfrachtung von Glyphosat und dessen Begleitstoffen über den Luftweg aufgezeigt wurde, bleibt offen, inwieweit diese Ergebnisse aus den weiträumigen Ackerflächen Nordamerikas, in denen windbürtige Erosionen ebenso wie der hohe Glyphosat-Einsatz auf Grund des verbreiteten Anbaus von herbizidtoleranten GVO's eine große Rolle spielen (Majewski et al. 2014, Benbrook 2016), auf deutsche Anbauverhältnisse übertragbar sind.

In 2017 wurden die Untersuchungen zur Immissionsbelastung von Pestiziden mit Hilfe des Rindenmonitorings auf Glyphosat um Standorte in Bayern erweitert (Hofmann und Schlechtriemen 2017). Insgesamt wurden Standorte unterschiedlichster Lage und Ausprägung, von innerstädtisch bis ländlich, analysiert. Deutlich zeigten sich auch in den Ergebnissen dieser regional erweiterten Studie mit insgesamt 23 Standorten Belastungen durch Pendimethalin an 92 % und Prosulfocarb an 75 % der Standorte. Weitere bedeutende Belastungen finden sich durch DDT zu 67 % und Prothioconazoldesthio an 54 % der Standorte. Die Anzahl der häufiger nachgewiesenen PSM (>15 % der Standorte) wächst auf 15 Wirkstoffe. Glyphosat wurde testweise an 6 Standorten untersucht und dabei an einem Drittel der Standorte in der Immissionsbelastung der Rinden festgestellt. Diese Ergebnisse sind ein erster Beleg dafür, dass Glyphosat über den Luftweg auch unter mitteleuropäischen Verhältnissen prinzipiell abseits der Felder transportiert wird und begründen weitere Untersuchungen zur Bedeutung des Luftpfades bei der Verbreitung dieses Pestizids in der Umwelt.

Der Auftrag der vorliegenden Studie war eine repräsentative Erweiterung der bisher vorhandenen regionalen Datenbasis zur Immissionsbelastung von Pestiziden über das Luftgüte-Rindenmonitoring auf Standorte in ganz Deutschland. Unter Berücksichtigung unterschiedlichster Landschaftsräume, Bewirtschaftungspraxis und potentieller Exposition von Pestiziden soll sie Aussagen zur Verbreitung

## 1. Einleitung und Aufgabenstellung

---

von Pestiziden über den Luftpfad abseits der Applikationsbereiche ermöglichen. Dies umfasst Bereiche von intensiver Landwirtschaft bis zu Bioanbauregionen und Naturschutzgebieten, Stadt und Land sowie verschiedene Naturräume in Deutschland. Hierzu soll die Immissionsbelastung an allen Standorten der sukzessiv über die Jahre 2014-18 durchgeführten Studien auf über 500 Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen inklusive Glyphosat und AMPA erweitert und analysiert werden.

## 2. Vorgehensweise

Zur Absicherung der Ergebnisse zur Verfrachtung von Pestiziden über den Luftpfad aus der Untersuchungen 2014-17 in Brandenburg und Bayern wurden in 2018 weitere Rindenproben aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands entnommen, so dass insgesamt Ergebnisse zur Immissionsbelastung von über 500 Pestiziden inklusive Glyphosat von 47 Standortproben zur Auswertung zur Verfügung standen.

Die Kernaufgabe der Untersuchungen in 2018 lag darin, die sukzessiv erworbenen Ergebnisse aus den 3 Vorgängervorhaben, die regional auf Brandenburg und Bayern bezogen waren, durch weitere, räumlich repräsentativere Untersuchungen abzusichern. Der Fokus lag hierbei auf der Abschätzung der Bedeutung des Luftpfades für die Pestizidbelastung, d.h. welche Pestizide in der Verbreitung über den Luftweg besonders auffällig und welche Reichweiten anzunehmen sind. Die Analytik soll das Pestizid-Screening mit mehr als 500 PSM-Wirkstoffen sowie den Glyphosat-Komplex (Glyphosat, AMPA, Glufosinat) umfassen.

Aus den bisherigen Studien lagen bereits für 6 Standorte aus Bayern und Brandenburg das vollständige Analysespektrum mit PSM-Screening und Glyphosat-Komplex vor. Für weitere 17 Standorte umfassten die Ergebnisse das PSM-Spektrum, jedoch nicht den Glyphosat-Komplex, so dass in 2018 entsprechende Nacherhebungen an den Standorten in der 2. Septemberhälfte nach Abschluss der Glyphosat-Applikationsperiode erfolgte. Darüber hinaus wurden Rindenproben an weiteren 23 Standorten, verteilt über verschiedene Regionen, in der 2. Oktoberhälfte nach Abschluss der Herbst-Applikationen der Pflanzenschutzmittel gezogen. An einem Standort wurden zur Prüfung der zeitlichen Repräsentativität Proben in zwei aufeinander folgenden Jahren gezogen. Insgesamt wurden 46 Standortbereiche mit insgesamt 47 Standortproben untersucht.

Zur Gewährleistung einer möglichst repräsentativen Auswahl wurde ein Kriterienraster angelegt und die Probenahme in 3 Phasen sukzessiv unternommen:

Berücksichtigung fanden unterschiedlich belastet anzunehmende Standorte vom Nahbereich bis hin zu Fernverfrachtung. Die Begriffe „Nahbereich“ und „Fernverfrachtung“ oder synonym „Ferntransport“ bedürfen auf Grund unterschiedlicher Verwendung hier einer Definition im Kontext des Vorhabens: Unter „Fernverfrachtung/-transport“ verstehen wir einen luftgetragenen Transport, der zu einer nicht intendierten, allgemeinen Kontamination der Umwelt abseits eines unmittelbaren Nahbereichs-Einflusses bei Ausbringung führen kann und hierdurch u.a. weiträumig die Koexistenz mit Bioanbau, Schutzgebieten etc. zu beeinträchtigen vermag. Bei einem allgemeinen, verbreiteten Anbau führt dies in der Regel zu einer Überlagerung von Immissionen in der Fläche aus mehreren Quellen, die am Kontaminationsort meist nicht mehr einfach auf einzelne Verursacher zurückführbar sind. Der einzelne Landwirt/Biolandwirt kann sich gegen derartige Einflüsse kaum wappnen, so dass dies die Koexistenz der Landwirte untereinander gefährden vermag. Als unmittelbarer „Nahbereich“ wird daher ein Distanzbereich verstanden, der bei der Ausbringung durch Spray etc. als beeinflussbar gilt. In der Regel, u.a. in den Zulassungsverfahren, wird hier ein Distanzbereich von wenigen

## 2. Vorgehensweise

Meter bis 10-Meter angenommen; wir setzen hier als konservative Annahme mit Sicherheitsabstand einen Distanzbereich unter 100 m an. Als „mittleren“ Transport wird hier ein Distanzbereich über mehrere hundert Meter und als „Ferntransport“ eine darüber hinaus gehende Verfrachtung im km-Distanzbereich verstanden.

Des Weiteren wurden diverse weitere Einflussfaktoren berücksichtigt: unterschiedliche Naturräume und Anbauzonen; unterschiedlich intensive Landnutzung, konventionelle Intensiv-Landwirtschaft, extensive Landwirtschaft, Bioanbau, Bioanbauregionen, Schutzgebiete bis hin zu FFH-Gebieten und Biosphärenreservaten sowie Bereiche für Fernverfrachtung wie Stadtzentren (Parks), größere Waldgebiete in Biosphärenreservaten und Berglagen im Allgäu.

Während für viele Pestizide, die flüchtig oder semi-volatil sind, der gasförmige Transport über die Luft im Fokus steht, wird seit einigen Jahren für PSM, die gering oder nicht-flüchtig sind wie z.B. Glyphosat, ein partikelgebundener Transport über Staubverfrachtungen per Winderosion diskutiert. Für die Standortwahl wurden daher über vorhandene GIS-Daten (Geografische Informationssysteme) Standorte mit unterschiedlicher Winderosions-Gefährdung von Böden berücksichtigt.

Des Weiteren wurden auf regionaler und lokaler Ebene Standortverdichtungen und -paarungen vorgenommen, um bestimmten Einflüssen und Fragen spezifischer nachzugehen zu können. Das Augenmerk lag z.B. auf der Variabilität in einem Raum, innerhalb einer Stadt und außerhalb in der landwirtschaftlichen Umgebung sowie weit abgelegenen Standorten, an denen unterschiedliche Intensitäten für Pestizid-Applikationen und damit mögliche Nahbereichs-Einflüsse bis hin zu Ferntransport anzunehmen waren (Bioanbau-Region Schorfheide- Chorin in Brandenburg; Intensiv-Landwirtschaftsraum Donauries und extensiv genutzte Gebiete im Münchener Raum; Raum Bremen; Raum Münster; Raum Baden-Baden; Allgäu; Raum Schwerin). Dies erfolgte unter Berücksichtigung der bestehenden Standorte aus den Erhebungen 2014-17, ebenso wurden Wünsche von Bündnispartnern und Baumpaten auf regionaler Ebene bestmöglich mit einbezogen. Die Standortwahl erfolgte sukzessiv, um die Anforderungen aus dem Kriterienraster gemäß den örtlichen Gegebenheiten bestmöglich erfüllen zu können.

In der anschließenden Aufzählung sind die Standorte mit weiteren Angaben gelistet; aus den Kartenskizzen (Abb. 7.1) gehen Lage und Zuordnung der Standorte hervor:

- + Standorte mit vorliegender umfänglicher Analytik aus 2017: N = 6
- + Nacherhebung auf Glyphosat an den Standorten aus den Studien in Brandenburg (BBG): N = 18
- + Neue Standorte in 2018 mit umfänglicher Analytik zur Absicherung BRD-weit: N = 23

Insgesamt umfasst die Auswertung damit 47 Standortproben, die über die Jahre 2014-2018 an 46 Standortbereichen als Mehrpunkt-Stichproben verteilt über Deutschland gewonnen wurden und stellt damit die bis dato umfassendste Studie zur Luftverfrachtung von Pestiziden in Deutschland dar.

## 2.1 Rindenmonitoring

Zur Erfassung einer Immissionsbelastung der Pestizidwirkstoffe wurde das Luftgüte-Rindenmonitoring (Hofmann et al. 2001a, Demetriades und Birke 2015, Birke et al. 2017) eingesetzt.

Das Verfahren erlaubt eine standardisierte Probenahme und Erfassung für zahlreiche Luftschadstoffe. Die Anwendbarkeit für PSM wurde u.a. in 3 aktuellen Studien aus 2014, 2016 und 2017 belegt (Hofmann und Schleichriemen 2015, Hofmann und Schleichriemen 2016, Hofmann und Schleichriemen 2017).

Die Probenahme der äußeren Rinde erfolgte nach dem Verfahren von Hofmann et al. (2001), das mit einem speziellen Rindenprobenehmer eine standardisierte Entnahme in definierter Schichtdicke von maximal 1 mm unter pro-analysis Bedingungen erlaubt (s. Abb. 2.1). Hierzu wird die äußerste Rindenschicht, die totes Abschlussgewebe darstellt, mit einem Fräser (titannitrit-vergütet) als Rundum-Beprobung frei exponierter Bäume in ca. 1,5 m Höhe entnommen. Für die PSM-Analytik wird das Rindenprobenmaterial direkt in einem aluminiumkaschierten Probennahmebeutel aufgefangen und vor Ort bei  $-18^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren.

Die Proben wurden dann in dem akkreditierten Labor KWALIS (Fulda) auf Pestizid-Wirkstoffe analysiert: >500 PSM-Wirkstoffe mittels Multi-Methoden gemäß der Studien aus 2014, 2016 und 2017 sowie über eine gesonderte Analytik auf Glyphosat, Glufosinat und AMPA. Die wirkstoffspezifischen Nachweisverfahren und Bestimmungsgrenzen gehen aus Tab. 7.3 hervor. Die Ergebnisse der PSM-Analysen werden in ng/g TG Rinde (entspricht mg/kg TG) angegeben. Das Verfahren wurde über Parallelmessungen mit technischen Sammlern für PSM am Beispiel Pendimethalin kalibriert (Hofmann und Schleichriemen 2015).



**Abb. 2.1: Standardisierte Entnahme der äußeren Rinde zum Luftgüte-Rindenmonitoring mit dem Rindenprobenehmer (Archivbild Hofmann)**

## 2.2 Standorte

Zur Gewährleistung einer möglichst repräsentativen Auswahl wurde ein Kriterienraster angelegt und die Probenahme in 3 Phasen sukzessiv unternommen:

Berücksichtigung fanden unterschiedlich belastete Standorte von Nahbereich bis hin zu Fernverfrachtung. Zusätzlich wurden mögliche weitere Einflussfaktoren bei der Standortwahl berücksichtigt: unterschiedliche Naturräume und Anbauzonen; unterschiedlich intensive Landnutzung, konventionelle Intensiv-Landwirtschaft, extensive LW, Bioanbau, Bioanbauregionen, Schutzgebiete bis hin zu FFH und Biosphärenreservate; Bereiche für Fernverfrachtung wie Stadtzentren (Parks), größere Waldgebiete in Biosphärenreservate sowie Berglagen im Allgäu.

Während für viele Pestizide, die flüchtig oder semi-volatil sind, der gasförmige Transport über die Luft im Fokus steht, wird seit einigen Jahren für PSM, die gering oder nichtflüchtig sind wie z.B. Glyphosat, ein partikelgebundener Transport über Staubverfrachtungen per Winderosion diskutiert (siehe weiter oben). Um diesen Einflussfaktor zu prüfen, wurden für die Standortwahl daher über vorhandene GIS-Daten Standorte mit unterschiedlicher Winderosionsgefährdung von Böden berücksichtigt.

## 3. Ergebnisse mit Diskussion

Die Ergebnisse zu den nachgewiesenen Pestizid-Wirkstoffen in den Rindenproben aus allen Studien 2014 bis 2018 sind im Anhang Tab. 7.4 dokumentiert. Die Liste der analysierten PSM-Wirkstoffe mit Verfahren und Bestimmungsgrenzen gehen aus Tab. 7.3 hervor.

Insgesamt konnten 47 Standortproben aus 4 Messkampagnen der Jahre 2014-18 von 46 Standortbereichen<sup>3</sup> verteilt über Deutschland vollständig analysiert und ausgewertet werden.

Dies ist die bis dato umfassendste Studie zur Luftbelastung von Pestiziden in Deutschland.

Von den über 500 analysierten Pestizid-Wirkstoffen inklusive Glyphosat wurden 104 PSM-Wirkstoffe sowie 2 Summenparameter in der Außenluft ermittelt (s. Anhang Tab. 7.4). Die Hauptbelastung konzentriert sich auf 19 häufiger festzustellende Wirkstoffe (Abb. 3.1, Tab. 7.3), die sich weit in der Umwelt über die Luft verbreiten können und an über 15 % der Standortbereiche auftraten. Dazu gehören Pendimethalin, DDT, Prosulfocarb, Prothioconazol-desthio, Glyphosat, HCH-gamma (Lindan), Terbutylazin, Metolachlor, Boscalid, Terbutylazin-desethyl, Diflufenican, Flufenacet, Anthrachinon, Epoxiconazol, Ethofumesat, Tebuconazol, Clomazon, Metalaxyl und Metazachlor. Diese Auflistung ordnet die Ergebnisse nach ihrer Häufigkeit in der Verbreitung.

Die Pestizid-Wirkstoffe verteilen sich auf 10 Herbizide, 5 Fungizide, 2 Insektizide, 1 Repellent bzw. Saatbeizemittel sowie 1 Metabolit (Abbauprodukt).

Die Ergebnisse zur Immissionsbelastung der Pestizide an den einzelnen Standorten sind in Abb. 3.1 dargestellt. Die linke senkrechte Achse gibt hierbei die ermittelte Konzentration in der Rinde an. Für eine vergleichende Darstellung der Werte, die mehrere Größenordnungen umspannen, sind Werte in logarithmischer Skalierung (LOG10) angegeben.

Die herausragende Rolle bei der Herbizidbelastung bilden Pendimethalin und Prosulfocarb, die sich bereits in den regional begrenzten Vorgängerstudien von 2014 – 2017 (Hofmann und Schlechtriemen 2015, Hofmann und Schlechtriemen 2016, Hofmann und Schlechtriemen 2017) abzeichnete. Diese Ergebnisse wurden nun in der repräsentativen Gesamtauswertung in 2018 über Deutschland verteilt bestätigt. Pendimethalin erschien an 87 % der Standortproben in Deutschland, Prosulfocarb an über 66 %. Ihre weiträumige Verbreitung ist auch in anderen europäischen Ländern dokumentiert, u.a. in Immissionsmessungen (Dijk und Guicherit 1999, Kreuger und Kylin 2006, Quaghebeur et al. 2004, Mai 2012). Wie bereits in den vorausgegangenen Studien bestätigen die Ergebnisse aus 2018 nicht nur die weite Verbreitung der beiden Herbizide, sondern auch die Höhe der Belastung, die die anderer PSM deutlich übersteigt. Für beide Wirkstoffe ist ihr niedriger Dampfdruck bekannt, der eine Verflüchtigung und Verfrachtung über die Luft begünstigt. Die Ergebnisse

---

<sup>3</sup> Ein Standortbereich wurde in 2 aufeinanderfolgenden Jahren zu Testzwecken beprobt

### 3. Ergebnisse mit Diskussion

---

belegen, dass die derzeitigen Regeln zur Begrenzung der Luftbelastung, wie z.B. Maßnahmen zur Abdriftminderung bei Ausbringung, nicht ausreichen.

Besonders auffällig ist die immer noch hohe Belastung durch DDT (Summenwert der Isomere), das gleich nach Pendimethalin zu den bedeutendsten, luftverfrachteten Pestiziden gehört und an über 72 % der Standortproben nachgewiesen wurde. Es ist seit 46 Jahren in der Bundesrepublik nicht mehr zulässig. Auf dem Gebiet der DDR erfolgte die Verwendung bis zur Wende 1990 in z.T. großem Ausmaß. (Heinisch und Wenzel-Klein 1993). Dies erklärt auch die häufigere Erfassung an den Standorten in den neuen Bundesländern. Wenngleich die exakte Integrationszeit der Rinde nicht definierbar ist, spiegelt die Rindenbelastung auf Grund der Verwitterungsrate vornehmlich die integrierte Luftbelastung der letzten 1-2 Jahre wider, weiter zurückliegende Ereignisse verblassen (Hofmann 2001). Die Ergebnisse belegen, wie im übrigen auch aktuelle Immissionsmessungen in der Luft, wo DDT-Isomere ebenfalls nachgewiesen werden, die ubiquitäre Verbreitung dieses Pestizids. Da es nur über lange Zeiträume abgebaut wird, zirkuliert es auf Grund der ehemals breitflächigen Anwendung immer weiter in den Ökosystem-Kompartimenten.

Dasselbe gilt für Lindan (HCH-gamma): Dieses Pestizid durfte nur noch bis Ende 2007 (Europäische Union (EU) 2004) verwendet werden. Über das Rindenmonitoring wird es in der Luftbelastung an über 55 % der Standortproben erfasst und steht an 6. Position der Rangfolge.

Prothioconazol-desthio ist ein Fungizid und kommt mit 64 % an vierter Stelle in der Luftbelastung vor.

Ein wesentliches und neues Ergebnis ist die Tatsache, dass sich auch Glyphosat in bedeutenden Mengen in der Luftbelastung in Deutschland nachweisen lässt. Glyphosat-Einträge wurden an 55 % der Standortproben festgestellt und nehmen damit den 5. Rang in der Verbreitungshäufigkeit über den Luftpfad ein. Als höchste Belastung wurden 167 ng/g gemessen; damit steht Glyphosat ebenfalls auf dem 5. Rang der Belastungshöhen. Eine allgemeine Verbreitung und Exposition über den Luftpfad wurde bisher ausgeschlossen, da Glyphosat nicht flüchtig ist (European Food Safety Authority (EFSA) 2015a, European Food Safety Authority (EFSA) 2015b, Watts, et al. 2016). Aktuellere Studien zeigten über differenzierte Immissionsmessungen, dass sich Glyphosat in der Luftbelastung weiträumig in der Partikelfraktion feststellen lässt und damit eine Verfrachtung über Winderosion fernab der Applikationsfelder zu Kontaminationen in der Umwelt führen kann (Battaglin et al. 2014, Benbrook 2016, Chang et al. 2011, Fahrenhorst, et al. 2015, Humphries et al. 2005, Majewski, et al. 2014, Silva et al. 2017).

Das Herbizid Terbutylazin wird verbreitet an 49 % der Messstellen (Rang 7) gefunden. Das Abbauprodukt Terbutylazin-desethyl kommt mit 32 % der Standortproben an 10. Stelle der verbreiteten Pestizid-Wirkstoffe vor; beides eine substantielle Belastung.

### 3. Ergebnisse mit Diskussion

Mit einer Verbreitung von 45 bzw. 38 % an allen Messstellen nehmen das Herbizid Metolachlor und Boscalid als Fungizid die Plätze 8 und 9 ein. Metolachlor weist dabei generell höhere Werte auf als Boscalid (Abb. 3.1).

Das Herbizid Diflufenican steht in der Luftverbreitung mit 30 % der Standortproben an 11. Stelle.

Die Pestizid-Wirkstoffe Flufenacet (Herbizid), Anthrachinon (Repellent), Epoxiconazol (Fungizid), Ethofumesat (Herbizid), Tebuconazol (Fungizid), Clomazon (Herbizid), Metalaxyl (Fungizid) und Metazachlor (Herbizid) nehmen mit der Verbreitungsfrequenz von 28 % bis 17 % die Ränge 12-19 ein.

**Tab. 3.1: Die häufigsten Pestizid-Wirkstoffe in der Immissionsbelastung des Luftgüte-Rindenmonitorings 2014 bis 2018**

Ergebnisse aus vier Messkampagnen: 2014 bis 2018

Auszug aus Tab. 7.4 im Anhang

Anzahl der Standortproben: gesamt 47

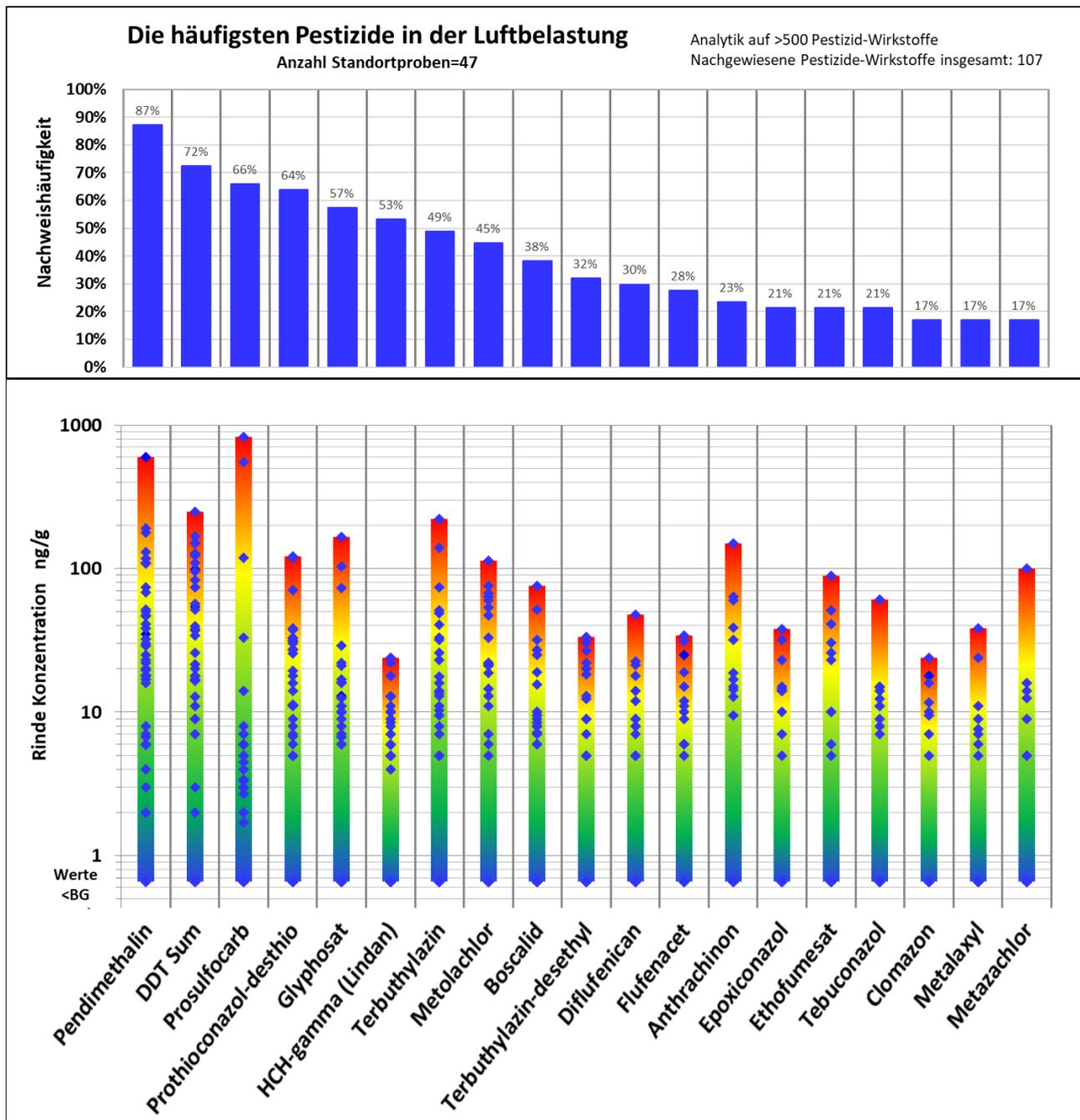
Anzahl nachgewiesener PSM-Wirkstoffe: 104 und 2 Summenparameter

Anzahl häufiger PSM-Wirkstoffe (Häufigkeit >15 %): 19, davon

H=Herbizid (10); F=Fungizid (5); I=Insektizid (2); R=Repellent (1); M=Metabolit (1)

Pestizid-Wirkstoff		Nachweishäufigkeit		
		Anzahl Standortproben mit Befund	Gesamtzahl	in %
Pendimethalin	H	41	47	87 %
DDT Sum	I	34	47	72 %
Prosulfocarb	H	31	47	66 %
Prothioconazol-desthio	F	30	47	64 %
Glyphosat	H	26	47	55 %
HCH-gamma (Lindan)	I	25	47	53 %
Terbutylazin	H	23	47	49 %
Metolachlor	H	21	47	45 %
Boscalid	F	18	47	38 %
Terbutylazin-desethyl	M	15	47	32 %
Diflufenican	H	14	47	30 %
Flufenacet	H	13	47	28 %
Anthrachinon	R	11	47	23 %
Epoxiconazol	F	10	47	21 %
Ethofumesat	H	10	47	21 %
Tebuconazol	F	10	47	21 %
Clomazon	H	8	47	17 %
Metalaxyl	F	8	47	17 %
Metazachlor	H	8	47	17 %

### 3. Ergebnisse mit Diskussion



**Abb. 3.1: Immissionsbelastung der häufigsten Pestizid-Wirkstoffe über das Luftgüte-Rindenmonitoring aus den Messungen in 2014 bis 2018**

47 Standortproben;  
 blaue Punkte: Einzelwerte der Standortproben (Werte Tab. 7.4 im Anhang)  
 Farbbalken: Streubreite der Werte  
 Werte <BG: Werte unter Bestimmungsgrenze  
 Anzahl nachgewiesener PSM-Wirkstoffe: 104 und 2 Summenparameter  
 Anzahl häufiger PSM-Wirkstoffe (Häufigkeit >15 %): 19, davon  
 H=Herbizid (10); F=Fungizid (5); I=Insektizid (2); R=Repellent (1); M=Metabolit (1)

## 4. Einflussfaktoren

### 4.1 Einflussfaktoren auf die Verfrachtung von Glyphosat

Bei der Planung des Projekts wurde vermutet, dass vorgefundene Konzentration von Bedingungen der Standorte und ihrer Umgebungen beeinflusst werden. In Frage kommende Ausgangsbedingungen wurden im Rahmen der Standortdokumentation erhoben. Hier werden Zusammenhänge zwischen diesen vermuteten Einflussfaktoren und gemessenen Pestizid-Konzentrationen untersucht. Die betrachteten Einflussfaktoren sind in Tab. 4.1 angegeben.

Bei der Auswertung war zu beachten, dass keineswegs alle denkbaren Kombinationen von möglichen Werten der vermuteten Einflussfaktoren in den Daten vorliegen. Damit reduziert sich die Erkennbarkeit von Wechsel- und Kombinationswirkungen. Ebenso enthalten die Faktoren inhaltliche Überschneidungen (z.B. liegen alle Standorte mit hoher Erosionsgefährdung in kontinentalen biogeographischen Regionen). Deswegen musste der Faktor „biogeographische Region“ aus einigen Analysen zu Gunsten der feiner aufgelösten „Erosionsgefährdung“ ausgeschlossen werden, in denen andernfalls kein Ergebnis möglich gewesen wäre.

Die statistischen Berechnungen wurden in der Programmiersprache R unter Verwendung der Pakete „tree“ und „maptree“ durchgeführt.<sup>4</sup>

Die Analyse ist hier am Beispiel Glyphosat ausgeführt und besteht aus 3 Schritten:

Im ersten Schritt wird jeder Einflussfaktor daraufhin untersucht, ob er als alleinstehende Größe einen Einfluss auf die Konzentration der Ziel-PSM hat. Die Konzentration der Ziel-PSM geht in diese wie in die weiteren Rechnungen jeweils als Logarithmus der gemessenen Konzentration ein. Es wird der natürliche Logarithmus (ln) benutzt, wobei die Wahl der Logarithmus-Basis keinen Einfluss auf Signifikanzaussagen hat. Logarithmische Konzentrationen werden benutzt, weil gemessene Konzentrationen typischerweise ungefähr gemäß einer logarithmischen Normalverteilung streuen. Werte unter der Bestimmungsgrenze werden durch die Bestimmungsgrenze ersetzt. Im ersten Schritt wird für jeden Einflussfaktor eine einfaktorielles Varianzanalyse durchgeführt. Ergebnis der Analyse ist die globale Aussage, ob der Faktor als alleinstehende Größe einen signifikanten Effekt auf die Zielkonzentration hat (F-Test). Ergebnisse mit einem p-Wert  $< 0.05$  (5 %) werden hier wie an allen anderen Stellen als signifikant gewertet.

---

<sup>4</sup> R Core Team 2018: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Tab. 4.1 Betrachtete Einflussfaktoren

Faktor	Ausprägungen	Kodierung im Regressionsbaum
Naturräumliche Gliederung	Alpenvorland Nordostdeutsches Tiefland Nordwestdeutsches Tiefland Südwestdeutsches Mittelgebirge Südwestdeutsches Mittelgebirge / Stufenland Westliches Mittelgebirge	a b c d e f
Biogeographische Region	Atlantisch Kontinental	a b
Winderosionsgefährdung; Regressionsbaum Faktor: „Erosion“	0,5 1 2 3 4 (als Faktor interpretiert)	a b c d e
Schutzgebiet	ja nein	a b
Landwirtschaftliche Intensität am Standort; Regressionsbaum Faktor: „Landwintens“	Bioanbau-Region, extensiv extensiv intensiv intensiv / extensiv intensiv / Bio intensiv / extensiv / Bio	a b c d e f g
„Ferntransport“ (Einteilung gemäß Projektaufgabe)	unbekannt Nahbereich: wenige m bis 100 m (nachbarschaftlicher Einfluss, unmittelbarer Einflussbereich bei Ausbringung, Spray etc.) Mittlerer Entfernungsbereich: 100 m bis 1 km Ferntransport im km-Bereich (über einen unmittelbaren Einflussbereich hinausgehend, Potenzial für allgemeine Kontamination der Umwelt und Gefährdung der Koexistenz)	a b c d

Im zweiten Schritt wurden die ermittelten signifikanten Faktoren zu einem gemeinsamen Modell zusammengefasst, d.h. es wurde geprüft, ob die signifikanten Faktoren ihre Beiträge unabhängig von den anderen signifikanten Faktoren leisten. Schon wegen der inhaltlichen Überschneidungen der Faktoren in diesem Projekt ist damit zu rechnen, dass die Bedeutung eines Faktors sinkt, wenn er in Kombination mit einem Anderen in das Modell aufgenommen wird, selbst wenn jeder der beiden bei isolierter Betrachtung einen signifikanten Einfluss gezeigt hätte. Das gemeinsame Modell entsteht schrittweise, indem der Faktor mit dem größten Erklärungswert, dieser gemessen durch das bereinigte Bestimmtheitsmaß, als Startmodell verwendet wird, dem sukzessive der Faktor hinzugefügt wird, der das Bestimmtheitsmaß des gemeinsamen Modells maximal verbessert. Ist diese Verbesserung signifikant (Varianzanalyse, F-Test), wird das Verfahren fortgesetzt, sofern noch weitere Faktoren zur Verfügung stehen. Ist die Verbesserung nicht signifikant, so wird in die Modellbildung beendet, ohne einen weiteren Term in das Modell einzuschließen. Resultat dieses Schrittes ist die Zusammenstellung aller Faktoren, die die Konzentration des Ziel-Pestizids wesentlich beeinflussen. Diese Information dient einerseits dem Verständnis der beteiligten Prozesse und kann andererseits auch für Prognosezwecke genutzt werden.

Der dritte Schritt ist von explorativer Natur und dient dazu, die gemeinsame Bedeutung von mehreren Faktoren zu erkennen. Der zweite Schritt lieferte die Information über vorhandene Haupteffekte (Effekte, die bei Vorliegen eines Faktorenwerts immer auftreten, unabhängig von den Werten anderer beteiligter Faktoren). Es sind aber Situationen denkbar, in denen Effekte nur durch das Zusammentreffen von bestimmten Faktor-Kombinationen hervorgerufen werden (spekulatives Beispiel: eine hohe Erosionsgefährdung führt nur dann zu einer erhöhten PSM-Konzentration, wenn gleichzeitig intensive Landwirtschaft in der Nähe betrieben wird). Untersuchungen dieser Art lassen sich prinzipiell im Rahmen von multifaktoriellen Varianzanalysen durchführen, sofern die Daten aus einer faktoriellen Untersuchung stammen. Das ist hier nicht der Fall. Deswegen wird hier das Verfahren des Regressionsbaums (Breiman et al. 1984) verwendet, das mit schwächeren Voraussetzungen durchzuführen ist. Ein Regressionsbaum ist eine Sequenz von Entscheidungsfragen, die sich an die erklärenden Variablen richten und abhängig von den Antworten eine Vorhersage der Zielkonzentration (im vorliegenden Problem) liefern. Die Fragen sind so eingerichtet, dass sie an den unteren Enden des Baums eine möglichst gute Beschreibung der vorliegenden Daten liefern. Nach jeder Frage, die mit einer von zwei Möglichkeiten beantwortet werden muss, entstehen zwei neue Positionen im Baum, die jeweils entweder eine weitere Frage beinhalten, oder einen äußeren Endpunkt des Baums darstellen. Ein unterer Endpunkt enthält den Schätzwert für die (log-) Konzentration des PSM unter den Bedingungen, die beim Durchlaufen des Baums zu diesem Punkt führen. Ein Regressionsbaum lässt sich am einfachsten als Graphik darstellen. Der folgende Abschnitt enthält ein kommentiertes Beispiel.

**Tab. 4.2: Einflussfaktoren für die Glyphosat-Konzentration**
**Schritt 1: Bedeutung der Einflussfaktoren als alleinstehende Größen**

Faktor	p-Wert der Varianzanalyse	Bestimmtheitsmaß
Naturräumliche Gliederung	$7.381 \cdot 10^{-5}$	<b>0.3984</b>
Biogeographische Region	0.3726	<b>0.004124</b>
Winderosionsgefährdung	$5.786 \cdot 10^{-7}$	<b>0.5101</b>
Schutzgebiet	0.9561	<b>0.02215</b>
Landwirtschaftliche Intensität	0.3501	<b>0.01964</b>
Ferntransport	0.9557	<b>0.06185</b>

Offensichtlich haben nur die naturräumliche Gliederung und die Winderosionsgefährdung eine eigenständige Bedeutung, wobei zu bedenken ist, dass beide Größen nicht völlig unabhängig voneinander sind. Die Ergebnisse belegen auch, dass der Bezug zu einem Schutzgebiet offenbar keine Rolle spielt, d.h. dass auch Schutzgebiete gleichermaßen vom Glyphosat-Eintrag betroffen sind wie andere Gebiete. Hierbei gilt anzumerken, dass Glyphosat-Einträge bis mitten in großräumige Schutzgebiete hinein feststellbar waren, die km-weit von nächsten Anbauflächen entfernt waren.

**Schritt 2: Gemeinsame Bedeutung der Einflussfaktoren**

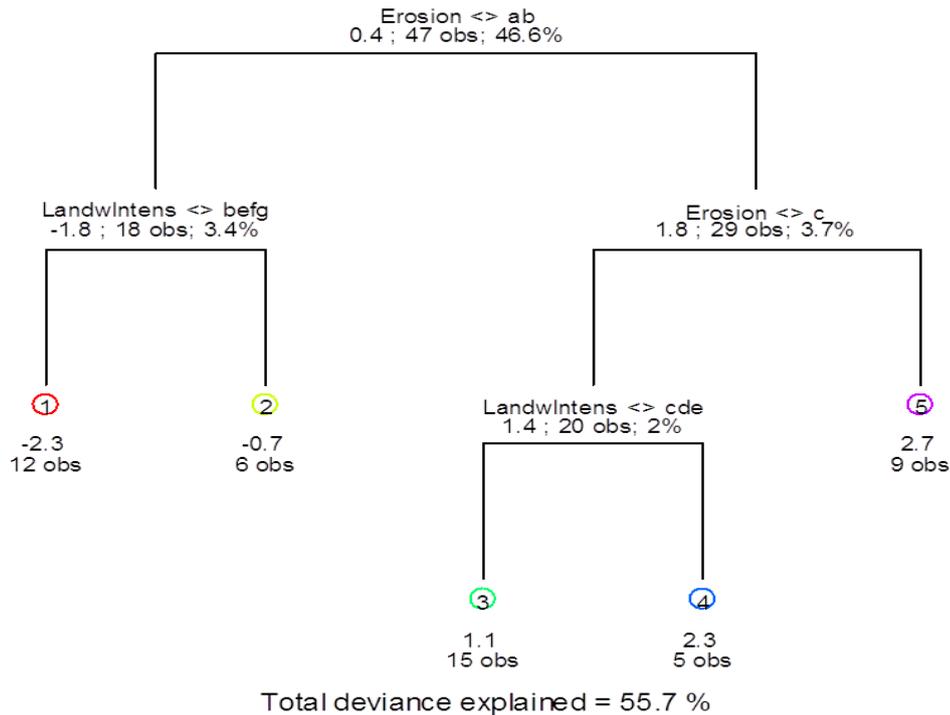
Das Startmodell für den schrittweisen Aufbau enthält nur die Winderosionsgefährdung. Als einziger weiterer Faktor ist die Naturräumliche Gliederung zu betrachten. Einbeziehung der naturräumlichen Gliederung führt bei einem gemeinsamen Bestimmtheitsmaß von 0.478 zu keiner signifikanten Verbesserung gegenüber dem Startmodell ( $p = 0.7866$ , Bestimmtheitsmaß 0.5101). Tatsächlich verschlechtert sich das Bestimmtheitsmaß, weil dieses unter Berücksichtigung der Modellkomplexität (= Anzahl Parameter im Modell) berechnet wird und die erhöhte Komplexität hier nicht von einer entsprechenden Verbesserung der Anpassung begleitet wird.

Daraus ergibt sich die Erkenntnis, dass die Winderosionsgefährdung als globale Größe einen wesentlichen Einfluss auf die Glyphosatkonzentration hat. Das Bestimmtheitsmaß zeigt mit einem Wert von 0,51, dass 51 % der Variation in der Glyphosatkonzentration durch die Variation der Erosionsgefährdung beschrieben werden kann; der Zusammenhang ist also von erheblichem Ausmaß.

**Schritt 3: Explorative Untersuchung von Faktoren-Kombinationen**

Der Regressionsbaum wurde unter Einbeziehung aller 6 Faktoren konstruiert. Der entstehende Baum ist in der folgenden Graphik dargestellt (Abb. 4.1).

Abb. 4.1 : Regressionsbaum aller 6 Faktoren (Schritt 3)



Dieser Regressionsbaum benutzt aus typographischen Gründen Kodierungen (a,b,c, ...) für die Ausprägungen der Faktoren. Die Kodierungen sind in Tab. 4.1 für jeden Faktor angegeben. Der Baum hat folgende Interpretation:

Für die Prognose der Glyphosat-Konzentration wird zuerst die Winderosionsgefährdung betrachtet. Das ist an der obersten Zeile „Erosion <> ab“ zu erkennen. Liegt die Erosionsgefährdung am betrachteten Ort in den Kategorien a oder b (entsprechend den Werten 0,5 oder 1), so wird der linke Zweig der ersten Entscheidung weiterverfolgt, andernfalls der Rechte. Im linken Zweig ist sodann festzustellen, ob die landwirtschaftliche Intensität in einer der Kategorien b, e, f oder g liegt. Ist das der Fall, ist der Vorhersageprozess am ersten Endpunkt, der rot eingerahmten 1, angekommen. Die Vorhersage für die Glyphosatkonzentration unter den bis hier zutreffenden Bedingungen ist  $\exp(-2,3) = 0,1$ . Die Eintragungen am Endpunkt zeigen außerdem, dass es im Datensatz 12 Beobachtungen gab, die diesen Bedingungen entsprachen. An jeder Verzweigung ist unter der Entscheidungsfrage angegeben, welche Vorhersage vor der Verzweigung gilt, wie viele Beobachtungen in den Daten an dieser Stelle vorlagen und welcher Anteil an der Erklärungsgüte (deviance) die Beantwortung der Entscheidungsfrage hat. Im vorliegenden Baum zeigt sich deutlich, dass bereits die Erkenntnis einer Erosionsgefährdung > 1 die wesentliche Erkenntnis im gesamten Prozess ist (Erklärungsgüte 46,6 %). Feinere Differenzierung nach weiteren Stufen der Erosionsgefährdung erhöht die Erklärungsgüte der Erosionsgefährdung um 3,7 % auf 50,3 %. Die zusätzliche Betrachtung der landwirtschaftlichen Intensität liefert zwar eine Verbesserung der Vorhersage in vermutbarer Richtung, trägt aber nur einen bescheidenen Anteil von 5,4 % (3,4 %+2 %) zur gesamten Erklärungsgüte von 55,7 % bei.

## 5. Fazit

Über das Luftgüte-Rindenmonitoring konnten 47 Standortproben, die verteilt über Deutschland über die Jahre 2014-18 gewonnen wurden, vollständig analysiert werden, d.h. hierzu liegen Daten zur Luftbelastung von mehr als 500 Pestiziden inklusive Glyphosat vor. Das ist die bis dato umfassendste Studie zur Immissionsbelastung von Pestiziden für Deutschland.

Insgesamt wurden mehr als 100 Pestizid-Wirkstoffe in der Luftbelastung nachgewiesen.

Davon wurde etwas über ein Dutzend als Hauptproblemstoffe identifiziert, die sich weiträumig über die Luft verbreiten und damit sowohl die Umwelt, Verbraucher als auch die Koexistenz von Bioanbau mit konventionellem Anbau belasten.

Mit der aufbauend durchgeführten Studie wurden im Wesentlichen die Ergebnisse der Vorläuferstudien bekräftigt.

Unter den Pestiziden, die sich besonders weiträumig in der Umwelt verbreiten, wurde die herausragende Rolle von Pendimethalin, das sich in der Luftbelastung an über 87 % der Standortproben feststellen lässt, sowie auch von Prosulfocarb eindrücklich bestätigt.

Die aktuellen Ergebnisse zur Luftbelastung mit Pendimethalin und Prosulfocarb belegen, dass die seit der Veröffentlichung der ersten Studie in 2016 erlassenen behördlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltbelastungen, die vor allem in Applikationsauflagen beim Anwender zur Vermeidung von Spray und Belastungen unmittelbar nach Ausbringung bestanden, nicht zu einer messbaren Reduzierung der Luftbelastung durch diese beiden Pestizide geführt haben. Der Grund ist in dem bekannten ungünstigen Dampfdruck zu sehen, der dazu führt, dass diese Pestizide auch lange nach der Applikation noch in die Atmosphäre gelangen und darüber breitflächig verfrachtet werden. Da auch eine Kapselung, wie ursprünglich als ein Lösungsansatz erwogen, die Freisetzung nicht verhindert, sondern nur verzögert, sind Maßnahmen auf Seiten der Landwirte begrenzt und insgesamt daher nicht ausreichend wirksam. Notwendig sind vielmehr Maßnahmen, die zu einer effektiven Reduzierung der Luft- und damit Umweltbelastung um mindestens eine Größenordnung führen. Dies kann nur über eine entsprechende Verbesserung des ungünstigen Dampfdruckes als physikalische Stoffeigenschaft von Pendimethalin und Prosulfocarb bewirkt werden. Solange dieses herstellerseits nicht umgesetzt ist, bleibt eigentlich nur ein Aussetzen der allgemeinen Zulassung für diese beiden Pestizide als Lösung übrig. Bei über 500 zugelassenen PSM-Wirkstoffen sollte es auch für eine nachhaltige Gewährleistung der Koexistenz der Landbauformen untereinander und mit der Umwelt möglich sein, auf diese beiden Pestizide zeitweilig zu verzichten.

Aber auch die Bedeutung von Altstoffen, hier DDT und Lindan, die trotz langjährigem Anwendungsverbot immer noch in der Umwelt und der Luftbelastung zirkulieren, wird von den Ergebnissen dokumentiert.

In den Zulassungsverfahren für das Herbizid Glyphosat war die Verbreitung und Exposition über den Luftpfad, da es selbst nicht flüchtig ist, bisher ausgeschlossen worden (European Food Safety Authority [EFSA] 2015a, European Food Safety Authority [EFSA] 2015b, Watts et al. 2016). Eine wesentliche Erkenntnis aus den statistischen Analysen der Ergebnisse des Luftgüte-Rindenmonitorings war, dass sich auch Glyphosat an über 55 % der Standortproben in der Immissionsbelastung nachweisen lässt und damit auch unter mitteleuropäischen Anbauverhältnissen zu den ranghöchsten Pestiziden (5. Rang) der über die Luft weiträumig verbreiteten Pestiziden zu zählen ist.

Als möglicher Verbreitungsweg wurde von einigen Autoren (u.a. Silva et al. 2017) eine Verfrachtung von Glyphosat, das sich an Bodenpartikel bindet, über Staubverwehungen demonstriert. Im RAR-Report (European Food Safety Authority [EFSA] 2015a) wurde eine solche Bedeutung für europäische Verhältnisse negiert.

In unserer zweiten statistischen Analyse zu möglichen Einflussfaktoren konnten erstmals in-situ Immissionsmessungen von Glyphosat geostatistisch ausgewertet werden. Mit einem recht hohen Bestimmtheitsmaß wird deutlich, dass eine Anwendung auf winderosionsgefährdeten Böden besonders kritisch ist.

Die Hauptproblematik bei der Verbreitung von Glyphosat in der Umwelt über die Luft kann damit in einer Kombination zweier Faktoren gesehen werden. Zum einen der Häufigkeit der Anwendung auf breiter Fläche (mit Abstand das häufigste Pestizid in Deutschland auf ca. 40 % der Felder), das den hohen Rang mit verantwortet, sowie zum zweiten der besonders kritischen Anwendung auf winderosionsgefährdeten Böden, wie die statistischen Analysen zeigen.

Dieses Ergebnis ist eine neue Erkenntnis, die im Zulassungsverfahren keine Beachtung fand. Es begründet die Forderung nach einer zügigen Revision des Zulassungsverfahrens und bietet Ansätze für die Regulierungspraxis im Hinblick auf unmittelbar wirksame Maßnahmen zur Reduktion der Glyphosat-Belastung zum Schutze von Umwelt, Koexistenz der Landbauformen und Verbraucherinteressen.

## 6. Literatur

**Battaglin, W., Meyer, M., Kuivila, K. und Dietze, J. (2014).** Glyphosate and its degradation product AMPA occur frequently and widely in U.S. soils, surface water, groundwater, and precipitation. *J Am Water Res Assoc* 50(2): 275-290. <https://doi.org/10.1111/jawr.12159>.

**Benbrook, C. (2016).** Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environ Sci Eur* 28(3), DOI: 10.1186/s12302-016-0070-0.

**Birke, M., Rauch, U., Chmielecki, J., Werner, D., Kalka, H., Küppers, K., Kiekbusch, J., Hofmann, F. und Keilert, B. (2009).** Grundlagen für die zukunftsverträgliche Entwicklung vom Bergbau betroffener sowie industriell geprägter Städte - Bearbeitungs- und Bewertungsmodell für ein nachhaltiges Flächenmanagement am Beispiel der Stadt Staßfurt: Teilvorhaben 1: Umweltgeochemische Auswertung sowie Ableitung eines Bewertungsmodells für schadstoffbelastete und bergbaugeschädigte urbane Bereiche., BMBF-Verbundvorhaben. Abschlussbericht. [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Ressourcenbewertung\\_und\\_management\\_abgeschlossen/Nachhaltiges\\_Flaechenmanagement\\_Stassfurt/Poster\\_2\\_Grundlagen\\_zukunftsvertr%C3%A4gliche\\_Entwicklung.html;jsessionid=FFBD160ACC5C32CB562EFD9567E6B842.2\\_cid284?nn=1798930](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Ressourcenbewertung_und_management_abgeschlossen/Nachhaltiges_Flaechenmanagement_Stassfurt/Poster_2_Grundlagen_zukunftsvertr%C3%A4gliche_Entwicklung.html;jsessionid=FFBD160ACC5C32CB562EFD9567E6B842.2_cid284?nn=1798930).

**Birke, M., Rauch, U. und Hofmann, F. (2017).** Tree bark as a bioindicator of air pollution in the city of Staßfurt, Saxony-Anhalt, Germany. *J Geochem Exploration* 187: 97-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.09.007>.

**Birke, M., Rauch, U., Hofmann, F. und Kalka, H. (2011).** Luftgüte-Rindenmonitoring und Bioakkumulationsindex Rinde für ein nachhaltiges Flächenmanagement der Bergbaufolgelandschaft Staßfurt: Poster. BGR. Wien, [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Ressourcenbewertung\\_und\\_management\\_abgeschlossen/Nachhaltiges\\_Flaechenmanagement\\_Stassfurt/Poster\\_8\\_Rindenmonitoring.htm](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Ressourcenbewertung_und_management_abgeschlossen/Nachhaltiges_Flaechenmanagement_Stassfurt/Poster_8_Rindenmonitoring.htm).

**Breiman, L., Friedman, J., Stone, C. und Olshen, R. (1984).** Classification and Regression Trees, Chapman and Hall/CRC

**Chang, F.-C., Simcik, M. F. und Capel, P. D. (2011).** Occurrence and fate of the herbicide Glyphosate and its degradate Aminomethylphosphonic acid in the Atmosphere. *Environ Toxicol Chem* 30(3): 548-555. DOI: [10.1002/etc.431](https://doi.org/10.1002/etc.431)

**Demetriades, A. und Birke, M. (2015).** Urban geochemical mapping manual: Sampling, Sample preparation, Laboratory analysis, Quality control check, Statistical processing and Map plotting. EuroGeoSurveys. Brussels. [http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2015/10/Urban\\_Geochemical\\_Mapping\\_Manual.pdf](http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2015/10/Urban_Geochemical_Mapping_Manual.pdf)

**Dijk, v. und Guicherit (1999).** Atmospheric dispersion of current-use pesticides: A review of the evidence from monitoring studies. *Water, Air, and Soil Pollution* 115(1-4): 21-70. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005293020536>

**Europäische Gemeinschaft (EG) (2007).** EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABl. Nr. L 189 vom 20.07.2007. ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj>

**Europäische Union (EU) (2004).** Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union L 158, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/850/2016-09-30>.

**European Food Safety Authority (EFSA) (2015a).** Final addendum to the Renewal Assessment Report - public version. Risk assessment provided by the rapporteur Member State Germany and co-rapporteur

Member State Slovakia for the active substance GLYPHOSATE according to the procedure for the renewal of the inclusion of a second group of active substances. Annex I to Council Directive 91/414/EEC. in laid down in Commission Regulation (EU) No. 1141/2010. October 2015.  
[https://echa.europa.eu/documents/10162/13626/renewal\\_assessment\\_report\\_addenda\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13626/renewal_assessment_report_addenda_en.pdf)

**European Food Safety Authority (EFSA) (2015b).** Request for the evaluation of the toxicological assessment of the co-formulant POE-tallowamine. EFSA Journal 13(11): 4303.  
<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4303>

**Fahrenhorst, A., Andronak, L. A. und McQueen, R. D. (2015).** Bulk deposition of pesticides in a Canadian city: Part 1. Glyphosate and other agricultural pesticides. Water Air Soil Pollut. 226: 47.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-015-2343-4>

**FOE (2013).** Human contamination by glyphosate. Friends of the Earth, Europe. Brussels,  
[https://www.foeeurope.org/sites/default/files/press\\_releases/foee\\_4\\_human\\_contamination\\_glyphosate.pdf](https://www.foeeurope.org/sites/default/files/press_releases/foee_4_human_contamination_glyphosate.pdf).

**Guéguen, F., Stille, P., Geagea, M. L. und Boutin, R. (2012a).** Atmospheric pollution in an urban environment by tree bark biomonitoring. Part I: Trace element analysis. Chemosphere 86: 1013-1019.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511013324>

**Guéguen, F., Stille, P., Geagea, M. L., Perrone, T. und Chabaux, F. (2012b).** Atmospheric pollution in an urban environment by tree bark biomonitoring. Part II: Sr, Nd and Pb isotopic tracing. Chemosphere 86: 641-647. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.11.008

**Guéguen, F., Stille, P. und Millet, M. (2011).** Air quality assessment by tree bark biomonitoring in urban, industrial and rural environments of the Rhine Valley: PCDD/Fs, PCBs and trace metal evidence. Chemosphere 85: 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.032>

**Heinisch, E. K., A und Wenzel-Klein, S. (1993).** DDT/Lindan-Masseneinsätze in der DDR. Z. Umweltchem. Ökotox. 5: 277. <https://doi.org/10.1007/BF02937964>.

**Hofmann, F. (2001).** Luftgüte-Rindenmonitoring. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung. 13(3): 171. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03038079>

**Hofmann, F. und Schlechtriemen, U. (2015).** Durchführung einer Bioindikation auf Pflanzenschutzmittelrückstände mittels Luftgüte-Rindenmonitoring, Passivsammlern und Vegetationsproben. Fachbeiträge des LUGV. Potsdam, Ministerium f. Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, . Heft 147, [http://www.lfu.brandenburg.de/media\\_fast/4055/fb\\_lugv-147.pdf](http://www.lfu.brandenburg.de/media_fast/4055/fb_lugv-147.pdf).

**Hofmann, F. und Schlechtriemen, U. (2016).** Ökotoxikologische Expertise und Feldmessungen zur Verbreitung von PSM-Rückständen über den Luftpfad 2014/2016. R. Vögel, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. DOI: 10.13140/RG.2.2.12733.15842

**Hofmann, F. und Schlechtriemen, U. (2017).** Biomonitoring der Immissionsbelastung von Glyphosat, Glufosinat und AMPA sowie weiteren PSM-Wirkstoffen mittels Luftgüte-Rindenmonitoring- Ergebnisse Screening 2017. TIEM Bericht, . basic AG. München. DOI: 10.13140/RG.2.2.12733.15842

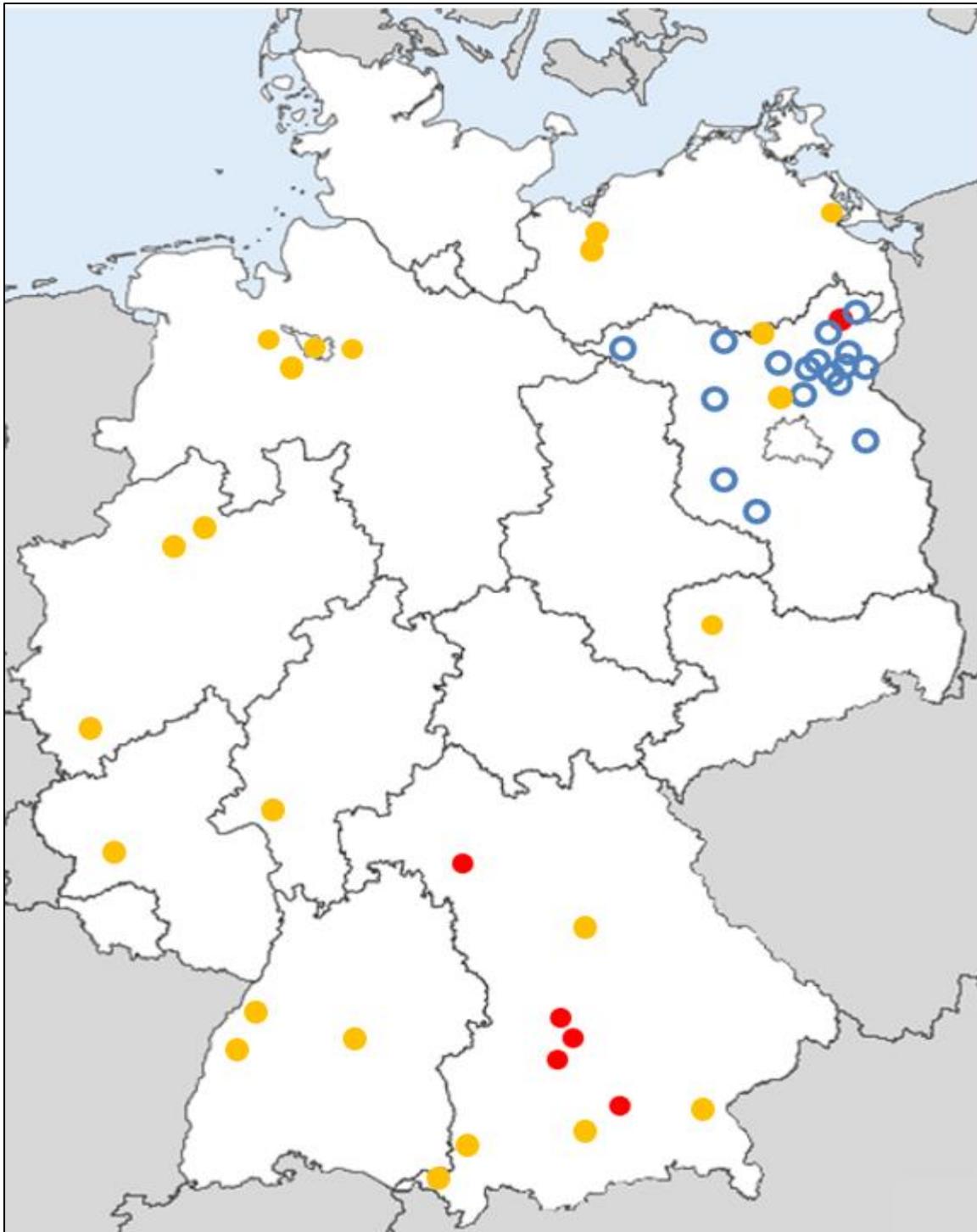
**Hofmann, F., Schlechtriemen, U., Wosniok, W. und Reckel, S. (1998).** Integrated Monitoring for Identifying the Specific Air Pollution Impacts of Industrial Emission Sources. Dendrochronology and Environmental Trends. V. Stravinskiene, Juknys, R. Vytautas Magnus Univ., Kaunas, Litauen, Proceedings of the International Conference Euro-Dendro: 160-168.  
[https://www.researchgate.net/publication/235347461\\_INTEGRATED\\_MONITORING\\_FOR\\_IDENTIFYING\\_THE\\_SPECIFIC\\_AIR\\_POLLUTION\\_IMPACTS\\_OF\\_INDUSTRIAL\\_EMISSION\\_SOURCES](https://www.researchgate.net/publication/235347461_INTEGRATED_MONITORING_FOR_IDENTIFYING_THE_SPECIFIC_AIR_POLLUTION_IMPACTS_OF_INDUSTRIAL_EMISSION_SOURCES)

**Hofmann, F., Schlechtriemen, U., Wosniok, W., Siemers, U., Bracke, G., Giesemann, G. und Duve, M. (2001).** Luftgüte-Rindenmonitoring mit Immissions-Fingerprinting - Ein neues Probenahmegerät und Verfahren zum Biomonitoring von Luftschadstoffen für akkumulierbare Substanzen mit der Möglichkeit des Fingerprintings von Immissionsquellen. Gate to EHS. Bericht des Forschungs- und

- Entwicklungsvorhabens. Landsberg, Ecomed: 156,  
[http://www.oekologiebuero.de/Hofmann\\_etal\\_2001\\_Rindenmonitoring.pdf](http://www.oekologiebuero.de/Hofmann_etal_2001_Rindenmonitoring.pdf).
- Humphries, D., Byrtus, G. und Anderson, A.-M. (2005).** Glyphosate Residues in Alberta's Atmospheric Deposition, Soils, and Surface Waters. Pub No. T/806. A. Environment. Edmonton.  
<https://open.alberta.ca/dataset/a4381736-cd17-4be1-b8ed-16aee8073be9/resource/5744d27f-fce1-43fd-a109-8ec6423929b4/download/6444.pdf>
- Kreuger, J. und Kylin, H. (2006).** Atmospheric transport and deposition of pesticides in Sweden. Symposium Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air. Präsentation. Warwick, UK.  
<https://www.york.ac.uk/media/environment/documents/people/brown/kreuger.pdf>
- Krüger, M., Lindner, A. und Heimrath, J. (2016).** Nachweis von Glyphosat im Urin freiwilliger, selbstzählender Studienteilnehmer - „Urinale 2015“. <http://www.urinale.org/wp-content/uploads/2016/03/PK-Text-Handout.pdf> (Tables and Graphs: <http://www.urinale.org/wp-content/uploads/2016/03/PK-Daten-Handout.pdf>).
- Mai, C. (2012).** Atmospheric Deposition of organic Contaminants into the North Sea and the Western Baltic Sea, Dissertation Universität Hamburg. <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2012/5771/pdf/Summary.pdf>
- Majewski, M., Coupe, R., Foreman, W. und Capel, P. (2014).** Pesticides in Mississippi air and rain: A comparison between 1995 and 2007. *Environ Toxicol Chem* 33(6): 1283-1293. DOI: 10.1002/etc.2550
- Quaghebeur, D., De Smet, B., De Wulf, E. und Steurbaut, W. (2004).** Pesticides in rainwater in Flanders, Belgium: results from the monitoring program 1997-2001. *J Environ Monit* 6: 182-190. DOI: 10.1039/b312558k
- Silva, V., Montanarella, L., Jones, A., Fernández-Ugalde, O., Mol, H., Ritsema, C. und Geissen, V. (2017).** Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. *Sci Total Environ* 2017, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.09>.
- Spangenberg, A., Hofmann, F. und Kirchner, M. (2002).** Determining the agricultural ammonia immission using bark bio-monitoring: comparison with passive sampler measurements. *J Environ Monit* 4: 1-6. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33742918/JEM-  
Reprint.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1547562084&Signature=KXi9khaTY6  
CRZLOVhlp5vtaLQHg%3D&response-content-  
disposition=inline%3B%20filename%3DDetermining\\_the\\_agricultural\\_ammonia\\_imm.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33742918/JEM-Reprint.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1547562084&Signature=KXi9khaTY6CRZLOVhlp5vtaLQHg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDetermining_the_agricultural_ammonia_imm.pdf)
- Watts, M., Clausing, P., Lyssimachou, A., Schütte, G., Guadagnini, R., Marquez, E. und Arellano, O. (2016).** Glyphosate monograph. PAN Pesticide Action Network International. [http://www.pan-germany.org/download/Glyphosate-monograph\\_PAN\\_2016.pdf](http://www.pan-germany.org/download/Glyphosate-monograph_PAN_2016.pdf)
- Zouaoui, K., Dulaurent, S., Gaulier, J. M., Moesch, C. und Lachâtre, G. (2013).** Determination of glyphosate and AMPA in blood and urine from humans: about 13 cases of acute intoxication. *Forensic Sci Int* 226(1-3): 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.12.010>

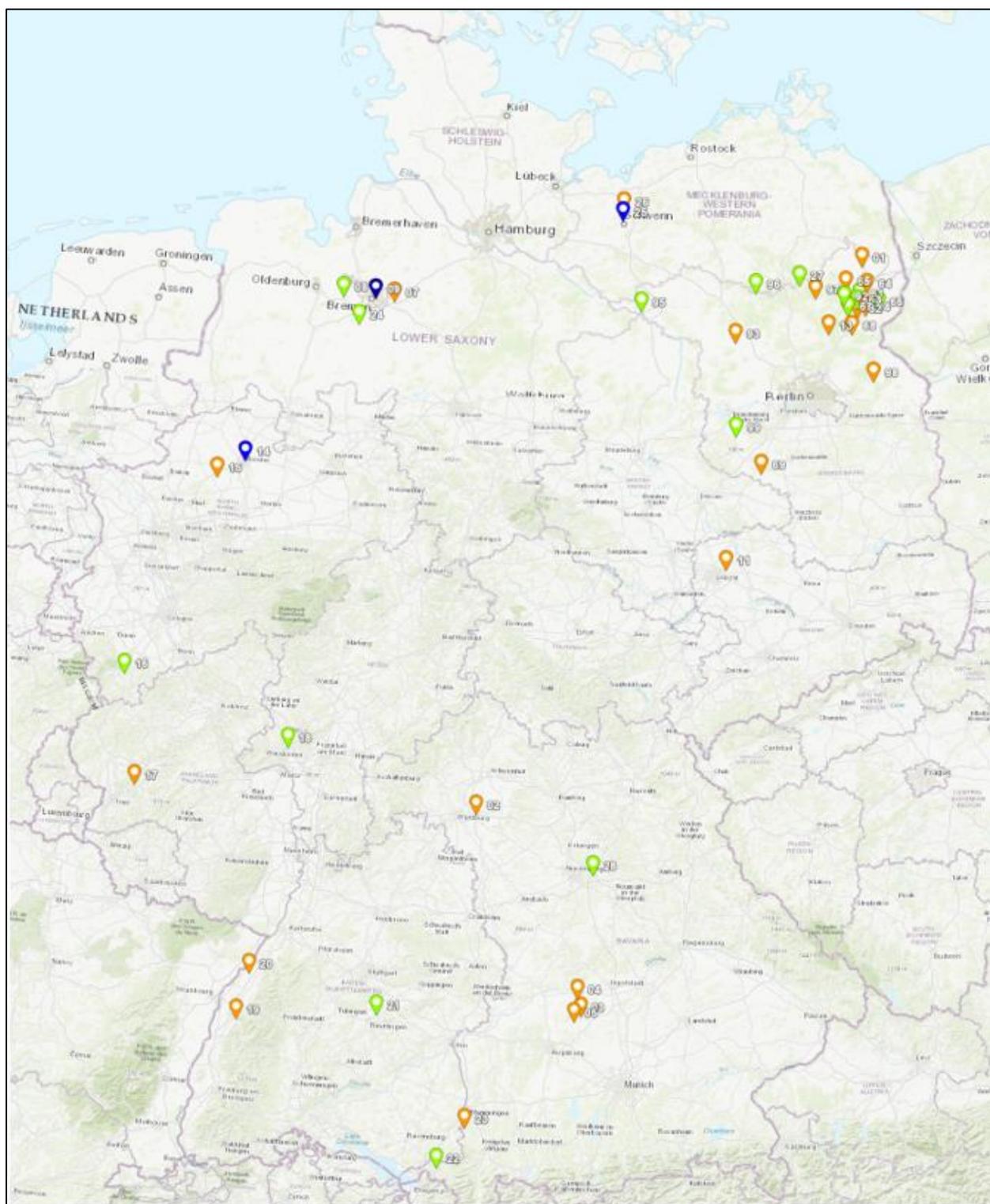
## 7. Anhang

### 7.1 Standort- und Probendokumentation



**Abb. 7.1: Übersichtsplan zur Standortverteilung des Pestizid-Monitorings mit dem Luftgüte-  
Rindenmonitoring 2014-2018**

Standorte 2014-16: ○  
Standorte 2017: ●  
Neue Standorte 2018: ●



**Abb. 7.2: Standortverteilung des Luftgüte-Rindenmonitoring 2014 bis 2018**

Berücksichtigung unterschiedlich anzunehmend belasteter Standorte von Nahbereich bis hin zu Fernverfrachtung; unterschiedliche Naturräume und Anbauzonen; Landnutzung - intensive Landwirtschaft, extensive, Bioanbau, Bioanbauregionen; Schutzgebiete bis hin zu FFH und Biosphärenreservaten; Städte (Parks); unterschiedliche Winderosions-Gefährdung von Böden; Berücksichtigung bestehender Standorte aus Erhebungen 2014-17 sowie regionale Vorschläge von Bündnispartnern und Baumpaten

Standortnummerierung gemäß ID ohne Hunderter-Ziffer

Farbkennung der Markierung:

blau=Stadt/Fernverfrachtung;

grün=Schutzgebiet/Bioanbauregion/extensive LW/mittlere bis Fern-Verfrachtung;

orange=landwirtschaftlich intensiv/konventionell, Belastungsbereiche bis Nahbereichs-Drift

Tab. 7.1 Probenahmestandorte und Proben

Untersuchungsraum: BRD	+ Standortproben 2014-2016, Brandenburg: PSM-Multi-Analytik (>500 PSM-Wirkstoffe), Nacherhebung auf Glyphosat-Komplex in 2018: #17 + Standortproben 2017, Brandenburg und Bayern: PSM-Multi-Analytik und Glyphosat-Komplex: #6 + Standortproben 2018, BRD-weit: PSM-Multi-Analytik und Glyphosat-Komplex: #23 Gesamt: 47 Standortproben von 46 Standorten, ein Standort doppelt beprobt in zwei aufeinanderfolgenden Jahren
N: lfd Nummer der Standortprobe; LGRM: Luftgüte-Rindenmonitoring; ID: Standortproben-Kennung; Sub-Sites: Anzahl der Unterstandorte der Mehrpunkt-Stichprobe; Baum: Baumkennung; Art: Baumspezies/Gattung; Exp: Expositionsgrad freie Anströmbarkeit 1-6; Stammseite: R Rundum-Beprobung – NSWO Himmelsrichtung; Probenahmeart: S Standardbaumart, N Nicht-Standardbaumart; A äußere Borke für Luftbelastung; I Innere Rinde/Phloem für bioverfügbare Belastung; Datum der Probenahme; Gew. 1: 1. Probenahme; Gew. 2: 2. Probenahme; B: geographische Breite; L: geographische Länge; Standort: Ortsbezeichnung, Lage; BL: Bundesland; Bemerkungen	

Standortprobe			Probenahme Dokumentation														
N	LGRM	ID	Sub Sites	Baum a-z	Art	Umfang cm	Alter ca.	Exp 1-6	R NSWO	Datum	Gew.1 g	Gew.2 g	B	L	Standort	BL	Bemerkungen
1	L	561	3	a-c d e	Pop Que	310-350 290-360	100 150	4	R	27.10.2014	59	25	53,109440 53,119075	13,917669 13,919489	Wilmersdorf Gut Wilmersdorf	BBG	Fenchelkultur Fe31; P1
2	L	562	3	a b-e	Acer Crat	80	60	4	R	28.10.2014	64	33	53° 00' 33.5"	13° 53' 03.3"	Altkünkendorf Gut Angermünde	BBG	+Referenz Pendimethalin Wintergetreide; P2; GK42
3	L	563	3	a-f	Pop	290-360	120	4	R	28.10.2014	58	18	53,067818 53,068204	13,894072 13,891528	Peetzig, Feldweg	BBG	Bioanbauregion Schorfheide-Chorin
4	L	564	3	a-e	Pop	120-350	120	4	R	28.10.2014	32	19	53,176355	14,004456	Meichow, Feldweg	BBG	Konv. Landwirtschaft
5	L	565	3	a d b c	Pop Akaz	120 90- 110	80	4	R	28.10.2014	30	28	53,18176	13,768088	Gerswalde, Feldweg	BBG	Konv. /ext Landwirtschaft SG
6	L	566	2	a-c	Salix	110-320	100	4	R	28.10.2014	47	20	53,050191	14,119862	Felchower See	BBG	Konv. Landwirtschaft
7	L	567	2	a-d e f	Pop Que	100-250 100-150	100	4	R	29.10.2014	55	26	53,021508	13,791553	Parlow Allee	BBG	Biosphär.Res. Schorfheide-Chorin
8	L	568	2	a-h i	Acer Que	150-240	100	4	R	29.10.2014	51	29	52,897554	13,826754	Britz-Chorin Allee	BBG	Konv. Landwirtschaft
9	L	569	5	a-g,i-l h	Que Pop	70-190	40 -120	4	R	26.10.2014	80	31	51,997900 51,993717	12,868301 12,857364	Danna AFB Agrar	BBG	+Referenz Prosulfocarb Kartoffelanbau
10	L	591	2	a-g	Pop	150-260	60	4	R	31.05.2016	35	48	53°20'40,4"	13°57'23,4"	Schenkenberg, UM Gut Baumgarten	BBG	+ Referenz Prosulfocarb Kartoffel; P21; V51

## 7. Anhang

Standortprobe			Probenahme Dokumentation														
N	LGRM	ID	Sub Sites	Baum a-z	Art	Umfang cm	Alter ca.	Exp 1-6	R NSWO	Datum	Gew.1 g	Gew.2 g	B	L	Standort	BL	Bemerkungen
11	L	592	1	a-f g h	Pop A- cer	180-240	80	3-4	R	31.05.2016	43	19	53°05'26,8"	13°45'12,5"	Temmen, UM Wildsamen-Insel	BBG	- Referenz; P22; V52; Biosphär.Res. Schorfheide-Chorin
12	L	593	1	a-d	Que	250-310	100	4	R	30.05.2016	53	35	52°50'36,9"	12°35'45,0"	Rohrlack, OPR Feldweg	BBG	V53 Petersilie Ost-Prignitz
13	L	594	2	a-h	Pop	150-240	80	4	R	31.05.2016	46	15	53°01'17,2"	13°58'16,0"	Angermünde, UM Wolletzer Feldweg	BBG	Randlage Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin
14	L	595	3	a-d	Que	210-300	>100	4	R	05.06.2016	51	29	53°02'58,0"	11°36'58,0"	Jagel, PR Feldweg	BBG	Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe
15	L	596	1	a-e	Pop	200-310	>80	4	R	05.06.2016	32	13	53°10'20,5"	12°49'06,7"	Heimland, PR Feldweg	BBG	Naturpark Stechlin-Ruppiner Land
16	L	597	3	a-e	Que	80-180	40-80	4	R	05.06.2016	36	20	53°08'12,7"	13°26'57,7"	Joachimshof, UM Allee, Fahrweg	BBG	Naturpark Uckermärkische Seen
17	L	598	1	a-d	Pop	240-380	>80	4	R	06.06.2016	47	18	52°35'14,6"	14°02'25,8"	Bollersdorf MOL Söll	BBG	Naturpark Märkische Schweiz
18	L	599	2	a-h	Pop	180-280	60	4	R	06.06.2016	41	19	52°14'11,6"	12°36'17,3"	Ragösen, PM Graben	BBG	Naturpark Hoher Fläming
19	L	601	2	a-g	Pop	150-260	60	4	R	04.09.2017	35	48	53°20'40,4"	13°57'23,4"	Schenkenberg, UM Gut Baumgarten	BBG	+ Referenz Prosulfocarb Kartoffel; P21; V51
20	L	602	1-3	a-i	Til, Mal, Que	>80	>40	3-4	R	09.09.2017	71		49°47'3.69"	10° 7'15.87"	Mainstockheim,	BAY	Weinbau/Obst/Acker
21	L	603	1-4	a-k	Que	>150	>80	3-4	R	10.09.2017	53		48°33'19.24"	11° 9'31.53"	Öd / Schrobenhausen	BAY	Donau-Ries, Intensiv-LW
22	L	604	1-3	a-h	Ace Que	>100	>40	3-4	R	10.09.2017	48		48°40'3.96"	11° 7'22.59"	Hollenbach,	BAY	Donau-Ries, Intensiv-LW
23	L	605	1-3	a-g	Que Fra Pop	>60	>60	4-5	R	10.09.2017	51		48°31'20.06"	11° 6'16.15"	Inchenhofen	BAY	Donau-Ries, Intensiv-LW
24	L	606	1-3	a-k	Ace Que Fra	>150	>80	3-4	R	10.09.2017	52		48°10'11.44"	11°36'34.92"	Engl.Garten München	BAY	Stadt, zentral, Park

Standortprobe			Probenahme Dokumentation														
N	LGRM	ID	Sub Sites	Baum a-z	Art	Umfang cm	Alter ca.	Exp 1-6	R NSWO	Datum	Gew.1 g	Gew.2 g	B	L	Standort	BL	Bemerkungen
25	L	607	3	a-g	Ace Que	>80	>80 >40	3-4 4-5	R	20.10.2018	30		53° 3'18.55"	9° 2'49.55"	Oyten	NDS	PAS-+ Petersilien-Monitoring, GewGeb Stadtrand, Landw.
26	L	608	6	a-f	Que	>80	>80	3-4 4	R	21.10.2018	39		53° 4'22.28"	8°30'46.86"	Westerloge	NDS	PAS-+ Petersilien-Monitoring ländlich, Schutzgeb. Hasbruch
27	L	609	3	a-g	Que Frax	>80	>60 >80	3-4 4	R	21.10.2018	49		53° 4'13.82"	8°50'55.60"	Bremen	HB	PAS-+ Petersilien-Monitoring Stadt, Park-/ Sportanlagen
28	L	610	3	a-h	Ace Que	>80	>80	4	R	31.10.2018	37		53°57'50.0	013°48'45.1	Lassaner Winkel	MVP	PAS-+ Petersilien-Monitoring Bioanbau/konventionell
29	L	611	4	a-l	Pop Que Mal	>80	>40	4-5	R	17.10.2018	33		51°22'8.31"	12°30'25.71"	Taucha-Plöszitz	SAC	PAS-+ Petersilien-Monitoring Siedlung, konv Landw.
30	L	612	4	a-f	Ace Prun Til	>80	>80 >60	4	R	16.10.2018	32		48°02'xx.x	012°31'xx.x	Chiemgau	BAY	Koop.Standort UIM; kl. Siedlung, konv. Landw.
31	L	613	1	a-f	Que	80-240	>80	3-4 4-5	R	14.09.2018	30		52°54'07.1	013°35'11.4	Groß-Schönebeck	BBG	Gradientenversuch Glyph-Appl. Acker; isoliertes Feld in Waldgebiet Schorfheide
32	L	614	4	Til Que	>80	>120	<80	3-4	R	10.10.2018	49		51° 57' 23.6"	7° 37' 34.2"	Münster Promenade	NRW	Stadt, Parkanlagen
33	L	615	3	a-g	Que	>80	>60		R	10.10.2018	32		51°50'30.4	007°21'06.7	Münsterland Dülmen	NRW	Intensiv Landw.
34	L	616	3	a-i	Frax Ace Plat	>80	>80 >60	4	R	10.10.2018	48		50°32'07.2	006°35'47.6	Keldenich	NRW	Biosphärenreservat Eifel, extensiv bis Mischnutzung
35	L	617	4	a-j	Que Prun Jug	>80	>60	4-5	R	11.10.2018	38		49°50'31.2	006°48'44.6	Bekond	RHP	Weinbaugebiet Mosel, Mischnutzung, Streuobst, Golf

Standortprobe			Probenahme Dokumentation														
N	LGRM	ID	Sub Sites	Baum a-z	Art	Umfang cm	Alter ca.	Exp 1-6	R NSWO	Datum	Gew.1 g	Gew.2 g	B	L	Standort	BL	Bemerkungen
36	L	618	3	a-i	Que Til Pyr	>80	>80	4	R	13.10.2018	49		50°07'20.9	008°16'11.1	Kelleskopf	HES	Naturpark Taunus, extensiv/intensiv Streuobst, Waldweide
37	L	619	3	a-i	Que Pop	>80	>80	4-5	R	13.10.2018	39		48°26'33.9	007°58'35.5	Ortenberg	BW	Weinbau, integriert intensiv/ extensive LW bis Mischnutzung in Aue
38	L	620	3	a-g	Que Mal Pyr	>80	>40 >60	4	R	14.10.2018	42		48°43'42.5	008°03'56.9	Bühl-Moos	BW	Bioanbau, Schutzgebiet, Mischnutzung konv.
39	L	621	3	a-i	Mal, Pyr	>80	>40	4-5	R	14.10.2018	39		48°31'42.0	009°16'40.0	Metzingen	BW	Biosphärenpark Schwäb. Alb
40	L	622	3	a-f	Que Ace	>80	>80	4	R	15.10.2018	30		47°35'28.8	009°53'06.0	Lindenberg	BAY	Allgäu Höhenzug, Weidewirtschaft, Golf
41	L	623	3	a-d	Frax, Ace	>80	>80	4-5	R	15.10.2018	37		47°50'34.6	010°07'40.2	Legau	BAY	Siedlung, landw Mischnutzung
42	L	624	4	a-f	Que	>80	>80	4	R	26.10.2018	32		52°53'54.8	008°41'49.7	Katenkamp	NDS	Naturpark Wildeshauser Geest
43	L	625	3	a-f	Aln, Til, Aesc	>80	>80	4-5	R	30.10.2018	42		53°38'12.9	011°24'40.0	Schwerin - Stadt	MVP	Stadt, Seeufer/Parks
44	L	626	5	a-g	Ace, Pop	>80 >60	>80 >30	4	R	30.10.2018	36		53°42'01.5	011°25'57.7	Schwerin - Hundorf	MVP	Landw. intensiv
45	L	627	3	a-j	Que, Aln, Til	>80	>80	4-5	R	30.10.2018	26		53°13'25.5	013°17'01.3	Lychen Wurlgrund	BBG	Naturpark Uckemärkische Seen, Teil landw. Mischnutzung, Wald, See, Siedlung
46	L	628	3	a-i	Til, Que	>80	>80	4-5	R	27.10.2018	48		49° 26' 01.3"	49° 26' 01.3"	Nürnberg Reichswald	BAY	Schutzgebiet, landw Mischnutzung
47	L	629	3	a-i	Que, Ace	>80	>80	5	R	28.10.2018	58		47° 52' 06.1"	47° 52' 06.1"	Bernried	BAY	Starnberger See, Schutzgebiet, Mischnutzung extensiv

Tab. 7.2 Standortklassifikation

## Grundlagen der Einstufungen:

Naturräumliche Gliederung, Biogeogr.Region, Schutzgebiete, Nutzung: BfN-Geodienste: BfN, <https://geodienste.bfn.de/schutzgebiete?lang=de>  
 Winderosionsgefährdung, Potentielle Erodierbarkeit der Böden: Bundesanstalt für Geowissenschaften BGR, <http://geoportal.de>  
 Umgebungsanalysen auf Basis von GIS-Kartengrundlagen und Satelliten- und Luftbilder (ArcGIS); Vor-Ort-Aufnahmen

Standortproben			Prüfkriterien / Gruppierungen / Cluster								
N	LGRM	ID	Naturräumliche Gliederung	Biogeogr. Regionen	Winderosions-gefährdung	Schutzgebiet	Landwirtsch. Intensität	Fern-transport	div Gruppen	div Gruppen	div Gruppen
1	L	561	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	BSR	Bioanbau-Region	fern		Bio-Körnerfenchel Schadensfall Pendimethalin Prosulfocarb	Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
2	L	562	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3		Intensiv	nah		Referenz Applikation Pendimethalin	Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
3	L	563	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3	BSR	Bioanbau-Region	fern			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
4	L	564	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		Intensiv/ Extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
5	L	565	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	FFH BSR / LW	Intensiv/ Extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
6	L	566	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3	FFH VSG	Intensiv/ Extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
7	L	567	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	BSR NSG FFH	Bioanbau-Region, extensiv	fern			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
8	L	568	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		Intensiv	nah			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)

Standortproben			Prüfkriterien / Gruppierungen / Cluster								
N	LGRM	ID	Naturräumliche Gliederung	Biogeogr. Regionen	Winderosionsgefährdung	Schutzgebiet	Landwirtsch. Intensität	Ferntransport	div Gruppen	div Gruppen	div Gruppen
9	L	569	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		Intensiv	nah		Referenz Applikation Prosulfocarb	Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
10	L	591	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		intensiv	nah	Sukzessive Doppel-Beprobung L591 (2016) - L601 (2017)	Referenz Applikation Prosulfocarb	
11	L	592	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	BSR NSG FFH	Bioanbau-Region	fern			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
12	L	593	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	4	Randlage NP	intensiv/ extensiv/ Bio	nah		Bio-Petersilie Schadensfall Prosulfocarb	
13	L	594	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	Randlage BSR	intensiv/ extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
14	L	595	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	BSR, LSG, VSG	intensiv/ extensiv	mittel			
15	L	596	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	NP LSG	intensiv/ extensiv				Regionale Verdichtung Seenplatte (räuml. Variabilität)
16	L	597	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3	NP LSG	intensiv/ extensiv				Regionale Verdichtung Seenplatte (räuml. Variabilität)
17	L	598	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3	NP LSG VSG	intensiv/ extensiv				
18	L	599	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	NSG NP LSG VSG	extensiv				
19	L	601	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		intensiv		Sukzessive Doppel-Beprobung L591 (2016) - L601 (2017)	Referenz Applikation Glyphosat	Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
20	L	602	Südwestdeutsches Mittelgebirge	Kontinental	1		intensiv				

## 7. Anhang

Standortproben			Prüfkriterien / Gruppierungen / Cluster								
N	LGRM	ID	Naturräumliche Gliederung	Biogeogr Regionen	Winderosions-gefährdung	Schutzgebiet	Landwirtsch. Intensität	Fern-transport	div Gruppen	div Gruppen	div Gruppen
21	L	603	Alpenvorland	Kontinental	1		intensiv		Stadt-Umland Raum München		Regionale Verdichtung Donauries (räuml. Variabilität)
22	L	604	Alpenvorland	Kontinental	1		intensiv		Stadt-Umland Raum München		Regionale Verdichtung Donauries (räuml. Variabilität)
23	L	605	Alpenvorland	Kontinental	1		intensiv		Stadt-Umland Raum München		Regionale Verdichtung Donauries (räuml. Variabilität)
24	L	606	Alpenvorland	Kontinental	0,5	FFH LSG Park	Stadt		Stadt-Umland Raum München		
25	L	607	Nordwestdeutsches Tiefland	Atlantisch	2		intensiv		Stadt-Umland Raum Bremen		
26	L	608	Nordwestdeutsches Tiefland	Atlantisch	2	NSG FFH LSG	intensiv/ extensiv		Stadt-Umland Raum Bremen		
27	L	609	Nordwestdeutsches Tiefland	Atlantisch	1	LSG VSG Park	Stadt		Stadt-Umland Raum Bremen		
28	L	610	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3		intensiv/ extensiv/ Bio			Bio-Kräuter Schadensfall Clomazon	
29	L	611	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	3		intensiv				
30	L	612	Alpenvorland	Kontinental	1		intensiv		Stadt-Umland Raum München		
31	L	613	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	4		intensiv		Gradienten-Versuch Glyphosat	Referenz Applikation Glyphosat	Regionale Verdichtung Schorfheide-Chorin (räuml. Variabilität)
32	L	614	Nordwestdeutsches Tiefland	Atlantisch	0,5		Stadt	fern	Stadt-Umland Raum Münster		
33	L	615	Nordwestdeutsches Tiefland	Atlantisch	2	LSG Randlege	intensiv	nah	Stadt-Umland Raum Münster		
34	L	616	Westliches Mittelgebirge	Kontinental	1	FFH NSG NP	intensiv/ extensiv	mittel			

## 7. Anhang

Standortproben			Prüfkriterien / Gruppierungen / Cluster								
N	LGRM	ID	Naturräumliche Gliederung	Biogeogr Regionen	Winderosionsgefährdung	Schutzgebiet	Landwirtsch. Intensität	Ferntransport	div Gruppen	div Gruppen	div Gruppen
35	L	617	Westliches Mittelgebirge	Kontinental	1	LSG, (FFH Mosel)	intensiv	nah			
36	L	618	Westliches Mittelgebirge	Kontinental	0,5	FFH, LSG, NP	intensiv/ extensiv	fern			
37	L	619	Südwestdeutsches Mittelgebirge / Stufenland	Kontinental	1	LSG, NP	intensiv/ extensiv	nah			Regionale Verdichtung Baden (räuml. Variabilität)
38	L	620	Südwestdeutsches Mittelgebirge / Stufenland	Kontinental	1	FFH VSG	intensiv/ extensiv/ Bio	nah			Regionale Verdichtung Baden (räuml. Variabilität)
39	L	621	Südwestdeutsches Mittelgebirge / Stufenland	Kontinental	1	FFH BP	intensiv/ extensiv	mittel			
40	L	622	Alpenvorland	Kontinental	0,5	FFH LSG	extensiv	fern			Regionale Verdichtung Allgäu (räuml. Variabilität)
41	L	623	Alpenvorland	Kontinental	0,5		intensiv/ extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Allgäu (räuml. Variabilität)
42	L	624	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	NP, LSG	intensiv/ extensiv	nah	Stadt-Umland Raum Bremen		
43	L	625	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2		Stadt	fern	Stadt-Umland Raum Schwerin		
44	L	626	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	VSG, LSG	intensiv / Bio	nah	Stadt-Umland Raum Schwerin		
45	L	627	Nordostdeutsches Tiefland	Kontinental	2	NP LSG VSG	intensiv/ extensiv	mittel			Regionale Verdichtung Seenplatte (räuml. Variabilität)
46	L	628	Südwestdeutsches Mittelgebirge	Kontinental	0,5	VSG LSG NSG	intensiv/ extensiv	mittel			
47	L	629	Alpenvorland	Kontinental	0,5	FFH VSGH LSG	extensiv	fern	Stadt-Umland Raum München		

## 7.2 Ergebnisse der Pestizid-Analytik

**Tab. 7.3 Liste der untersuchten PSM-Wirkstoffe**

Wirkstoffe, Wirkstoffklassen und Bestimmungsrenzen (mg/kg) in Baumrinden bei Routineuntersuchungen zur Bestimmung von Pflanzenschutzmittelrückständen nach ASU L 00.00-115 (Stand 1.10.2017) 115 für sonstige Materialien aus Landwirtschaft und Gartenbau mit geringem Fettgehalt (niedrige BG),. Quantifizierung von Pendimethalin über isotope markierten Standard. Ergänzende Bestimmung von Glyphosat, Aminomethylphosphonsäure (AMPA) und Glufosinat mittel LC-MS/MS. Quantifizierung über isotope markierten Standard. Labor: KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH. Stand 25.07.2018.

### Abkürzungen für Wirkstoffklassen

A - Akarizid	I - Insektizid	Rep - Repellent
B - Bakterizid	K - Keimhemmungsmittel	Syn - Synergist
F - Fungizid	M - Molluskizid	W - Wachstumsregler
H - Herbizid	N - Nematizid	Met - Metabolit bzw. Abbauprodukt
Hilf - Hilfsstoff	R - Rodentizid	

1-Naphthylacetamid (1-NAD)	W	LC	0,010	Benthiavalicarb-isopropyl	F	LC	0,010
2,4,5-T	H, W	LC	0,010	Bifenazat	I, A	LC	0,010
2,4-D	H	LC	0,010	Bifenox	H	GC	0,010
2,4-D-1-butyl ester	H	GC	0,010	Bifenthrin	I, A	GC	0,010
2,4-D-2-ethylhexylester	H	GC	0,010	Binapacryl	F, I, A	GC	0,010
2,4-DB	H	LC	0,010	Bitertanol	F	GC	0,010
2,4-D-butylglykolester	H	GC	0,010	Bixafen	F	LC	0,010
2-Phenylphenol	F	GC	0,010	Boscalid (Nicobifen)	F	LC	0,010
3,4,5-Trimethacarb	I	LC	0,010	Bromacil	H	LC	0,010
3,4-Dichloranilin	Met	GC	0,010	Bromfenvinfos	I	LC	0,010
3,5-Dichloranilin	Met	GC	0,010	Bromocyclen	I	GC	0,010
3-Chloranilin	Met	GC	0,010	Bromophos-ethyl	I	GC	0,010
4,4-Dibrombenzophenon	Met	GC	0,010	Bromophos-methyl	I	GC	0,010
4,4-Dichlorbenzophenon	Met	GC	0,010	Bromoxynil	H	LC	0,010
4-Chlorophenoxyessigsäure	H	LC	0,010	Bromoxynil-octanoat	H	GC	0,010
4-Chlorphenylharnstoff	Met	LC	0,010	Brompropylat	A	GC	0,010
Acetamidrid	I, A	LC	0,010	Bromuconazol	F	GC	0,010
Acetochlor	H	LC	0,010	Bupirimat	F	GC	0,010
Acibenzolar-S-methyl	F	GC	0,010	Buprofezin	A, I	LC	0,010
Acclonifen	H	GC	0,010	Butafenacil	H	LC	0,010
Alachlor	H	LC	0,010	Butocarboxim	I	LC	0,010
Aldicarb	I, A, N	LC	0,010	Butocarboxim-sulfoxid	Met	LC	0,010
Aldicarb-sulfon (Aldoxycarb)	Met	LC	0,010	Butoxy-carboxim	I, A, Met	LC	0,010
Aldicarb-sulfoxid	Met	LC	0,010	Cadusafos	I, N	LC	0,010
Aldrin	I	GC	0,010	Captafol	F	GC	0,010
Allethrin	I	LC	0,010	Captan	F	GC	0,005
Ametoctradin	F	LC	0,010	Carbaryl	I, W	LC	0,010
Ametryn	H	LC	0,010	Carbendazim	F	LC	0,010
Amidosulfuron	H	LC	0,010	Carbofuran	I, N, A	LC	0,010
Aminocarb	H	GC	0,010	Carbofuran-3-hydroxy	Met	LC	0,010
Atrazin	H	LC	0,010	Carbophenothion	I, A	GC	0,010
Atrazin-desethyl	Met	LC	0,010	Carbophenothion-methyl	I	GC	0,020
Atrazin-desisopropyl	Met	LC	0,010	Carbosulfan	I, N	LC	0,010
Azaconazol	I, F	GC	0,010	Carboxin	F	LC	0,010
Azamethiphos	I	LC	0,010	Chinomethionat	A, F	GC	0,010
Azinphos-ethyl	I, A	GC	0,010	Chlorantraniliprol	I, A	LC	0,010
Azinphos-methyl	I, A	GC	0,010	Chlorbensid	A, I	GC	0,010
Aziprotryn	H	GC	0,010	Chlorbenzilat	A	GC	0,010
Azoxystrobin	F	LC	0,005	Chlordan-cis	I	GC	0,010
Beflubutamid	H	LC	0,010	Chlordan-trans	I	GC	0,010
Benalaxyl (Summe der Isomeren einschl. Benalaxyl-M)	F	GC	0,010	Chlorfenapyr	I, A	GC	0,010
Benazolin	H	LC	0,010	Chlorfenprop-methyl	H	GC	0,010
Bendiocarb	I	LC	0,005	Chlorfenson	I, A	GC	0,010
Benfluralin	H	GC	0,010	Chlorfenvinphos	I	LC/GC	0,010
Benfuracarb	I, N	LC	0,020	Chlorflurenol	W	GC	0,010
Benomyl	F	LC	0,010	Chlorflurenol-methyl	H, W	GC	0,010
Bensulfuron-methyl	H	LC	0,010	Chloridazon	H	LC	0,010
Bentazon	H	LC	0,010	Chlormephos	I	GC	0,010
				Chloroneb	F	GC	0,010

## 7. Anhang

Chloroxuron	H	LC	0,010	Diniconazol	F	GC	0,010
Chlorpropham	K	GC	0,010	Dinocap	F, A	GC	0,030
Chlorpropylat	A	GC	0,010	Dinoseb	H	LC	0,010
Chlorpyrifos-ethyl	I, A	GC	0,005	Dinotefuran	I	LC	0,010
Chlorpyrifos-methyl	I, A	GC	0,010	Dioxacarb	I	LC	0,010
Chlorsulfuron	H	LC	0,010	Dioxathion	I	LC	0,010
Chlorthal-dimethyl	H	GC	0,010	Diphenamid	H	GC	0,010
Chlorthalonil	W	GC/LC	0,010	Diphenylamin	W	GC/LC	0,010
Chlorthion	I	GC	0,010	Dipropetryn	H	GC	0,010
Chlorthiophos	I	GC	0,010	Disulfoton	I	LC	0,010
Chlortoluron	H	LC	0,010	Disulfoton-sulfon	Met	LC	0,010
Chlozolinat	F	GC	0,010	Disulfoton-sulfoxid	Met, I, A	LC	0,010
Cinerin 1	I, A	GC	0,010	Ditalimfos (Plondrel)	F	LC	0,010
Cinerin 2	I, A	GC	0,010	Dithianon	F	LC	0,020
Cinosulfuron	H	LC	0,010	Diuron	H	LC	0,010
Clethodim	H	LC	0,010	DMST	Met	LC	0,010
Climbazol	F	LC	0,010	Dodin	F	LC	0,010
Clodinafop-propargyl	H	LC	0,010	Emamectin B1a	I	LC	0,010
Clofentezin	I, A	LC	0,010	Emamectin B1b	I	LC	0,010
Clomazon	H	LC	0,010	Endosulfan-alpha	I, A	GC	0,010
Cloquintocet-1-methylhexylester	Safener	LC	0,010	Endosulfan-beta	I, A	GC	0,010
Coumaphos	I	LC	0,010	Endosulfansulfat	I, A	GC	0,010
Crimidin	R	LC	0,010	Endrin	I, R	GC	0,010
Cyanazin	H	LC	0,010	EPN	I, A	GC	0,010
Cyanophenphos	I	GC	0,010	Epoxiconazol	F	LC	0,010
Cyanophos	I	GC	0,010	EPTC	H	GC	0,010
Cyazofamid	F	GC	0,010	Etaconazol	F	GC	0,010
Cycloat	H	GC	0,010	Ethiofencarb	I	LC	0,010
Cycloxydim	H	LC	0,010	Ethiofencarb-sulfon	Met	LC	0,010
Cyflufenamid	F	LC	0,010	Ethiofencarb-sulfoxid	Met	LC	0,010
Cyfluthrin	I, A	GC	0,010	Ethion	I, A	GC	0,010
Cyhexatin	A	LC	0,010	Ethirimol	F	LC	0,010
Cymoxanil	F	LC	0,010	Ethofumesat	H	GC/LC	0,010
Cypermethrin	I, A	GC	0,010	Ethofumesat-2-keton	Met, H	GC	0,010
Cyprazin	H	LC	0,010	Ethoprophos	N, I	LC	0,010
Cyproconazol	F	GC	0,010	Ethoxyquin	W	GC	0,010
Cyprodinil	F	LC	0,005	Etoxazol	I	LC	0,010
Cyromazin	I	LC	0,030	Etridiazol	F	GC	0,010
Dazomet	N, F, H	LC	0,020	Etrimfos	I, A	LC	0,010
DDD-op	I, Met	GC	0,005	Famophos (Famphur)	I	GC	0,010
DDD-pp	I, Met	GC	0,005	Famoxadon	F	LC	0,010
DDE-op	Met	GC	0,005	Fenamidon	F	LC	0,010
DDE-pp	Met	GC	0,005	Fenamiphos	N	LC	0,010
DDT-op	I, Met	GC	0,005	Fenamiphos-sulfon	Met	LC	0,010
DDT-pp	I	GC	0,005	Fenamiphos-sulfoxid	Met	LC	0,010
DEET (Diethyltoluamid)	I, Rep	LC	0,010	Fenarimol	F	GC	0,005
DEF	W	GC	0,010	Fenazaquin	I, A	LC	0,010
Deltamethrin	I, A	GC	0,010	Fenbuconazol	F	GC	0,010
Demeton (S/O)	I, A	LC	0,010	Fenbutatinoxid	A	LC	0,010
Demeton-S-methyl	I, A	LC	0,010	Fenchlorazol-ethyl	Safener	LC	0,010
Demeton-S-methylsulfon	I, Met	LC	0,010	Fenchlorphos	I	GC	0,010
Desmetryn	H	LC	0,010	Fenfluthrin	I	GC	0,010
Dialifos	I, A	GC	0,010	Fenhexamid	F	LC	0,010
Diallat	H	GC	0,010	Fenitrothion	I, A	GC	0,010
Diazinon	I, A	LC/GC	0,010	Fenobucarb	I	LC	0,010
Dicamba	H	LC	0,010	Fenoprop (2,4,5-TP)	W, H	LC	0,010
Dichlobenil	H	GC	0,020	Fenoxaprop-P	H	LC	0,010
Dichlofenthion	I	GC	0,010	Fenoxycarb	I, A	LC	0,010
Dichlofluanid	F	GC	0,010	Fenpiclonil	F	GC/LC	0,010
Dichlorprop	H	LC	0,010	Fenpropathrin	I, A	GC	0,010
Dichlorvos	I, A	GC	0,010	Fenpropidin	F	LC	0,010
Diclobutrazol	F	GC	0,010	Fenpropimorph	F	LC	0,005
Dicloran	F	GC	0,010	Fenpyroximat	I, A	LC	0,005
Dicofol-op	Met	GC	0,010	Fenson	A	GC	0,010
Dicofol-pp	A	GC	0,010	Fensulfothion	I, N	LC	0,010
Dicrotophos	I, A	LC	0,010	Fensulfothion-oxon	Met	LC	0,010
Dieldrin	I, Met	GC	0,010	Fensulfothion-oxon-sulfon	Met	LC	0,010
Diethofencarb	F	GC	0,010	Fensulfothion-sulfon	Met	GC	0,010
Difenoconazol	F	LC	0,010	Fenthion	I	LC	0,020
Difenoxyuron	H	LC	0,010	Fenthion-oxon	Met	LC	0,010
Diflufenican	H	GC	0,010	Fenthion-oxon-sulfon	Met	LC	0,010
Dimethenamid	H	GC	0,010	Fenthion-oxon-sulfoxid	Met	LC	0,010
Dimethoat	I, A	LC	0,010	Fenthion-sulfon	Met	GC	0,010
Dimethomorph	F	LC	0,005	Fenthion-sulfoxid	Met	LC	0,010
Dimoxystrobin	F	LC	0,010	Fentin	F	LC	0,010

## 7. Anhang

Fenvalerat (jedes Verhältnis der Isomerbestandteile (RR, SS, RS & SR) einschließlich Esfenvalerat)	I, A	GC	0,010	Isofenphos-oxon	I, Met	LC	0,010
Fipronil	I	GC/LC	0,005	Isomethiozin	H	LC	0,010
Fipronil-sulfon	Met	GC	0,010	Isoproc carb	I	LC	0,010
Fipronil-desulfinyl	Met	GC	0,010	Isopropalin	H	GC	0,010
Flazasulfuron	H	LC	0,010	Isoprothiolan	F	LC	0,010
Flonicamid	I, A	GC	0,010	Isoproturon	H	LC	0,010
Florasulam	H	LC	0,010	Isopyrazam	F	LC	0,010
Fluazifop (freie Säure)	H	LC	0,010	Isoxaben	H	LC	0,010
Fluazifop-P-butyl	H	LC	0,010	Isxadifen-ethyl	Safener	LC	0,010
Fluazinam	F	LC	0,010	Isoxaflutol	H	LC	0,010
Flubendiamid	I	LC	0,010	Isoxathion	I	LC	0,010
Flubenzimin	A	GC	0,010	Jasmolin 1	I	GC	0,010
Fluchloralin	H	GC	0,010	Jasmolin 2	I	GC	0,010
Flucytrinrat	I	GC	0,010	Jodfenphos	I	GC	0,010
Fludioxonil	F	GC	0,010	Kresoxim-methyl	F	GC	0,010
Flufenacet	H	LC	0,010	lambda-Cyhalothrin	I, A	GC	0,010
Flufenoxuron	I	LC	0,010	Lenacil	H	LC	0,010
Flumetralin	W	GC	0,010	Leptophos	I	GC	0,010
Flumioxazin	H	GC	0,010	Linuron	H	LC	0,010
Fluometuron	H	LC	0,010	Lufenuron	I	LC	0,010
Fluopicolid	F	GC	0,010	Malaaxon	Met	LC	0,010
Fluopyram	F	LC	0,010	Malathion	I, A	GC	0,005
Fluotrimazol	F	GC	0,010	MCPA	H	LC	0,010
Fluoxastrobin	F	LC	0,010	MCPB	H	LC	0,010
Fluquinconazol	F	GC	0,010	Mecarbam	I, A	LC	0,010
Fluroxypyr	H	LC	0,010	Mecoprop-P	H	LC	0,010
Flurprimidol	W	LC	0,010	Mefenpyr-diethyl	Safener	GC	0,010
Flusilazol	F	GC	0,010	Mepanipyrim	F	GC	0,010
Fluthiacet-methyl	H	LC	0,010	Mepanipyrim-2-hydroxypropyl	Met	LC	0,010
Flutolanil	F	LC	0,010	Mephosfolan	I	LC	0,010
Flutriafol	F	LC	0,010	Mepronil	F	LC	0,010
Fluvalinat-tau	I, A	GC	0,010	Metaflumizon	I, A	LC	0,010
Folpet	F	GC	0,010	Metalaxyl (Summe der Isomeren einschl. Metalaxyl-M)	F	LC	0,010
Fonofos	I	GC	0,015	Metamitron	H	LC	0,010
Forchlorfenuron	W	LC	0,010	Metazachlor	H	LC	0,010
Formetanat Hydrochlorid	I, A	LC	0,010	Metconazol	W	LC	0,010
Fosthiazat	N	LC	0,010	Methabenzthiazuron	H	LC	0,010
Fuberidazol	F	LC	0,010	Methacrifos	I	LC/GC	0,010
Furalaxyl	F	LC	0,010	Methamidophos	I, A	LC	0,010
Furathiocarb	I	LC	0,010	Methidathion	I, A	LC/GC	0,010
Genite	A	GC	0,010	Methiocarb (Mercaptodimethur)	M	LC	0,010
Halfenprox	A	GC	0,010	Methiocarb-sulfon	Met	LC	0,010
Haloxyfop (freie Säure)	H	LC	0,010	Methiocarb-sulfoxid	Met	LC	0,010
Haloxyfop-2-ethoxyethyl	H	LC	0,010	Methomyl	I	LC	0,010
Haloxyfop-methyl	H	LC	0,010	Methoprotryn	H	LC	0,010
HCB (Hexachlorbenzol)	F	GC	0,010	Methoxychlor	I	GC	0,010
HCH-alpha	I	GC	0,010	Methoxyfenozid	I, A	LC	0,005
HCH-beta	I	GC	0,010	Metobromuron	H	LC	0,010
HCH-delta	I	GC	0,010	Metolachlor	H	GC	0,010
HCH-gamma (Lindan)	I, R	GC	0,010	Metolcarb	I	LC	0,010
Heptachlor	I	GC	0,010	Metosulam	H	LC	0,010
Heptachlorepoxyd-cis	Met	GC	0,010	Metoxuron	H	LC	0,010
Heptachlorepoxyd-trans	Met	GC	0,010	Metrafenon	F	GC	0,010
Heptenophos	I	LC	0,010	Metribuzin	H	GC	0,010
Hexaflumuron	I	LC	0,010	Metsulfuron-methyl	H	LC	0,010
Hexazinon	H	LC	0,010	Mevinphos	I, A	GC	0,010
Hexythiazox	I, A	LC	0,010	Mirex	I	GC	0,010
Icaridin	I, Rep	LC	0,010	Molinat	H	LC	0,010
Imazalil	F	LC	0,005	Monocrotophos	A, I	LC	0,010
Imibenconazol	F	LC	0,010	Monolinuron	H	LC	0,010
Imidacloprid	I, A	LC	0,005	Myclobutanil	F	LC	0,010
Indoxacarb	I, A	LC	0,010	Napropamid	H	LC	0,010
Iodosulfuron-methyl	H	LC	0,010	Neburon	H	LC	0,010
loxynil	H	LC	0,010	Nitenpyram	I	LC	0,010
loxynil-octanoat	H	GC	0,010	Nitralin	H	GC	0,010
Iprobenfos	F	LC	0,005	Nitrapyrin	B	GC	0,010
Iprodion	F	GC	0,010	Nitrofen	H	GC	0,010
Iprovalicarb	F	LC	0,005	Nitrothal-isopropyl	F	GC	0,010
Isazofos	I	LC	0,010	Norflurazon	H	LC	0,010
Isocarbofos	A, I	LC	0,010	Novaluron	I	LC	0,010
Isodrin	I	GC	0,015	Nuarimol	F	GC	0,010
Isofenphos	I	LC	0,010	Ofurace	F	GC	0,010
Isofenphos-methyl	I	GC	0,010	Omethoat	I, A	LC	0,010
				Oxadiazon	H	GC	0,010

## 7. Anhang

Oxadixyl	F	GC	0,010	Pyrethrin 1	I, A	GC	0,010
Oxamyl	I, N	LC	0,010	Pyrethrin 2	I, A	GC	0,010
Oxamyl-oxim	Met	LC	0,010	Pyridaben	A, I	LC	0,010
Oxyfluorfen	H	GC	0,010	Pyridalyl	I	LC	0,010
Paclobutrazol	F	GC	0,010	Pyridaphenthion	I, A	LC	0,010
Paraoxon-ethyl	I, Met	LC/GC	0,010	Pyridat	H	LC	0,010
Paraoxon-methyl	Met	GC	0,010	Pyridat XX (Pyridafol)	H, Met	LC	0,010
Parathion-ethyl	I, A	GC	0,010	Pyrifenox	F	GC	0,010
Parathion-methyl	I, Rep	GC	0,010	Pyrimethanil	F	LC	0,005
PCB 028	Hilf	GC	0,010	Pyriproxyfen	I	GC	0,010
PCB 052	Hilf	GC	0,010	Quinalphos	I	GC	0,010
PCB 101	Hilf	GC	0,010	Quinoxyfen	F	GC	0,010
PCB 138	Hilf	GC	0,010	Quintozen	F	GC	0,010
PCB 153	Hilf	GC	0,010	Quizalofop (freie Säure)	H	LC	0,010
PCB 180	Hilf	GC	0,010	Quizalofop-ethyl	H	LC	0,010
Pebulat	H	GC/LC	0,010	Rimsulfuron	H	LC	0,010
Penconazol	F	LC	0,010	Rotenon	I	LC	0,010
Pencycuron	F	LC	0,010	S 421	Syn	GC	0,010
Pendimethalin	H	LC/GC	0,010	Sethoxydim	H	LC	0,010
Pentachloranilin	Met	GC	0,010	Silafiuofen	I	GC	0,010
Pentachloranisol	Met	GC	0,010	Silthiofam	F	LC	0,010
Pentachlorbenzol	Met	GC	0,010	Simazin	H	LC	0,015
Pentachlorphenol	H	GC	0,010	Spinetoram-J	I	LC	0,010
Permethrin	I	GC	0,020	Spinetoram-L	I	LC	0,010
Phenkapton	I, A	GC	0,010	Spinosyn A	I	LC	0,010
Phenthoat	I	GC	0,010	Spinosyn D	I	LC	0,010
Phorat	I	GC	0,010	Spirodiclofen	I, A	GC	0,010
Phorat-oxon-sulfoxid	Met	LC	0,010	Spiromesifen	A, I	GC	0,010
Phorat-oxon-sulfon	Met	LC	0,010	Spirotetramat	I, A	LC	0,010
Phorat-sulfon	Met	GC	0,010	Spirotetramat-enol	Met	LC	0,010
Phorat-sulfoxid	Met	GC	0,010	Spirotetramat-enol-glucosid	Met	LC	0,010
Phosalon	I, A	GC	0,010	Spirotetramat-keto-hydroxy	Met	LC	0,010
Phosfolan	I, A	LC	0,010	Spirotetramat-mono-hydroxy	Met	LC	0,010
Phosmet	I	GC	0,010	Spiroxamin	F	LC	0,010
Phosmet-oxon	Met	LC	0,015	Sulfentazon	H	LC	0,010
Phosphamidon	I, A	LC	0,010	Sulfotep	I, A	LC	0,010
Phoxim	I	LC	0,010	Sulprofos	I	GC	0,010
Picolinafen	H	LC	0,010	Tebuconazol	F	LC	0,010
Picoxystrobin	F	LC	0,010	Tebufenozid	I, A	LC	0,005
Piperonylbutoxid	Syn	GC	0,005	Tebufenpyrad	I, A	GC	0,010
Pirimicarb	I, A	LC	0,010	Tebutam	H	GC	0,010
Pirimicarb-desmethyl	Met	LC	0,010	Tecnazen	F, W	GC	0,010
Pirimicarb-desmethyl-formamido	Met	LC	0,010	Teflubenzuron	I	LC	0,010
Pirimiphos-ethyl	I	LC	0,010	Tefluthrin	I, A	GC	0,010
Pirimiphos-methyl	I, A	GC	0,010	Tepraloxydim	H	LC	0,010
Primisulfuron-methyl	H	LC	0,010	Terbacil	H	GC	0,010
Prochloraz	F	LC	0,005	Terbufos	I	GC	0,010
Prochloraz M-95 (BTS 44595)	Met	LC	0,010	Terbufos-sulfon	Met	LC	0,010
Prochloraz M-96 (BTS 44596)	Met	LC	0,010	Terbufos-sulfoxid	Met	LC	0,010
Procymidon	F	GC	0,010	Terbumeton	H	LC	0,010
Profenophos	I	LC/GC	0,010	Terbutryn	H	GC	0,010
Profluralin	H	GC	0,010	Terbutylazin	H	LC	0,010
Profoxydim (Clefoxydim)	H	LC	0,010	Terbutylazin-desethyl	Met	LC	0,010
Promecarb	I	LC	0,010	Tetrachlorvinphos	I	GC	0,010
Prometryn	H	GC	0,010	Tetraconazol	F	GC	0,010
Propachlor	H	LC	0,010	Tetradifon	A, I	GC	0,010
Propachlor-2-hydroxy	Met	LC	0,010	Tetramethrin	I	GC	0,010
Propamocarb	F	LC	0,010	Tetrasul	A	GC	0,010
Propanil	H	GC	0,010	Thiabendazol	F	LC	0,010
Propaquizafop	H	LC	0,010	Thiabendazol-5-hydroxy	Met	LC	0,010
Propargit	A	GC/LC	0,010	Thiacloprid	I, A	LC	0,005
Propazin	H	LC	0,010	Thiametoxam	I, A	LC	0,010
Propetamphos	I	LC/GC	0,010	Thiazafluron	H	LC	0,010
Propham	H, W	GC	0,010	Thiencarbazon-methyl	H	LC	0,010
Propiconazol	F	LC	0,010	Thifensulfuron-methyl	H	LC	0,010
Propoxur	I	LC	0,010	Thiobencarb	H	LC	0,010
Propyzamid	H	LC	0,010	Thiocyclam	I	LC	0,010
Proquinazid	F	LC	0,010	Thiodicarb	I	LC	0,010
Prosulfocarb	H	LC	0,010	Thiofanox	I	LC	0,010
Prosulfuron	H	LC	0,010	Thiofanox-sulfon	Met	LC	0,010
Prothioconazol-desthio	F	LC	0,010	Thiofanox-sulfoxid	Met	LC	0,010
Prothiofos	I	GC	0,010	Thiophanat-methyl	F	LC	0,005
Pyraclostrobin	F	LC	0,010	Tolclophos-methyl	F	GC	0,005
Pyraflufen-ethyl	H	LC	0,010	Tolfenpyrad	I, F	LC	0,010
Pyrazophos	F	LC/GC	0,010	Tolyfluandid	F, A	GC	0,010

## 7. Anhang

Tralkoxydim	H	LC	0,010	Trifloxystrobin	F	GC	0,005
Transfluthrin	I	GC	0,010	Triflumizol	F	LC	0,010
Triadimefon	F	LC	0,010	Triflumizol-amino (FM-6-1)	Met	LC	0,010
Triadimenol	F	LC	0,010	Trifluralin	H	GC	0,005
Triallat	H	GC	0,010	Triforin	F, A	LC	0,010
Triamiphos	F, A, Rep, B	LC	0,010	Triticonazol	F	LC	0,010
Triasulfuron	H	LC	0,010	Uniconazol	W	LC	0,010
Triazamat	I	LC	0,010	Valifenalat	F	LC	0,010
Triazophos	I, A	LC/GC	0,010	Vamidothion	I, A	LC	0,010
Trichloronat	I	GC	0,010	Vinclozolin	F	GC	0,010
Triclopyr	H	LC	0,010	Zoxamid	F	LC	0,010
Tricyclazol	F	LC	0,010	Glyphosat	H	LC MS/MS	0,005
Tridemorph	F	LC	0,010	Glufosinat	H	LC MS/MS	0,005
				AMPA	H	LC MS/MS	0,005

7. Anhang

**Tab. 7.4 Nachgewiesene Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe in den Rindenproben mit Nachweishäufigkeit**

Angaben in ng/g Trockengewicht (TG); PSM: Pflanzenschutzmittel-/Pestizid-Wirkstoff; Jahr: Probenahmejahr; ID: Standortprobe; Freq: Frequenz/Häufigkeit des Nachweises in Prozent; Leere Zellen: Werte unter Bestimmungsgrenze (BG), Angabe der BG siehe Tab. 7.3.

PSM	Jahr ID	2014									2016									2017					
		L561	L562	L563	L564	L565	L566	L567	L568	L569	L591	L592	L593	L594	L595	L596	L597	L598	L599	L601	L602	L603	L604	L605	L606
1	Pendimethalin	35	602	25	110	74	109	30	17	190	178	7	22	47	38		32	50	18	47	18	20	6	69	
2	DDT Sum	54	99	151	11	18	20	74	150	57	16		250	34	123		9	40		22		13			
3	Prosulfocarb	4	5	3	8	6	3	6	4	119	551	3	831		4	3	3					2	6	3	
4	Prothioconazol-desthio										122		120	27		11	26	19	11	39	33	27	31	37	7
5	Glyphosat	11	13	10	17	7	73	29	10	10	7	7	167	10	21	6	22	16	9	13			16		
6	HCH-gamma (Lindan)		24	18				10	10				22		18							13		6	8
7	Terbuthylazin										33		74	222	40	18	139	51		26	9	10		14	
8	Metolachlor		22		22					114	19			21	21	53	63	67	47			15		11	
9	Boscalid												25				16			7	9			8	
10	Terbuthylazin-desethyl										20		22	31	27		33	18	12	30					
11	Diflufenican														21			48	23						
12	Flufenacet		25				12																		
13	Anthrachinon																				9	13	14	19	17
14	Epoxiconazol										32		38		15										
15	Ethofumesat										31									51					
16	Tebuconazol										61							15	12						
17	Clomazon		18				10						9							12					
18	Metalaxyl									24												38	11	8	
19	Metazachlor						14	100	100									13	9						
20	AMPA				13		10	7					21		9										
21	Cyprodinil																	17			5	7		106	
22	Dimethenamid																30		20						
23	Fluopyram																								

7. Anhang

PSM	Jahr ID	2014									2016									2017					
		L561	L562	L563	L564	L565	L566	L567	L568	L569	L591	L592	L593	L594	L595	L596	L597	L598	L599	L601	L602	L603	L604	L605	L606
24	Aclonifen																				11	20		13	
25	Cyproconazol																				15	37	19	15	18
26	Deet																								
27	PCB Sum																								
28	Carbendazim												47						19				93		
29	Chlorthalonil										28					11						11		16	
30	Fenpropidin																				28		19		
31	Methoxychlor										12														
32	Prozamid																								
33	Triadimenol																								
34	Cyflufenamid																								
35	Difenoconazol																								
36	Folpet																								
37	Icaridin																			10					
38	Metribuzin										15		30							43					
39	Myclobutanil																								
40	Penconazol																				9				
41	Prochloraz M95										44		19												
42	Prochloraz Sum																								
43	2-Phenylphenol										11							12							
44	Chlorfenson								33	29															
45	Chlorpyriphosethyl										6	7													
46	Cypermethrin																				14				
47	DCBP												6		13										
48	Dimethomorph																								
49	Dimoxystrobin																								
50	Diphenamid																			19				11	
51	Endosulfan-sulfat																				15	5			

7. Anhang

PSM	Jahr ID	2014									2016									2017					
		L561	L562	L563	L564	L565	L566	L567	L568	L569	L591	L592	L593	L594	L595	L596	L597	L598	L599	L601	L602	L603	L604	L605	L606
52	Fenpropimorph													7											
53	Fluazinam																				35	33			
54	Fludioxonil																						60		
55	Fluxapyroxad																								
56	Kresoxim-me																								
57	Parathion-Ethyl																								
58	Picoxystrobin																								
59	Propamocarb																				10	17			
60	Propiconazol										13														
61	Propyzamid										185									22					
62	Pyrimethanil																								
63	Tebufenozid																								
64	Thiacloprid																								
65	Ametoctradin																								
66	Bitertanol																								
67	Cycloxydim																								
68	Dinoseb																								
69	Endosulfan-alpha																					8			
70	Endosulfan-beta																					15			
71	Ethofumesat Sum																								
72	Ethofumesat-2-Keton																								
73	Fenopyram																								
74	Fenoxapyroxad																								
75	Fenvalerat																								
76	HCB																								
77	HCH-alpha																								
78	Indoxacarb																								
79	Iprodion																								

7. Anhang

PSM	Jahr ID	2014									2016									2017					
		L561	L562	L563	L564	L565	L566	L567	L568	L569	L591	L592	L593	L594	L595	L596	L597	L598	L599	L601	L602	L603	L604	L605	L606
80	Metamitron																								
81	Methabenzthiazuron																								
82	Methoxyfenozid																								
83	Metrafenon																					8			
84	Phosmet																				26				
85	Prochloraz										11														
86	Prochloraz M96										25														
87	Quinoxifen																								
88	Spiroxamin																				10				
89	Terbacil																	20							
90	Tetraconazol																								
91	Thiabendazol																								
92	Thiophanat-methyl																								
93	Triadimefon																								
94	Trifloxystrobin																				8				
95	DDT-pp	38	75	122	11	18	20	58	129	43	11		192	34	90			31		14		13			
96	DDT-op	16	24	29				16	21	14			41		21										
97	DDE-pp										6		17		11		9	9		7					
98	DDD-pp																								
99	DDD-op																								
100	PCB 138																								
101	PCB 153																								
102	PCB 101																								
103	PCB 180																								
104	PCB 028																								
105	PCB 052																								
106	Sum-PSM	104	808	207	181	105	251	256	438	429	1418	23	1656	441	358	103	386	354	235	305	183	335	274	396	50
	Anzahl PSM/Standort	6	10	7	7	5	9	9	10	8	23	4	18	9	16	6	12	13	11	15	13	21	12	15	4

## 7. Anhang

PSM	Jahr ID	2018																				N+	Freq			
		L607	L608	L609	L610	L611	L612	L613	L614	L615	L616	L617	L618	L619	L620	L621	L622	L623	L624	L625	L626			L627	L628	L629
1	Pendimethalin	7	6	4	130	41	8		16	52	2	2	2	6	20	3			18	29	118	23	29		41	87 %
2	DDT Sum	2	26	9	127	83		95	52	17		38	37	18	3	7				126	168	110	17		34	72 %
3	Prosulfocarb	7	3	4	33	3	2		3	2		3							5	7	14	7			31	66 %
4	Prothioconazol-desthio	6		5	31	31	8		14	33	71		5		11	7			18	16	30	9	5	5	30	64 %
5	Glyphosat		11			8		103		6		10								6					26	55 %
6	HCH-gamma (Lindan)		9	6	5	11		8	24	7			10	5	9	4			5	13	5	7	5		25	53 %
7	Terbutylazin	23	32	5	7		16	5	13	49	8				5				11			14			23	49 %
8	Metolachlor		60		7		22		6	33					76				13			21		5	21	45 %
9	Boscalid	6			7	27	8					76	32	19	52	9	10	10	6			8			18	38 %
10	Terbutylazin-desethyl	5	9	9		20			7	13	5														15	32 %
11	Diflufenican	5	9	9	14	12		5		8	7								5		8	18			14	30 %
12	Flufenacet	10			19	11	6	6	6	34									15	9	31	5			13	28 %
13	Anthrachinon	32	64	60				15		39					150										11	23 %
14	Epoxiconazol				7	15	5			10	23								14		14				10	21 %
15	Ethofumesat	23	10	89	10	41						6							26				5		10	21 %
16	Tebuconazol				15	11		7				9		11					8		14				10	21 %
17	Clomazon				7	24														5	16				8	17 %
18	Metalaxyl													5	6	7				9					8	17 %
19	Metazachlor				16														5		5				8	17 %
20	AMPA							15																	6	13 %
21	Cyprodinil											19		18											6	13 %
22	Dimethenamid				13	14	8			6															6	13 %
23	Fluopyram				9	12							5	32		10						5			6	13 %
24	Aclonifen							307											12						5	11 %
25	Cyproconazol																								5	11 %
26	Deet					5			9					6						15		68			5	11 %
27	PCB Sum	3	7	14					49						11										5	11 %

7. Anhang

PSM	Jahr ID	2018																								
		L607	L608	L609	L610	L611	L612	L613	L614	L615	L616	L617	L618	L619	L620	L621	L622	L623	L624	L625	L626	L627	L628	L629	N+	Freq
28	Carbendazim																					13			4	9 %
29	Chlorthalonil																								4	9 %
30	Fenpropidin				12					11															4	9 %
31	Methoxychlor																				5	14	41		4	9 %
32	Proyzamid				26	11														8	30				4	9 %
33	Triadimenol										9				96	22		5							4	9 %
34	Cyflufenamid										16		13								5				3	6 %
35	Difenoconazol									14	8	5													3	6 %
36	Folpet										7	11			2										3	6 %
37	Icaridin																		12			11			3	6 %
38	Metribuzin																								3	6 %
39	Myclobutanil										26		24		24										3	6 %
40	Penconazol										15		29												3	6 %
41	Prochloraz M95				8																				3	6 %
42	Prochloraz Sum											20		20	17										3	6 %
43	2-Phenylphenol																								2	4 %
44	Chlorfenson																								2	4 %
45	Chlorpyriphosethyl																								2	4 %
46	Cypermethrin																27								2	4 %
47	DCBP																								2	4 %
48	Dimethomorph											31		24											2	4 %
49	Dimoxystrobin										8		6												2	4 %
50	Diphenamid																								2	4 %
51	Endosulfan-sulfat																								2	4 %
52	Fenpropimorph					11																			2	4 %
53	Fluazinam																								2	4 %
54	Fludioxonil											10													2	4 %
55	Fluxapyroxad										7								6						2	4 %



