

Pestizide im Schutzgebiet: Belastung der Luft in und um das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin in Brandenburg

Untersuchungen mit Passivsammlern
von September 2018 bis September 2019

Bericht von Sophia Guttenberger und Christine Vogt unter Mitarbeit von Sophie Ströhler | 09.06.2022



1 Abstract

Zur Messung von Pestiziden in der Luft in Brandenburg wurden an vier Standorten Passivsammler mit Polyurethanschaumscheiben als Sammelmatrix aufgestellt. Zwischen dem 04. September 2018 und dem 03. September 2019 wurden alle vier Wochen Proben entnommen, um die Luftbelastung im zeitlichen Verlauf nachzeichnen zu können, mit einer Messpause zwischen dem 27. November 2018 und dem 22. Januar 2019 (insgesamt elf Messperioden und 88 Proben). Die Polyurethanschaumscheiben wurden mit Methanol extrahiert und mit LC-MS/MS analysiert.

An jedem Standort wurden zwei Sammler zum Zweck der Doppelmessung aufgestellt. Alle Standorte befanden sich im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin oder in dessen unmittelbarer Umgebung. An den vier Standorten zeigen sich deutliche Unterschiede bei der Pestizid-Belastung, sowohl bei der Höhe der gemessenen Werte, als auch bei der Kontinuität der Belastung über den gesamten Messzeitraum und nicht zuletzt bei der Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe.

Insgesamt wurde nach 26 Stoffen gesucht, davon konnten neun verschiedene Pestizidwirkstoffe und ein Abbauprodukt nachgewiesen werden. Am häufigsten und verbreitetsten waren dabei die Herbizide Terbutylazin und Flufenacet. Sie waren an allen vier Standorten nachweisbar. Terbutylazin ist ein Wirkstoff, der schon in ähnlichen Messprojekten durch seine weite Verbreitung aufgefallen ist.

Die Standorte A und B, die in Schutzgebieten lagen, weisen eine geringere Gesamtbelastung auf als die Standorte C und D, die außerhalb des Biosphärenreservats lagen. Der Standort an der Grenze zu intensiv bewirtschafteten Ackerflächen war am stärksten belastet, sowohl was die Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe betrifft, als auch im Hinblick auf die Gesamtbelastung.

2 Inhaltsverzeichnis

1	Abstract.....	2
2	Inhaltsverzeichnis.....	3
3	Abbildungsverzeichnis.....	4
4	Tabellenverzeichnis.....	7
5	Einleitung.....	8
6	Material und Methoden.....	9
6.1	Auswahl der Wirkstoffe.....	9
6.2	Auswahl der Standorte.....	10
6.2.1	Standort A: Kleiner Rummelsberg.....	11
6.2.2	Standort B: Kernzone Biosphärenreservat.....	12
6.2.3	Standort C: Angermünde.....	13
6.2.4	Standort D: Lüdersdorf.....	14
6.3	Messverfahren.....	15
6.4	Auswertung.....	16
7	Ergebnisse und Diskussion.....	17
7.1	Ergebnisse und Diskussion der Messergebnisse nach Standorten.....	17
7.1.1	Standort A – Kleiner Rummelsberg bei Brodowin.....	18
7.1.2	Standort B – Kernzone Biosphärenreservat.....	21
7.1.3	Standort C – Naturkostladen Wildblume in Angermünde.....	24
7.1.4	Standort D – Intensivlandwirtschaft in Lüdersdorf.....	27
7.2	Ergebnisse und Diskussion der Messergebnisse nach Wirkstoffen.....	30
7.2.1	Aclonifen.....	30
7.2.2	Boscalid.....	32
7.2.3	Chlorthalonil.....	34
7.2.4	Chlortoluron.....	36
7.2.5	Diflufenican.....	38
7.2.6	Flufenacet.....	40
7.2.7	Metazachlor.....	42
7.2.8	Terbuthylazin.....	44
7.2.9	DDT und seine Abbauprodukte.....	46
8	Fazit.....	50
9	Handlungsempfehlungen an die Politik.....	52
10	Literaturverzeichnis.....	54
11	Anhang.....	57

3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin mit den Standorten der Passivsammler und unter Angabe der Anzahl der gefundenen Pestizidwirkstoffe bzw. Abbauprodukte.	10
Abbildung 2: Passivsammler auf dem Kleinen Rummelsberg in der Nähe des Ökodorfs Brodowin im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg). Bild: Beate Blahy	11
Abbildung 3: Ausblick vom Kleinen Rummelsberg (Standort A) in der Nähe des Ökodorfs Brodowin im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg). Bild: Dr. Philip Bedall/Umweltinstitut München	11
Abbildung 4: Passivsammler 03 und 04 in einer Kernzone des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin an der Moorfläche Mellensee im Grumsiner Forst. Bilder: Jörg Farys.....	12
Abbildung 5: Passivsammler 05 und 06 im Hinterhof des Naturkostladens Wildblume in Angermünde. Bild links: Jörg Farys, Bild rechts: Dr. Philip Bedall/Umweltinstitut München.....	13
Abbildung 6: Passivsammler am Rande einer Schafweide in Lüdersdorf angrenzend an intensiv landwirtschaftlich genutzte Ackerflächen. Bild: Dr. Philip Bedall/Umweltinstitut München.....	14
Abbildung 7: Einlegen einer PUF-Scheibe in einen der Passivsammler, durchgeführt beim Aufbau durch Christine Vogt mit medizinischem Schutzhandschuh. Ebenfalls zu sehen sind Dr. Philip Bedall und Beate Blahy. Bild: Jörg Farys	15
Abbildung 8: Feldweg im Sommer, Bio-Landwirtschaft im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Bild: Beate Blahy	17
Abbildung 9: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort A (Kleiner Rummelsberg bei Brodowin) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten	20
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort B (Kernzone Biosphärenreservat im Grumsiner Forst) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten.....	23
Abbildung 11: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort C (Naturkostladen Wildblume in Angermünde) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten.....	26
Abbildung 12: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort D (Intensivstandort in Lüdersdorf) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten.....	29
Abbildung 13: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Aclonifen über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).	31

Abbildung 14: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Boscalid über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).33

Abbildung 15: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Chlorthalonil über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).35

Abbildung 16: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Chlortoluron über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).37

Abbildung 17: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Diflufenican über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).39

Abbildung 18: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Flufenacet über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).41

Abbildung 19: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Metazachlor über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).43

Abbildung 20: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Terbutylazin über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).45

Abbildung 21: Grafische Darstellung der Funde des Abbauprodukts 4,4'-DDE über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).47

Abbildung 22: Grafische Darstellung der Funde von 2,4'-DDT über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).....48

Abbildung 23: Grafische Darstellung der Funde von 4,4'-DDT über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).....49

4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort A (Kleiner Rummelsberg bei Brodowin). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.....	19
Tabelle 2: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort B (Kernzone Biosphärenreservat im Grumsiner Forst). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.....	22
Tabelle 3: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort C (Naturkostladen Wildblume in Angermünde). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.....	25
Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort D (Intensivlandwirtschaft in Lüdersdorf). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.....	28
Tabelle 5: Liste der analysierten Pestizide bzw. Abbauprodukte mit Wirkstoffklasse, Bestimmungsgrenze [ng/PUF-Scheibe] und Nachweis	57

5 Einleitung

Pestizide, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, erreichen nie vollständig ihren eigentlichen Zielort. Ein Teil der Wirkstoffe verbleibt im Boden, gelangt in Grundwasser und Gewässer oder wird durch Wind und Thermik über die Luft auf angrenzende Flächen (Abdrift) oder sogar an weit entfernte Orte transportiert (Ferntransport). Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten geben vermehrt Hinweise darauf, dass der Ferntransport von Pestiziden unterschätzt wird (Kruse-Platz et al., 2021; Hofmann et al., 2017, 2015; Silva et al., 2018; Fahrenhorst et al., 2015; Peverly et al., 2015; Majewski et al., 2014; Kreuger & Kylin, 2006). Umfassende Daten, die wirklich Aufschluss über die tatsächliche Verbreitung von Pestiziden geben, fehlen bis heute.

Die unbeabsichtigte Verbreitung von Pestiziden durch die Luft kann Folgen haben: Sie kann die Lebensqualität von Anwohner:innen mindern, zu Schäden an der Gesundheit von Menschen und Tieren führen, natürliche Ökosysteme beeinträchtigen und benachbarte landwirtschaftliche Betriebe schädigen. Dies betrifft insbesondere ökologisch wirtschaftende Betriebe, die wegen der unverschuldeten Überschreitung von Rückstandsgrenzen wirtschaftliche Schäden in Kauf nehmen müssen. Doch auch konventionelle Betriebe können beispielsweise von Herbizid-Abdrift betroffen sein.

Mit einem Projekt zur Messung von Abdrift und Ferntransport von Pestiziden hat das Umweltinstitut erstmals im Jahr 2018 empirische Daten im Vinschgau, einer Region in Südtirol (Italien) mit intensivem Obstbau, erhoben (Hofmann & Bär, 2019). Unter Einsatz eines standardisierten technischen Systems wurden dazu im Laufe der Obstbausaison 2018 Daten zur Pestizidbelastung in der Luft gesammelt. Die Ergebnisse der Messungen ermöglichen es, zeitliche und örtliche Zusammenhänge zwischen dem Ausbringen von Pestiziden und ihrem Vorkommen in der Luft nachzuzeichnen – ein erster Baustein in der Erforschung der tatsächlichen Kontamination der Umwelt mit Pestiziden.

Nach der Veröffentlichung der Daten aus dem Vinschgau im März 2019 führte das Umweltinstitut - neben dem vorliegenden - noch weitere Messprojekte durch^{1 2 3}. Alle Projekte kommen zu dem Ergebnis, dass sich Pestizide über den Luftweg verbreiten und so auch an Orte gelangen, an denen sie nicht ausgebracht wurden.

Dies gilt auch für die vorliegende Untersuchung, mit der das Umweltinstitut München eine Untersuchung zur Verbreitung von Pestiziden an vier Standorten in oder in der Nähe des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin im Nordosten Brandenburgs durchgeführt hat.

Das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin ist eines der größten Schutzgebiete Deutschlands. Brandenburg ist wegen der direkten Nähe von intensiver Landwirtschaft zu artenreichen Schutzgebieten, wie es sie in dem Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin gibt, als Messregion interessant.

1https://www.greenpeace.ch/static/planet4-switzerland-stateless/2020/11/40588670-pestizide_de_web_05_11_20.pdf (26.05.2022)

2https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/20200923_Messungen_Pflanzenschutzmittel_Muenstertal_2019.pdf (26.05.2022)

3http://www.umweltinstitut.org/fileadmin/Mediapool/Aktuelles_ab_2016/2020/2020_09_29_Pestizid-Studie_Enkeltauglich/Studie_Pestizid-Belastung_der_Luft_UmweltinstitutM%C3%BCnchen_B%C3%BCndis_enkeltaugliche_Landwirtschaft.pdf (26.05.2022)

In der Region gibt es seit längerem Bestrebungen, den Pestizideinsatz in Naturschutz- und FFH-Gebieten ganz zu verbieten, unter anderem mit der 2019 gestarteten Volksinitiative „Artenvielfalt retten - Zukunft sichern“ und dem daraus resultierenden parlamentarischen Prozess.

6 Material und Methoden

6.1 Auswahl der Wirkstoffe

Insgesamt wurden 26 Stoffe für die Untersuchung ausgewählt, davon 21 verschiedene Pestizidwirkstoffe. In Brandenburg wird die landwirtschaftliche Fläche überwiegend ackerbaulich genutzt⁴, vorwiegend für den Anbau von Getreide und Mais. Die Auswahl der Wirkstoffe erfolgte dementsprechend nach ihrer Anwendungsgenehmigung im Ackerbau. Außerdem erfolgte bei der Auswahl eine Orientierung daran, welche Wirkstoffe in bereits durchgeführten Messprojekten nachgewiesen werden konnten. Begrenzt wurde die Auswahl durch die Adsorptionseigenschaften der Polyurethanschaumscheiben und die Möglichkeiten des Labors, die Stoffe aus den Proben zu extrahieren und das Eluat zu analysieren.

Ebenfalls gesucht wurde nach dem Insektengift DDT und seinen Abbauprodukten. DDT selbst ist zwar seit langem verboten, doch so persistent, dass es nach wie vor in der Umwelt sehr präsent ist. Zuletzt haben mehrere Projekte Hinweise darauf gegeben, dass es sich auch immer noch über die Luft verbreitet. So konnte etwa in einem vorangegangenen Forschungsprojekt DDT in den äußeren Schichten von Baumrinde nachgewiesen werden (Hofmann et al., 2019). Dies wurde bei einer deutschlandweiten Untersuchung der Luft bestätigt (Kruse-Platz et al., 2021), die 2020 erstmals vorgestellt wurde und an deren Erstellung das Umweltinstitut maßgeblich beteiligt war. Deshalb wurden die Proben auf die zwei DDT-Isomere 2,4'-DDT und 4,4'-DDT, sowie auf vier Abbauprodukte von DDT analysiert. Gab es ein zeitgleiches Auftreten der beiden Isomere von DDT (4,4'-DDT und 2,4'-DDT) an einem Standort, so wurden diese zu einem Wirkstoff zusammengefasst. In der ehemaligen DDR erfolgte das Verbot von DDT später als in der BRD.

Eine genaue Auflistung der untersuchten Stoffe befindet sich im Anhang in Tabelle 5.

⁴ <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/land-und-forstwirtschaft> (25.05.2022)

6.2 Auswahl der Standorte

Es wurden vier Standorte in Brandenburg ausgewählt, die alle innerhalb oder östlich vom Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin liegen. An jedem der vier Standorte wurden zwei Sammler von TIEM Integrierte Umweltüberwachung⁵ als Doppelmessung aufgestellt. Insgesamt wurden also acht Passivsammler aufgestellt. An keinem der Standorte selbst werden Pestizide direkt ausgebracht. Die Lage der Standorte in und um das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin herum kann untenstehender Karte (Abbildung 1) entnommen werden.

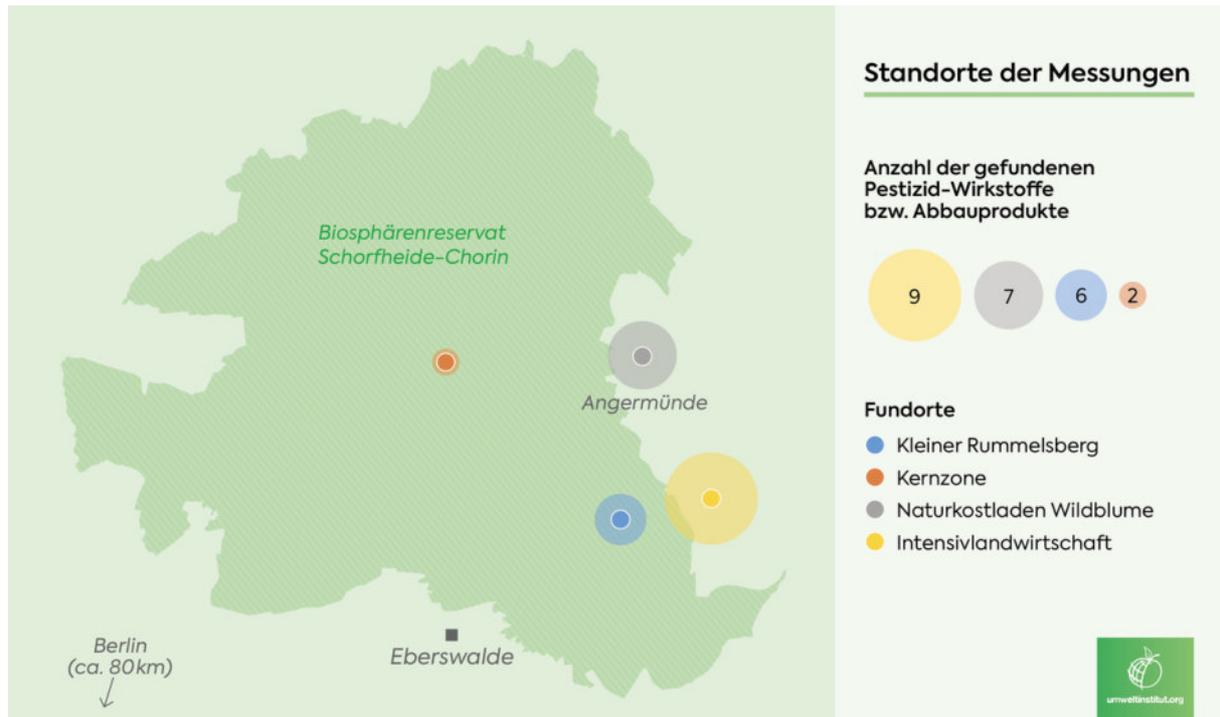


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin mit den Standorten der Passivsammler und unter Angabe der Anzahl der gefundenen Pestizidwirkstoffe bzw. Abbauprodukte.

⁵ <http://tieminfo.de/STARTSEITE/>

6.2.1 Standort A: Kleiner Rummelsberg

Als erster Standort wurde der unter Naturschutz stehende Kleine Rummelsberg neben den Flächen des Ökodorfs Brodowin⁶ gewählt. Der Kleine Rummelsberg steht wegen des dort vorkommenden kontinentalen Trockenrasens mit reicher Bodenflora unter Naturschutz⁷. Der Standort liegt innerhalb des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin, aber außerhalb der Kernzonen des Biosphärenreservats. Auf den Flächen des Ökodorfs wird Biolandwirtschaft betrieben. Der Standort liegt an den GPS-Koordinaten 52.9130334642676/13.981417937699499 und auf ca. 60 Höhenmetern über NN (siehe Abbildung 3). Hier wurden die Sammler mit den Nummern 01 und 02 aufgestellt (siehe Abbildung 2). Die Passivsammler an diesem Standort waren nicht so frei anströmbar wie die in Angermünde und am Intensivstandort in Lüdersdorf. Grund dafür war die Wahl eines nicht zu leicht einsehbaren Standorts für die Sammler an diesem öffentlich zugänglichen Ort. So sollte vermieden werden, dass die Sammler entwendet oder beschädigt werden. Die Sammler wurden mit ca. 15 Metern Abstand an zwei unterschiedlichen Bäumen angebracht.



Abbildung 2: Passivsammler auf dem Kleinen Rummelsberg in der Nähe des Ökodorfs Brodowin im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg).
Bild: Beate Blahy



Abbildung 3: Ausblick vom Kleinen Rummelsberg (Standort A) in der Nähe des Ökodorfs Brodowin im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg).
Bild: Dr. Philip Bedall/ Umweltinstitut München

⁶ <https://www.brodowin.de/>

⁷ Schutzzzone III, Landschaftsschutzgebiet

6.2.2 Standort B: Kernzone Biosphärenreservat

Es gibt insgesamt 16 Kernzonen im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Ihr Anteil beträgt drei Prozent an der Gesamtfläche des Gebiets, was ca. 4.000 ha entspricht. Als zweiter Standort wurde die größte Kernzone des Biosphärenreservats gewählt, der Buchenwald Grumsin mit 680 ha Fläche. Der dortige Standort hat die GPS-Koordinaten 53.013611/13.796111 und befindet sich in einer wenig zugänglichen Stelle in einem sumpfigen Gebiet. In unmittelbarer Nähe des Standorts befindet sich die Moorfläche Mellensee. Der Standort liegt auf ca. 60 Höhenmetern über NN. Hier wurden die Sammler 03 und 04 aufgestellt (siehe Abbildung 4). Angebracht waren sie an zwei unterschiedlichen Bäumen mit ca. 50 Metern Abstand.



Abbildung 4: Passivsammler 03 und 04 in einer Kernzone des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin an der Moorfläche Mellensee im Grumsiner Forst. Bilder: Jörg Farys

6.2.3 Standort C: Angermünde

Die Sammler 05 und 06 wurden im Hinterhof des Naturkostladens Wildblume⁸ in Angermünde aufgestellt. Der Standort mit den Koordinaten 53.017222/14.004444 ist durch mehrere Hauswände relativ geschützt gelegen und befindet sich mitten im Ortskern von Angermünde auf ca. 50 Höhenmetern über NN. Beide Sammler waren direkt übereinander an einem Pfosten angebracht und dadurch frei anströmbar (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Passivsammler 05 und 06 im Hinterhof des Naturkostladens Wildblume in Angermünde.
Bild links: Jörg Farys, Bild rechts: Dr. Philip Bedall/Umweltinstitut München

⁸ <https://www.wildblume-angermuende.de/>

6.2.4 Standort D: Lüdersdorf

Für die Sammler 07 und 08 wurden Standorte ausgewählt, die in unmittelbarer Umgebung von intensiv betriebener konventioneller Landwirtschaft liegen, ohne dass an dem Standort bzw. auf dem gesamten Grundstück selbst Pestizide eingesetzt werden. Dieser Standort liegt zwar außerhalb des Biosphärenreservats, jedoch in direkt angrenzendem Gebiet, das zum Ort Lüdersdorf gehört. Die Sammler befanden sich in der Nähe eines Wohnhauses und Gartens. Ihre Koordinaten lauten 52.925744/14.077656 und der Standort liegt auf ca. 51 Höhenmetern über NN. Beide Sammler standen an den Rändern einer Schafweide, angrenzend an konventionell bewirtschaftete Flächen. Ein Passivsammler wurde an einem Unterstand angebracht. Der zweite Passivsammler stand auf der anderen Seite der Schafweide (siehe Abbildung 6). Sie befanden sich ca. 70 Meter voneinander entfernt.



Abbildung 6: Passivsammler am Rande einer Schafweide in Lüdersdorf angrenzend an intensiv landwirtschaftlich genutzte Ackerflächen. Bild: Dr. Philip Bedall/ Umweltinstitut München

6.3 Messverfahren

Als Messverfahren zur Erfassung der Luftbelastung mit Pestiziden wurden Passivsammler des Typs TE-200-PAS von der Firma Tisch Environment eingesetzt. Das Verfahren wurde im Rahmen des internationalen Monitoringprogramms „Global Atmospheric Passive Sampling Networks“ (GAPS, 2012⁹; Genualdi et al., 2010) standardisiert und für zahlreiche persistente organische Luftschadstoffe, u.a. auch für Pestizide, validiert (Harner et al., 2004, 2006, 2014; Koblizkova et al., 2012; Pozo et al., 2004, 2006, 2009; Motelay-Massai et al., 2005; Jaward et al., 2004). Für eine ganze Reihe an POPs (englisch: persistent organic pollutants, deutsch: langlebige organische Schadstoffe) und auch einige Pestizidwirkstoffe wurde das Verfahren in Parallelmessungen mit Standardverfahren (High-Volume-Aktivgeräten) kalibriert (Herkert et al., 2017; Shen & Wania, 2015; Chaemfa et al., 2008).

Die Sammel-Matrix wurde umfassend validiert (z.B. Gouin et al., 2008; Hayward et al., 2010; Koblizkova et al., 2012; Herkert et al., 2017; Zhang et al., 2011; Zhang & Wania, 2012; Zhang et al., 2013). Konkret handelt es sich dabei um eine Scheibe aus Polyurethanschaum (PUF) mit 14 cm Durchmesser und 1,35 cm Höhe, in der in der Luft gasförmig vorhandene Stoffe adsorbieren. Die PUF-Scheiben stammen ebenfalls von der Firma Tisch Environment. Vor ihrem Einsatz wurden die Scheiben im Labor der Gesellschaft für Umweltchemie in München nach dem Verfahren von Shoib et al. (2008) aufgereinigt. Dafür wurden sie intensiv mit Lösungsmitteln ausgewaschen, um sicherzustellen, dass keine Verunreinigungen im PUF sind. Anschließend wurden sie in nummerierten 50 ml-Probenröhrchen mit Schraubverschluss verschlossen.

Pro Standort wurden am 04. September 2018 je zwei Sammler aufgestellt: PAS-01 bis PAS-08. Die Wechsel der PUF-Scheiben fanden im vierwöchigen Rhythmus statt, also am 02. und am 30. Oktober 2018, am 22. Januar 2019, am 19. Februar 2019, am 19. März 2019, am 16. April 2019, am 14. Mai 2019, am 11. Juni 2019, am 08. Juli 2019 und am 06. August 2019. Am 03. September 2019 erfolgten die letzten Probenentnahmen und die Sammler wurden wieder abgebaut. Im November und Dezember 2018 wurde die Messreihe ausgesetzt, da angenommen wurde, dass zu diesem Zeitpunkt keine Pestizide nachzuweisen seien.



Abbildung 7: Einlegen einer PUF-Scheibe in einen der Passivsammler, durchgeführt beim Aufbau durch Christine Vogt mit medizinischem Schutzhandschuh. Ebenfalls zu sehen sind Dr. Philip Bedall und Beate Blaby. Bild: Jörg Farys

Der Wechsel der PUF-Scheiben wurde nach einer Einweisung durch Mitarbeiter:innen des Umweltinstituts (siehe Abbildung 7)

⁹ <https://www.ec.gc.ca/rs-mn/default.asp?lang=En&n=22D58893-1>

von Frau Beate Blahy durchgeführt. Nach der Entnahme der Proben wurden die Scheiben wieder in ihren Probenröhrchen verschlossen, tiefgekühlt gelagert und in einer gekühlten und isolierten Box per Expressversand in das Labor für Rückstandsanalytik Bremen geschickt. Dort wurden die Proben extrahiert und das Eluat mit GC-MS/MS und HPLC-MS/MS auf die 26 Stoffe untersucht. Die Bestimmungsgrenze des Labors entspricht bei allen untersuchten Stoffen der Nachweisgrenze. Die Bestimmungsgrenzen für die einzelnen Stoffe können Tabelle 5 im Anhang entnommen werden.

6.4 Auswertung

Die statistische Auswertung der Analysedaten und die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgten in Excel. Aus den beiden Sammlermesswerten pro Standort und Messzeitraum (Periode) wurden für jeden Pestizidwirkstoff bzw. jedes Abbauprodukt jeweils die Mittelwerte (MW) mit Standardabweichung (STABW) sowie die Gesamtbelastung über den Messzeitraum als Summenwert über die elf Perioden (Total) ermittelt. Zusätzlich wurde die integrierte Belastung über alle Pestizidwirkstoffe bzw. Abbauprodukte (Sum-PB) per Periode und Standort bestimmt (siehe Tabelle 1 bis 4).

In mehreren Fällen kam es vor, dass an einem Standort ein Wirkstoff nur in einer PUF-Scheibe oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden konnte. In diesem Fall wurde kein Mittelwert gebildet, sondern der einzelne vorhandene Wert verwendet. Dies ist mit einem Stern in den entsprechenden Tabellen gekennzeichnet. Für diese Werte gibt es entsprechend keine Standardabweichung bzw. die Standardabweichung hat den Wert 0 *. Die Auswertung erfolgte für jeden Pestizidwirkstoff bzw. jedes Abbauprodukt einzeln, indem der Verlauf der Pestizidbelastung an den vier Standorten über den Messzeitraum der elf Perioden mit Mittelwert grafisch dargestellt (siehe Abbildung 13 bis 23) und begutachtet wurde (siehe Kapitel 7.2).

7 Ergebnisse und Diskussion

7.1 Ergebnisse und Diskussion der Messergebnisse nach Standorten

Insgesamt wurden an den vier Standorten mit je zwei Sammlern über 11 Perioden 88 Proben analysiert. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass von den 26 untersuchten Stoffen insgesamt neun Pestizidwirkstoffe sowie ein Abbauprodukt mindestens einmal an einem Standort nachgewiesen werden konnten. Gab es ein zeitgleiches Auftreten der beiden Isomere von DDT (4,4'-DDT und 2,4'-DDT) an einem Standort, so wurden diese zu einem Wirkstoff zusammengefasst. Welche Wirkstoffe bzw. Abbauprodukte an welchem Standorten erfasst wurden, ist sehr unterschiedlich. Die grafische Darstellung der Ergebnisse nach Standort erfolgt in Punkt 7.1.1 bis 7.1.4. Die Diskussion der Einzelergebnisse ist unter diesen Punkten inbegriffen.



Abbildung 8: Feldweg im Sommer, Bio-Landwirtschaft im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Bild: Beate Blahy

7.1.1 Standort A – Kleiner Rummelsberg bei Brodowin

An Standort A erfolgten insgesamt sechs Nachweise: Es wurden fünf verschiedene Pestizidwirkstoffe sowie das Abbauprodukt 4,4'-DDE gefunden (aufgelistet in Tabelle 1 und dargestellt in Abbildung 9). Bei den Wirkstoffen handelt es sich um das inzwischen nicht mehr zugelassene Fungizid Chlorthalonil, das Fungizid Boscalid, sowie die Herbizide Chlortoluron, Flufenacet und Terbuthylazin. In den letzten drei Messzeiträumen vom 11.06.2019 bis zum 03.09.2019 wurden keine Pestizidwirkstoffe nachgewiesen. Ebenfalls keinen Nachweis gab es in Periode 5 vom 19.02.2019 bis 19.03.2019. Bis auf Chlortoluron und Boscalid mit je einem Nachweis konnten alle anderen nachgewiesenen Wirkstoffe sowie das Abbauprodukt 4,4'-DDE je zwei Mal während des gesamten Messzeitraums nachgewiesen werden. An diesem Standort wurden in Periode 2 mit drei Nachweisen die häufigsten Nachweise erbracht. Dabei handelte es sich um das Abbauprodukt 4,4'-DDE, Chlortoluron und Flufenacet. Die höchste Konzentration wurde für Terbuthylazin in Periode 7 vom 16.04.2019 bis 14.05.2019 mit einem Mittelwert von 63,5 ng gemessen. Sechs Funde wurden lediglich in einer PUF-Scheibe nachgewiesen. Diese Nachweise lagen außerdem allesamt nahe an der Bestimmungsgrenze (siehe Kennzeichnung mit Stern in Tabelle 1).

Standort A ist ca. 1,6 km (Luftlinie) vom Ökodorf Brodowin entfernt und liegt in Schutzzone III (Landschaftsschutzgebiet) des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin. Innerhalb der Schutzzone III ist die Ausbringung chemisch-synthetischer Pestizide generell erlaubt. Die Flächen des Ökodorfes Brodowin werden jedoch seit 1990 nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes biologisch-dynamisch¹⁰ bewirtschaftet. Damit kann man davon ausgehen, dass die nachgewiesenen Wirkstoffe nicht von den umliegenden Flächen stammen. Eine Annahme über Eintragungswege kann möglicherweise über die Auswertung der tatsächlichen Spritzdaten der Landwirt:innen in der Umgebung des Standortes getroffen werden. Diese wurden vom Umweltinstitut angefragt, jedoch noch nicht ausgewertet.

10 <https://www.brodowin.de/der-betrieb/warum-brodowin/entstehungsgeschichte/>

Pestizide in der Luft in Brandenburg – Umweltinstitut München e.V.

Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort A (Kleiner Rummelsberg bei Brodowin). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.

Kleiner Rummelsberg – bei Brodowin													
Wirkstoff	Zeitraum	UKM01	UKM02	UKM03	UKM04	UKM05	UKM06	UKM07	UKM08	UKM09	UKM10	UKM11	Total
	Von Bis	04.09.2018 02.10.2018	02.10.2018 30.10.2018	30.10.2018 27.11.2018	22.01.2019 19.02.2019	19.02.2019 19.03.2019	19.03.2019 16.04.2019	16.04.2019 14.05.2019	14.05.2019 11.06.2019	11.06.2019 09.07.2019	09.07.2019 06.08.2019	06.08.2019 03.09.2019	
Aclonifen	MW												
	STABW												
Boscalid	MW	10											10
	STABW	0 *											
Chlorthalonil	MW						30,5	44,5					75
	STABW						7,8	20,5					
Chlortoluron	MW		10										10
	STABW		0 *										
4,4'-DDE	MW		8		7								15
	STABW		0 *		0 *								
2,4'-DDT	MW												
	STABW												
4,4'-DDT	MW												
	STABW												
Diflufenican	MW												
	STABW												
Flufenacet	MW		13	10									23
	STABW		0 *	0 *									
Metazachlor	MW												
	STABW												
Terbutylazin	MW							63,5	17,5				81
	STABW							4,9	0,7				
Sum-PB	MW	10	31	10	7		30,5	108	17,5				214
	STABW		2,5					25,9					

Pestizide in der Luft in Brandenburg – Umweltinstitut München e.V.

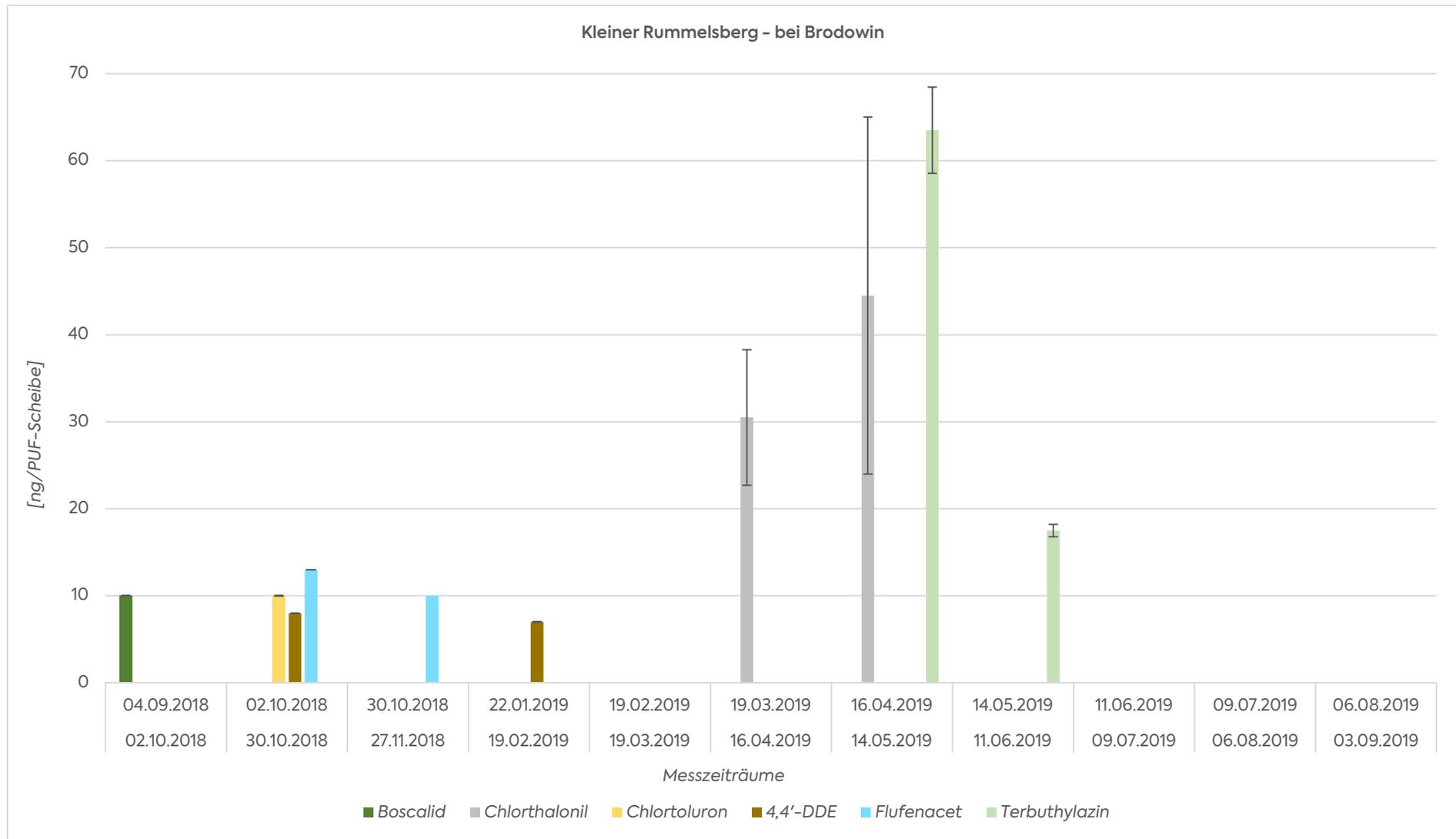


Abbildung 9: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort A (Kleiner Rummelsberg bei Brodowin) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten

7.1.2 Standort B – Kernzone Biosphärenreservat

An Standort B wurden insgesamt zwei Pestizidwirkstoffe nachgewiesen: Die Herbizide Flufenacet und Terbuthylazin, siehe hierzu Tabelle 2 und Abbildung 10. Damit war der Standort der am wenigsten belastete in dieser Untersuchung, sowohl was die Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe als auch was die Gesamtkonzentration angeht. Terbuthylazin wurde über die Perioden 7 und 8 vom 16.04.2019 bis zum 11.06.2019 gemessen. Flufenacet trat dagegen in Periode 3 vom 30.10.2018 bis 27.11.2018 auf, dabei jedoch lediglich in einer Scheibe und nahe der Bestimmungsgrenze. Der höchste Wert wurde in Periode 7 für Terbuthylazin mit einem Mittelwert von 60,5 ng gemessen.

In den Kernzonen des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin ist die Anwendung von Pestiziden untersagt, ebenso wie die chemische Behandlung von Holz oder anderen Produkten. Woher die in der Kernzone nachgewiesenen Pestizide stammen, lässt sich nicht genau sagen. Terbuthylazin und Flufenacet sind die beiden Wirkstoffe, die an allen Standorten nachgewiesen wurden.

Pestizide in der Luft in Brandenburg – Umweltinstitut München e.V.

Tabelle 2: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort B (Kernzone Biosphärenreservat im Grumsiner Forst). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.

Kernzone Biosphärenreservat - Grumsiner Forst													
Wirkstoff	Zeitraum	UKM01	UKM02	UKM03	UKM04	UKM05	UKM06	UKM07	UKM08	UKM09	UKM10	UKM11	Total
	Von	04.09.2018	02.10.2018	30.10.2018	22.01.2019	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	
	Bis	02.10.2018	30.10.2018	27.11.2018	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	03.09.2019	
Aclonifen	MW												
	STABW												
Boscalid	MW												
	STABW												
Chlorthalonil	MW												
	STABW												
Chlortoluron	MW												
	STABW												
4,4'-DDE	MW												
	STABW												
2,4'-DDT	MW												
	STABW												
4,4'-DDT	MW												
	STABW												
Diflufenican	MW												
	STABW												
Flufenacet	MW			10									10
	STABW			0*									
Metazachlor	MW												
	STABW												
Terbuthylazin	MW							60,5	18,5				79
	STABW							0,7	0,7				
Sum-PB	MW			10				60,5	18,5				89
	STABW												

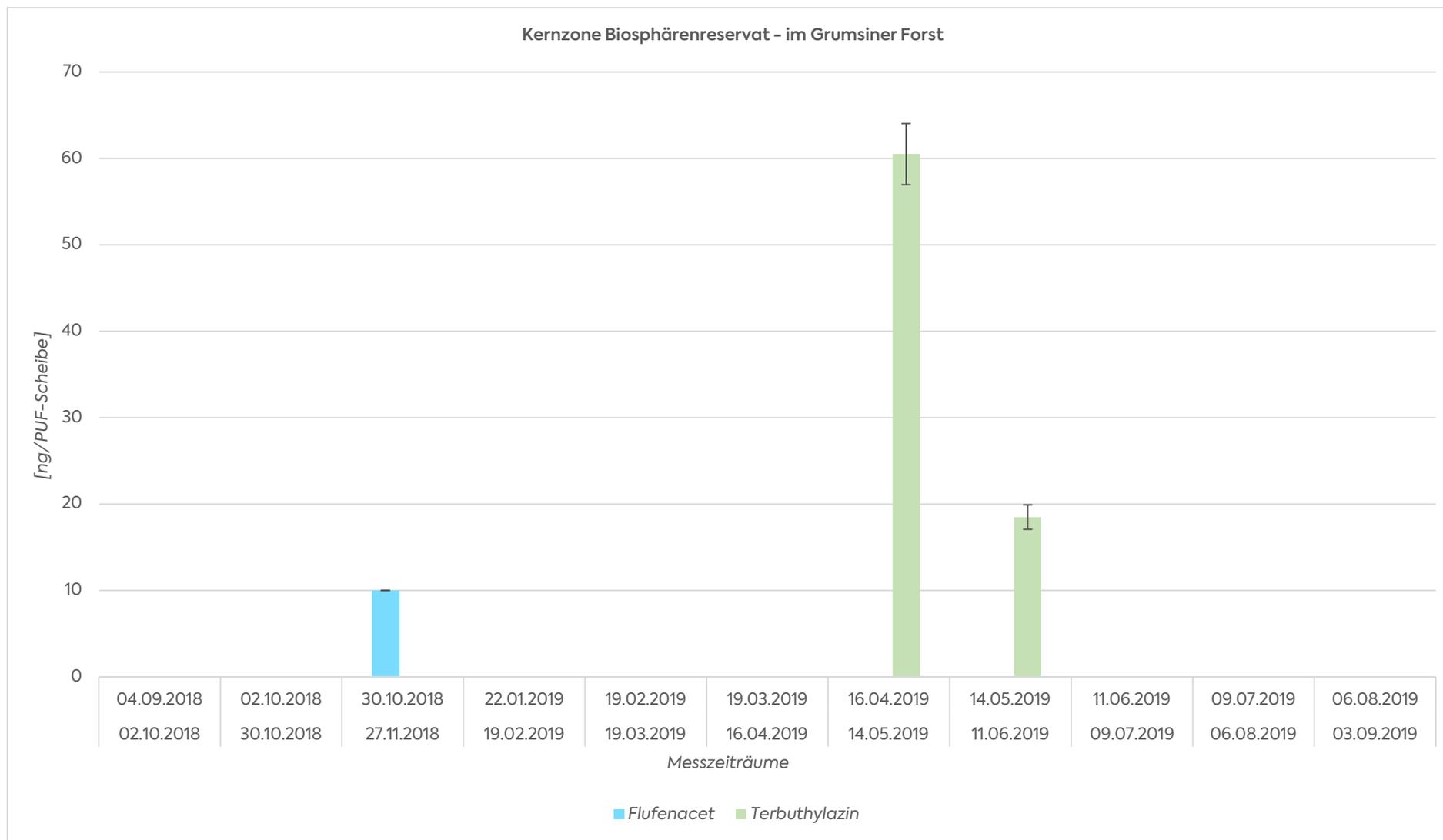


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort B (Kernzone Biosphärenreservat im Grumsiner Forst) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten

7.1.3 Standort C – Naturkostladen Wildblume in Angermünde

An Standort C gab es insgesamt sieben Nachweise: Es wurden sechs verschiedene Wirkstoffe sowie ein Abbauprodukt gefunden. Dies wird ersichtlich in Tabelle 3 und Abbildung 11. Bei den Wirkstoffen handelt es sich um das inzwischen nicht mehr zugelassene Fungizid Chlorthalonil und das seit Jahrzehnten nicht mehr zugelassene Insektizid DDT, sowie die Herbizide Chlortoluron, Flufenacet, Metazachlor, und Terbuthylazin. Bei dem Abbauprodukt handelt es sich um 4,4'-DDE.

In den Perioden 5 (vom 19.02.2019 bis 19.03.2019), 9 (vom 11.06.2019 bis 09.07.2019) und 11 (vom 06.08.2019 bis 03.09.2019) wurden keine Wirkstoffe gefunden.

Die häufigsten Nachweise erfolgten in den Perioden 2 (vom 02.10.2018 bis 30.10.2018) und 10 (vom 09.07.2019 bis 06.08.2019) mit je drei verschiedenen Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten.

Mit insgesamt vier Nachweisen über den gesamten Messzeitraum wurde am häufigsten das Abbauprodukt 4,4'-DDE gefunden.

Der höchste Wert wurde in Periode 7 vom 16.04.2019 bis zum 14.05.2019 für das Herbizid Terbuthylazin mit einem Mittelwert von 103,5 ng gemessen.

Mehrere Nachweise erfolgten nur in einer Scheibe. Diese Werte sind in Tabelle 3 mit einem Stern gekennzeichnet.

Die beiden Passivsammler an Standort C standen frei anströmbar im Hinterhof des Naturkostladens Wildblume, mitten im Ort Angermünde. Der Nachweis von sieben unterschiedlichen Pestizidwirkstoffen an diesem Standort wurde deshalb nicht erwartet. Möglicherweise kann auch in diesem Fall eine Auswertung der Spritzdaten Hinweise darauf geben, woher die an diesem Standort nachgewiesenen Pestizide stammen.

Pestizide in der Luft in Brandenburg – Umweltinstitut München e.V.

Tabelle 3: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort C (Naturkostladen Wildblume in Angermünde). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.

Naturkostladen Wildblume - in Angermünde													
Wirkstoff	Zeitraum	UKM01	UKM02	UKM03	UKM04	UKM05	UKM06	UKM07	UKM08	UKM09	UKM10	UKM11	Total
	Von	04.09.2018	02.10.2018	30.10.2018	22.01.2019	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	
	Bis	02.10.2018	30.10.2018	27.11.2018	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	03.09.2019	
Aclonifen	MW												
	STABW												
Boscalid	MW												
	STABW												
Chlorthalonil	MW						23	58,5					81,5
	STABW						0 *	24,7					
Chlortoluron	MW		22,5										22,5
	STABW		6,4										
4,4'-DDE	MW	8	8		5						7		28
	STABW	0 *	2,8		0 *						1,4		
2,4'-DDT	MW												
	STABW												
4,4'-DDT	MW										7		7
	STABW										0		
Diflufenican	MW												
	STABW												
Flufenacet	MW		18	14									32
	STABW		2,8	1,4									
Metazachlor	MW										10		10
	STABW										0 *		
Terbuthylazin	MW							103,5	21				124,5
	STABW							3,5	1,4				
Sum-PB	MW	8	48,5	14	5		23	162	21		24		305,5
	STABW		7,4					31,8			1,7		

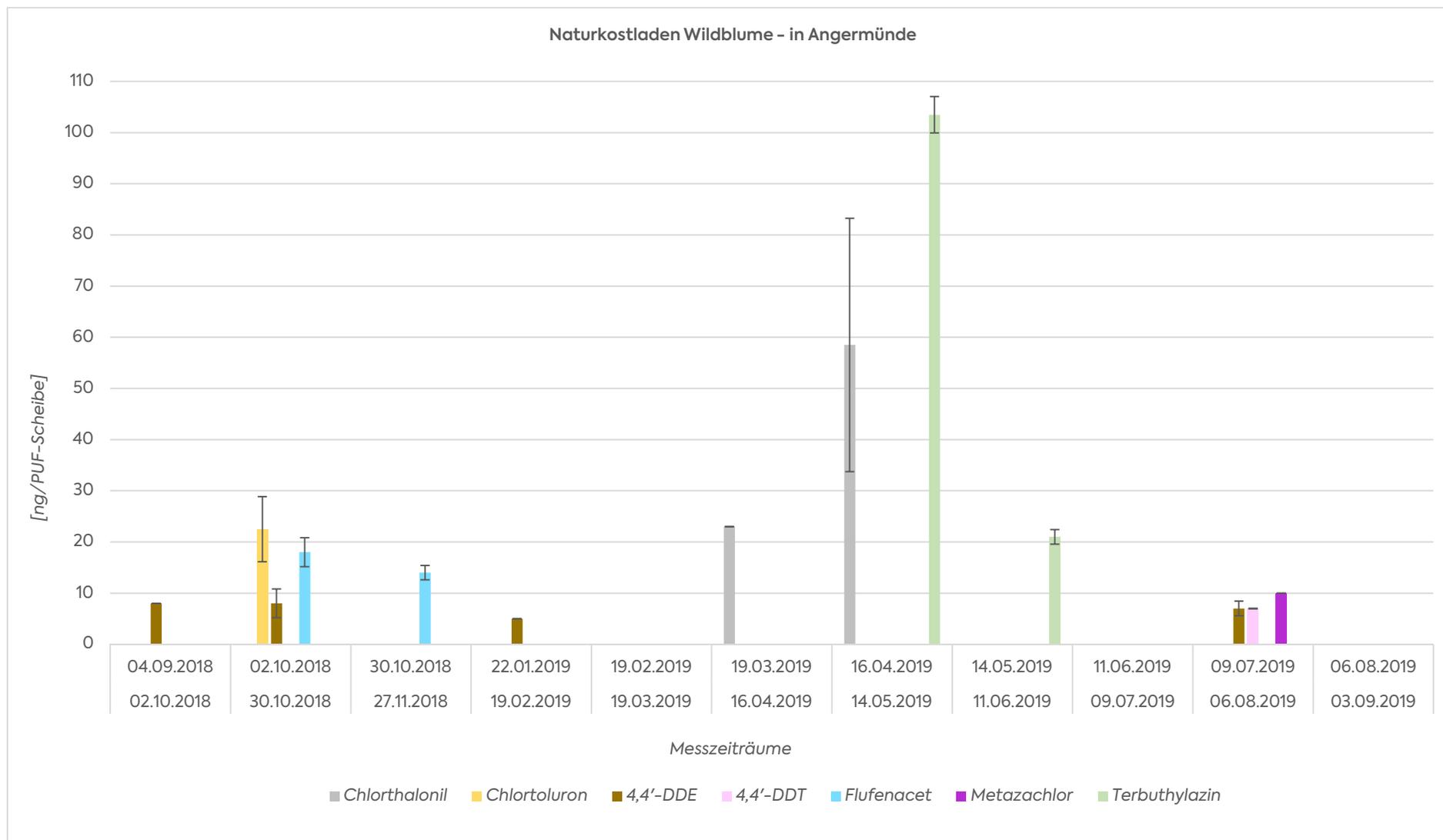


Abbildung 11: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort C (Naturkostladen Wildblume in Angermünde) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten

7.1.4 Standort D – Intensivlandwirtschaft in Lüdersdorf

An Standort D in Lüdersdorf gab es insgesamt neun Nachweise: Es wurden acht verschiedene Wirkstoffe sowie ein Abbauprodukt von DDT gefunden, wie in Tabelle 4 und Abbildung 12 zu sehen.

Damit erwies sich Standort D als am stärksten belasteter Standort in dieser Untersuchung, sowohl was die Anzahl der nachgewiesenen Wirkstoffe als auch was die Gesamtbelastung betrifft. Bei den nachgewiesenen Wirkstoffen handelt es sich um die Herbizide Aclonifen, Chlortoluron, Diflufenican, Flufenacet, Metazachlor und Terbutylazin, sowie das inzwischen nicht mehr zugelassene Fungizid Chlorthalonil und das verbotene Insektizid DDT. Bei dem Abbauprodukt von DDT handelt es sich um 4,4'-DDE.

An diesem Standort erfolgten Nachweise über den gesamten Messzeitraum. Der höchste Wert wurde in Periode 6 vom 19.03.2019 bis zum 16.04.2019 mit einem Mittelwert von 219,5 ng für das Herbizid Aclonifen gemessen. In Periode 2 vom 02.10.2018 bis 30.10.2018 wurden mit fünf verschiedenen Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten die meisten Wirkstoffe an diesem Standort nachgewiesen.

Mehrere Nachweise erfolgten nur in einer Scheibe. Diese Werte sind in Tabelle 4 mit einem Stern gekennzeichnet.

Standort D wurde bewusst in Umgebung von intensiv konventionell landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgewählt. Daher ist es nicht überraschend, dass dieser Standort der am stärksten belastete dieser Untersuchung ist. Eine Auswertung der Spritzdaten kann Aufschluss darüber geben, ob die nachgewiesenen Pestizide von den direkt angrenzenden Flächen stammen könnten, oder ob sie möglicherweise an weiter entfernten Orten eingesetzt wurden.

Pestizide in der Luft in Brandenburg – Umweltinstitut München e.V.

Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Pestizid-Belastung in [ng/PUF-Scheibe] am Standort D (Intensivlandwirtschaft in Lüdersdorf). MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, Total = Summenwert über die Messzeiträume hinweg, Sum-PB = integrierte Belastung über alle Stoffe und Messzeiträume hinweg.

Intensivlandwirtschaft - in Lüdersdorf													
Wirkstoff	Zeitraum	UKM01	UKM02	UKM03	UKM04	UKM05	UKM06	UKM07	UKM08	UKM09	UKM10	UKM11	Total
	Von	04.09.2018	02.10.2018	30.10.2018	22.01.2019	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	
	Bis	02.10.2018	30.10.2018	27.11.2018	19.02.2019	19.03.2019	16.04.2019	14.05.2019	11.06.2019	09.07.2019	06.08.2019	03.09.2019	
Aclonifen	MW					121	219,5	110,5	16				467,0
	STABW					72,1	180,3	95,5	0 *				
Boscalid	MW												
	STABW												
Chlorthalonil	MW						85	124					209,0
	STABW						0	25,5					
Chlortoluron	MW		11,5										11,5
	STABW		2,1										
4,4'-DDE	MW	67	79	64	30,5	19	19	31,5		25	81,5	56	472,5
	STABW	35,4	46,7	0 *	9,2	0	1,4	3,5		9,9	62,9	36,8	
2,4'-DDT	MW	7	7								10	7	31,0
	STABW	0 *	0 *								0 *	0 *	
4,4'-DDT	MW	6	7								6,5	7	26,5
	STABW	0	0 *								2,1	0 *	
Diflufenican	MW		15										15,0
	STABW		1,4										
Flufenacet	MW		117,5	21									138,5
	STABW		14,8	1,4									
Metazachlor	MW	14									12		26,0
	STABW	0 *									2,8		
Terbuthylazin	MW							83,5	24,5				108,0
	STABW							13,4	4,9				
Sum-PB	MW	94,0	237,0	85,0	30,5	140,0	323,5	349,5	40,5	25,0	110,0	70,0	1505,0
	STABW	29,2	47,2	30,4		72,1	102,2	40,9	6,0		36,1	28,3	

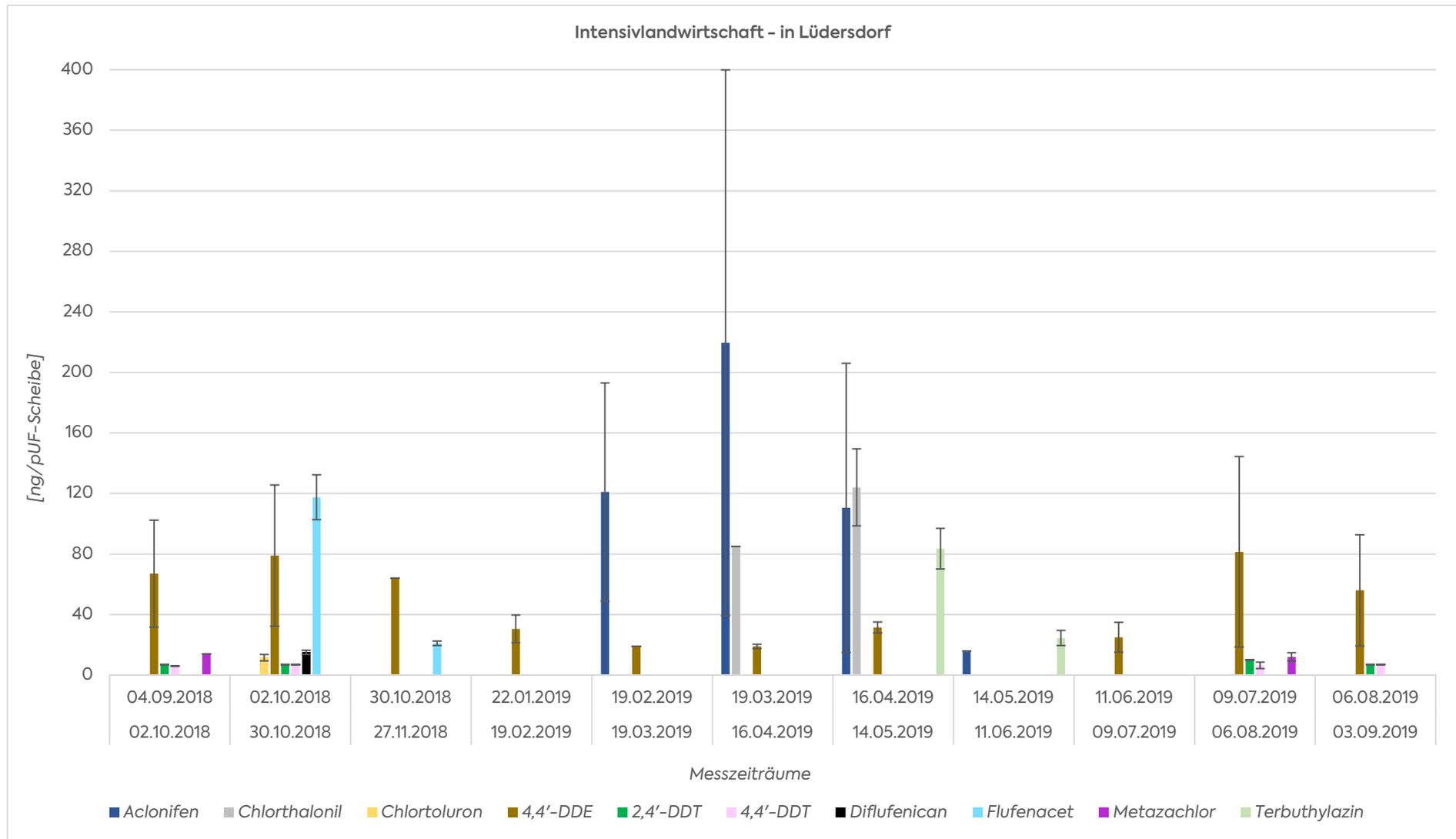


Abbildung 12: Grafische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Pestizid-Belastung an Standort D (Intensivstandort in Lüdersdorf) über alle Messperioden hinweg nach Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten

7.2 Ergebnisse und Diskussion der Messergebnisse nach Wirkstoffen

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse zum zeitlichen Verlauf der Belastung an den vier Standorten für jeden der nachgewiesenen Pestizidwirkstoffe bzw. für jedes Abbauprodukt einzeln dargestellt. Die Reihenfolge erfolgt alphabetisch. Die grafische Darstellung erfolgt mit je einem Verlaufprofil über alle Messzeiträume hinweg in den Kapiteln 7.2.1 bis 7.2.9.

Zudem wird für jeden nachgewiesenen Wirkstoff beschrieben, welche Gefahren von ihm für die Umwelt und die Gesundheit ausgehen. Als Quelle für diese Aussagen wird die Pestiziddatenbank der Europäischen Kommission¹¹ herangezogen. Die Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien erfolgt dort nach dem sogenannten global harmonisierten System (GHS) der Vereinten Nationen. Bei der Einstufung wird zwischen Gesundheitsgefahren, Umweltgefahren und physikalischen Gefahren unterschieden. Die Gefahren sind in Klassen und Kategorien unterteilt. Die Klasse steht dabei für die Art der Gefahr, die Kategorie drückt die Stärke der Gefährlichkeit eines Stoffs oder Gemischs aus. Neben einer Beschreibung der Gefahren in Worten schreibt das GHS zur Visualisierung der Gefahren die Verwendung standardisierter Piktogramme auf den Verpackungen vor. Quelle für die Zulassungssituation in der EU ist ebenfalls die Pestiziddatenbank der Kommission. Für die Zulassungen in Deutschland ist es das Pflanzenschutzmittelverzeichnis des Bundesamts für Verbraucherschutz und Landwirtschaft¹².

7.2.1 Aclonifen

Aclonifen ist ein herbizider Wirkstoff, der in der EU zugelassen ist. Mittel mit diesem Wirkstoff werden im Acker- und Gemüsebau eingesetzt.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität/H351)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut/H317)
- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend/H400 und langfristig gewässergefährdend /H410)
- Substitutionskandidat, der zwei der Kriterien aus der Gruppe persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) erfüllt

Aclonifen wurde ausschließlich am Intensivstandort in den Messperioden 5 bis 8, also vom 19.02.2019 bis zum 11.06.2019, nachgewiesen (siehe Abbildung 13). Der höchste gemessene Mittelwert liegt bei 219,5 ng in Periode 6. Da Aclonifen für den Ackerbau zugelassen ist und in Brandenburg viel Ackerbau betrieben wird, war der Fund an Standort D zu erwarten.

11 <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>

12 <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>

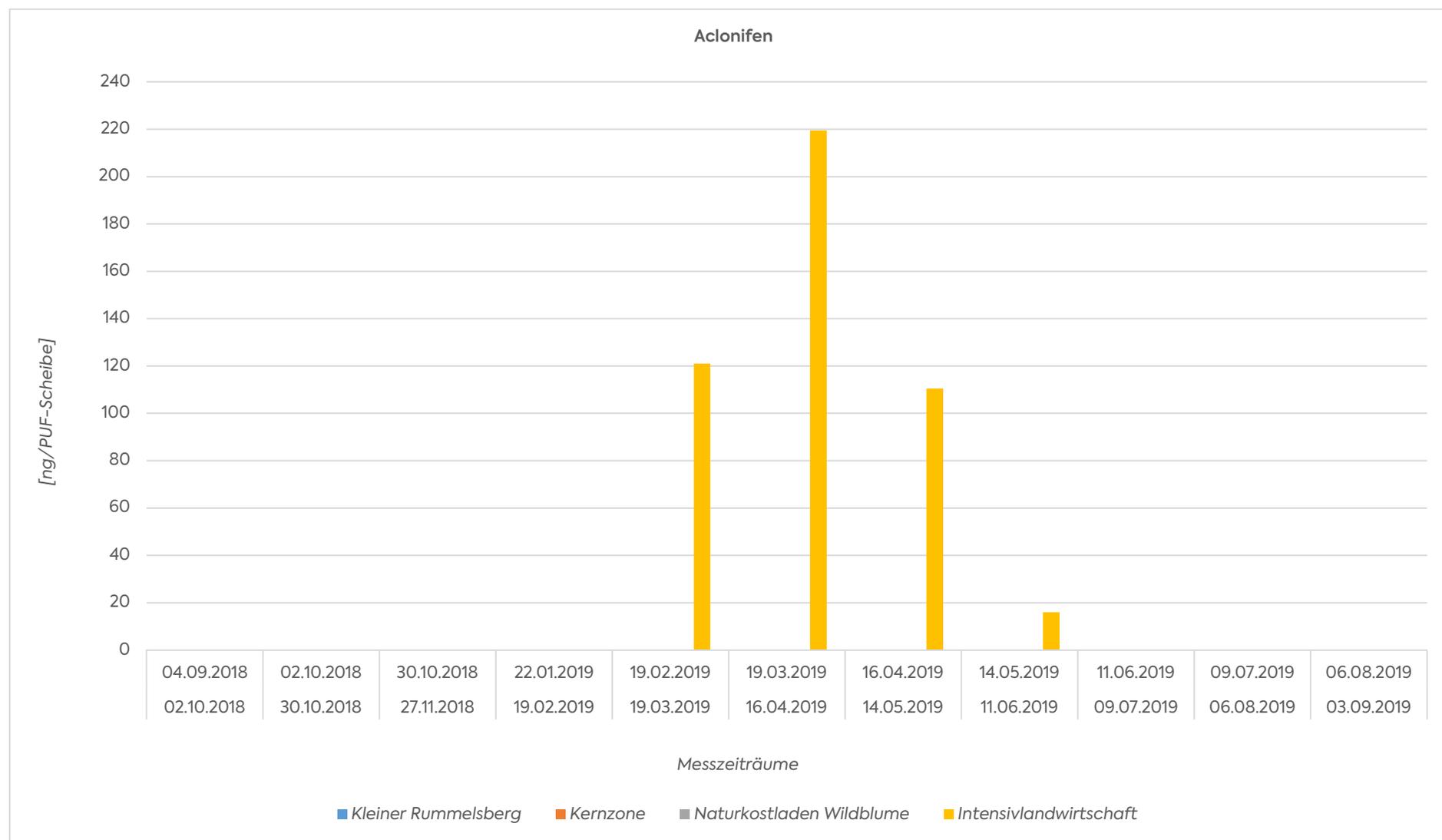


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Aclonifen über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.2 Boscalid

Boscalid ist ein fungizider Wirkstoff, der in der EU zugelassen ist. Zu seinem sehr breiten Einsatzspektrum gehört auch die Verwendung im Ackerbau.

Für Boscalid liegt in der EU-Pestizidatenbank keine Einstufung vor.

Boscalid wurde ausschließlich auf dem Kleinen Rummelsberg in Periode 1 (vom 04.09.2018 bis zum 02.10.2018) gefunden (siehe Abbildung 14). Auch dort lag der Wert mit 10 ng exakt auf der Bestimmungsgrenze.

Warum Boscalid ausschließlich am Kleinen Rummelsberg und nicht an anderen Standorten nachgewiesen werden konnte, lässt sich nicht einfach erklären. In der unmittelbaren Umgebung dürfte der Wirkstoff nicht eingesetzt worden sein, da die umliegenden Flächen biologisch bewirtschaftet werden und der Einsatz von Boscalid demnach auf diesen Flächen nicht erlaubt ist. Woher der Eintrag in den Passivsammlern stammt, lässt sich möglicherweise nach einer Auswertung der Spritzdaten erklären.

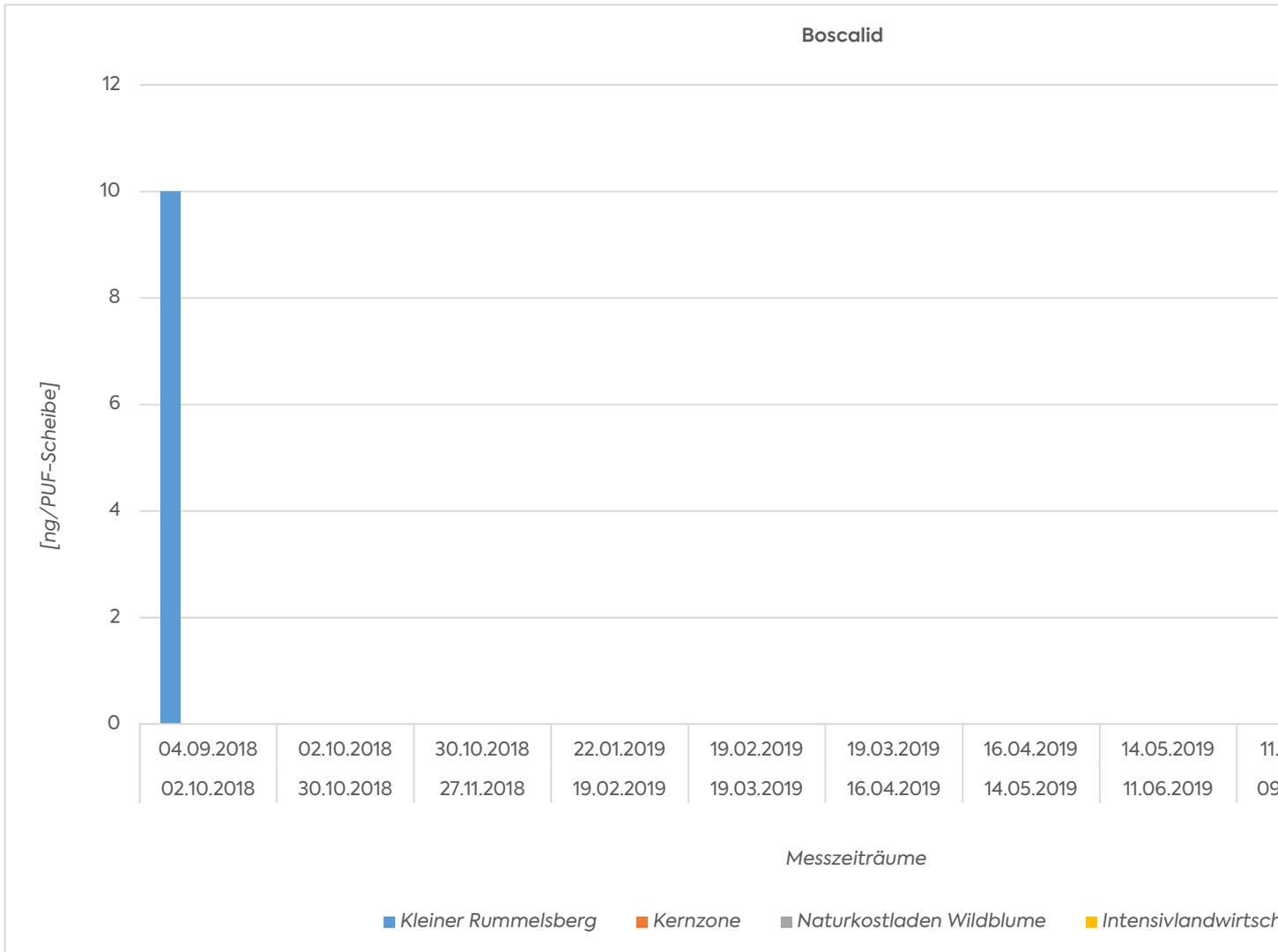


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Boscalid über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.3 Chlorthalonil

In der EU-Pestiziddatenbank ist der Wirkstoff unter der Schreibweise Chlorothalonil zu finden. Mittlerweile (seit Oktober 2019) ist dieser fungizide Wirkstoff auf EU-Ebene nicht mehr zugelassen. Seit Mitte 2020 ist die Anwendung von Mitteln, die diesen Wirkstoff enthalten, in Deutschland aus diesem Grund nicht mehr erlaubt. Während des Untersuchungszeitraums war die Anwendung noch gestattet.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut/H317)
- Wirkstoff, der schwere Augenschäden verursacht (schwere Augenschädigung/Augenreizung/H318)
- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität/H351)
- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend/H400 und langfristig gewässergefährdend /H410)
- lebensgefährlich beim Einatmen (Akute Toxizität/H330)
- Wirkstoff, der die Atemwege reizen kann (Spezifische Zielorgan Toxizität; einmalige Exposition/H335)

Chlorthalonil wurde an drei Standorten nachgewiesen: Am Intensivstandort, auf dem Kleinen Rummelsberg und in Angermünde/Naturkostladen Wildblume (siehe Abbildung 15). Die Nachweise erfolgten in den Perioden 6 und 7 vom 19.03.2019 bis zum 14.05.2019. Der höchste Mittelwert mit 124 ng wurde am Intensivstandort in Periode 7 gemessen.

Mit Nachweisen an drei Standorten gehört Chlorthalonil zu den am weitesten verbreiteten Wirkstoffen dieser Untersuchung.

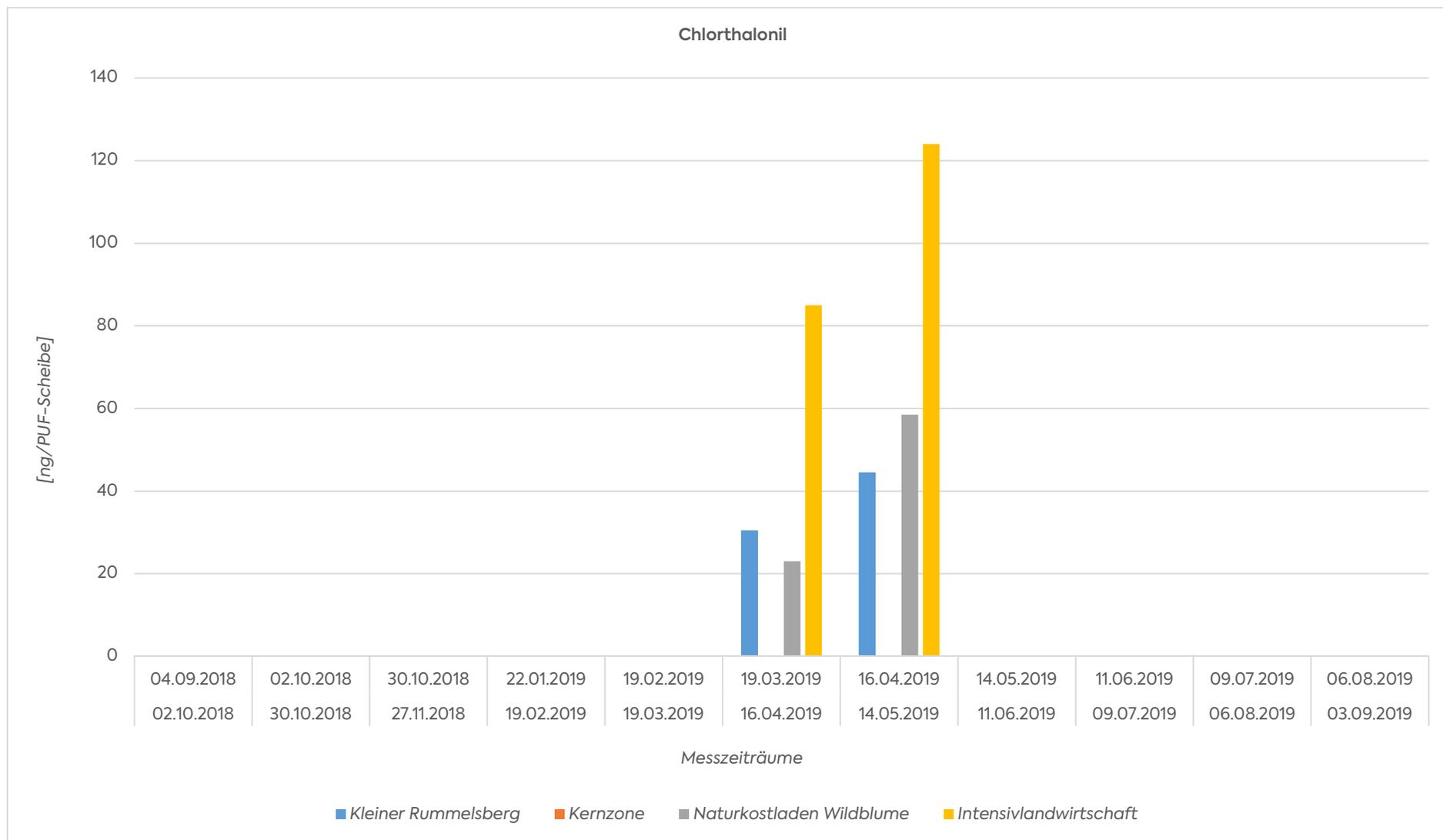


Abbildung 15: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Chlorthalonil über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.4 Chlortoluron

In der EU-Pestiziddatenbank ist der Wirkstoff unter der Schreibweise Chlorotoluron zu finden. Chlortoluron ist ein in der EU zugelassener herbizider Wirkstoff. In Deutschland kommen Mittel mit Chlortoluron beim Anbau von Wintergetreide zum Einsatz.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität/H351)
- Wirkstoff, der vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen kann (reproduktionstoxisch/H361d)
- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend/H400 und langfristig gewässergefährdend/H410)
- Substitutionskandidat, der zwei der Kriterien aus der Gruppe persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) erfüllt

Der Wirkstoff wurde an drei Standorten nachgewiesen: Dem Kleinen Rummelsberg, dem Intensivstandort und in Angermünde/Naturkostladen Wildblume. Die Nachweise von Chlortoluron beschränken sich auf den zweiten Messzeitraum vom 02.10.2018 bis 30.10.2018 (siehe Abbildung 16). Alle nachgewiesenen Werte lagen recht knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng. Der höchste Mittelwert wurde am Naturkostladen Wildblume in Angermünde gemessen. Er lag bei 22,5 ng.

Mit Nachweisen an drei Standorten gehört Chlortoluron ebenfalls zu den am weitesten verbreiteten Wirkstoffen dieser Untersuchung.

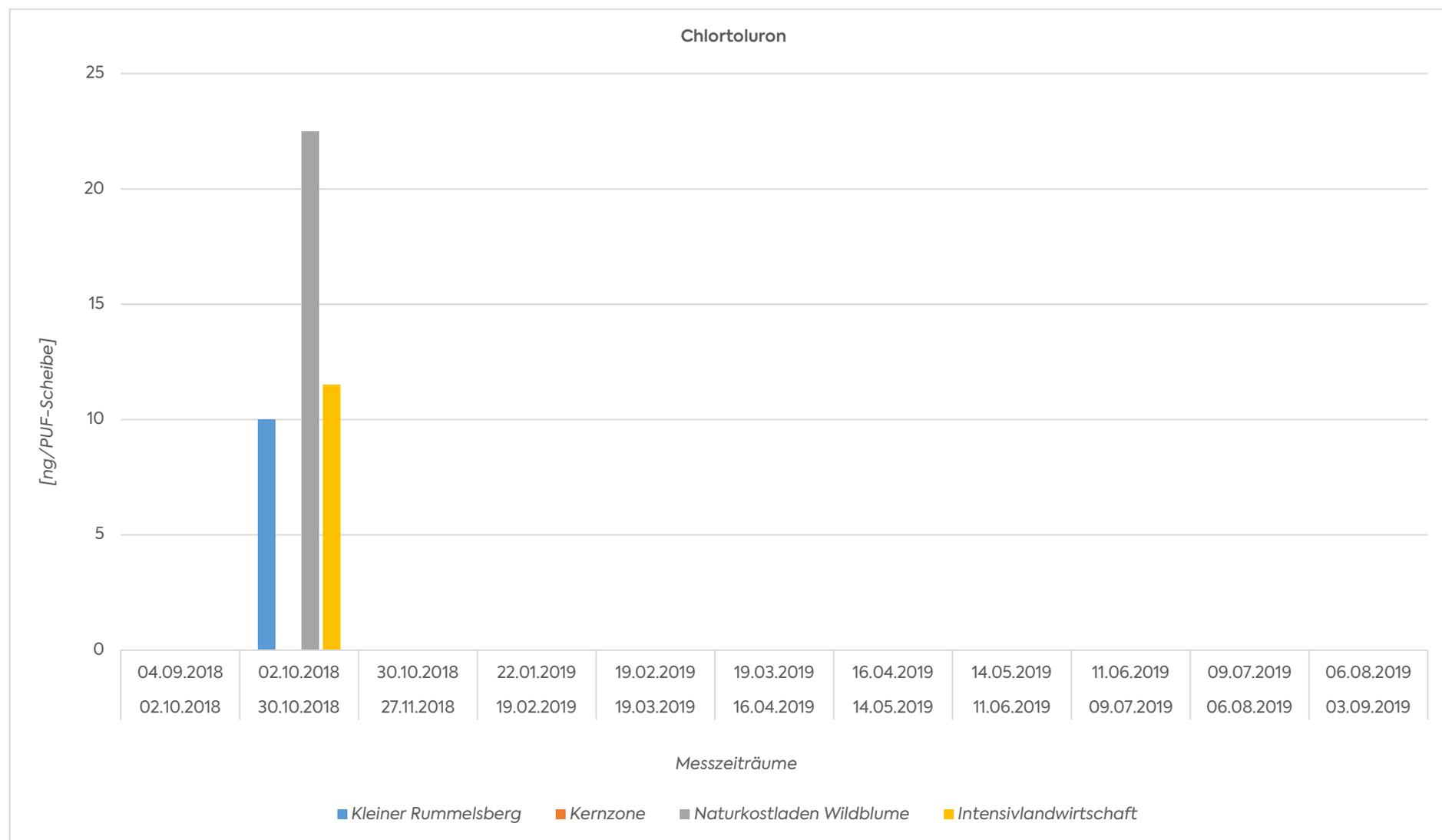


Abbildung 16: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Chlortoluron über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.5 Diflufenican

Der herbizide Wirkstoff ist in der EU zugelassen. Mittel mit diesem Wirkstoff werden in Deutschland überwiegend beim Getreideanbau eingesetzt.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung (langfristig gewässergefährdend/H412)
- Substitutionskandidat, der zwei der Kriterien aus der Gruppe persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) erfüllt

Diflufenican wurde lediglich einmal an einem Standort nachgewiesen: Der Nachweis erfolgte in Periode 2 (02.10.2018 bis 30.10.2018) am Intensivstandort (siehe Abbildung 17). Mit 15 ng lag der gemessene Wert nur knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng.

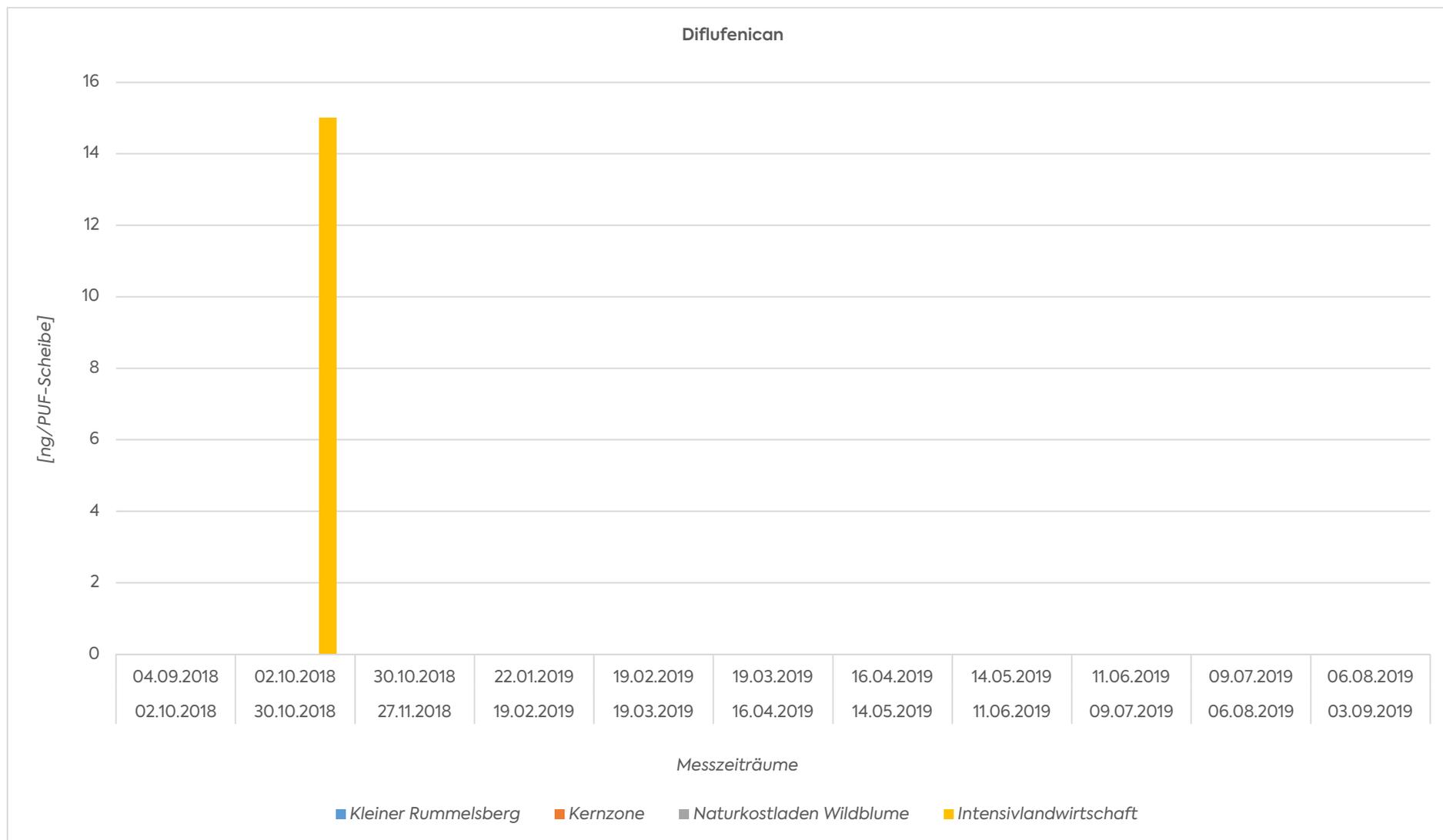


Abbildung 17: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Diflufenican über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.6 Flufenacet

Flufenacet ist ein Herbizid-Wirkstoff, der in der EU zugelassen ist.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestizidatenbank eingestuft als:

- gesundheitsschädlich bei Verschlucken (akute Toxizität/H302)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut/H317)
- Wirkstoff, der die Organe schädigen kann bei längerer oder wiederholter Exposition (bei längerem oder wiederholtem Einatmen/Hautkontakt/Verschlucken); (Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition) /H373)
- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend/H400 und langfristig gewässergefährdend/H410)
- Substitutionskandidat, der zwei der Kriterien aus der Gruppe persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) erfüllt

Flufenacet ist an allen vier Standorten nachweisbar und gehört damit zu einem der zwei Wirkstoffe, die an allen Standorten nachgewiesen wurden. Die Funde konzentrieren sich auf die Messzeiträume 2 und 3, vom 02.10.2018 bis zum 27.11.2018 (siehe Abbildung 18). In Periode 2 wurde der Wirkstoff nicht in der Kernzone nachgewiesen. Während sich alle anderen Nachweise zwischen 10 und 21 ng bewegen, sticht ein Wert heraus: In Periode 2 wurde am Intensivstandort ein Mittelwert von 117,5 ng gemessen.

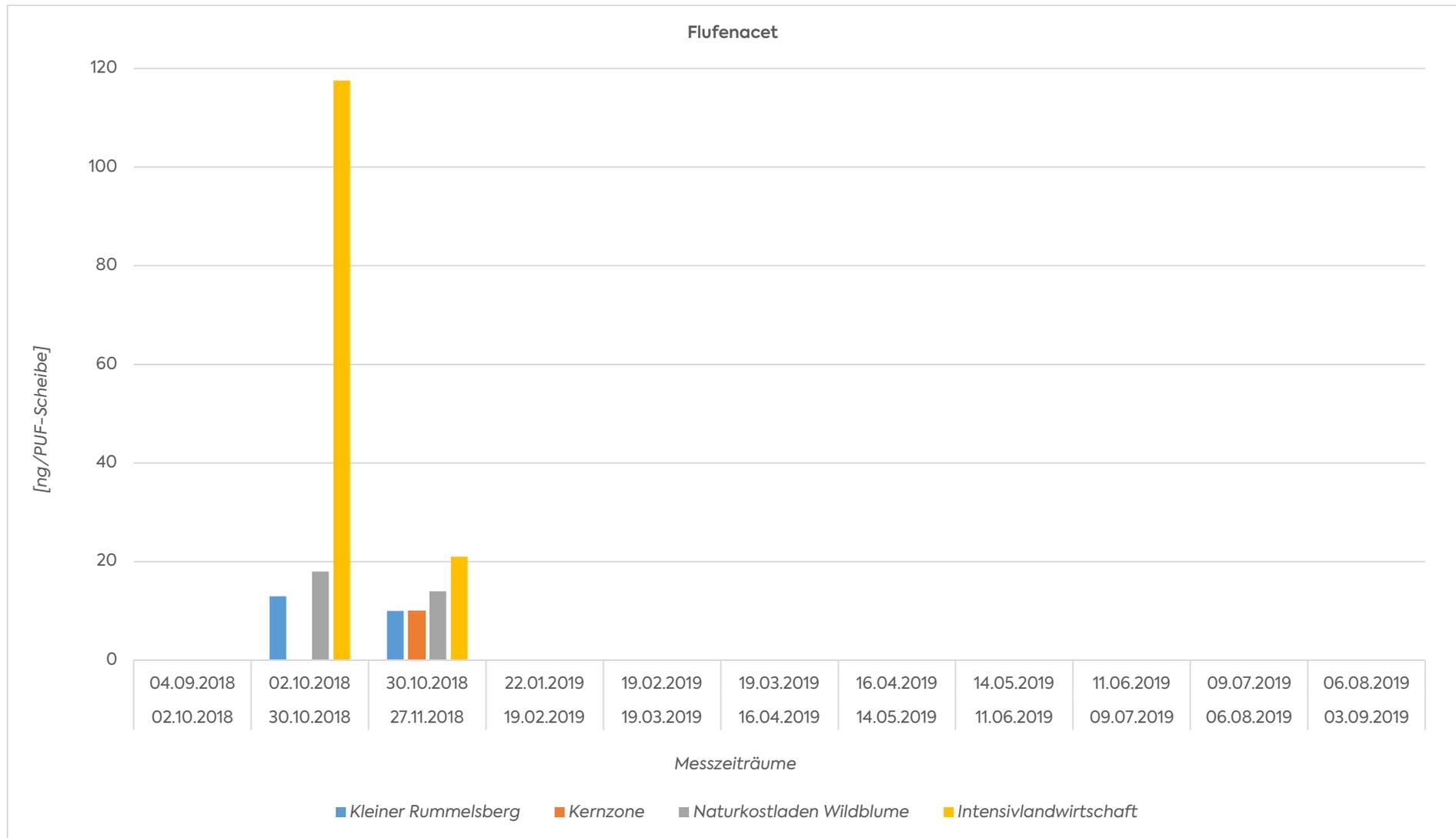


Abbildung 18: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Flufenacet über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.7 Metazachlor

Metazachlor ist ein Herbizid-Wirkstoff, der in der EU zugelassen ist. In Deutschland werden Mittel mit diesem Wirkstoff hauptsächlich im Ackerbau eingesetzt.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend/H400 und langfristig gewässergefährdend H410)
- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität/H351)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut/H317)
- gesundheitsschädlich bei Verschlucken (akute Toxizität/H302)

Metazachlor konnte an zwei Standorten nachgewiesen werden: Am Intensivstandort und in Angermünde/Naturkostladen Wildblume. Am Intensivstandort trat der Wirkstoff in Periode 1 (04.09.2018 bis 02.10.2018) und 9 (09.07.2019 bis 06.08.2019) auf, am Naturkostladen in Periode 9 (siehe Abbildung 19). Die Nachweise entsprachen der Bestimmungsgrenze von 10 ng, oder lagen nur knapp darüber.



Abbildung 19: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Metazachlor über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.8 Terbuthylazin

Terbuthylazin ist ein Herbizid, das hauptsächlich im Ackerbau gegen ein vergleichsweise breites Spektrum von Beikräutern eingesetzt wird.

Der Wirkstoff ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der bei längerer oder wiederholter Exposition innere Organe schädigen kann (organschädigend / H373)
- gesundheitsschädlich beim Verschlucken (akut toxisch / H302)
- gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (akut gewässergefährdend / H400 und langfristig gewässergefährdend H410).

Wie in Abbildung 20 zu sehen ist, wurde Terbuthylazin an allen vier Standorten gefunden und ist damit einer der beiden Wirkstoffe, die an allen Standorten nachgewiesen werden konnten. Der Wirkstoff wurde in den zwei Messzeiträumen 7 und 8 nachgewiesen, vom 16.04.2019 bis zum 11.06.2019. Der höchste Wert wurde in Periode 7 (16.04.2019 bis 14.05.2019) mit einem Mittelwert von 103,5 ng an Standort C, dem Naturkostladen Wildblume in Angermünde nachgewiesen.

Der Stoff ist aus anderen Untersuchungen bereits als sehr flüchtig bekannt. So wurde Terbuthylazin bei einer Untersuchung von Baumrinden von 2014 bis 2018 in 49 Prozent der Proben nachgewiesen. Damit war Terbuthylazin einer der am häufigsten vorkommenden Wirkstoffe dieser Untersuchung (Hofmann et al., 2019). Weitere Untersuchungen mit Passivsammlern und PUF-Matrix in Deutschland weisen ebenfalls auf eine weite Verbreitung von Terbuthylazin hin (Kruse-Platz et al., 2021).

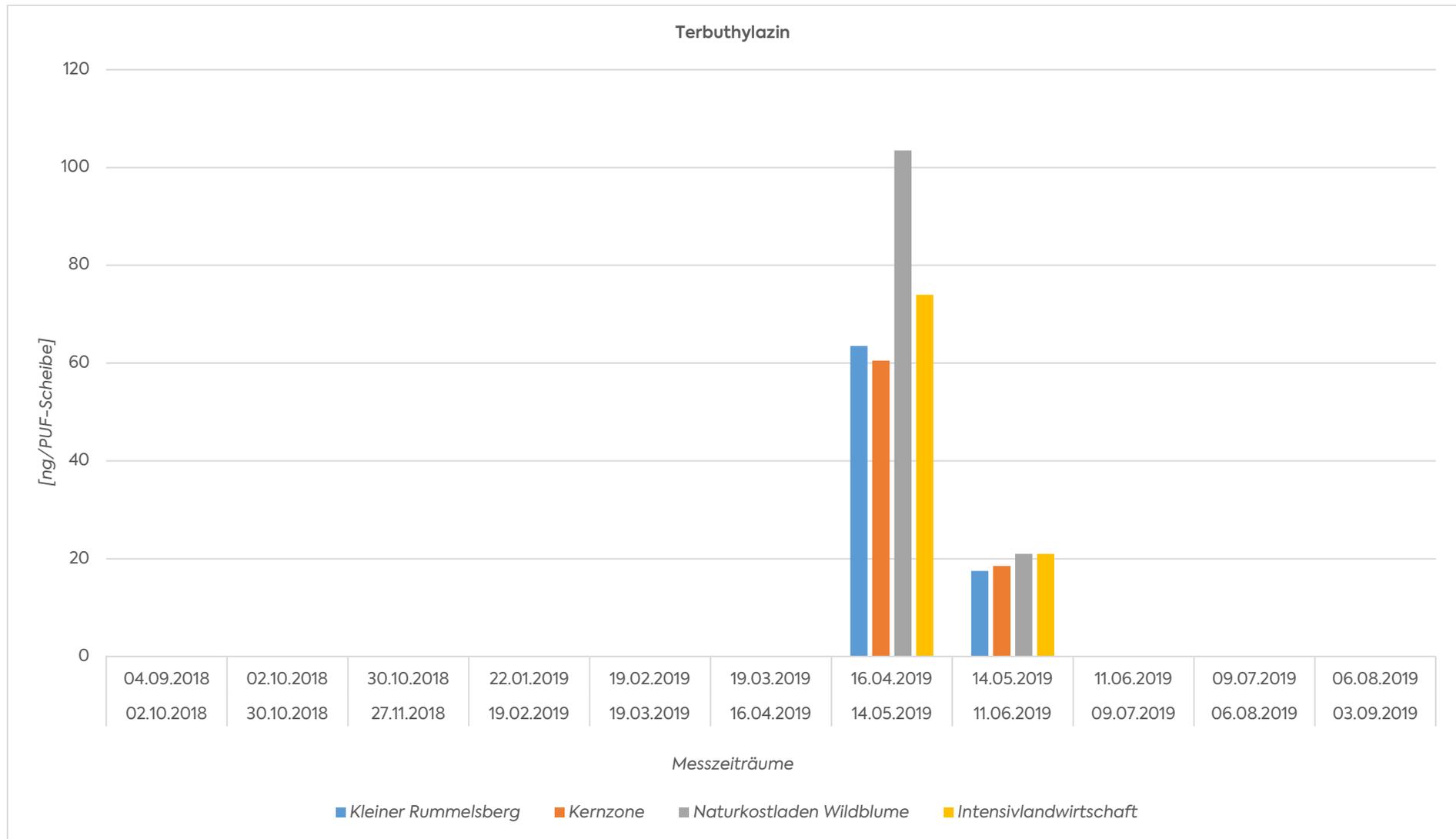


Abbildung 20: Grafische Darstellung der Funde des Wirkstoffs Terbuthylazin über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

7.2.9 DDT und seine Abbauprodukte

4,4'-DDE – auch unter der Schreibweise p,p'-DDE bekannt – war das in der vorliegenden Untersuchung einzige nachgewiesene Abbauprodukt von DDT (siehe Abbildung 21). Es konnte an drei Standorten nachgewiesen werden. Am Intensivstandort erfolgte bis auf eine Ausnahme in Periode 8 (14.05.2019 bis 11.06.2019) in allen Messperioden ein Nachweis. Am Intensivstandort bewegten sich die nachgewiesenen Mittelwerte von 19 ng bis hin zu einem Höchstwert von 81,5 ng. Auch auf dem Kleinen Rummelsberg und in Angermünde/Naturkostladen Wildblume wurde das Abbauprodukt nachgewiesen. Die Nachweise lagen an diesen Standorten jeweils knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 5 ng und beschränkten sich außerdem auf wenige Messzeiträume: Am Standort Angermünde/Naturkostladen Wildblume auf die Perioden 1 und 2 (04.09.2018 bis 30.10.2018) sowie die Perioden 4 (22.01.2019 bis 19.02.2019) und 10 (09.07.2019 bis 06.08.2019), am Standort Kleiner Rummelsberg auf die Perioden 2 und 4.

Das DDT-Isomer 2,4'-DDT (auch o,p'-DDT genannt) wurde ausschließlich am Intensivstandort nachgewiesen, die Werte bewegen sich zwischen 7 und 10 ng (siehe Abbildung 22). Die Nachweise erfolgten in den Perioden 1 und 2 (vom 04.09.2018 bis zum 30.10.2018) sowie den Perioden 10 und 11 (vom 09.07.2019 bis zum 03.09.2019). Alle Nachweise erfolgten lediglich in einer Scheibe.

Das Isomer 4,4'-DDT (auch genannt: p,p'-DDT) wurde an zwei Standorten nachgewiesen (siehe Abbildung 23): Am Intensivstandort sowie in Angermünde/Naturkostladen Wildblume. Die Nachweise am Intensivstandort wurden in den Perioden 1 und 2 vom 04.09.2018 bis zum 30.10.2018, sowie in den Perioden 10 und 11 vom 09.07.2019 bis zum 03.09.2019 erbracht. In Angermünde wurde das Abbauprodukt in Periode 10 (09.07.2019 bis 06.08.2019) nachgewiesen. Die Werte bewegen sich alle knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 5 ng. Da 2,4'-DDT und 4,4'-DDT die zwei Isomere darstellen, in denen DDT als Wirkstoff vorliegt, werden sie in der vorliegenden Untersuchung als ein Pestizidwirkstoff gezählt.

DDT wurde bereits in den 1940er Jahren zugelassen und war über Jahrzehnte hinweg das weltweit am meisten verkaufte Insektizid. 1972 wurde die Ausbringung von DDT in der BRD verboten, 1989 folgte der Herstellungsstopp in der DDR (Verwendung bis 1990¹³) und damit auch in Brandenburg als Teil der ehemaligen DDR. Es wirkt als Kontakt-Fraßgift. DDT wird in der Natur nur langsam abgebaut^{14 15}, was die Funde von DDT an zwei Standorten in der vorliegenden Untersuchung bestätigen. Nach drei Jahrzehnten Anwendungsstopp konnte also immer noch unabgebautes DDT in der Luft nachgewiesen werden. Beim Abbau entstehen die Verbindungen DDE und DDD, die ebenfalls sehr langlebig sind. DDT und dessen Abbauprodukte reichern sich aufgrund ihrer Eigenschaften in der Nahrungskette an. DDT und einige seiner Abbauprodukte sind endokrin, also hormonell wirksam. Hormonell wirksame Chemikalien (auch endokrine Disruptoren oder kurz EDC genannt) sind synthetische Stoffe, die ähnlich wirken wie körpereigene Hormone. Dies kann die Grundlage für die Entstehung von Krankheiten sein, wie z.B. Fruchtbarkeitsstörungen oder hormonbedingte Krebsarten¹⁶. Das Abbauprodukt DDE steht ebenfalls im Verdacht, kanzerogen und mutagen zu wirken¹⁷.

¹³https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/suchregister/doc/507.pdf (03.06.2022)

¹⁴https://www.chemie.de/lexikon/DDT.html#Umweltverhalten_und_.C3.96kotoxikologie (04.05.22)

¹⁵<https://www.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=80&toxid=20> (04.05.22)

¹⁶https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17015/State_Science_Endocrine_Disrupting_Chemicals.pdf?sequence=1&isAllowed=1 (08.06.2022)

¹⁷https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/selected_results/19203 (10.05.22)

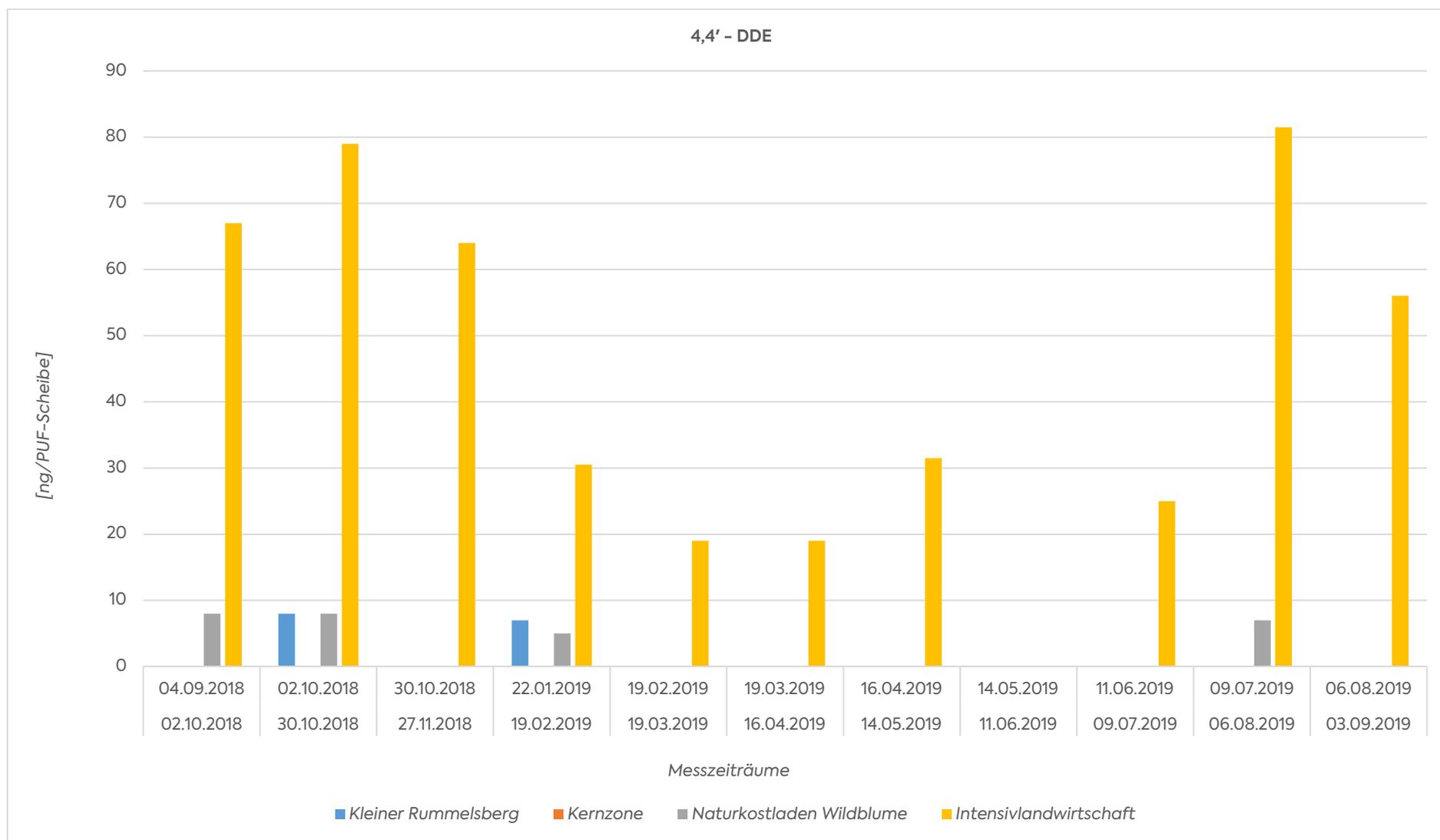


Abbildung 21: Grafische Darstellung der Funde des Abbauprodukts 4,4'-DDE über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

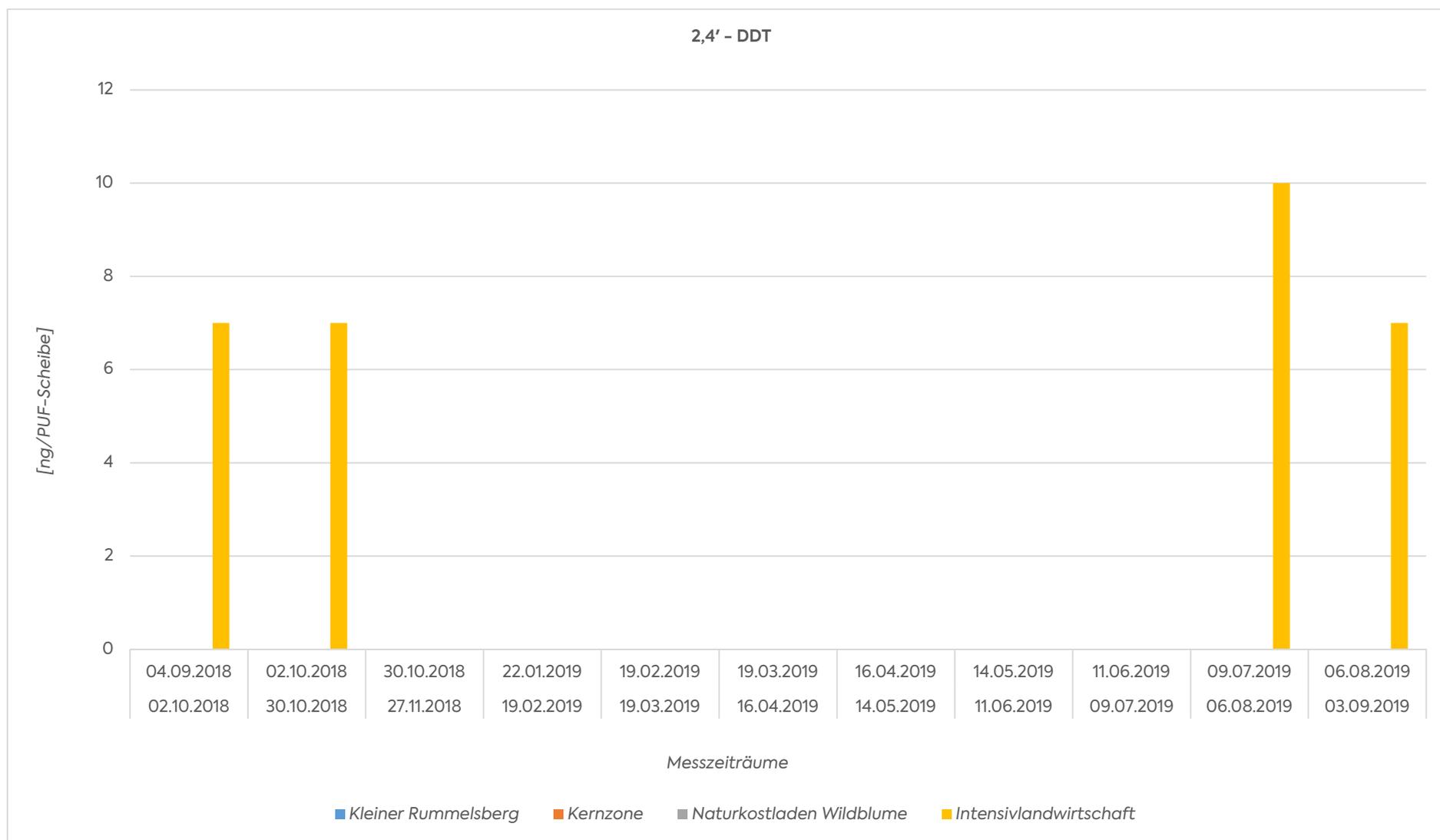


Abbildung 22: Grafische Darstellung der Funde von 2,4'-DDT über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

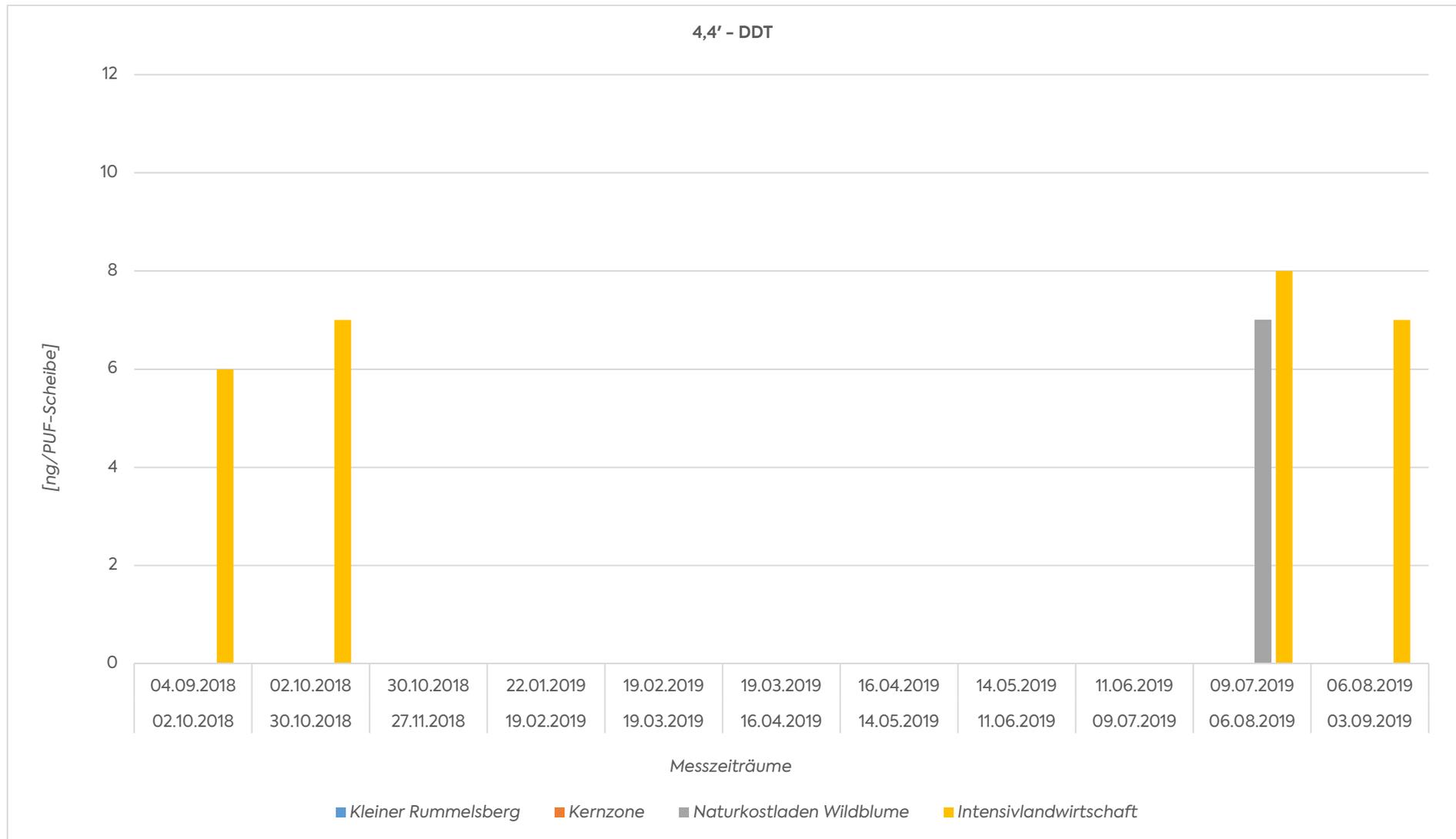


Abbildung 23: Grafische Darstellung der Funde von 4,4'-DDT über alle Standorte und den gesamten Messzeitraum hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert aus beiden Passivsammlern pro Standort in [ng/PUF-Scheibe]. Dargestellt sind die vier Standorte Kleiner Rummelsberg (blau), Kernzone (orange), Naturkostladen Wildblume (grau) und Intensivlandwirtschaft (gelb).

8 Fazit

Die vorliegende Untersuchung zeigt einmal mehr deutlich, dass Pestizide auch an Orte verfrachtet werden, an denen sie nicht eingesetzt werden. Je näher ein Standort an intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen gelegen ist, desto höher ist seine Belastung, sowohl was die Gesamtanzahl an nachgewiesenen Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten angeht als auch im Hinblick auf die Gesamtkonzentration. Außerdem zeigt sich auch in dieser Untersuchung, dass fast 30 Jahre (zum Zeitpunkt der Messungen) nach dem Verbot von DDT in der damaligen DDR sowohl der Wirkstoff selbst, als auch dessen Abbauprodukte präsent sind.

In der vorliegenden Untersuchung wurde nach vergleichsweise wenigen Wirkstoffen gesucht. Es lässt sich vermuten, dass bei einer größeren Auswahl weitere Wirkstoffe gefunden worden wären, die für den Ackerbau zugelassen sind, so etwa Pendimethalin und Prosulfocarb, die in anderen Untersuchungen immer wieder durch ihre weite Verbreitung aufgefallen sind und die regelmäßig Konflikte mit ökologischer pflanzlicher Produktion verursachen.

Zwei Wirkstoffe wurden an allen Standorten nachgewiesen: Die Herbizide Flufenacet und Terbuthylazin. Terbuthylazin wurde bereits in anderen Untersuchungen häufig nachgewiesen (z.B. Kruse-Platz et al., 2021). Da Terbuthylazin und dessen Metaboliten zu Problemen im Grundwasser führen, gelten seit Ende 2021 bestimmte Auflagen bei der Anwendung¹⁸. Diese Auflagen galten jedoch noch nicht zum Zeitpunkt der Messungen zu der vorliegenden Veröffentlichung.

Auch Flufenacet verursacht Probleme im Grundwasser: Beim Abbau des Wirkstoffs entsteht Trifluoracetat (TFA), das sich kaum aus dem Trinkwasser herausfiltern lässt. In Deutschland wurden schon hohe Konzentrationen im Grundwasser nachgewiesen, was die Trinkwasserversorgungsunternehmen vor Probleme stellt¹⁹. Das Umweltbundesamt, das an der Zulassung von Pestiziden in Deutschland beteiligt ist, erklärte sein Einverständnis für die Zulassung eines Mittels, das Flufenacet enthält nur unter der Voraussetzung, dass bestimmte Anwendungsbeschränkungen eingehalten werden. Diese Anwendungsbeschränkungen wurden allerdings vom Verwaltungsgericht Braunschweig als rechtswidrig angesehen und wieder gekippt^{20, 21}.

Besonders auffällig an den Ergebnissen in dieser Untersuchung ist, dass von neun nachgewiesenen Pestizidwirkstoffen vier so problematisch sind, dass sie in der EU möglichst durch weniger giftige Pestizide ersetzt werden sollen und zwei davon bereits verboten wurden – DDT und Chlorthalonil. Die vier noch nicht verbotenen, problematischen Wirkstoffe werden in der EU-Pestizidatenbank als sogenannte Substitutionskandidaten geführt. Es handelt sich dabei um die Herbizide Aclonifen, Chlortoluron, Diflufenican und Flufenacet. Metazachlor, ebenfalls ein herbizider Wirkstoff, ist zwar bisher nicht als Substitutionskandidat eingestuft worden, gilt aber als vermutlich krebserregend sowie als gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung.

¹⁸https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/04_pflanzenschutzmittel/2021/2021_09_08_Fa_Neue_AWB_f%C3%BCr_alle%20Terbuthylazin-haltigen_PSM.html

¹⁹<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/uba-schutz-der-biologischen-vielfalt-im>

²⁰https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/04_pflanzenschutzmittel/2021/2021_03_30_Fa_Flufenacet_AWB_NG356_Umsetzung_Gerichtsurteil.html

²¹ In einer Vorgängerversion des Berichts haben wir geschrieben, dass die Anwendungseinschränkungen für Flufenacet in Kraft sind, diese wurden jedoch zum 30.03.2021 wieder aufgehoben.

Die beiden Substitutionskandidaten Flufenacet und Chlortoluron sowie Metazachlor wurden auch in dem besiedelten, städtischen Standort in Angermünde nachgewiesen.

In der Kernzone des Biosphärenreservats wurden mit Terbutylazin und Flufenacet zwar nur zwei Wirkstoffe gefunden. Die Wahl der Standorte bestätigt jedoch, dass auch Orte, die aufgrund ihrer Flora und Fauna als besonders schützenswert eingestuft sind, nicht vor dem Eintrag von Pestiziden auf dem Luftweg sicher sind. An allen Standorten wurden mehrere Pestizidwirkstoffe bzw. Abbauprodukte nachgewiesen. Welche Auswirkungen die nachgewiesenen Pestizide auf das jeweilige Ökosystem haben, ist nicht geklärt. Dies gilt insbesondere für das Zusammenwirken der verschiedenen Pestizidwirkstoffe²². Die Wechselwirkungen dieser Stoffe – der sogenannte Cocktaileffekt – auf den Menschen und die Umwelt sind noch nahezu unerforscht. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stützen die Ergebnisse ähnlicher Studien, die nahe legen, dass selbst dort, wo keine Pestizide ausgebracht werden, mit einem Pestizidcocktail in der Luft gerechnet werden muss.

22 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/umweltrisiken-durch-pestizid-cocktails-werden>

9 Handlungsempfehlungen an die Politik

Für den vorliegenden Bericht wurden zwar nur wenige Standorte auf das Vorkommen und die Verbreitung von Pestiziden in der Luft untersucht. Dennoch stützt der Bericht die Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen und legt nahe, dass es höchstwahrscheinlich kaum einen Ort (in Deutschland) gibt, an dem keine Pestizide nachweisbar sind. Dies scheint auch für besonders schützenswerte Gebiete wie Naturschutzgebiete und FFH-Gebiete zu gelten.

Langfristig ist nach Ansicht des Umweltinstituts ein Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide zum Erhalt der Artenvielfalt unverzichtbar. Kurzfristig sollten die folgenden zwei Maßnahmen umgesetzt werden: ein Anwendungsverbot von Pestiziden innerhalb von Schutzgebieten, sowie die Ausweisung von Zonen rund um Schutzgebiete, in denen keine Pestizide eingesetzt werden dürfen. Die Ausweisung von Schutzzonen fordern beispielsweise Wissenschaftler:innen des Entomologischen Vereins Krefeld²³, die an einer Studie zur Pestizidbelastung von Insekten beteiligt waren, die Ende 2021 veröffentlicht wurde. Diese Untersuchung belegte, dass Insekten, die in Schutzgebieten leben, mit zahlreichen Pestiziden belastet sind²⁴.

Bis heute ist nicht eindeutig geklärt, wie es zu der starken Verbreitung von Pestizidwirkstoffen kommt. Die Ergebnisse dieser und ähnlicher Untersuchungen, die in den vorausgegangenen Kapiteln erwähnt wurden, lassen den Schluss zu, dass beim Zulassungsverfahren von Pestizidwirkstoffen auf EU-Ebene und bei der Zulassung der einzelnen Mittel auf nationaler Ebene bisher nicht ausreichend berücksichtigt wird, wie weit sich Wirkstoffe unter realen Bedingungen tatsächlich verbreiten. Die Zulassungsverfahren müssen dahingehend dringend reformiert werden. Ebenso unabdinglich ist es, ein Nachzulassungsmonitoring einzuführen (also eine kontinuierliche Überwachung der Verbreitung von zugelassenen Wirkstoffen), um überhaupt feststellen zu können, ob sich Wirkstoffe in der Realität so verhalten, wie es zum Zulassungszeitpunkt angenommen wurde. Im nächsten Schritt muss die Möglichkeit geschaffen werden, den Einsatz auffälliger Wirkstoffe umgehend zu unterbinden – auch, wenn diese eine gültige Zulassung auf EU-Ebene besitzen.

Des Weiteren wird bei der Zulassung von Pestiziden die gängige Praxis kaum beachtet: Landwirt:innen bringen pro Spritzvorgang nicht nur ein einzelnes Mittel aus, sondern auch sogenannte Tankmischungen. Beim Spritzen von Tankmischungen landen mehrere Mittel gleichzeitig auf dem Acker. Ebenfalls nicht unüblich ist es, dass unterschiedliche Pestizide kurz hintereinander ausgebracht werden. Das Problem dabei: Wenn verschiedene Wirkstoffe oder Spritzmittel miteinander vermischt werden, kann dies die Wirkung der Stoffe beeinflussen. Sie kann sich etwa verstärken, oder es ergeben sich völlig neue und unvorhersehbare Auswirkungen. Die Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit, die von Pestizid-Cocktails ausgehen, müssen daher im Zulassungsverfahren deutlich stärker berücksichtigt werden.

Bisher ist nicht bekannt, wo welche Pestizide in welchem Umfang tatsächlich eingesetzt werden. Zwar müssen Landwirt:innen Buch über den Einsatz von Pestiziden führen, doch diese Aufzeichnungen werden bisher nicht systematisch gesammelt und ausgewertet. Doch nur, wenn diese Informationen bekannt sind, können Wissenschaftler:innen die Umwelt- und Gesundheitsgefahren von Pestiziden wirklich einschätzen. Auch ist eine messbare und erfolgreiche Pestizidreduktion nur möglich, wenn diese Daten bekannt sind. Ein weiterer wichtiger Punkt ist daher die bundesweite Einführung eines einheitlichen und öffentlich

23 <https://ioer.de/presse/aktuelles/dina-studie-pestizidbelastung-von-insekten>

24 <https://www.nature.com/articles/s41598-021-03366-w>

zugänglichen Transparenzregisters, das es ermöglicht, Schlüsse über den tatsächlichen Pestizid-Einsatz zu ziehen.

10 Literaturverzeichnis

- Chaemfa, C.; Barber, J.L.; Gocht, T.; Harner, T.; Holoubek, I.; Klanova, J.; Jones, K.C. (2008). Field calibration of polyurethane foam (PUF) disk passive air samplers for PCBs and OC pesticides. *Environ. Pollut.* 156, 1290e1297.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.03.016>
- Fahrenhorst, A.; Andronak, L.A.; 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://doi.org/10.1007/s11270-015-2343-4>
- Genualdi, S.; Lee, S.C.; Shoeib, M.; Gawor, A.; Ahrens, L.; Harner, T. (2010). Global Pilot Study of Legacy and Emerging Persistent Organic Pollutants using Sorbent-Impregnated Polyurethane Foam Disk Passive Air Samplers. *Environ. Sci. Technol.* 44, 14, 5534-5539.
<https://doi.org/10.1021/es1009696>
- Gouin, T.; Ruepert, C.; Castillo, L.E. (2008). Field Testing Passive Air Samplers for Current Use Pesticides in a Tropical Environment. *Environ. Sci. Technol.* 42(17): 6625–6630.
<https://doi.org/10.1021/es8008425>
- Harner, T.; Shoeib, M.; Diamond, M.; Stern, G.; Rosenberg, B. (2004). Using passive air samplers to assess urban – rural trends for persistent organic pollutants. 1. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. *Environ. Sci. Technol.* 38, 4474e4483.
<https://doi.org/10.1021/es040302r>
- Harner, T.; Pozo, K.; Gouin, T.; Macdonald, A.M.; Hung, H.; Cainey, J.; Peters, A. (2006). Global pilot study for persistent organic pollutants (POPs) using PUF disk passive air samplers. *Environ. Pollut.* 144, 445e452.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.053>
- Harner, T.; Mitrovic, M.; Ahrens, L.; Schuster, J. (2014). Characterization of PUF disk passive air samplers for new priority chemicals: a review.
https://www.researchgate.net/publication/274195361_Characterization_of_PUF_disk_passive_air_samplers_for_new_priority_chemicals_a_review (abgerufen am 03.06.2022).
- Hayward, S.; Gouin, T.; Wania, F. (2010). Comparison of four active and passive sampling techniques for pesticides in air. *Environ. Sci. Technol.* 44(9), 3410-3416.
<https://doi.org/10.1021/es902512h>
- Herkert, N.; Spak, S.; Smith, A.; Schuster, J., Harner, T.; Martinez, A.; Hornbuckle, K. (2017). Calibration and evaluation of PUF-PAS sampling rates across the Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) network. *Environ. Sci.: Processes Impacts* 2018(20), 210-219.
<https://doi.org/10.1039/C7EM00360A>
- Hofmann, F.; Schlechtriemen, U. (2015). Immissionsmessungen – Durchführung einer Bioindikation auf Pflanzenschutzmittelrückstände mittels Luftgüte-Rindenmonitoring, Passivsammlern und Vegetationsproben. Gutachten, TIEM Integrierte Umweltüberwachung, im Auftrag von LUGV Brandenburg, Eberswalde.
https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/fb_lugv-147.pdf (abgerufen am 19.05.2022).

- Hofmann, F.; Schleichtriemen, U. (2017). Biomonitoring der Immissionsbelastung von Glyphosat, Glufosinat und AMPA sowie weiteren PSM-Wirkstoffen mittels Luftgüte-Rindenmonitoring. Gutachten, TIEM Integrierte Umweltüberwachung.
https://www.researchgate.net/publication/322991600_Biomonitoring_der_Immissionsbelastung_von_Glyphosat_Glufosinat_und_AMPA_sowie_weiteren_PSM-Wirkstoffen_mittels_Luftgute-Rindenmonitoring
- Hofmann, F.; Schleichtriemen, U.; Kruse-Platz, M.; Wosniok, W. (2019). Biomonitoring der Pestizid-Belastung der Luft mittels Luftgüte-Rindenmonitoring und Multi-Analytik auf >500 Wirkstoffe inklusive Glyphosat 2014-2018.
<https://www.enkeltauglich.bio/wp-content/uploads/2019/02/Bericht-H18-Rinde-20190210-1518-1.pdf> (aufgerufen am 03.06.2022).
- Hofmann, F.; Bär, K. (2019). Vom Winde verweht – Messungen von Pestiziden in der Luft im Vinschgau 2018.
http://www.umweltinstitut.org/fileadmin/Mediapool/Downloads/01_Themen/05_Landwirtschaft/Pestizide/Messprojekt_Pestizide_Luft/20190306_Messprojekt_Vinschgau_Doppelseiten_web.pdf (aufgerufen am 29.03.2022).
- Jaward, F.M.; Farrar, N.J.; Harner, T.; Sweetman, A.J.; Jones, K.C. (2004). Passive air sampling of PCBs, PBDEs, and organochlorine pesticides across Europe. *Environ. Sci. Technol.* 38, 34e41.
<https://doi.org/10.1021/es034705n>
- Koblizkova, M.; Genualdi, S.; Lee, S.C.; Harner, T. (2012). Application of Sorbent Impregnated Polyurethane Foam (SIP) Disk Passive Air Samplers for Investigating Organochlorine Pesticides and Polybrominated Diphenyl Ethers at the Global Scale. *Environ. Sci. Technol.* 46(1), 391–396.
<https://doi.org/10.1021/es2032289>
- Kreuger, J.; Kylin, H. (2006). Atmospheric transport and deposition of pesticides in Sweden. Präsentation Symposium Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air, Warwick, UK, 28.3.2006
<https://www.york.ac.uk/media/environment/documents/people/brown/kreuger.pdf> (zuletzt aufgerufen am 04.06.2022)
- Kruse-Platz, M.; Hofmann, F.; Wosniok, W.; Schleichtriemen, U.; Kohlschütter, N. (2021). Pesticides and pesticide-related products in ambient air in Germany. *Environmental Sciences Europe*. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00553-4>
- Majewski, M.; Coupe, R.; Foreman, W.; Capel, P. (2014). Pesticides in Mississippi air and rain: A comparison between 1995 and 2007. *Environ Toxicol Chem* 33 (6):1283-1293.
<https://doi.org/10.1002/etc.2550>
- Motelay-Massei, A.; Harner, T.; Shoeib, M.; Diamond, M.; Stern, G.; Rosenberg, B. (2005). Using passive air samplers to assess urban - rural trends for persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons. 2. Seasonal trends for PAHs, PCBs, and organochlorine pesticides. *Environ. Sci. Technol.* 39, 5763e5773.
<https://doi.org/10.1021/es0504183>
- Peverly, A.; Ma, Y.; Venier, M.; Rodenburg, Z.; Spak, S.N.; Hornbuckle, K.C.; Hites, R. (2015). Variations of flame retardant, polycyclic aromatic hydrocarbon, and pesticide concentrations in Chicago's atmosphere measured using passive sampling. *Environ. Sci. Technol.*
<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00216>

Pozo, K.; Harner, T.; Lee, S.C.; Wania, F.; Muir, D.C.G.; Jones, K.C. (2009). Seasonally resolved concentrations of persistent organic pollutants in the global atmosphere from the first year of the GAPS study. *Environ. Sci. Technol.* 43, 796e803.

<https://doi.org/10.1021/es802106a>

Pozo, K.; Harner, T.; Shoeib, M.; Urrutia, R.; Barra, R.; Parra, O.; Focardi, S. (2004). Passive-Sampler Derived Air Concentrations of Persistent Organic Pollutants on a North–South Transect in Chile. *Environ. Sci. Technol.* 2004 38 (24), 6529-6537.

<https://doi.org/10.1021/es049065i>

Pozo, K.; Harner, T.; Wania, F.; Muir, D.C.G.; Jones, K.C.; Barrie, L.A. (2006). Toward a global network for persistent organic pollutants in air: results from the GAPS study. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4867e4873.

<https://doi.org/10.1021/es060447t>

Shen, L.; Wania, F. (2005). Compilation, evaluation, and selection of physicalchemical property data for organochlorine pesticides. *J. Chem. Eng. Data* 50, 742e768.

<https://doi.org/10.1021/jc049693f>

Shoib, M.; Harner, T.; Lee, S.C.; Lane, D.; Zhu, J. (2008). Sorbent-Impregnated Polyurethane Foam Disk for Passive Air Sampling of Volatile Fluorinated Chemicals. *Anal. Chem.* 80(3), 675–682.

<https://doi.org/10.1021/ac701830s>

Silva, V.; Montanarella, L.; Jones, A.; Fernández-Ugalde, O, Mol, H.G.J.; Ritsema, C.J., Geissen, V. (2018). Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. *Sci. Total Environ.* 621, 1352-1359.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.093>

Zhang, X.; Brown, T.; Ansari, A.; Yeun, B.; Kitaoka, K.; Kondo, A.; Lei, Y.D.; Wania, F. (2013). Effect of wind on the chemical uptake kinetics of a passive air sampler. *Environ Sci Technol.* 47(14), 7868-7875.

<https://doi.org/10.1021/es401486f>

Zhang, X.; Wania, F. (2012). Modeling the Uptake of Semivolatile Organic Compounds by Passive Air Samplers: Importance of Mass Transfer Processes within the Porous Sampling Media. *Environ. Sci. Technol.* 46(17): 9563-9570.

<https://doi.org/10.1021/es302334r>

Zhang, X.; Tsurukawa, M.; Nakano, T.; Lei, Y.D.; Wania, F. (2011). Sampling Medium Side Resistance to Uptake of Semivolatile Organic Compounds in Passive Air Samplers. *Environ. Sci. Technol.* 45(24), 10509–10515.

<https://doi.org/10.1021/es2032373>

11 Anhang

Tabelle 5: Liste der analysierten Pestizide bzw. Abbauprodukte mit Wirkstoffklasse, Bestimmungsgrenze [ng/PUF-Scheibe] und Nachweis

Nr.	Wirkstoff/Abbauprodukt	Wirkstoffklasse	Bestimmungsgrenze [ng]	Positiver Nachweis
1	Aclonifen	Herbizid	10	X
2	Boscalid	Fungizid	10	X
3	Chlorthalonil	Fungizid	20	X
4	Chlortoluron	Herbizid	10	X
5	Cypermethrin	Insektizid	10	
6	Cyprodinil	Fungizid	10	
7	2,4'-DDD (o,p'-DDD)	Abbauprodukt	5	
8	4,4'-DDD (p,p'-DDD)	Abbauprodukt	5	
9	2,4'-DDE (o,p'-DDE)	Abbauprodukt	5	
10	4,4'-DDE (p,p'-DDE)	Abbauprodukt	5	X
11	2,4'-DDT (o,p'-DDT)	Insektizid (Isomer)	5	X
12	4,4'-DDT (p,p'-DDT)	Insektizid (Isomer)	5	X
13	Diflufenican	Herbizid	10	X
14	Dimethoat	Insektizid	10	
15	Epoxiconazol	Fungizid	10	
16	Fenpropimorph	Fungizid	10	
17	Flufenacet	Herbizid	10	X
18	Metazachlor	Herbizid	10	X
19	Metribuzin	Herbizid	10	
20	Pethoxamid	Herbizid	10	
21	Prochloraz	Fungizid	10	
22	Spiroxamin	Fungizid	10	
23	Tebuconazol	Fungizid	10	
24	Terbuthylazin	Herbizid	10	X
25	Thiacloprid	Insektizid	10	
26	Thiophanat-Methyl	Fungizid	10	